

## தலையாங்கம்

- அறிவியல் தமிழில் ஆக்கிட வாரீர் .....5  
முனைவர் மு. பொன்னவைக்கோ

## சிறப்புக் கட்டுரை

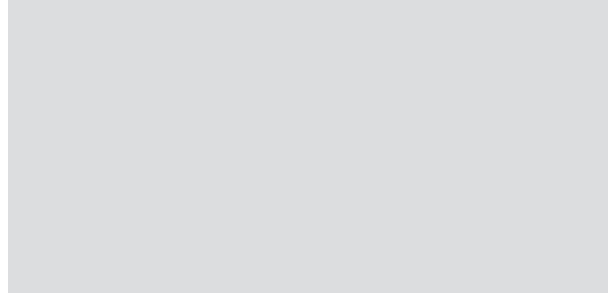
- 2018-ல் இயற்பியலில் மெய்நீகர் மகளிர் .....7  
செந்தில்குமார் சந்திரன், மா. விஷ்ணுவரன், பெ.இராமசாமி

## ஆய்வுக் கட்டுரைகள்

- ஹைட்ரோகுமினோலின் மின்வேதியியல் இயல்பை  
துத்தநாக ஆக்சைடு பூசப்பட்ட கண்ணாடி கார்பன் உணர்வி மூலம் கண்டறிதல் ..... 20  
வை. ராஜ், என்.சேது, ஜி. சுவாதி
- N, N'- டைபினைல் குவநீழனியம் ஹைட்ரஜன் (+) - L - டார்ட்ரேட்  
மோனோ ஹைட்ரேட் - இன் நேரியல் சாரா  
ஒளியியல் செயல்திறன் குறித்த தேடலாய்வுகள்..... 25  
கா. சரவணகுமார், கா. விஜயநரசிம்மன், ப.முருகக்கூத்தன்
- எல் - ஹிஸ்டிடினியம் ப-டொலுவின் சல்போனேட் (LHT)  
ஒற்றைப் படிகத்தின் கட்டமைப்பு மற்றும் மின்னணு நடத்தை  
பற்றிய பகுப்பாய்வு ..... 33  
மு. மாதங்கி, ப.முருகக்கூத்தன்
- கூழ்ம கரைசல் முறையில் தொகுக்கப்பட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநூண் படிகங்களின்  
கட்டமைப்பு, உருவமைப்பு மற்றும் வெப்பமின் பண்புகள் ..... 39  
தீருமாவ. முருகு திருவள்ளவன், ப. சந்திரசேகரன், மு.அறிவானந்தன், பா.ஆனந்தன்
- கிளைசின் காட்மியம் சல்பேட் ஒற்றைப் படிகம்:  
ஒளி மற்றும் மின் பண்புகளின் பகுப்பாய்வு ..... 48  
கல்யாண சுந்தர் ஜெயபெருமாள், சசிகலா வடிவேல்
- அதிகபட்சம் ஒளி ஆற்றல் மின்மாற்ற திறன் கொண்ட  $CeO_2/TiO_2$   
கலப்பு நேர்மின்வாயின் சாய தூண்டுதல் சூரிய மின்கலத்தின் செயல்பாடுகள் ..... 53  
மா. காரல் சின்னு, மு.அறிவானந்தன், இராம. ஜெயவேல்
- ஜிங்க் ஆக்சைடு / ஸ்டார்ச் நானோ - புள்ளிகள் :  
உருவாக்கம், ஒளியியல் மற்றும் பாக்டீரியா ..... 62  
ஆர். கலைவாணி, என். சூர்யபிரபா, வி.பி. தேவராஜன், பி. பெரியசாமி, ஓய்.ஏ. சையத் காதர்
- ஆற்றல் சேமிப்பு சாதனங்களுக்கு பல்பகுதிய நானோ கலவை மீதான  
அயனி கடத்துத்திறன் ஆய்வுகள் ..... 71  
கரோல் ஸ்டான்லி செம்ளர், மு. தாரிக், ப.விக்க்ரமன், ந. கிருபானந்த், போ. ஜோஜி, அ. சைமன் சசுதின்

## பொதுக் கட்டுரை

- புற்றுநோய்க்கான சிறந்த சிகிச்சையில் ஆற்றல்மிக்க  
அயனிகள் - ஹைட்ரான் சிகிச்சை..... 79  
ஆர். பண்டாரி. தமிழாக்கம் : கி. குணசேகரன்
- அறிவியல் கலைச்சொற்கள் ..... 88  
பொ. ஜெகதீஸ்வரன், வி. நடராஜன்

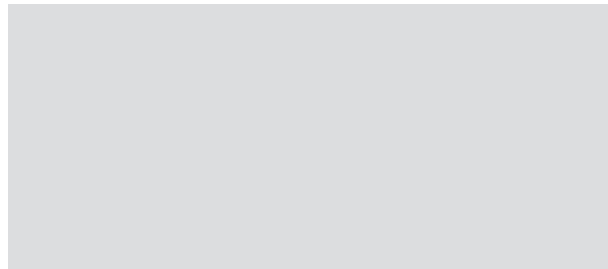


பிறநாட்டு நல்லறிஞர் சாத்திரங்கள்  
தமிழ்மொழியிற் பெயர்த்தல் வேண்டும்  
இறவாத புகழுடைய புதுநூல்கள்  
தமிழ்மொழியில் இயற்றல் வேண்டும்  
மறைவாக நமக்குள்ளே பழங் கதைகள்  
சொல்வதிலோர் மகிமை இல்லை  
திறமான புலமையெனில் வெளி நாட்டோர்  
அதைவணக்கஞ் செய்தல் வேண்டும்.

– மகாகவி பாரதியார்

அணுவைப் பிளந்து ஏழ்கடலைப் புகுத்தி  
குறுகத் தரித்த குறள்.

– ஓளவையார்



## அறிவியல் தமிழில் ஆக்கிட வாரீர்..!

முனைவர் மு. பொன்னவைக்கோ

முன்னாள் துணை வேந்தர், பாரதிதாசன் பல்கலைக் கழகம், திருச்சி.  
முதன்மைக் கல்வி அலுவலர், விநாயகா மிஷன் ஆராய்ச்சி நிறுவனம், சென்னை

இயல், இசை, நாடகத்தமிழ் என முத்தமிழாக முகிழ்ந்த தமிழ் இருபதாம் நூற்றாண்டில் அறிவியல் தமிழ் என்றும் இணையத் தமிழ் என்றும் புதுப்பெயர் பெற்று பொலிவுறத் தொடங்கிற்று. இயற்றமிழ் என்பது இயல்பாக எழுதப்படுவதும் பேசப்படுவதுமாகிய தமிழ். இசைத் தமிழ் என்பது பண்ணிசைத்துப் பாடப்படும் தமிழ். நாடகத்தமிழ் என்பது ஆடல்பாடல்களுடன் உணர்த்தப்படும் தமிழ்.

ஆனால் அறிவியல் தமிழ் என்பது என்ன ?

சங்க இலக்கியங்களில் பல்வேறுபட்ட அறிவியல் செய்திகள் நிரம்பக்கிடக்கின்றன. அப்படியானால் அறிவியல் தமிழ் என்பது முத்தமிழுக்குள் அடங்கிய ஒன்றுதானே. அவ்வாறாயின் அறிவியல் தமிழென புதுப்பெயர் எதற்கு ?

- இப்படிப்பட்ட ஐயங்களைத் தெளிவுபடுத்தவே இந்தத் தலையங்கம்.

கதிரவக் குடும்பத்தைச் சார்ந்த உலகக்கோள் உள்பட்ட அனைத்துக் கோள்களிலும் நிகழும் ஒவ்வோரு நிகழ்ச்சிக்குப் பின்னும் ஓர் அறிவியல் தத்துவம் அடங்கியுள்ளது. அவை இயல்பியல் தத்துவமாகவோ வேதியல் தத்துவமாகவோ இருக்கலாம். இவற்றை அடிப்படை அறிவியல் தத்துவங்கள் என்பர். அறிவியல் தத்துவங்களை விளக்குவதற்கு அறிவியல் கலைச்சொற்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அறிவியல் கலைச்சொற்கள் இலக்கியங்களில் பயன்படுத்தப்படும் இயல்பான சொற்களிலிருந்து வேறுபட்டவை. கலைச்சொல்லிற்கு ஒரு வரையறை வழங்கப்படுகின்றது. வரையறுக்கப்பட்ட கலைச்சொல் ஒரு அறிவியல் கூற்றினை விளக்கப் பயன்படுகின்றது. சங்க இலக்கியங்களில் பல அறிவியல் சொற்கள் காணப்படுகின்றன. அண்மையில் தமிழ் ஆர்வலர்கள் பலர் பல்வேறு துறைகளில் அறிவியல் கலைச்சொற்களை உருவாக்கியுள்ளனர். ஆயினும் அறிவியல் தொழில்நுட்பம் வேகமாக வளர்ந்துவரும் இந்த காலட்டத்தில் மேலை நாடுகளில், பிற மொழிகளில், குறிப்பாக ஆங்கில மொழியில் வியக்கத் தகுமளவிற்கு அறிவியல் தொழில்நுட்பம் வளர்ந்துள்ளது, வளர்ந்துகொண்டு வருகின்றது. எனவே இதுவரை வளர்ந்துள்ள அறிவியலையும், இனி வளரவிருக்கும் அறிவியலையும் தமிழில் விளக்கத்

தமிழ்க் கலைச்சொற்கள் தேவை. அக்கலைச்சொற்களைப் பயன்படுத்தி அறிவியல் படைப்புகளைத் தமிழில் விளக்கும் அறிவியல் நூல்கள் தேவை. தமிழ்க் கலைச் சொற்களையும் தமிழில் எழுதப்பட்ட அறிவியல் நூல்களையும் தன்னுட்கொண்டதே அறிவியல் தமிழ்.

உலகெங்கும் இதுவரை வளர்ந்துள்ள அறிவியல் படைப்புகள் , தத்துவங்கள் அனைத்தையும் தமிழில் வடித்து தமிழுக்கு வளம் சேர்க்க வேண்டும். உலக அறிவியல், பொறியியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப வளர்ச்சிகள் அனைத்தும் அவ்வப்பொழுது தமிழில் கிடைக்க வழி செய்தால்தான் தமிழ்ச்சிறார்கள் அறிவியல் ஆய்வில் ஈடுபட்டு புதுமைகளை படைக்கவல்ல படைப்பாளிகளாகத் திகழ்வர்.

அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப ஆராய்ச்சி சஞ்சிகையில் விருந்துண்ணும் அறிஞர் பெருமகளே! அன்றைய தமிழனின் படைப்பால் கட்டுமரம், பந்தல், மிளகுத்தண்ணி, காசு, அரிசி போன்ற பல தமிழ் சொற்கள், Kattamiran, Pandaal, Milakutaanni, Cash, Arusa (in Egypt), Rusa (in Italy), Rice (in America) என்று உலகின் பல மொழிகளின் பயன்பாட்டில் உள்ளதைக் காண்கின்றோம். ஆனால் இன்றைய தமிழன் தமிழகத்திலும், பிற நாடுகளிலும் தனது படைப்புகளை எந்த மொழியில் வழங்குகின்றான். சொந்த மொழியை மறந்துவிட்டானே! ஏன்? இந்த அவல நிலை வளர தமிழ் அறிஞர்கள் இடம் தரலாமா ?

அறிவியல் நெஞ்சங்களே! விழித்தெழுங்கள்! அறிவியல் தமிழுக்கு அணி சேர்க்க வாரீர்!

பல்சான் றீரே! பல்சான் றீரே!  
அறிவியல் தமிழில் ஆக்கிட வாரீர்!  
பொறியியல் தமிழில் புதுக்கிடப் புகுவீர்!  
மருத்துவம் தமிழில் மலரச் செய்வீர்!  
அருங்கலை பலவும் தமிழில் கொள்வீர்!  
மாத்தமி ழெங்கும் மணந்திடச் செய்வீர்!  
மலர்தலை யுலகின் மாந்தர் பலரும்  
மாத்தமி ழேதன் தாய்மொழி யென்று  
ஏத்திப் புகழுநாள் எய்திட வாரீர்!  
காத்திருப் போமெனில் காலம் இல்லை  
கண்ணிமைப் போழ்தும் கடவா துடனே  
வண்மை வன்மை வாய்க்கப் பெற்ற  
வல்லுநர் திரளே விரைகு வீரே!

# 2018-ல் இயற்பியலில்

## மெய்நிகர் மகளிர்

செந்தில்குமார் சந்திரன், மா .விஷ்ணுவரன், பெ.இராமசாமி

எஸ்.எஸ்.என் பொறியியல் கல்லூரி, காலவாக்கம், சென்னை-603110

ஏறக்குறைய நூறு ஆண்டுகளுக்கு முன்னர், விஞ்ஞானத்தில் பெண்களின் பங்களிப்பு என்பதே ஒரு அறிய நிகழ்வுதான். நவீன காலத்தில் பெண்கள் குறிப்பாக ஆராய்ச்சியாளர்களாகவும், பேராசிரியர்களாகவும் மற்றும் பாடசாலை ஆசிரியர்களாகவும் விஞ்ஞான ரீதியில் முதலிடம் வகிக்கின்றனர். தற்போது, உலகளவில் பெண்கள் சமூகம், பொருளாதாரம், கலாச்சாரம், அரசியல், மற்றும் அறிவியலில் இன்றியமையாத முக்கியப் பங்களிப்பினை செய்துவருகின்றனர். மேடம் கியூரி, லைஸ் மீட்னர், ரொஸல்ட் பிராங்க்ளின், சியான் ஷீங் வு போன்ற பலர் இன்று பெண் விஞ்ஞானிகளுக்கு சிறந்த வழிகாட்டியாக உள்ளனர். இயற்பியல் ஆராய்ச்சியில் பெண்களின் சிறப்பான பங்கு அதிக தாக்கத்தை ஏற்படுத்தி உள்ளது. அதில் அணுசக்தி பொருட்களை ஆய்வு செய்வது உட்பட ஒளிர்வு, படிவ வளர்ச்சி, வானியற்பியல், விண்வெளி ஆய்வு மற்றும் கணக்கீட்டு முறைகள் போன்ற துறைகளும் அடங்கும். பெண்கள், சமுதாயங்களில் நிறைய சவால்களை எதிர்கொள்வதற்கும் மற்றும் முன்னேற்றம் அடைந்ததற்கும் அறிவியல் ஆராய்ச்சி பெரும் பங்களித்துள்ளது. இங்கு சிறந்த பெண் விஞ்ஞானிகளால் எழுதப்பட்ட ஆவணங்களின் தொகுப்புகளை வழங்குவதில் பெருமிதம் கொள்கிறோம். விண்வெளி ஆய்வுகளில் வெளிப்படும், ஆபத்துகளை மதிப்பிடுவதற்கும்,

பயனுள்ள எதிர்வினைகளை கண்டறிவதற்கும், விண்வெளி கதிர்வீச்சு சூழலின் நிலைகளை உருவகப்படுத்துதலுக்கான பயனுள்ள மீநுண் உற்பத்தி முறைகளை வெளிப்படுத்தும் புதிய கலப்பு ஒளி வீசுகின்ற பொருட்கள் மற்றும் சிக்கலான பலதரப்பட்ட பொருட்கள் போன்ற ஆவணங்களை உள்ளடக்கிய தலைப்புகள் இங்கு வரையறுக்கப்பட்டுள்ளது. விஞ்ஞானத்தை மேம்படுத்துவதற்காக அவர்களின் நேரத்தையும் அறிவையும் வழங்கிய அனைவருக்கும் நன்றி. சமீபத்தில், பெண்கள் இயற்பியலில் புதிதாக செய்துள்ள புதுமையான ஆராய்ச்சி முடிவுகள் இங்கே தொகுத்து வழங்கப்பட்டுள்ளன. 2018-ல் இயற்பியலில் ஈடிணையற்ற பெண்களின் பங்கினை சிறப்பு வெளியீடாக கொண்டுவருவதில் மகிழ்ச்சியடைகிறோம்.

### சியாரா லா டெஸ்ஸா :

சியாரா லா டெஸ்ஸா கதிர்வீச்சு வெளிப்பாடு தொடர்பான அபாயங்களின் மதிப்பீடு, பயனுள்ள எதிர்வினைகளைக் கண்டறிதல், விண்வெளியில் உள்ள கதிர்வீச்சு சூழலை உருமாற்றுதல் மற்றும் அமெரிக்காவின் நிலத்தடி-சார்ந்த திட்டங்களை பற்றி அவரது ஆய்வு விவரிக்கின்றது. நாசா விண்வெளி கதிர்வீச்சு ஆய்வுக்கூடம் (NSRL) ஆய்வுத் திட்டம் ஒன்றை 2003 ஆம் ஆண்டில் தொடங்கியது. இதில் குறிப்பிடத்தக்க முடிவுகளை எட்டியது. அயனி வகைகள் மற்றும் ஆற்றலில் ஏற்படும் விரைவான மாற்றங்களின் விளைவுகளை தீர்மானித்தல்,

தொடர்ச்சியாக பல மாதிரிகளின் மீது பெரிய கதிர்களை செலுத்துதல் மற்றும் கதிர்வீச்சு வெட்டுத்தன்மையின் துல்லியமான வெளிப்புறக் கட்டுப்பாடு, புல தீவிரத்தின் நல்ல சீரான தன்மையின் மூலம் ஒருவிழுங்கு வழங்குதலின் அளவை துல்லியமாக அதிகரித்தல் போன்ற துறைகளில் ஆராய்ச்சி மேற்கொண்டார். நவம்பர் 2016 முதல் சியாரா லா டெஸ்ஸா, ட்ரொண்டோ (இத்தாலி) பல்கலைக்கழகத்தில் பணிபுரிந்து வருகிறார். 2017 ஆம் ஆண்டு தேசிய அணுசக்தி இயற்பியல் நிறுவனத்தில் இணைந்தார். சியரா லா டெஸ்ஸா குழுவினர் 2016-ல், நாசா விண்வெளி கதிர்வீச்சு ஆய்வகத்தின் கண்ணோட்டம் (விண்வெளி ஆராய்ச்சியில் உயிர் விஞ்ஞானம் 11 (2016) 18-23) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### மர்வொன்னை ஹெர்வியு :

அணு அளவிலான சிக்கலான பல செயல்பாடுகளுக்கு பயனாக இருக்கின்ற பொருட்களின் பண்புகளை கட்டுப்படுத்துவதற்கான மீநுண்கட்டமைப்புகளின் வழிமுறைகளை மர்வொன்னை ஹெர்வியு (CRISMAT, பிரான்ஸ்) மற்றும் அவரது சக பணியாளர்களால் வெளியிடப்பட்ட ஒரு சவாலான தலைப்பாகும். இதில், ஃபெரைட்டுகளின் முப்பரிமாண நெகிழ்திறன் ஆக்ஸிஜனேற்றம் அல்லது உயர் அழுத்தத்தால் தூண்டப்பட்ட திரிபு பொறியியல் மூலம் அடையலாம் எனவும், இதனை கட்டுப்படுத்த முடியும் என்பதனையும் அவை நிரூபிக்கின்றன. அடிப்படை [LuFe<sub>2</sub>] கட்டமைப்பு மாற்றமில்லாத நிலையில், அடுக்கப்பட்ட LuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ஃபெரைட்டுகள் பல்லுருத்தோற்றங்கள், பல வகை மாற்றங்கள் மற்றும் மாற்றியமைக்கக்கூடிய நிலை மாற்றங்களுக்கு உட்படுகின்றன. மேரிவோனே குழுவினர் 2015-ல் அரிய மண் ஃபெரைட்டுகளும் LuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>±x பல்லுருவியல், பல்வகைபிரித்தல் மற்றும் வளர்சிதை மாற்ற நிலைகள் (சூட நிலை அறிவியல் 48 (2015) A1-A16) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### ரெனடா ரைஸ்ஃபெல்ட் மற்றும் விக்டோரியா லெவ்செங்கோ :

ரெனடா ரைஸ்ஃபெல்ட் மற்றும் விக்டோரியா லெவ்செங்கோ ஆகியோர் (ஜெருசலமின்

ஹீப்ரு பல்கலைக்கழகம்), இத்தாலி வெரோனா பல்கலைக் கழகத்தின் சக ஊழியர்களுடன் இணைந்து, புதிய கலப்பு ஒளி வீசும் பொருட்களை எப்படி ஆற்றலுடைய ஒளியூட்டு அமைப்புகளில் சிறப்பாக பயன்படுத்தலாம் என்பதை தெளிவாக நிரூபித்துள்ளனர். இதனால், செம்பு மீநுண்துகள்கள் 80 °C மற்றும் ஒளி வீசுகின்ற சிக்கலான பல்லுறுப்பி அணியில் Eu<sup>3+</sup> சேர்க்கப்படும்போது ஒளி வீசுதல் அதிகரிக்கிறது. இது மீநுண்துகள்களின் மேற்பரப்பு ப்ளாசம்ஸூடன் ஒளிரும் வகைமாதிரிகளை தொடர்பு கொண்டதன் காரணமாக இருக்கலாம். ரெனடா ரைஸ் ஃபெல்ட், விக்டோரியா லெவ்செங்கோ குழுவினர் 2016-ல், செம்பு மீநுண்துகள்களால் சமச்சீர் பைரிடின் Eu (III) இன் சிக்கலான ஒளி உமிழ்தல் (ஒளிர்வு 170 (2016) 820-824) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### கேத்ரின் எம். ஜ்யூர்க்கின் :

அமெரிக்காவின் மிச்சிகன் பல்கலைக் கழகத்தில் (அன் ஆர்பர்) கேத்ரின் எம். ஜ்யூர்க்கின், சமச்சீர்ற்ற இருண்ட பருபொருள் (ADM), அண்டவியல் தாக்கங்கள் மற்றும் அதனை கண்டறிதல் பற்றி ஆய்வு செய்தார். அதன் மறு ஆய்வின் பல்வேறு பிரிவுகள் இருண்ட விஷயம் உள்ளடக்கத்தில் சமச்சீர்ற்ற மாற்றம் அல்லது உருவாக்கும் பொது வழிமுறைகளைப் பற்றி விவாதிக்கின்றன. நியூட்ரான் நட்சத்திரங்கள், பழுப்பு குள்ளர்கள் மற்றும் சூரியன் ஆகிய வற்றால் ஏற்படுத்தப்பட்ட கட்டுப்பாட்டு நிகழ்வுகளின் தாக்கங்கள் மற்றும் சேர்ன் (CERN) இன் பெரிய ஹாட்ரான் மோதுவி சோதனைகள் மூலம் நேரடியாகவும் மறைமுகமாகவும் அடையாளம் காணப்பட்ட சமச்சீர்ற்ற இருண்ட பருபொருள் கருதுகோள்களின் தாக்கம் பற்றி ஆய்வு செய்தார். கேத்ரின் எம். ஜெர்க் 2016-ல் சமச்சீர்ற்ற இருண்ட பருபொருள்: கோட்பாடுகள், அமைப்பின் கவளக்குறி, மற்றும் கட்டுப்பாடுகள் (இயற்பியல் அறிக்கைகள் 537 (2014) 91-121) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டார்.

### மரியா டி பாத்திமா மோன்ட்மோர் :

மரியா டி பாத்திமா மோன்ட்மோர் போர்ச்சுகலில் (லிஸ்பன்) உள்ள உயர் தொழில்நுட்ப நிறுவனத்தில் வேதியியல் பொறியியல் துறையில்

முழுநேரப் பேராசிரியராக பணிபுரிகிறார். இவர் செயல்முறை சார்ந்த மேற்பரப்பு அறிவியலில் இதழாசிரியராக இருக்கிறார். இவரது அறிவியல் செயல்பாடுகள், எரிசக்தி மாற்றம், சேமிப்பிற்காக கடத்தும் பூச்சுகளின் மின்னாற்படியவைத்தல் மற்றும் அரிப்பிலிருந்து பாதுகாக்க புதிய செயல்பாட்டு பூச்சுகளின் வளர்ச்சிகளை பற்றியது. அவருக்கு மிகவும் தொடர்புடைய ஆராய்ச்சிகள்: மேற்பரப்பு பாதுகாப்பிற்கான பலவகை சுய-சிகிச்சை முறை பூச்சுகள் மற்றும் ஆற்றல் சேமிப்புக்கான புதிய உலோக கலவை ஏற்ற-ஒடுக்க கடத்தும் பூச்சுகள்.

### மரியா டின்ஸ்கு :

மரியா டின்ஸ்கு, ருமேனியாவின் மாகரேலில் (புக்கரெஸ்ட்) உள்ள கிளர் கதிர் ஒளிமி, மின்மம் மற்றும் கதிர்வீச்சு இயற்பியல் தேசிய நிறுவனத்தில் “ஒளியை ஒத்த மேம்பட்ட பொருட்களை நடைமுறைப்படுத்துவதற்கு” முழுநேரப் பேராசிரியராகவும் குழுத் தலைவராகவும் உள்ளார். மேலும் செயல்முறை சார்ந்த மேற்பரப்பு அறிவியலில் இதழாசிரியராக இருக்கிறார். அவரது ஆராய்ச்சி சாதனைகள் கிளர் கதிர் ஒளிமி பொருட்களின் செயலாக்கம், அதாவது மெல்லிய படங்களின் படிவு, குணாதிசயம் மற்றும் மறுகட்டமைப்புகள் (மின்காந்த பொருட்கள்); மென்மையான பொருள்களின் செயலாக்கம், கிளர் கதிர் ஒளிமி அமைப்பு மற்றும் அச்சிடுதல்.

### பார்பரா ஆல்பர்ட் :

பார்பரா ஆல்பர்ட் 2005 ஆம் ஆண்டு முதல் ஜெர்மனியின் டார்ஸ்டாட்டில் உள்ள தொழில்நுட்ப பல்கலைக்கழகத்தில் திட நிலை மற்றும் பொருட்கள் வேதியியல் துறையில் பேராசிரியராக பணிபுரிந்து வருகிறார். 2007 முதல் 2011 வரை வேதியியல் துறைத் தலைவராக இருந்தார். 2012-14-ல் ஜெர்மன் வேதியியல் சங்கத்தின் தலைவராக பதவி வகித்தார். மேலும் திட நிலை அறிவியலின் (எல்செவியர்) ஐரோப்பிய இதழாசிரியராக இருக்கிறார். இவ்வோனிக் தொழிலகங்கள் மற்றும் சச்சங்க குழுவின் மேற்பார்வையாளர் என பல்வேறு வாரியங்களில் பணியாற்றுகிறார். 2015 ஆம் ஆண்டில் ஜெர்மன் ஆராய்ச்சி

அறக்கட்டளையின் மறு ஆய்வு குழுவில் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டார். மேலும் 2016 ஆம் ஆண்டில் பேர்லினில்-பிராண்டன்பர்கிசிக்கி கலைக்கழக டெர் வைசன்ஸ்சாப்டனுக்கு தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டார். 1995 ஆம் ஆண்டில் பேராசிரியர் எம். ஜேன்ஸனுடன் இணைந்து பணியாற்றினார். பார்பரா, பேராசிரியர் ஏ.கே. ஷீத்தம் இன் (யுஎஸ்ஏ) ஆய்வுக்கூடத்தில் ஆய்வு செய்தார். மேலும் அவர் 1995 ஆம் ஆண்டில் ரைனிஷெ பீர்டீரிச்-வில்ஹெம்ஸ்-யுனிவர்சிட்டட் பான்னில் முனைவர் பட்டம் பெற்றார். அவரது விருதுகள்: அலெக்சாண்டர் வோன் ஹம்போல்ட் அறக்கட்டளை, லிஸ்-மீடீனர் மானியம் மற்றும் பென்னிஜன்-ஃபோடர். பார்பரா ஆல்பர்ட் குழுவினர் 2015-ல் நீராவி செறிவு மற்றும்  $GD_3Ga_5O_{12}:Cr^{3+}$  இன் ஒளிமின்னழுத்த பண்புகளில் சீரியம் உடன் இணை உறிஞ்சுதல் விளைவுகள் வெப்பநிலைமானிகளின் பயன்பாடுகள் (ஒளியியல் பொருட்கள் 47, (2015) 338-344) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### சாந்தல் ஆண்ட்ராட் :

சாந்தல் ஆண்ட்ராட் ENS-லியோனில் உள்ள வேதியியல் ஆய்வகத்தின் தலைவர் மற்றும் ”ஒளியியல் வேதியியல்” குழுவினருக்கு தலைமை தாங்கி வருகிறார். இந்தக் குழுவில், மூலக்கூறுகள் (உலோகங்கள் மற்றும் லந்தானைடுகளின் கரிம மற்றும் ஒருங்கிணைப்பு வளாகங்கள்), ஒளியியல் அல்லது நேர் சார்பில்லா ஒளியியலில் உள்ள உயர்ந்த பண்புகளை கொடுக்கும் மூலக்கூறுகளை வடிவமைக்கின்றனர். இந்த துறையில், இலக்கு பயன்பாடுளுக்காக மின்-ஒளியியல் பண்பேற்றம் மற்றும் வெவ்வேறு இரண்டு-ஒளியன் உறிஞ்சுதல் பற்றிய ஆய்வை செய்கின்றனர். சாந்தல் ஆண்ட்ராட் 195 வெளியீடுகளையும் மற்றும் பிரான்ஸ், ரோமானியா, நார்வே, ஸ்வீடன், இங்கிலாந்து, கனடா, அமெரிக்கா, ஜப்பான் மற்றும் கொரியா போன்ற பலநாடுகளின் பல்வேறு வேதியியல் மற்றும் இயற்பியல் வல்லுநர்களுடன் நெருங்கிய ஒத்துழைப்புடன் பணிபுரிந்து வருகிறார். சாந்தல் ஆண்ட்ராட் குழுவினர் 2013-ல் டிஎன்ஏ அடிப்படையிலான பொருட்களில் ஐசோபோரன் பங்குகளின் மேம்படுத்தப்பட்ட ஒளிருதல் (ஒளியியல் பொருட்கள், 35 (2013)

1810-1816) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

## ஜோபார்ட்லெட் :

ஜோ.பார்ட்லெட், ஒரு பரிசோதனை இயற்பியலாளாரும் லண்டன் பல்கலைக்கழக கல்லூரியில் மல்லார்ட் விண்வெளி அறிவியல் ஆய்வகத்தின் தற்போதய மூத்த ஆராய்ச்சியாளாரும் ஆவார்ட். 2008 ஆம் ஆண்டில் லண்டன் பல்கலைக்கழக கல்லூரியில் கடுங்குளிர் இயற்பியல் துறையில் முனைவர் பட்டத்தை பெற்றார்ட். அவரது ஆராய்ச்சி மிகச் சிறிய அளவிலுள்ள (குறைந்த நிறை, குறைந்த சக்தி) வெப்பமாற்றமில்லா காந்தமழித்தல் குளிர்சாதன பெட்டிக்கு மில்லி கெல்வின் வெப்பநிலைகளை வழங்குதல் பற்றிய புதுமை யான முறையில் குளிர்சாதன பெட்டியை வடிவ மைத்தல் ஆய்வில் கவனம் செலுத்துகிறார்ட். பொதுவாக வெப்பமாற்றமில்லா காந்தமழித்தல் குளிர்சாதன பெட்டிகள் விண்வெளி மற்றும் நில அடிப்படையிலான வானியற் ஒற்றை ஒளி யன் கண்டுணர்வான்களைக் குளிர்விக்க பயன் படுத்தப்படுகின்றன. இருப்பினும் இந்த புதிய மிகச்சிறிய அளவிலுள்ள குளிர்விப்பான்கள் மற்ற ஆராய்ச்சி பகுதிகளுக்கு ஒரு திறனான தொழில்நுட்பமாக இருக்கும். எனினும் இது துளியம் மற்றும் மருத்துவ ஆராய்ச்சி உட்பட மற்ற ஆராய்ச்சிகளுக்கு செயல்படுத்தக் கூடிய தொழில்நுட்பமாக உள்ளது. 2015ல் கடுங் குளிரின் சிறந்த இதழுக்கான விருது இவரின் மிகச் சிறிய அளவிலுள்ள வெப்பமாற்றமில்லா காந்தமழித்தல் குளிர்சாதன பெட்டி ஆராய்ச்சிக்கு வழங்கப்பட்டது. ஜோபார்ட்லெட் குழுவினர் 2015-ல் ஒற்றை படிக டங்ஸ்டன் காந்த எதிர்க்கும் வெப்ப மின்விசை மாற்றுக்குமிழியைப் பயன்படுத்தி விரைவான எதிர்ச்செயலை மிகச் சிறிய அளவிலுள்ள வெப்பமாற்றமில்லா காந்தமழித்தல் குளிர்சாதன பெட்டியின் செயல்திறன் (கடுங்குளிர் 72 (2015)111-121) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

## லுயிசாபௌஸா :

லுயிசாபௌஸா, மாட்டிட் தன்னாட்சி பல்கலைக்கழகத்தில், பொருட்கள் இயற்பியல் துறையில் முழுநேரப் பேராசிரியராக உள்ளார்ட். மேலும் அங்கு அவர் ஒளியியல் நிறமாலை

குழுவுக்கு தலைமை தாங்குகிறார்ட். ஒளிர்வு பத்திரிகையின் ஆசிரியர் குழு உறுப்பினராகவும் பணிபுரிகிறார்ட். லுயிசாபௌஸாயின் ஆராய்ச்சி திடப்பொருட்களின் ஒளியியல், நிறமாலையியல் மற்றும் நேர் சார்பிலா பொருட்களின் பண்புகளை சார்ந்து மையப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. முக்கியமாக பல்நோக்கு திட நிலை கிளர் கதிர் ஒளிமி வளர்ச்சிக்குறிய பொருட்களை நோக்கமாகக் கொண்டுள்ளன. சமீபத்தில், அவரது செயல்பாடுகள் மின்ம உதவி திட-நிலை-கிளர் கதிர் ஒளிமி மற்றும் மின்மோன் உதவியுடனான அதிர்வெண் மாற்று செயல் முறையை மீநுண் அளவில் ஒத்திசைவான ஒளியியல் ஆதாரங்களை வளர்ப்பதற்கான ஆய்வு செய்வதில் கவனம் செலுத்துகிறார்ட். லுயிசாபௌஸா குழுவினர் 2016-ல் Nd<sup>3+</sup> கதிர் தூண்டு ஒளிர்வின் துருவப்படுத்தல்-தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட விரிவாக்கம் வெள்ளி மீநுண் துகள்களின் நேரியல் சங்கிலிகள் மூலம் உதவுதல் (ஒளிர்வு பத்திரிகை 169 (2016) 569-573) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

## லூசியானா பியானிச்சி :

லூசியானா பியானிச்சி, ஜோன்ஸ் ஹாப்கின்ஸ் பல்கலைக்கழகத்தின் (பிட்மிமோரே, அமெரிக்கா) இயற்பியல் மற்றும் வானியல் துறையில் ஆராய்ச்சி பேராசிரியராகப் பணியாற்றுகிறார்ட். அங்கு அவர் 1996-ல் விண்வெளி-தொலைநோக்கி அறிவியல் நிறுவனம், ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனம் மற்றும் இத்தாலிய நிறுவனங்களில் பதவி வகித்தார்ட். அவரது ஆராய்ச்சிகள், பால்வெளி மண்டலத்தில் நட்சத்திர மண்டலங்கள் மற்றும் சூடான வெள்ளைக் குள்ளர்கள், நட்சத்திர மண்டலங்கள் மற்றும் தூசி பற்றியதாக உள்ளது. அவர் ஐவுஇ (IUE), புஸ்(FUSE), கலெக்ஸ்(GALEX), ஹ்ஸ்ட் (HST), உவிட்(UVIT) மற்றும் பெரிய தரை சார்ந்த தொலைநோக்கிகள் மற்றும் கோட்பாட்டு மாதிரியுடன் பல கண்காணிப்பு நிகழ்ச்சிகளை முன்னெடுத்து வருகிறார்ட். அவர் பால்வெளி அண்டத்தின் முக்கிய வடிவமைப்பாளராகவும் அறிவியல் அறிஞராகவும் இருந்தார்ட். இரஷ்ய அறிவியல் அறக்கட்டளை உட்பட நாசா, ஐரோப்பிய ஆராய்ச்சி ஆலோசனை சபை (ஐரோப்பிய ஆணையம்), தேசிய விண்வெளி

நிறுவனங்கள் மற்றும் அறிவியல் அறக்கட்டளை ஆகியவற்றிற்கான மதிப்பீடு மற்றும் தேர்வு செயல்முறைகளில் பணியாற்றினார். கூடுதலாக, பல ஒழுங்குமுறை ஒருங்கியக்கம், சமுதாயம், கலாச்சாரம் மற்றும் கல்விக்கு நன்மைகளை வழங்கக்கூடிய இணைப்புகளை ஆதரிக்கிறார். சாதாரண மற்றும் முறைசாரா கல்வித் தரத்தை முன்னேற்றுவதற்காக விஞ்ஞானம் மற்றும் தொழில்நுட்பத்தில் இருந்து சுழற்றுமுறையை அதிகரிப்பதற்கான உத்திகளை அபிவிருத்தி செய்வதற்கு நாசாவின் அறிவியல் பணி இயக்குநர் குழும மன்றங்களில் பல ஆண்டுகள் பணியாற்றினார். லூசியானா பியாஞ்சி, சர்வதேச வானியல் சங்கம் (IAU), அமெரிக்க வானியல் சங்கம் (A.A.S.), ஐரோப்பிய வானியல் சங்கம் (ஈ.ஏ.எஸ்), மற்றும் சோசியேட் எஸ்பானோலா டி அஸ்ட்ரானோமியா (SEA) ஆகியவற்றில் உறுப்பினராக உள்ளார். லூசியானாபியானிச்சி குழுவினர் 2014-ல் புற ஊதா வானம்: அண்டம் ஆய்வுகள் ஒரு கண்ணோட்டம் (விண்வெளி ஆராய்ச்சியின் முன்னேற்றங்கள், 53 (2014) 900-912) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### ஃப்ளோரன்ஸ் பைரோல் :

ஃப்ளோரன்ஸ் பைரோல் 2017 ஆம் ஆண்டு முதல் துலாஸ் பல்கலைக்கழகம் லெகோஸ் ஆய்வகத்தில் பேராசிரியராக உள்ளார். அங்கு அவர் 1999 ஆம் ஆண்டில் முனைவர் பட்டம் பெற்றார். அவரது ஆய்வு துறையானது தரவு மற்றும் கடல்வழி தொடர்பானது. குறிப்பாக கடலோர பகுதிகள், சுற்றுச்சூழல் செயற்கைக்கோள் தரவு பகுப்பாய்வு, கடலோர இயற்பியல் சார்ந்த கடலியல், நீரோட்டங்களின் ஆய்வுக்கு இயற்பியல், சமுத்திரத்தின் தரவு பகுப்பாய்வு, அலைகள் மற்றும் கடல் மேற்பரப்பு உயரம் வேறுபாடுகள். ஃப்ளோரன்ஸ் பைரோல் குழுவினர் 2017 -ல் நிடிர் உயர அளவி இயல் கரையோர பயன்பாடுகள்: X-சுவடு பிராந்திய பொருட்கள் உதாரணம் (விண்வெளி ஆராய்ச்சி முன்னேற்றங்கள், 59 (2017) 936-953) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### எடித் டி பௌரெட் :

எடித் டி பௌரெட் தேசிய ஆய்வகத்தின் மூத்த விஞ்ஞானி. பிரான்சில் உள்ள

மாண்ட்லீலியர் பல்கலைக்கழகத்தின், இயற் பியல் துறையிலிருந்து முனைவர் மற்றும் பாஸ்டன் பல்கலைக்கழகத்திலிருந்து எம்.பி.ஏ பட்டம் பெற்றார். 140 வெளியீடுகளில் ஆசிரிய ராகவும், இணைஆசிரியராகவும் மற்றும் 6 காப்புரிமைகளை வைத்திருக்கிறார். அவரது விஞ்ஞான பணி பல்வேறு வகையான தொகுப்புகள், படிக்க வளர்ச்சி மற்றும் பல்வேறு வகையான கட்டமைப்பு, ஒளியியல் மற்றும் மின்சார பண்புகளை உள்ளடக்கியது. பெரிய அளவிலான அரைக்கடத்திகள் படிக்கங்களிலிருந்து மெல்லிய தனிபடிகபடங்கள் மற்றும் மீநுண்படிகங்கள் மற்றும் இழைகள், மட்பாண்டங்கள், கலப்புகள் மற்றும் படிக்க வளர்ச்சியின் பல்வேறு அம்சங்கள் பற்றிய ஆராய்ச்சிகளில் ஈடுபட்டுள்ளார். தற்போது அவர் தேசிய பாதுகாப்பு மற்றும் மருத்துவ படம், துளியம் பொருட்களின் தொகுப்பு ஆகியவற்றிற்கான புதிய மினுக்கொளி ஆராய்ச்சி மற்றும் அதன் மேம்பாட்டில் ஈடுபட்டுள்ளார். எடித் டி பௌரெட் குழுவினர் 2016-ல் கலப்பு ஹாலைடுகளின் BaBrCl மற்றும் BaBrCl: Eu ஆகியவற்றின் சக்ரல்ஸ்கி வளர்ச்சி (படிக்க வளர்ச்சி பத்திரிகை, 435 (2016) 42-45) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### ஜூலி கர்னி :

ஜூலி கர்னி, பாஸ்மிங்கோ கொடுத்த உதவித்தொகை மூலம் அவர் பொருட்கள் அறிவியல் மற்றும் பொறியியல் படித்தார். 7 ஆண்டுகளுக்கு பிறகு, 2002 -ல், அதே துறையில் முனைவர் பட்டம் (உலோகம்) பெற்றார். அடுத்த சில ஆண்டுகளில் இங்கிலாந்தின் பர்மிங்காம் பல்கலைக்கழகத்தில் ஆராய்ச்சியாளராகவும், ஜெர்மனியில் ஸ்டூட்கார்ட்டில் உள்ள மாக்ஸ் பிளாங்க் நிறுவனத்தில் உலோக ஆய் வாளராகவும் பணியாற்றினார். இவர் தற்போது ஆஸ்திரேலியாவின் சிட்னி பல்கலைக்கழகத்தில் இணை பேராசிரியர் பணியிலும் நுண்ணியல் மற்றும் நுண்ணுயிரியல் மையத்திலும் பணியாற்றி வருகிறார். அவர் அணு அளவிலான படத்தை படமாக்கக்கூடிய மேம்பட்ட நுண்ணோக்கி நுட்பங்களைப் பயன்படுத்தி பொருட்களை ஆய்வு செய்வதில் நிபுணர் ஆவார். நுண்கட்டமைப்பு தொடர்பான பொருளின் பண்புகள் மற்றும் கவனமாக கட்டுப்படுத்தப்பட்ட நுண்கட்டமைப்பு

கொண்ட பொருள்கள் விரும்பத்தக்க பண்புகளை கொண்டிருந்தால் பொறியாளர்கள் பயன்படுத்த முடியும் என்றார். அவர் மிக மேன்மையான கலவைகள், உருக்கு இரும்பு மற்றும் கடின பூச்சுகள் போன்ற முன்னேறிய பொருட்களின் நுண்கட்டமைப்பு மற்றும் பண்புகள் இடையேயான தொடர்பை ஆராய்ச்சி செய்யும் திட்டத்தை நடத்துகிறார். இந்த சோதனை ஆற்றல், கட்டுமான மற்றும் உற்பத்தி துறைகளின் கட்டமைப்பு பயன்பாடுகளுக்கும், செயலாக்க குறைந்த ஆற்றல் தேவைகளுக்கும், வலுவான மற்றும் இலகுவான பொருட்களின் வளர்ச்சிக்கும் முக்கிய பங்களிப்பு செய்கின்றது. அவர் மீநுண்ணோக்கியியல் ஆசிரியர் குழு உறுப்பினர் ஆவார். ஜூலி கர்னி குழுவினர் 2016-ல் நிழல் முகமுடியைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் அணுவின் ஆய்வு மாதிரி தயாரிப்பிற்கு ஒரு எளிய அணுகுமுறை (மீநுண்ணோக்கியியல், 160 (2016) 163-167) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### அலெக்ஸாண்ட்ரா பி டிஜூரிசிக் :

அலெக்ஸாண்ட்ரா பி டிஜூரிசிக் 1997 ஆம் ஆண்டு பெல்கிரேடு பல்கலைக்கழகத்தின் மின் பொறியியல் பள்ளியில், மின் பொறியியலில் முனைவர் பட்டம் பெற்றார். அவர் ஹாங்காங் பல்கலைக்கழகத்தில் இயற்பியல் துறையில் 2003-ல் உதவி பேராசிரியராக சேர்ந்தார். தற்போது அங்கு அறிவியல் துறையில் பேராசிரியர் மற்றும் இணை கல்வி தலைவர் (ஆராய்ச்சி) ஆகிய பொறுப்புகளில் உள்ளார். அவரது ஆய்வு துறையானவை: மீநுண்பொருட்கள், பரந்த-பட்டையக் குறைக்கடத்திகள், கரிம பொருட்கள் மற்றும் அவற்றின் பயன்பாடுகள். இவை ஆற்றல் மற்றும் சுற்றுச்சூழல் தொடர்பான பகுதிகள், ஒளி வினைவேகமாற்றி மற்றும் சூரிய மின்கலங்கள் சார்ந்த பயன்பாடுகளாக உள்ளன. இவர் 330 ஆராய்ச்சி கட்டுரைகளை வெளியிட்டுள்ளார். மேலும் இவரது ஆய்வுகள், 13500 முறை மேற்கோளிடப்பட்டுள்ளது. மற்றும் எச்-குறியீட்டு எண் 52 ஆகும். அலெக்ஸாண்ட்ரா டிஜூரிசிக் குழுவினர் 2010ல் ஒளி மின்னணுக்கான ZnO மீநுண்கட்டமைப்பு: பொருளின் பண்புகள் மற்றும் சாதன பயன்பாடுகள் (குவாண்டம் மின்னணு முன்னேற்றம்,

34 (2010) 191-259) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### அண்ணா பிராங்கோவிக் :

அண்ணா பிராங்கோவிக் தற்போது ஜெர்மனியில் டெசி, ஸியூத்தேனில் விஞ்ஞான ஊழியராக பணியாற்றுகிறார். 2011 ஆம் ஆண்டு பான் பல்கலைக்கழகத்தில் முனைவர் பட்டம் பெற்றார். அண்ணா பிராங்கோவியாக்கிபாக்(KIPAC) மற்றும் சலக் (SLAC) தேசிய முடுக்கி ஆய்வகத்தில் ஆராய்ச்சியாளராக இருந்தார். 2015 ஆம் ஆண்டில் டெசிக்கு சென்றார், அங்கு அவர் (2016 ஆம் ஆண்டு முதல்) ஹெல்மால்ட்ஸ் யங் இன்வெஸ்டிகேட்டர் குழுவை முன் நடத்துகிறார். அவரது விஞ்ஞான பணியானது நியூட்ரினோ, காமா கதிர் மற்றும் சாத்தியமான காஸ்மிக்-ரேவேகக்கட்டுப்பாட்டை ஆய்வு செய்ய ஒளியியல் தரவுகளை பற்றியது. அவை முறையே மீயொளிர் விண் முகில், புதிய, செயலில் அண்டக் கருக்கள் மற்றும் அலை இடையூறு நிகழ்வுகள். அண்ணா பிராங்கோவிக் குழுவினர் 2017-ல் பனி கன சதுர நிகழ் நேர எச்சரிக்கை அமைப்பு (அஸ்ட்ரோதுகள் இயற்பியல், 92 (2017) 30-41) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### மாரன்ஹன்டே :

ஜெர்மனி, ஹைடல்பேர்க்கில் ஓட்டோ வான் கார்ரிக் பல்கலைக்கழகம், மாக்க்டேர்க்கில் உள்ள பகுப்பாய்வு மற்றும் எண்மயமாக்கல் கல்வி நிறுவனத்தில் பேராசிரியராக உள்ளார். மாரன்ஹன்டே குழுவினர் 2017-ல் நிலை மாற்றம் உட்பட பல்-கூறு கலவைக்கான ஆற்றலுடைய மற்றும் வலுவான தளர்வு நடைமுறைகள் (கணக்கீட்டு இயற்பியல் பத்திரிகை, 338 (2017) 217-239) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### லிப்பிங் ஹூலிங் :

முனைவர் ஹுவாங் 1996 மற்றும் 1999 ஆம் ஆண்டுகளில் சீனாவின் ஜீஜியாங் பல்கலைக்கழகத்தில் இளங்கலை மற்றும் முதுகலை பொறியியல் படிப்பினை முடித்தார். மேலும் முனைவர் பட்டத்தை ல்லினாய்ஸ் பல்கலைக்கழகத்தில் 2004 ஆம் ஆண்டில் பெற்றார். அவர் மிச்சிகன் பல்கலைக்கழகத்தில்

முதுகலை முனைவர் ஆராய்ச்சியை மேற்கொண்டார். 2003-ல் அமெரிக்காவின் மட்பாண்ட சமுதாயத்தின் கண்ணாடி மற்றும் ஒளியியல் பொருட்கள் பிரிவில் ஒரு மாணவருக்கு வழங்கக்கூடிய மிக உயர்ந்த கௌரவமான, நார்பெர்ட் ஜே க்ரிடில் விருது வழங்கப்பட்டது. 2009-ல், அவர் பாதுகாப்பு சிகிச்சை குறைப்பு செயலாண்மை இளம் புலனாய்வாளர் விருதினை பெற்றார். 2013ல், அவர் தேசிய அறிவியல் அறக்கட்டளை வேலைக்கான விருதையும் பெற்றார். லிப்பிங் ஹூங் குழுவினர் 2016-ல் கட்டமைப்பு மற்றும் வெப்ப-இயந்திர எதிர்ச்செயல்  $TiO_2-SiO_2$  கண்ணாடிகளின் வெப்பநிலை, (படிகம் அல்லாத திடங்கள், 447 (2016) 238-247) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### ஹன்னா ஜே. ஜாய்ஸ் :

முனைவர் ஹன்னா ஜே. ஜாய்ஸ் 2010 ஆம் ஆண்டில் முனைவர் பட்டத்தை ஆஸ்திரேலிய தேசிய பல்கலைக்கழகத்திலிருந்து பெற்றார். பின்னர் ஆக்ஸ்போர்டு பல்கலைக்கழகத்தில் முதுகலை முனைவர் ஆராய்ச்சியாளராக இயற்பியல் துறையில் சேர்ந்தார். 2013 ஆம் ஆண்டில், கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக்கழகத்தில் பொறியியல் துறையின் பல்கலைக்கழக விரிவுரையாளராக நியமிக்கப்பட்டார். கேம்பிரிட்ஜில், அவர் ஒளிப்பதிவு மற்றும் மின்னணுவியல் ஆகியவற்றின் பயன்பாடுகளுக்கான புதிய மீநுண் பொருள்களின் வளர்ச்சியை மையமாகக் கொண்ட ஆராய்ச்சி குழுவை வழி நடத்துகிறார். அவர் பொறியியல் மீநுண் அடிப்படையிலான ஒளிமின்னணு சாதனங்கள் மற்றும் டெராஹெர்ட்ஷ் ஒளியை ஒத்த சாதனங்களை ஆய்வு செய்வதில் ஆர்வமாக உள்ளார். ஹன்னா ஜே. ஜாய்ஸ் குழுவினர் 2011-ல் ஒளி மின்னணுவியல் சாதன பயன்பாட்டிற்கான III-V அரைக்கடத்தி மீநுண்இழைகள் (குவாண்டம் மின்னணு முன்னேற்றம், 35 (2011) 23-75) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### மிரர்னெய் கோப்ஃப்ராக்ஸ் :

மரியானே கோப்ஃப்ராக்ஸ், முனீச்சின் தொழில்நுட்ப பல்கலைக்கழகத்தில் வேதியியல் துறையில் படித்தார். முதுநிலை மற்றும் இளநிலை

ஆராய்ச்சி படிப்பில் கருப்பு பாஸ்பரஸ் மற்றும் கலப்பு பாஸ்பரஸ்-ஆர்சனிக் கட்டங்களை சிறிய பட்டை இடைவெளிகளுடன் இணைப்பதற்கான நடைமுறைகளை மேம்படுத்துவதில் கவனம் செலுத்தினார். ஆராய்ச்சி படிப்புக்கு பிறகு, அவர் 2015-ல் ஆய்வு பணியிலிருந்து விலக முடிவு செய்தார். இருந்த போதிலும் முனிச் தொழில்நுட்ப பல்கலைக்கழகத்தில் அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப கல்வி தர உறுதியில், அறிவியல் மேலாளராக பணியாற்றுகிறார். மிரர்னெய் கோப்ஃப்ராக்ஸ் குழுவினர் 2014-ல் பாஸ்போர்ன்-முன்னோடி கருப்பு பாஸ்பரஸின் அணுகல் மற்றும் சிறந்த வளர்ச்சி (படிக வளர்ச்சி பத்திரிகை, 405 (2014) 6-10) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### சியரா லா டெஸ்ஸா :

சியரா லா டெஸ்ஸா 2003-ல் இயற்பியலில் தனது பணியைத் தொடங்கினார். ரோம் (இத்தாலி) பல்கலைக்கழகத்தில் (டோர் வெர்காடா) முதல் முதுகலை முனைவர் பட்டத்தையும் (கோஸ்டெ பார்க், ஸ்வீடன்), ஜி.எஸ்.ஐ-ல் (டாம்ஸ்டட்ட், ஜெர்மனி) இரண்டாவது முதுகலை முனைவர் பட்டத்தையும் பெற்றார். 2013 ஆம் ஆண்டில், நாசா விண்வெளி ஆய்வு கதிர்வீச்சில் (NSRL), ப்ரூஹேவன் தேசிய ஆய்வகத்தில் ஒரு வருட ஒப்பந்த பணியாளராக பணிபுரிந்தார். இந்த நியமனம் 2014 ஆம் ஆண்டின் முடிவில் முழு நிலைப்பாடாக மாறியது. நவம்பர் 2016 ஆம் ஆண்டு முதல் ட்ரொண்டோ (இத்தாலி) பல்கலைக்கழகத்தில் பணியாற்றி வருகிறார். அவரது ஆய்வு துறையானது, விண்வெளி மற்றும் புற்றுநோய் சிகிச்சையில் கதிர்வீச்சின் முக்கிய பங்கு குறித்தன. சியரா லா டெஸ்ஸா குழுவினர் 2016 -ல் நாசா விண்வெளி கதிர்வீச்சு ஆய்வகத்தின் கண்ணோட்டம் (விண்வெளி ஆராய்ச்சியில் உயிர் அறிவியல், 11 (2016) 18-23) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### கீ மே லாவ் :

கீ மே லாவ் ஹாங்காங் அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப பல்கலைக்கழகத்தில் பொறியியல் துறையில் பேராசிரியராக பணியாற்றுகிறார். முனைவர் பட்டத்தை டெக்சாஸ் ஹூஸ்டன், ரைஸ் பல்கலைக்கழகத்தில் மின் பொறியியல்

துறையில் முடித்தார். அவர் மாசுசெட்ஸ்/ ஆம்ஹெஸ்ட் பல்கலைக்கழகத்தில் மின் மற்றும் மின்னணு தகவல் தொடர்பு துறையில் ஆசிரியராக இருந்தார். அங்கு உலோக கரிம வேதியியல் நீராவிவைப்பு, கலவை குறைக்கடத்தி பொருட்கள் மற்றும் சாதனங்களுக்கான திட்டங்களை தொடங்கினார். III-V பொருட்கள், ஒளிமின்னணு, உயர் சக்தி மற்றும் அதிவேக சாதனங்களுக்கான ஆராய்ச்சி மற்றும் வளர்ச்சிக்கான ஒளித்துகளியல் தொழில்நுட்ப மையத்தை நிறுவினார். பேராசிரியர் லாவ் பெற்ற விருதுகள்: அமெரிக்க தேசிய அறிவியல் அறக்கட்டளை மகளிர் விஞ்ஞானிகள் மற்றும் பொறியியலாளர்கள் விருது (1991), க்ரூச்சர் மூத்த ஆராய்ச்சி மானியம் (2008), மற்றும் IEEE ஒளித்துகளியல் சமூகத்தின் (2001) அரோன் க்ரேசல் விருது (2017). கீ மே லாவ் குழுவினர் 2014-ல் நிலைப்படுத்தப்பட்ட கட்டுப்பாட்டு விதை வரிசையுடன் மீநுண்கட்டமைக்கப்பட்ட Si (001) அடி மூலக்கூறுகள் மீது முரண்பாடான InP -ல் குறைபாடு குறைப்பு (படிக வளர்ச்சி பத்திரிகை, 405 (2014) 81-86) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### மரியாங் லுக்ஓவ்-மேடவீடோவ் :

மரியா லூகாக்கோவா 2010 ஆம் ஆண்டு முதல் மெயின்ஸ் பல்கலைக்கழகத்தில் பயனுறு கணிதத்தின் முழுநேர பேராசிரியராக பணியாற்றுகிறார். அதற்கு முன்னர் ஹாம்பர்க்-ஹர்பர்கில் உள்ள தொழில்நுட்ப பல்கலைக்கழகத்தில் பேராசிரியராக இருந்தார். செக் குடியரசிலுள்ள ப்ரேக்கில் உள்ள சார்லஸ் பல்கலைக்கழகத்தில் கணிதத்தில் கோசீஸிலுள்ள சபோரிக் பல்கலைக்கழகத்தில் கணிதவியல் மற்றும் தகவல் தொழில் நுட்பவியலில் முதுகலை பட்டம் பெற்றார். அவரது முனைவர் ஆய்விற்கு பேராசிரியர் இவோ பாப்சாவின் பரிசு வழங்கப்பட்டது. அவர் திரவ இயக்கவியல் பயன்பாடுகளுடன் பகுதிவேறுபாடு சமன்பாடுகளின் எண்கணிப்பு மற்றும் பகுப்பாய்வு பணியைக் கண்டுபிடித்தார். அவர் திரவ இயக்கவியல் பயன்பாடுகளுடன் கூடிய பகுதி வேறுபாடு சமன்பாடுகளின் எண்ணிக்கையை பகுப்பாய்வு செய்யும் பணியை மேற்கொள்கிறார். அவரது ஆராய்ச்சி ஆர்வங்கள்: உயிரியல்

சிக்கல்களுக்கு நியூட்டியன் திரவங்கள் மூலம் பல்வகைப்பட்ட அதிபரவளைய பாதுகாப்பு விதிகள் அவை முறையே குருதி இயக்கவியல் திரவ-கட்டமைப்பு தொடர்பு மற்றும் புற்றுநோய் வளர்ச்சி. மரியாங் லுக்ஓவ்-மேடவீடோவ் பெற்ற விருதுகள்: செக் கன்சட் சொஸைட்டியின் ஜூனியர் பரிசு (2002), கோசீஸ் பல்கலைக்கழகத்தின் வெண்கல பதக்கம் (2013). மரியாங் லுக்ஓவ்-மேடவீடோவ் குழுவினர் 2017 -ல் IMEX ஆல் வரையறுக்கப்பட்ட தொகுதித் திட்டங்களைக் காக்கும் அணுகுகோட்டிற்குரிய குறைந்த மக் எண் ஆயிலர் சமன்பாடுகள் உடனான ஈர்ப்பு விசை (கணக்கீட்டு இயற்பியல் பத்திரிகை, 335 (2017) 222-248) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### ஜோனா மெக்கிட்ரிக் :

ஜோனா மெக்கிட்ரிக் 1988 முதல் சான் டியாகோ கலிபோர்னியா பல்கலைக்கழகத்தில் இயந்திர விண்வெளி பொறியியல், பொருட்கள் அறிவியல் மற்றும் திட்டப் பொறியியல் துறைகளில் பேராசிரியராக உள்ளார். அவர் உயிரியல், உயிர்க்கோளங்கள் மற்றும் உயிரி பொருட்கள் மையத்தின் மைய இயக்குனராக உள்ளார். வடமேற்கு பல்கலைக்கழகத்திலிருந்து பொருட்கள் அறிவியல் மற்றும் பொறியியலில் முனைவர் பட்டம் பெற்றார். அவர் ஒளி மற்றும் உயிரியல் பொருட்கள் பற்றிய ஆராய்ச்சி பணியை மேற்கொள்கிறார். மேலும் இவர் ஒளி வீசுதல் ஆராய்ச்சிக்கு, திட-நிலை ஒளி உமிழ் மின்கல விளக்குகளுக்கு பாஸ்பேர்களைப் பரிசோதித்தல் தொடர்பான புதிய கண்டு பிடிப்புகளின் மீது கவனம் செலுத்துகிறார். துளியம் திறனை அதிகரிப்பதால், வெப்ப மற்றும் இரசாயன நிலைத்தன்மையை அதிகரிக்கிறது. உயிரியல் பொருட்கள் ஆராய்ச்சிக்காக, இயற்கை மூலப்பொருட்களில் உள்ள அமைப்பு மற்றும் பண்புகளை பற்றி ஆராய்வதுடன் இந்த ஆய்வினை செயல்பாட்டு உயிரியலாக்கப்பட்ட வடிவமைப்புகளில் மொழிபெயர்த்துள்ளார். ஜோனா மெக்கிட்ரிக் குழுவினர் 2016-ல் திட நிலை விளக்குகளுக்கு பாஸ்பேர்களில் உள்ள கட்டமைப்பு விறைப்பு மற்றும் துளியம் செயல்திறன் ஆகியவற்றுக்கிடையிலான ஒருங்கிணைந்த கோட்பாடுகள் மற்றும் பரிசோதனை

ஆராய்ச்சி (ஒளிர்வு சஞ்சிகை, 179 (2016) 297–305) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### ரோட்ராட் மேர்க்கல் :

இவர் உடல்வேதியியலில் பட்டம் பெற்ற பிறகு, திட நிலை ஆராய்ச்சி பற்றிய ஆய்வில் மேக்ஸ் பிளாங்க் நிறுவனத்தில் சேர்ந்தார். அவரின் ஆராய்ச்சி துறைகளாவன: அயனி அணுக்களில் உள்ள பற்றாக்குறைகளின் அடிப்படை அம்சங்கள், ஆக்சைடு பரப்புகளில் எதிர்வினை இயக்கங்கள், திட ஆக்சைடு எரிபொருள் செல்கள், எரிவாயு உணர்வுகருவிகள் மற்றும் பல்வகை வினையூக்கி. ரோட்ராட் மேர்க்கல் குழுவினர் 2017-ல் ப்ரோடன் எதிர்மின்வாயிலும் பொருள் BaCo<sub>0.4</sub>Fe<sub>0.4</sub>Zr<sub>0.2</sub>O<sub>3-δ</sub> புரோட்டான் மற்றும் புரோட்டோனிக் எலக்ட்ரோலைட் பொருட்களுடன் ஒப்பிடுதல் (திட நிலை அயனி, 299 (2017) 64–69) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### லிட்யா எம். ஒஸ்கினோவா :

முனைவர் லிட்யா ஒஸ்கினோவா வானியலில் முனைவர் பட்டத்தை பெற்றுள்ளார். கிளாஸ்கோ பல்கலைக்கழகத்தில் ஒரு அரசுரிமை வாய்ந்த சங்கம்/நேட்டோ உறுப்பினராக இருந்தார். அவரது ஆராய்ச்சி துறைகள் முறையே X-கதிர் வானியல், நட்சத்திரக் காற்று மற்றும் பாரிய நட்சத்திரங்கள். தற்போது அவர் போட்ஸ்மாக் பல்கலைக்கழகத்தில் (ஜெர்மனி) தனது சொந்த ஆராய்ச்சி திட்டங்களை முன்னெடுத்து வருகிறார். முனைவர் ஒஸ்கினோவா 110-க்கும் மேற்பட்ட ஆய்வு கட்டுரைகளில் ஆசிரியராகவும் மற்றும் தொலைதூர தொலைநோக்கிகளுக்கான கண்காணிப்பு நிகழ்ச்சிகளுக்கு கொள்கை ஆராய்ச்சியாளராகவும் உள்ளார். ஒஸ்கினோவா குழுவினர் 2016-ல் மிகப்பெரிய நட்சத்திர காற்றுகளின் X-கதிர் கண்டறிதல் (விண்வெளி ஆராய்ச்சி முன்னேற்றங்கள், 58 (2016) 739–760) தொடர்பான ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### நவோமி பொரட் :

நவோமிபொரட் 1989 ஆம் ஆண்டில் ஹையோ பல்கலைக்கழகத்தில் முனைவர் பட்டப்படிப்பை முடித்தார். இவர் 1994-ல் இஸ்ரேலின் புவியியல் ஆய்வு மையத்தில் ஒளிர்வு கால அளவீடு

ஆய்வகத்தை நிறுவினார். அங்கு அவர் இன்னும் நிலைத்திருக்கிறார். அதன் பின்னர் அவரது ஆய்வு புவியியல் அபாயங்கள் (பூகம்பங்கள், சுனாமி, நிலச்சரிவுகள்) உள்ளடக்கியது. தற்போது அவர் புவியியல் மற்றும் சுற்றுச்சூழல் புவியியல் பிரிவு தலைவராக உள்ளார். நவோமி பொரட் குழுவினர் 2016-ல் காட் பான், தென் ஆபிரிக்காவில் இருந்து பாரஸ்மித் தொழிற் துறைக்கான புதிய கதிர்வீச்சியல் வயது: முந்தைய கால இடைவெளிகளுக்கு முந்தைய பருவத்திற்கான தாக்கங்கள் (தொல்லியல் அறிவியல் சஞ்சிகை, 37 (2010) 269–283) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### இலைனா ரேவ் :

இவர் 1994-ல் ருமேனியாவின் புக்கரெஸ்ட்டில் உள்ள பொலித்தீனிகா பல்கலைக்கழகத்தில் பட்டம் பெற்றார். 2002-ல் அதே பல்கலைக்கழகத்தில் முனைவர் பட்டம் பெற்றார். அவர் 2010-ல் எக்கோல் நோர்மலி சுபெரியரடி லியொனில் பேராசிரியராக தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டார். 2013 ஆம் ஆண்டில் இரசாயன பொறியியலில் ஹிப்பிலைட்டேஷன் பட்டம் பெற்றார். ருமேனியாவின் புக்கரெஸ்ட் பல்கலைக்கழக பல தொழில் பயனுறு வேதியியல் மற்றும் பொருட்கள் அறிவியலில் பேராசிரியராக பணியாற்றி வருகிறார். இலைனா ரேவ் ஒளியியல் பொருட்கள் வளர்ச்சிக்கு குறிப்பிடத்தக்க பங்களிப்பை அளித்துள்ளார். கரிம மற்றும் உயிரி பொருட்கள், நேரியல் மற்றும் நேர்சார்பிலா ஒளியியல் பண்புகள் மற்றும் அத்துடன் ஒளித்துகளியல் மற்றும் உயிரி ஒளித்துகளியல் அவற்றின் பயன்பாடுகள் பற்றிய புரிதல் ஆகியவற்றில் ஆய்வு செய்துள்ளார். சர்வதேச மாநாடுகள், பட்டறைகள் மற்றும் தலையங்க சேவைகள், நேர்சார்பிலா ஒளியியல் பொருட்கள் விஞ்ஞானத்தை பிரபலப்படுத்துவதில் அவர் முக்கிய பங்காற்றினார். இலைனா ரேவ் குழுவினர் 2016-ல் யூரோபியம் β-டிக்டேனான்களைக் [2.2] பராசைக்ளோபேன் பங்கு கொண்டுள்ள மின்சுற்று துளையிடத்தக்க ஒளி உமிழும் டையோடுகள் (ஒளியியல் பொருட்கள், 57 (2016) 114–119) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

## ஜோன் எம். ரெட்விங் :

ஜான் எம். ரெட்விங் தனது முனைவர் பட்டத்தை விஸ்கான்சின்-மேடிசன் பல்கலைக் கழகத்தில் இரசாயன பொறியியலுக்காக பெற்றார். 1999 ஆம் ஆண்டில் பென் ஸ்டேட் பல்கலைக்கழகத்தில் பொருட்கள் அறிவியல் மற்றும் பொறியியல் திணைக்கழக துறையில் ஆசிரியராக சேர்ந்தார். மின் பொறியியல் துறையின் துணை இணைப்பாளராக அவர் இருக்கிறார். இரு பரிமாண படிக்கூட்டமைப்பு பொருட்கள் கண்டுபிடிப்பு தளங்களின் இயக்குனராக பணியாற்றுகிறார். அவரது ஆராய்ச்சி துறைகள் முறையே படிக்கூட்ட வளர்ச்சி மற்றும் மீநுண் இயற்பியல். முனைவர் ரெட்விங் தற்போது படிக்கூட்ட வளர்ச்சி அமெரிக்காவின் கழக துணைத்தலைவராக பணியாற்றுகிறார் மேலும் படிக்கூட்ட வளர்ச்சி பத்திரிகையின் இணை ஆசிரியர் ஆவார். அவர் அமெரிக்கா இயற்பியல் சார்ந்த சங்கம், பொருட்கள் ஆராய்ச்சி சங்கம் மற்றும் அமெரிக்க முன்னேற்றத்திற்கான சங்கம் போன்றவற்றில் உறுப்பினராக உள்ளார். இவர் 11,000 க்கும் அதிகமான மேற்கோள்கள் கொண்ட 270-க்கும் மேற்பட்ட ஆய்வு கட்டுரைகளில் ஆசிரியர் அல்லது இணை எழுத்தாளர் ஆவார். இவர் 8 அமெரிக்க காப்புரிமைகளை வைத்திருக்கிறார். ஜோன் எம். ரெட்விங் குழுவினர் 2016-ல் சிலிக்கான் டிசால்கோஜெனீயீட்டின் தொகுப்பு, குணவியல்பு மற்றும் இரசாயன நிலைத்தன்மை, Si(SexS1-x)2 (படிக்கூட்ட வளர்ச்சி பத்திரிகை, 452 (2016) 151-157) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

## ரெனாடா ரைஸ்ஃபெல்ட் :

ரெனாடா ரைஸ்ஃபெல்ட் இஸ்ரேலிய வேதியியல் பேராசிரியராகவும், மற்றும் ஜெருசலத்தின் ஹீப்ரூ பல்கலைக்கழகத்தில் வேதியியல் நிறுவனத்தில் சூரிய எரிசக்தி துறையில் பேராசிரியராகவும் உள்ளார். இவர் 540 அறிவியல் ஆவணங்களில் நூலாசிரியராகவும், 3 புத்தகங்கள் மற்றும் 30,000-க்கும் மேற்பட்ட முறை இவரது ஆவணங்கள் மேற்கோளிடப்பட்டுள்ளது. சூரிய ஆற்றல் பயன்பாட்டிற்கான ஒளி வீசுகின்ற சூரிய செறியூட்டிகளை உருவாக்குவதற்கான செயலில் ஈடுபட்டுள்ளார்.

1993-ல், பிரான்சிலுள்ள லியோன் பல்கலைக்கழகத்தில் முனைவர் ஹானோரிஸ் கவுசா கௌரவ பட்டம் பெற்றார். பின்பு அதே ஆண்டில், மேயர் லியோன், பிரான்சின் அறிவியல் சாதனைக்கான பதக்கம் வழங்கப்பட்டது. 1998-ல், ருமேனியாவின் புக்கரெஸ்ட் பல்கலைக்கழகத்தில் முனைவர் ஹானோரிஸ் கவுசா கௌரவ பட்டம் பெற்றார். 2005 ஆம் ஆண்டில், போலந்து அறிவியல் சங்கம், போலந்து பேராசிரியர் ஹானோரிஸ் கவுசா கௌரவ பட்டம் பெற்றார். ஜனவரி 2018ல் ரென்டா ரைஸ்ஃபெல்ட் கௌரவிக்கும் வகையில் ஒளிர்வு சஞ்சிகை சிறப்பு இதழை வெளியிட்டது. இது ஒளி வீசுகின்ற கனிம கண்ணாடிகளுக்கு அவரது சிறந்த பங்களிப்பிற்காக வெளியிடப்பட்டது. ரெனடா ரைஸ்ஃபெல்ட் குழுவினர் 2016-ல் செப்பு மீநுண் துகள்களால் சிலை பைரிடின் ஈ (III) சிக்கலான ஒளி உமிழ்வின் பெருக்கம் (ஒளிர்வு சஞ்சிகை, 170 (2016) 820-824) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

## காத்லீன் ரிச்சர்ட்சன் :

காத்லீன் ரிச்சர்ட்சன் மத்திய புளோரிடா பல்கலைக்கழகத்தில் ஒளியியல் மூலப் பொருள்கள் அறிவியல் மற்றும் பொறியியல் பேராசிரியராக பணிபுரிகிறார். அவர் அகச்சிவப்பு கண்ணாடி மற்றும் கண்ணாடி மட்பாண்ட ஒளியியல் பொருட்களில் ஒரு அங்கீகரிக்கப்பட்ட சர்வதேச நிபுணர் ஆவார். மிகச் சமீபத்தில், இந்த முயற்சிகள் சிலிக்கான் பொருளின் ஒருங்கிணைப்பு, சிலிக்கான் மற்றும் நெகிழ் நுண் ஒளி தளங்கள், கதிர்வீச்சு-தூண்டப்பட்ட அமைப்பை மதிப்பிடுதல் மற்றும் பண்பு மாற்ற வழிமுறைகளை செயல்படுத்துதல் போன்றவை இணைக்கப்பட்டது. முனைவர் ரிச்சர்ட்சன் 300-க்கும் அதிகமான வெளியீடுகள், புத்தக அத்தியாயங்கள் மற்றும் காப்புரிமைகளை வைத்துள்ளார். வகித்த பதவிகள்: அமெரிக்க மட்பாண்ட சமூகத்தின் முன்னாள் தலைவர், SPIE இன் முன்னாள் இயக்குனர் மற்றும் கண்ணாடி மீதான சர்வதேச ஆணையத்தின் முன்னாள் தலைவர். முனைவர் ரிச்சர்ட்சன் தற்போது சவன்னா ஆறு தேசிய ஆய்வகத்தின் ஆலோசனைக் குழுவிலும், மேலும் ஜெர்மன் அறக்கட்டளையின் அறங்காவலர் குழுவின்

ஒரு மேற்பார்வையாளராகவும் பணியாற்றுகிறார். அவர் மட்பாண்ட மற்றும் கண்ணாடி தொழிற்சாலைகளின் நிறுவனர் ஆவார். மட்பாண்ட மற்றும் கண்ணாடி விஞ்ஞானிகள் மற்றும் பொறியியலாளர்களுக்கு கல்வி மற்றும் பயிற்சி வாய்ப்புகளை அளிக்கும் அறக்கட்டளையை ஆதரிக்கிறார். காத்லீன் ரிச்சர்ட்சன் குழுவினர் 2017-ல் பாசிட்ரான் அழிப்பு வாழ்நாள் நிறமாலை (பிஏஎல்எஸ்) ஆய்வுகள் காமா கதிர்வீச்சு செய்யப்பட்ட  $As_2Se_3$  படங்கள் பயன்படுத்தப்படும் MIR ஒருங்கிணைந்த ஒளித்துகளியல் (படிசு திடங்கள் அல்லாத பத்திரிகை, 455 (2017) 29-34) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்

### பிரட் ஸ்சமிட்ட்மாண் :

பிரிட் ஸ்சமிட்ட்மாண், ஜெர்மனியில் ஹாம்பர்க் பல்கலைக்கழகத்தில் அறிவியல் மற்றும் சமாதான ஆராய்ச்சிக்கான கார்ல் ப்ரீட்ரிச் வான் வெய்ஸ்சேக்கர்-மையத்தில் குழுத் தலைவராக உள்ளார். இவர் 2012ல் ஜெர்மனியில் கெய்செர்ஸ்லடென்டர், தொழில் நுட்ப பல்கலைக்கழகத்தில் இயற்பியல் மற்றும் கணினி அறிவியல் மற்றும் செயல்முறை சார்ந்த கணிதத்தில் பட்டச்சான்றிதழைப் பெற்றார். பின்பு 2013-ல் பெல்ஜியத்தில், வான் கர்மன் திரவ இயக்கவியல் நிறுவனத்தில் முதுகலை ஆராய்ச்சி பட்டம் பெற்றார். 2017 ஆம் ஆண்டில் RWTH ஆச்சென் பல்கலைக்கழகத்தில் வரையறுக்கப்பட்ட தொகுதி முறை, உயர்-வரிசை ஒழுங்குமுறை மற்றும் ரிமேன் தீர்வுகளை தோராயமாக எடுத்துக் கொண்டு ஆய்வு செய்தார். இதில் முனைவர் பட்டமும் பெற்றார். அறிவியல் மற்றும் சமாதான ஆராய்ச்சிக்கான கார்ல் ப்ரீட்ரிச் வான் வெய்ஸ்சேக்கர்-மையத்தில் அவரது ஆராய்ச்சி இப்போது கணித நுட்பங்கள், நோய்கள், விபத்துக்கள் மற்றும் நோய்களின் வெளியீடு பரிமாற்றம் போன்ற உயிரியல் பயன்பாடுகளில் முக்கிய கவனம் செலுத்துகிறது. அதே சமயத்தில், குவிபிறை ஆற்றல் அழிவிண்மை விதியை எண்ணியல் முறைகளில் தொடர்ந்து ஆய்வு செய்து வருகிறார். பிரட் ஸ்சமிட்ட்மாண் குழுவினர் 2017-ல் கலப்பின இயல்பாற்றலின் நிலையான எச்எல்எல்-வகை ரீமான் தீர்வுக்கான குவிபிறை ஆற்றல் அழிவிண்மை விதி (கணக்கீட்டு இயற்பியல் பத்திரிகை, 330 (2017) 566-570) தொடர்பான ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### ஏஞ்சலா பி. செட்டொன் :

பேராசிரியர் ஏஞ்சலா செட்டொன், இங்கிலாந்தின் நாட்டின்சாம் பல்கலைக்கழக பொறியியல் கல்லூரியில் மத்திய-அகச்சிவப்பு ஒளித்துகளியல் குழுவினருக்கு தலைமைத் தாங்கி வருகிறார். அவரது நோக்கம், மத்திய-அகச்சிவப்பு ஒளித்துகளியல், நிகழ் நேர மருத்துவ உருவமாக்கம், தோற்றுரு வரைவு, இழைவழி ஒளியியலில் புதுமையை பயன்படுத்தி விவோ புற்றுநோயை கண்டறிதல் உட்பட, ஒரு புதிய முன்னுதாரணத்தை உருவாக்க வேண்டும் என்பது இவருடைய விருப்பமாகும். மத்திய-அகச்சிவப்பு கண்ணாடி ஒளித்துகளியலில் பேராசிரியர் செட்டான் 1995 ஆம் ஆண்டு வெளியிடப்பட்ட 449x-ஐ மறுபரிசீலனை செய்தார். அரசரிமை வாய்ந்த பொறியியல் கல்விச்சாலை/ லவர்ஹூலிம்மா கருவுலம் மற்றும் மருத்துவ ஆராய்ச்சி மன்ற உதவித்தொகையானது உயிர் ஒளித்துகளியல் ஆராய்ச்சியை தொடங்குவதற்காக வழங்கப் பட்டது. கண்ணாடி தொழில்நுட்ப சங்கம், அரசரிமை வாய்ந்த வேதியியல் மற்றும் பொருள்களின் நிறுவன சங்கம் ஆகியவற்றின் சார்பில் பேராசிரியர் செட்டான் உறுப்பினராக தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டார். அவர் 250 ஆராய்ச்சிப் பிரசுரங்களைக் வெளியிட்டுள்ளார். அன்னேலா பி. செட்டான் குழுவினர் 2017-ல்  $Pr3+In$  -ல் உள்ள உமிழும் உமிழ்வு நடத்தை மற்றும் செலினைடு-சில்கோகோஜெனைடு - சிறிய கண்ணாடி-உள்ளகப் படி குறியீட்டு இழை (SIF) (உகந்த பொருட்கள், 67 (2017) 98-107) தொடர்பான ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### அலிடா டிமார்-கபோர் :

அலிடா டிமார்-கபோர் பேப்ஸ்-பொலியாய் பல்கலைக்கழகத்தில் சுற்றுச்சூழல் கதிர்வீச்சின் இணை பேராசிரியராக உள்ளார். இவர் 2010 ருமேனியாவில் உள்ள குளுஜ்-நெப்போக்காவில், முனைவர் பட்டத்தை பெற்றார். அங்கு அவர் தற்போது ஒளிர்வு மற்றும் மின் அணு தற்குழற்சி அதிர்வு கால மதிப்பீடு ஆய்வு நிறுவனத்தைத் தொடங்கினார். அவரது முக்கிய ஆராய்ச்சி ஆர்வம்: திடமான நிலையில் உள்ள கதிர்வீச்சு ஏற்பளவியல் துறையில் உள்ள சிக்கிக் கொண்ட மின்விசை சேர்வியின் கால அளவீட்டு முறைகள் மற்றும் நான்கிணைய புவியியல் பிரச்சனைகளுக்கான பயன்பாடு. அலிடா டிமார்-

கபோர் குழுவினர் 2017 -ல் பல வண்ணங்கள் கொண்ட படிக்கல்லை பயன்படுத்தி ஒளி வெளிப்படுத்தலின் கால அளவீட்டின் திண்ம செலுத்தப்பொருளின் அளவின் முக்கியதுவம் (கதிர்வீச்சு அளவீடுகள், 106 (2017) 464-471) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### அனா-கரின் டோர்ன்பர்க் :

அனா-கரின் டோர்ன்பர்க் 2012 முதல் KTH-ல் உள்ள எண்ணியல் கணிப்பு பிரிவில் பேராசிரியராக பணிபுரிந்து வருகிறார். அவருடைய ஆராய்ச்சி பகுதி வேறுபாட்டுச் சமன்பாட்டிற்கான தீர்வுகள் எண்ணியல் வழிமுறை வளர்ச்சியைப் பற்றியது. துகள்கள் மற்றும் சொட்டுகள் சம்பந்தப்பட்ட திரவ பாய்மங்களுக்கான எல்லை ஒருங்கிணைந்த முறைகள் அவருடைய ஆராய்ச்சியின் ஒரு குறிப்பிட்ட தக்க பிரிவாகும். சமீபத்தில் (2014), இவருக்கு கோரான் கெஸ்டாஃப்ஸன் பரிசு வழங்கப்பட்டது. ஸ்வீடிஷ் அரசரிமை வாய்ந்த பொறியியல் அறிவியல் கல்விச்சாலை (IVA) (2015 ஆம் ஆண்டு முதல்) மற்றும் ஸ்வீடிஷ் அரசரிமை வாய்ந்த அறிவியல் கல்விச்சாலை (KVA) (2010 ஆம் ஆண்டு முதல்) ஆகிய இரண்டிலும் உறுப்பினராக தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டார். பெற்ற விருது: ஆல்ஃபிரெட் பி. சலோன் ஆராய்ச்சியாளர் (2006). 2018-ல் கணிதத்தின் இடைநிலை மாநாட்டில் ஒரு பேராசிரியராகக் கலந்துரையாட அழைக்கப்பட்டார். அனா-கரின் டோர்ன்பர்க் குழுவினர் 2018-ல் 3D -ல் பரப்பு-அளவுடைய சொட்டின் மிக துல்லியமான எல்லை ஒருங்கிணைப்பு முறை (கணக்கீட்டு இயற்பியல் பத்திரிகை, 360 (2018) 167 -191) தொடர்பான ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### ஒல்கா உம்நோவா :

ஒல்கா உம்நோவா பிரிட்டனின் சால்ஃபோர்டு பல்கலைக்கழகத்தில் ஒலியியல் கோட்பாட்டின் வாசகர் நிலைப்பாட்டைக் கொண்டுள்ளார். இளநிலை பட்டத்தை மாஸ்கோ இயற்பியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப நிறுவனத்தில் பயின்றார். இரஷியன் அறிவியல் கல்விச்சாலையிலிருந்து ஒலியியலில் முனைவர் பட்டம் பெற்றார். தற்போது, அவரது முக்கிய ஆய்வு பணிகள் முறையே நுண்ணிய பொருட்கள், இடைநிலை பொருட்கள் மற்றும் ஒலியியல் படிக்கங்கள். ஒல்கா அம்னோவாஸ் குழுவினர் 2017-ல் ஒலியளவு உறிஞ்சுதல் மற்றும் பிரதிபலிப்பின் ஒளிரும்

அளவீடல்: சோதனை சரிபார்ப்புடன் கூடிய ஒரே மாதிரியான மாதிரி (அலை இயக்கம் 72 (2017) 154-172) தொடர்பான ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### கோர்ஸ்டின் வோல்ஸ் :

கோர்ஸ்டின் வோல்ஸ் 2009 ஆம் ஆண்டு முதல் பிலிப்ஸ் பல்கலைக்கழக மாண்புமிகு அறிவியல், ஹெக்டென்பெர்க் பேராசிரியர் மட்டுமல்லாமல் தொழில்நுட்ப ஆராய்ச்சி ஆய்வகத்தில் பரிசோதனை இயற்பியல் துறையின் இணை தலைவராவார். இவர் 1996 ஆம் ஆண்டில் ஆக்ஸ்பர்க் பல்கலைக்கழகத்தில் இயற்பியல் துறையில் தனது பட்டச்சான்றிதழ் பட்டதை பெற்றார். 1999-ல் முனைவர் படிப்பை அதே பல்கலைக்கழகத்தில் முடித்தார். பின்பு ஓசாகா தேசிய ஆராய்ச்சி நிறுவனம், நாகசாகி தொழில்நுட்ப நிறுவனம் மற்றும் பிபெர்லினின் ஹம்போல்ட்-யுனிவர்சிட்டி பல்கலைக் கழகத்தின் பேராசிரியரானார். அதன்பின் மாண்புமிகு முழு பேராசிரியராக நியமிக்கப்பட்டார். 2012-ல் தொடங்கப்பட்ட ஆராய்ச்சி பயிற்சி குழுவினின் பேச்சாளராக பணியாற்றினார்: "குறைக்கடத்திகளின் செயல்பாடு". கோர்ஸ்டின் வோல்ஸ் பின்வரும் விருதுகளை பெற்றுள்ளார் அவை முறையே 1996-பட்டப்படிப்பு மாணவர் விருது; 2001-ல் அலெக்ஸாண்டர் வான் ஹம்போல்ட் நிறுவனத்தின் ஃபோடோர்-லினன் உதவித்தொகை; 2008-ல் பேர்லினின் ஹம்போல்ட் பல்கலைக்கழக விருந்தினர், 2008-ல் ஹெய்சென்பெர்க் பேராசிரியர் மற்றும் 2009ஆம் ஆண்டின் சிறந்த கற்பித்தலுக்கான பேட்ரிசியா பாஹமி பரிசு. ஆராய்ச்சி ஆர்வங்கள்: உலோக கரிம ஆவி-கட்டப் பகுதி மற்றும் புதுமையான செயல்பாட்டு பொருள் அளவு பரிமாற்ற மின்னணு நுண்ணோக்கியின் ஆய்வுகள். கோர்ஸ்டின் வோல்ஸ் குழுவினர் 2013-ல் Ga(AsBi)/GaAs இன் சிறந்த துளிய கிணறு கட்டமைப்புகளின் ஆவியான நிலையின் தனிப்படிக்கப் உலோககரிம படலத்தின் (MOVPE) வளர்ச்சி (படிக்க வளர்ச்சி பத்திரிகை, 370 (2013) 186-190) தொடர்பான ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

### கிளாடியா விக்லேடர் :

முனைவர் கிளாடியா விக்லேடர் ஜெர்மனியில் சீஜென் பல்கலைக்கழகத்தில் கனிம வேதியியல் தலைவராக உள்ளார். ஹானோவர் பல்கலைக்கழகத்தில் இயற்பு-வேதியியலில்

மிக மேன்மையான ஒலி விட்டங்களின் கிளர் கதிர் ஒளிமி நிறப்பிரிகையை கையாளுத லில் முனைவர் பட்டம் பெற்றார். பின்பு, சாஸன் லுட்வைலர் வழிகாட்டுதலின் கீழ் சவிட்சர்லாந்தின் பெர்ன் பல்கலைக்கழகத்தில் ஆய்வு பணியை தொடர்ந்தார். தற்போது, இவரது ஆராய்ச்சிகள் ஒளியியல் பயன்பாடுகளுக்கான செயல்பாட்டு பொருட்களை பற்றியது: எ.கா. பொது வெளிச்சம், ஒளிமின்னழுத்த பொருட்கள், பாதுகாப்பு பயன்பாடுகளுக்கான பொருட்கள் மற்றும் மருத்துவ உணர்திறனுக்கான பொருட்கள். இந்த சூழலில் குறிப்பாக உன்னதமான லந்தானைடுகளால் உண்டாக் கப்பட்ட கலவைகள் மற்றும் அவற்றின் சிறப்பம்சங்களின் காரணங்கள் ஆகியவை பரிசோதிக்கப்படுகின்றன.

மேலும், உயிரியல் விஞ்ஞானங்களின் மேம்பட்ட பயன்பாடுகளுக்காக மீநுண்கட்ட மைக்கப்பட்ட வடிவங்களில் மிகவும் மேன்மையான பொருட்களை உருவாக்குதல். கிளாடியா விக்லேடர் குழுவினர் 2017-ல் வளைந்த இடையீடு போன்ற கலவை [Eu(Tp(iPr<sub>2</sub>)(2))] மற்றும் [Yb(Tp(iPr<sub>2</sub>)(2))] ஒளிமுறை பண்புகள்- நைட்ரைடு அடிப்படையிலான பாஸ்பார்கள் மற்றும் மெட்டாலோசின்கள் இடையேயான இடைநிலைகள் (ஒளிர்வு சஞ்சிகை, 187 (2017) 62-68) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டனர்.

முனைவர் லிங்க்யூ யூ 2006-ல் முனைவர் பட்டத்தைப் பெற்றார். 2010-ல் தென் கரோலினா பல்கலைக்கழகத்தில் இயந்திர பொறியியல் துறையில் சேர்ந்தார். தற்போது இவர் ஒரு இணை பேராசிரியராக உள்ளார். மேலும் காட்சிப்படுத்தும் கட்டமைப்பு சுகாதார கண்காணிப்பு ஆய்வகத்தை இயக்குகிறார். அவரது ஆராய்ச்சியானது மேம்பட்ட சைகை

செயலாக்கம், உணர்வி மற்றும் உணர்திறன் தொழில்நுட்பம், மென்பொருள்கள் மற்றும் கட்டமைப்பு சுகாதார கண்காணிப்பு. படிம வரிசை வழிமுறைகள் மற்றும் அலையெண் தோற்றுரு வரைவு ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தி உலோக மற்றும் கலப்புப் பொருட்களின் சேத மதிப்பீடு பற்றிய ஆராய்ச்சி பணியால் அவர் அறியப்பட்டார். சமீபத்தில் முனைவர். லிங்கியூ, கிளர் கதிர் ஒளிமி தொழில்நுட்பங்கள் மூலம் துரித பார்வையிடல் மற்றும் தொடர்பு அல்லாத வழிகாட்டி மீயொலி அலைகளை உணரும் மேம்பட்ட கலப்பு பொருட்கள் மீது கவனம் செலுத்தி வருகிறார். அவர் மீயொலி இதழில் வழிகாட்டு அலை கட்டப்பட்ட வரிசை ஒளிக்கற்றை உருவாக்கம் மற்றும் கற்பனை கலப்பு தகடுகள் (மீயொலி, 68 (2016) 43-53) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டார்.

### காத்ரின் எம் ஸுரேக் :

காத்ரின் எம் ஸுரேக் 2014-ல் ல்பன்ல் (LBNL) கோட்பாடு குழுவில் இணைந்தார். வாஷிங்டன் பல்கலைக்கழகத்தில் (டேவிட் பி. கப்லான் உடன்) முனைவர் பட்டத்தை (2006) பெற்றார். பிறகு விஸ்கான்சின் பல்கலைக்கழகத்தில் முதுகலை முனைவர் பட்டத்தினை முடித்தார். இவர் மிச்சிகன் பல்கலைக் கழகத்தின் துணை மற்றும் இணைப் பேராசிரியராக ஆவதற்கு முன்பாக 2008 ஆம் ஆண்டில் ஃபெர்மிளாபில் டேவிட் ஸ்கிராம் கூட்டுறவு விருது வழங்கப்பட்டது. 2010-ல் நஸ்ப் (NSF) தொழில் துறை விருதை பெற்றார். காத்ரின்.எம்.ஸுரேக், இயற்பியல் அறிக்கைகள் இதழில் சமச்சீரற்ற கரும்பொருள்: கோட்பாடுகள், கையொப்பங்கள், கருவி பண்புக்குறி, மற்றும் கட்டுப்பாடுகள் (இயற்பியல் அறிக்கைகள் 537 (2014) 91-121) பற்றிய ஆய்வை வெளியிட்டார்.

### மேற்கோள்கள்

1. Virtual special issue on women in Physics 2018
2. Article selection on women in Physics 2018

# ஹைட்ரோகுயினோனின் மின்வேதியியல் இயல்பை துத்தநாக ஆக்சைடு பூசப்பட்ட கண்ணாடி கார்பன் உணர்வி மூலம் கண்டறிதல்

வை. ராஜ், என். சேது, ஜி. சுவாதி

வேதியியல் துறை, பெரியார் பல்கலைக் கழகம், சேலம் - 636 011.

## ஆய்வுச்சுருக்கம்:

சுழற்சி மின்னோட்ட முறையை பயன்படுத்தி கண்ணாடி போன்ற கார்பன் பூசப்பட்ட துத்தநாக ஆக்சைடன் (pH 0.7) மூலம் HQ- மின்வேதி இயல்புகள் கண்டறியப்பட்டது. படிம முறை மற்றும் நாஃபியன் சேர்ப்பான் பூசப்பட்ட கண்ணாடி போன்ற கார்பன் மூலம் துத்தநாக ஆக்சைடு துகள்கள் தயாரிக்கப்பட்டது. இவ்வாறு உருமாற்றப்பட்ட கண்ணாடி கார்பனின் மின்னழுத்த வேறுபாடு வெற்று கண்ணாடி கார்பனின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டுடன் ஒப்பிடும் போது குறைவாக இருக்கிறது. HQ-ஐ கண்டறிவதற்கான தகுந்த தாங்கல் கரைசல் மற்றும் ஆய்தல் வேகம் சுழற்சி மின்னழுத்த முறை மூலம் கண்டறியப்பட்டது.

## முக்கியச்சொற்கள் :

கண்ணாடி போன்ற கார்பன் மின்முனை, மின்வேதியியல் உணர்வி, ஹைட்ரோ குயினோன், சுழற்சி மின்னழுத்த முறை.

## 1. அறிமுகம்:

ஃபீனால் மற்றும் அதன் வழிப்பொருட்கள் அதிகமாக கிடைக்க கூடியவை மற்றும் பரவலாக பயனுள்ளவை, உதாரணமாக புகைப்படச்சுருள் தயாரிப்பு பல படியாக்கலில் மட்டுப்படுத்தியாக பயன்படுகிறது [1,2]. மேலும் இதன் எதிர் ஆக்சிஜனேற்றத் திறனால் உணவுத் தொழிற்சாலையில் முக்கியப் பங்கு வகிக்கிறது [3]. ஹைட்ரோகுயினோனின் பயன்பாடுகள் அதிகமாக இருப்பினும் இதன் நச்சுத்தன்மை

மற்றும் எளிதில் மக்காத்தன்மையினால் இதனை கண்டறிவது அவசியமாகிறது [4]. மேலும் ஹைட்ரோகுயினோன் ஆனது புற்றுநோய் மற்றும் மரபணு குறைபடுகளில் தொடர்புடையதாக இருக்கிறது [5,6]. இதுவரை, ஹைட்ரோகுயினோனை கண்டறிய பலவகையான பகுப்பாய்வு முறைகள் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. உதாரணமாக, புற ஊதா-கட்புலன் நிறமாலை [7], ஒருங்கிணைந்த ஒளிர்்தல் [synchronous] [8] மற்றும் தாங்கல் (pH) அடிப்படையில் நுண்துளை உட்செலுத்துதல்

[9]. இருப்பினும், மேற்கண்ட முறைகளில் அதிக செலவு, நேரம் மற்றும் குறைந்த நுண்ணறிதல் திறன் போன்ற குறைபாடுகள் உள்ளன. [10]. குறைந்த, செலவு, நேரம் மற்றும் அதிக நுண்ணறிதலில் தகவல்களை தருவதன் மூலம் மேற்கண்ட முறைகளில் உள்ள குறைபாடுகளை மின்வேதியியல் முறை நீக்குகிறது [11]. HQ-வை மின்வேதியியல் முறையில் கண்டறிவதற்கு கண்ணாடி போன்ற கார்பன் மின்முனையை தேர்ந்தெடுத்ததற்கான காரணம் அதன் நிலைப்புத்தன்மை மற்றும் மீண்டும் மீண்டும் பயன்படுத்தும் திறனாகும் [12] எனினும், GC-ன் குறைந்த நுண்ணறிதல் திறனை மேலும் அதிகப்படுத்த அதன் பரப்பில் மாற்றம் செய்ய வேண்டியுள்ளது. இதுவரை, கரிம பலபடியாக்கல் [13], கார்பன் மீநுண் குழாய்ப் பூச்சு [14] மற்றும் பிளாட்டினம் மாங்கனீசு ஆக்சைடு பூச்சு [15] போன்ற மாற்றங்கள் GC-யில் செய்யப்பட்டு HQ கண்டறிதலுக்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது. எனினும் மேற்கண்ட முறைகளில் அதிக செலவினமாவதால் நாங்கள் இந்த ஆய்வில் படிமமாதல் முறையில் தயாரிக்கப்பட்ட ZnO பூசப்பட்ட GC-யை HQ கண்டறிதலில் பயன்படுத்தியுள்ளோம்.

## 2. சோதனை :

### 2.1. வேதிப்பொருட்கள் :

துத்தநாக நைட்ரேட், நேஃபியான் மற்றும் ஹைட்ரோகுயினோன் ஆகியவை ஆல்ஃபா யேசர் என்ற நிறுவனத்திலிருந்து பெறப்பட்டது. மற்ற வேதிப்பொருட்கள் பகுப்பாய்வு தரத்தில் எந்த விதமான சுத்திகரிப்பும் செய்யப்படாமல் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. பாஸ்பேட் தாங்கள் கரைசல்கள் 0.1 M Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> மற்றும் 0.1 M NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> கரைசல்களை கலப்பதன் மூலம் பெறப்பட்டது. அனைத்து கரைசல்களும் மும்முறை காய்ச்சி வடிக்கப்பட்ட நீரைக் கொண்டு தயாரிக்கப்பட்டது.

### 2.2. செயற்கருவிகள்

மின்வேதி செயல்முறைகள் மூன்று மின்முனை அமைப்புக் கொண்ட CHI760C என்ற செயற்கருவி கொண்டு செயல்படுத்தப்பட்டது. GC அல்லது ZnO/GC செயல்படும் மின்முனை

ஆகவும் Ag/AgCl (1M KCl) ஆனது குறிப்பு மின்முனை ஆகவும் பிளாட்டினம் கம்பியானது எதிர் மின்முனை ஆகவும் பயன்படுத்தப்பட்டது.

### 2.3. மின்முனை தயாரித்தல்

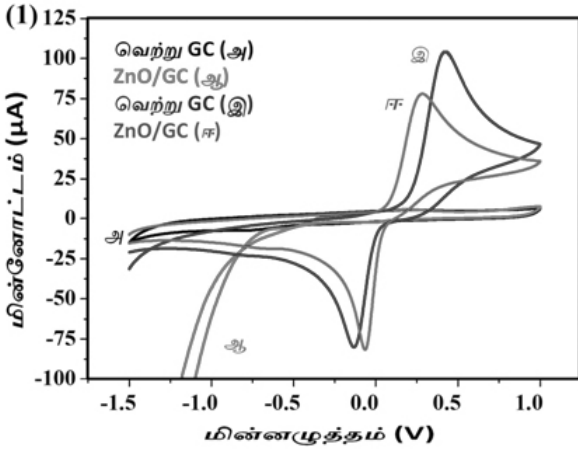
மின்முனையில் பூச்சு பூசுவதற்கு முன்பாக அதன் பரப்பை சுத்திகரிக்கப்படுவது அவசியமாகிறது. எனவே GC மின்முனையானது 0.3 μM மற்றும் 0.05 μM அலுமினியம் கலவையினால் பளபளக்கப்பட்டது. தொடர்ந்து எத்தனால் மற்றும் காய்ச்சிய நீரில் 10 நிமிடங்களுக்கு மீயொலி அலைகளால் சுத்திகரிக்கப்பட்டது.

### 2.4. ZnO பூசப்பட்ட மின்முனை தயாரித்தல்

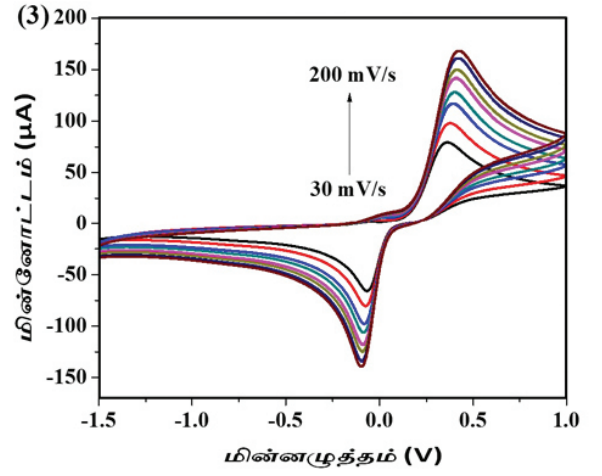
துத்தநாக ஆக்சைடு துகள்கள் நீர் (0.4ml) எத்தனால் (0.1ml) மற்றும் நாஃபியான் கலவை (40μl) மீயொலியால் 10 நிமிடங்களுக்கு சிதறடிக்கப்பட்டது. அந்த கலவையிலிருந்து 10μl துளி பூச்சு முறையில் தெரிக்கப்பட்டு 30°Cல் 30 நிமிடங்களுக்கு காயவைக்கப்பட்டது. துத்தநாக ஆக்சைடு பூசப்பட்ட மின்முனைகள் HQ-ன் மின்வேதி இயல்பை கண்டறிதலுக்கு பயன்படுத்தப்பட்டன.

## 3. பதிவுகள் மற்றும் விவாதங்கள்

வெற்று GC (அ) மற்றும் ZnO/GC (ஆ) ஆகியவை 0.1 M PBS-ல் (pH 7.0) ஆய்தல் வேகம் (100 mv/s) கரைசலில் 1mM HQ-வை கண்டறிவதற்காக பதியப்பட்ட CV தெறிவுகள் படம்(1)-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. இந்த படத்தில் வெற்று GC-யின் மூலம் HQ-ன் ஆக்சிஜனேற்றம் மற்றும் ஒடுக்க உச்ச மின்னலுத்த மதிப்புகள் 0.427V மற்றும் -0.138V எனவும் அதன் மின் அழுத்த வேறுபாடு 565mV எனவும் கண்டறியப்பட்டது. மேலும் ZnO/GC-யில் HQ-ன் ஆக்சிஜனேற்றம் மற்றும் ஒடுக்க உச்ச மின்னழுத்த மதிப்புகள் 0.282V மற்றும் -0.057V எனவும் அதன் மின் அழுத்த வேறுபாடு 337mV எனவும் கண்டறியப்பட்டது. மேலும் ZnO/GC யில் வெற்று GC யை ஒப்பிட்டு பார்க்கையில் ஆக்சிஜனேற்ற வினை எதிர் மின் அழுத்தத்தை நோக்கியும் ஒடுக்க வினை நேர் மின் அழுத்தத்தை நோக்கியும் நகர்கிறது.



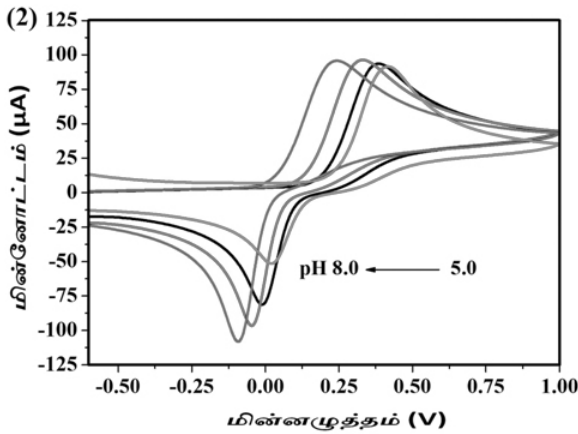
படம் 1 0.1 M PBS (pH 7.0) (100mV/s)-ல் வெற்று GC (அ) மற்றும் ZnO/GC (ஆ) CV பதிவுகள். 0.1 M PBS (pH 7.0) (100mV/s) மற்றும் 1mM HQ-ல் வெற்று GC (இ) மற்றும் ZnO/GC (ஈ) CV பதிவுகள்.



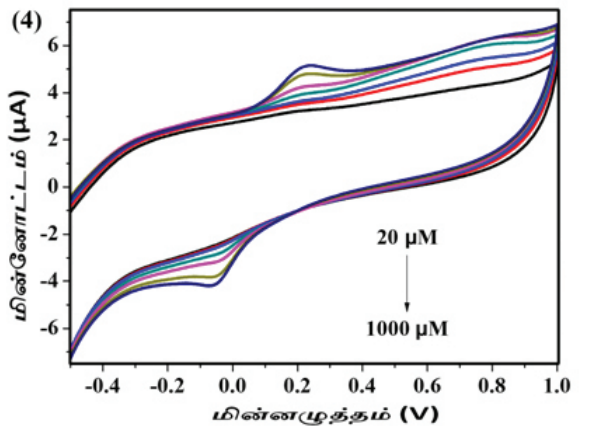
படம் 3: பல்வேறு ஆய்தல் வேகத்தில் அதாவது 30–200 mV/s-ல் 1mM HQ மற்றும் 0.1 PBS-ல் ZnO/GC-யின் CV தெரிவுகள்.

ZnO/GC யின் மின்வினை ஊக்கத்திறன் பல்வேறு தாங்கல் கரைசல்களில் pH 5.0 இல் இருந்து 8.0 வரை படம்(2)-ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. மேலும் ஆக்சிஜனேற்ற மற்றும் ஒடுக்க உச்ச மின்னழுத்தத்தின் மதிப்புகள் தாங்கல் கரைசல்களின் pH மதிப்பு 5.0 யில் இருந்து 7.0 வரை அதிகரித்து பின் 7.0-யில் இருந்து 8.0 வரை குறைந்தது, எனவே pH 7 ஆனது தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட நுண்ணளவு மற்றும் நிலையான தாங்கல் கரைசலாக அடுத்தடுத்த சோதனைகளுக்கு பயன்படுத்தப்பட்டது.

ZnO/GC மின்முனையில் HQ யின் இயல்பானது வேறுபட்ட ஆய்தல் வேகத்தில் 30 mV/S-ல் இருந்து 200 mV/S வரை பதியப்பட்ட CV தெரிவுகள் படம்(3)-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆய்தல் வேகத்தை அதிகரிக்கும் போது மின்னோட்ட எதிர் செயல் மதிப்புகள் அதிகரிப்பதை CV தெரிவுகளில் இருந்து அறிய முடிகிறது. மேலும் ZnO/GC-யை வெற்று GC-யின் ஆக்சிஜனேற்ற வினை எதிர் மின் அழுத்தத்தை நோக்கியும் ஒடுக்க வினை நேர் மின் அழுத்தத்தை நோக்கியும் நகர்வதை CV பதிவுகளால் அறியலாம்.



படம் 2: பல்வேறு மாறுபட்ட pH-யின் மதிப்பு 5.0–8.0 இல் 1mM HQ 0.1M PBS-ல் இருக்கும் நிலையில் ZnO/GC யின் CV தெரிவுகள்.



படம் 4 ZnO/GC யில் 0.1M PBS-ல் HQ-யின் பல்வேறு செறிவுகளில், அதாவது 20–1000μM-யின் பதியப்பட்ட CV தெரிவுகள்.

ZnO/GC மின்முனையில் 0.1M PBSல் HQயின் வேறுபட்ட அடர்வுகளுக்கான (20, 40, 60, 120, 240, 800, 1000  $\mu$ M) CV தெரிவுகள் படம்(4)-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. CV தெரிவுகளில் இருந்து ஆக்சிஜனேற்ற மற்றும் ஒடுக்க மின்னோட்ட எதிர் செயல்கள் அடர்வினை அதிகரிக்கும்போது அதிகரிக்கிறது, மேலும் ஆக்சிஜனேற்ற உச்ச மின்னழுத்தம் 0.24 V என கண்டறியப்பட்டுள்ளது, மேற்கண்ட சோதனைகள் HQ-ன் ஆக்சிஜனேற்ற மற்றும் ஒடுக்க வினையிற்கான ZnO/GC மின் வினை ஊக்கியின் திறன் அதிகரித்து இருப்பதை உறுதிப்படுத்துகின்றன.

#### 4. முடிவுகள் :

இந்த ஆய்வறிக்கையில் எளிய படிமமாக்கல் முறையில் தயாரிக்கப்பட்ட ZnO துகள்கள் துளி பூச்சு பூசுதல் முறையில் கண்ணாடி போன்ற கார்பன் மின்முனையில் பூசப்பட்டது. இவ்வாறு தயாரிக்கப்பட்ட GC மின்முனை HQ-

வை கண்டறிவதற்கு மின்வேதி உணர்வியாக பயன்படுத்தப்பட்டது. இந்த ZnO பூச்சு GC-ன் HQ ஆக்சிஜனேற்ற ஒடுக்க வினைக்கான மின்வினை ஊக்கும் திறனை அதிகரித்து இருக்கிறது, இது ZnO ஆனது GC மீதான மேற்பரப்பினை அதிகரித்து இருப்பதை உறுதிப்படுத்துகிறது. CV தெரிவுகளில் இருந்து ZnO/GC-ல் HQ-ன் செறிவுகளை அதிகரிக்கும் போது (20 முதல் 1000  $\mu$ M வரை) நோக்கோட்டு எதிர்ச்செயல் கிடைப்பதை மேற்கண்ட சோதனைகளின் மூலம் ZnO/GC ஆனது HQக்கான கண்டறிதலில் சிறந்த மின்வேதி உணர்வியாக பயன்படுத்தலாம் என பரிந்துரைக்கப்படுகிறது.

#### ஒப்புமை

நா.சேது என்ற ஆய்வாளர் பல்கலைக்கழக மானியக் குழுவிற்கு (UGC-NET) இளம் ஆய்வு தகைமைத்தொகைக்காக (JRF) நன்றி தெரிவிக்கிறார்.

## REFERENCES

1. Zhao GH, Li MF, Hu ZH, Li HX, Cao TC, Electrocatalytic redox of hydroquinone by two forms Of L-proline. J Mole Cataly A: Chem, 255 (2006) 86-91.
2. Subramanyam R, Mishra IM, Treatment of catechol bearing wastewater in an upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor: sludge characteristics. Bioresource Technol 99, (2008) 8917-8925.
3. C. Medina-Plaza, M. L. Rodriguez-Mendez, P. Sutter, X. Tong, E. Sutter, Au-In Alloy-Oxide Core-Shell Particles as Electrocatalysts for Efficient Hydroquinone Detection, Nanoscale, J. Phys. Chem. C, 119 (2015) 25100-25107.
4. W. Liu, C. Li, L. Tang, A. Tong, Y. Gu, R. Cai, L. Zhang and Z. Zhang, Nanopore array derived from l-cysteine oxide/gold hybrids: Enhanced sensing platform for hydroquinone and catechol determination, Electrochim. Acta, 88 (2013) 15-23.
5. R. Benigni and C. Bossa, Mechanisms of Chemical Carcinogenicity and Mutagenicity: A Review with Implications for Predictive Toxicology, Chem. Rev. 111, (2011) 2507-2536.
6. C. Wei, Q. Huang, S. Hu, H. Zhang, W. Zhang, Z. Wang, M. Zhu, P. Dai and L. Huang, Simultaneous electrochemical determination of hydroquinone, catechol and

resorcinol at Nafion/multi-walled carbon nanotubes/carbon dots/multi-walled carbon nanotubes modified glassy carbon electrode, *Electrochim. Acta*, (2014), 149, 237-244.

7. S.F. Li, X.Z. Li, J. Xu, X.W. Wei, Flow-injection chemiluminescence determination of polyphenols using luminol-NaIO<sub>4</sub>-gold nanoparticles system, *Talanta* 75 (2008) 32-37.

8. M.F. Pistonesi, M.S. Di, M.E. Centurion Nezio, M.E. Palomeque, A.G. Lista, B.S. Fernandez, Band, determination of phenol, resorcinol and hydroquinone in air samples by synchronous fluorescence using partial leastsquares (PLS), *Talanta* 69 (2006) 1265-1268.

9. J.A. Garcia-Mesa, R. Mateos, Direct automatic determination of bitterness and total phenolic compounds in virgin olive oil using a pH-based flow-injection analysis system, *J. Agric. Food Chem.* 55 (2007) 3863-3868.

10. Mingju Shen, Zheng Zhang, Yaping Ding, Synthesizing NiAl-layered double hydroxide microspheres with hierarchical structure and electrochemical detection of hydroquinone and catechol, *Microchemical Journal*. 124 (2016) 209-214.

11. Yuan Dang, Yanyan Zhai, Lehui Yang, Zhenli Peng, Nan Cheng, Yuanzhen Zhou, Selective electrochemical detection of hydroquinone and catechol at the one-step synthesis of pine needle-like nano-CePO<sub>4</sub> modified carbon paste electrode, *RSC Adv.*, 1-3 (2016).

12. Xiuyun Wang, Min Xi, Mengmeng Guo, Fangmeng Sheng, Guang Xiao, Shuo Wu, Shunichi Uchiyama, Hiroaki Matsuura, An electrochemically aminated glassy carbon electrode for simultaneous determination of hydroquinone and catechol, *Analyst*, 141 (2016), 1077-1082.

13. Y. Wang, Y. Xiong, J. Qu, J. Qu and S. Li, Selective sensing of hydroquinone and catechol based on multiwalled carbon nanotubes/polydopamine/gold nanoparticles composites, *Sens. Actuators, B*, 2016, 223, 501-508.

14. C. Wei, Q. Huang, S. Hu, H. Zhang, W. Zhang, Z. Wang, M. Zhu, P. Dai, L. Huang, Simultaneous electrochemical determination of hydroquinone, catechol and resorcinol at Nafion/multi-walled carbon nanotubes/carbon dots/multi-walled carbon nanotubes modified glassy carbon electrode *Electrochim. Acta*, 2014, 149, 237-244.

15. B. Unnikrishnan, P. Ru, S. Chen, Electrochemically synthesized Pt-MnO<sub>2</sub> composite particles for simultaneous determination of catechol and hydroquinone *Sens. Actuators, B*, 2012, 169, 235-242.

# N,N'-டைபினைல் குவநிடினியம் ஹைட்ரஜன் (+) - L - டார்ட்ரேட் மோனோ ஹைட்ரேட்-இன் நேரியல்சாரா ஒளியியல் செயல்திறன் குறித்த தேடலாய்வுகள்

கா. சரவண குமார்<sup>அ.ஆ.</sup> கா. விஜயநரசிம்மன்<sup>ஆ.</sup>, ப. முருகக்கூத்தன்<sup>அ.\*</sup>

<sup>அ</sup> எம்.ஆர்.டி.எல்., முதுநிலை மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை,  
பச்சையப்பன் கல்லூரி, சென்னை - 600 030.

<sup>ஆ</sup> இயற்பியல் புலம், ராஜலட்சுமி பொறியியல் கல்லூரி, தண்டலம், சென்னை - 602 105..

## ஆய்வுச்சுருக்கம்:

மெதுவான ஆவியாதல் முறை மூலம் நல்ல தரமான N, N'-டைபினைல்குவநிடினியம் ஹைட்ரஜன் (+)-L-டார்ட்ரேட் மோனோஹைட்ரேட் (DPGTM) ஒற்றைப் படிகம் வளர்க்கப் பட்டது. ஒற்றைப் படிக எக்ஸ்-கதிர் விளிம்புவிளைவு சோதனை மேற்கொள்ளப்பட்டுத் தலைப்புக் கலவையின் படிக வடிவமைப்பும் அலகுசெல் அளவுகளும் அறியப்பட்டன. பல்வேறு வினைபடு தொகுதிகளின் இருப்பு எஃப்.டி. ராமன் நிறமாலை வாயிலாக உறுதி செய்யப்பட்டது. தலைப்புக் கலவையின் சீரொளி நிலைத்தன்மை Nd:YAG சீரொளி கொண்டு கணிக்கப்பட்டது. வளர்க்கப்பட்ட படிகத்தின் இரண்டாம் இசையம் தோற்றத்திறன் (SHG) நேரியல்சாராமை குர்ட்சு மற்றும் பெர்ரி தூள் முறை மூலம் அளக்கப்பட்டது. தலைப்புக் கலவையின் நேரியல்சாரா ஒளியியல் செயல்திறனை மூலக்கூறு நிலையில் அனுமானிக்க மூன்று அடுக்கிலான அடிப்படைக் கணங்களைப் பயன்படுத்தி குவாண்டம் வேதியியல் அலசல் செய்யப்பட்டது.

## முக்கியச்சொற்கள் :

ஒற்றைப் படிக எக்ஸ்-கதிர் விளிம்புவிளைவு, நேரியல்சாரா ஒளியியல் பொருள், மீமுனைவறுதன்மை, B3LYP

## 1. அறிமுகம்

இரண்டாம் இசையத் தோற்றம் (SHG) முதன்முதலில் ஒற்றைப் படிக குவார்ட்சில் ஃப்ராங்கென் மற்றும் சகபணியாளர்களால் 1961-ல் கண்டறியப்பட்டது, அதன் பிறகு மிகுந்த நேரியல்சாரா ஒளியியல் (NLO)

திறன்வாய்ந்த ஒரு பொருளுக்கானத் தேடல் இன்றுவரை தொடர்கிறது. ஒளியின்கள் ஒளியின் வேகத்திலேயே தகவல் பரிமாற்றம் செய்யவல்லவை என்பதனால் அவை எதிர் காலத்தில் கோலோச்சும், அவ்வகையில் என்.எல்.ஓ பொருள்கள் ஒளியினியல்

தொழில்நுட்பங்களில் முக்கிய கூறுகளாக விளங்கும் [1, 2].

நேரியல்சாரா ஒளியியல் பொருள்கள் பெருமளவிலான தகவல்தொடர்புகளுக்கு முக்கியமானவை ஆகலாம், காரணம் இப்பொருள்களின் பயன்பாடு ஒரு அனைத்து ஒளியியல் அமைப்பில் ஒரு சாதனத்தை அளிக்கலாம். கரிமப் பொருள்கள் ஒளியியல் சிதைவுக்கு அதிகமான எதிர்ப்புத்திறன் கொண்டவை, மேலும் அவை செயற்கை ஆக்கங்களுக்குப் பலவகையில் ஏற்றவையாகவும் வடிவமைப்பு வேறுபாடுகளுக்கு இணக்கமானவையாகவும் உள்ளன. இரண்டாம் இசையத் தோற்றம் காட்டும் மையப்பாடில்லா வடிவங்களை உருவாக்க பல்வேறு உத்திகள் பின்பற்றப்பட்டுள்ளன, இவற்றுள் ஹைட்ரஜன் இணைப்பு வலையமைப்புகளே மிக ஊக்க மூட்டுபவையாக தெரிகின்றன [3].

கரிமப் பொருள்களில் இருக்கும் உள்ளடங்கா எதிர்மின்னிகளின் காரணமாய் சில கரிமப் பொருள்கள் மிகத் திறன்வாய்ந்த நேரியல்சாரா ஒளியியல் பண்புகளையும் அதிகம் நகரக்கூடிய டை-எதிர்மின்னிகள் அடிப்படையிலான விரைந்த பதில்வினைத்தன்மையையும் வெளிக் காட்டுகின்றன. ஆகவே நேரியல்சாரா ஒளியியல் பண்புகளை வெளிக்காட்டக்கூடிய ஹைட்ரஜன் இணைப்பு திண்மங்களின் தொகுப்பு மீது ஆய்வாளர்களின் கவனம் அதிகம் குவிந்துள்ளது. குவாநிடைன் [4] மற்றும் குவாநிடைன் வழிப் பொருள்களின் [5] உப்புகள் சுவாரசியமான நேரியல்சாரா ஒளியியல் பண்புகளைக் காட்டியுள்ளன - அவற்றில் இடம்பெற்றுள்ள உள்ளடங்கா டை-எதிர்மின்னிகள் மற்றும் ஹைட்ரஜன் இணைப்பு வலையமைப்புகளே இதற்குக் காரணம், இதனால் குவாநிடைன் வழிப்பொருள் உப்புகளை, அதாவது N,N'-டைபினைல்குவநிடைன் (DPG) உப்பை ஆராய நமது ஆர்வம் தூண்டப்பட்டது, மெலனிலைன் என்றும் அறியப்படும் இது ரப்பரைப் பதப்படுத்துவதில் முதன்மை மற்றும் இரண்டாம் நிலை வினைமுடுக்கியாக பரவலாக பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த

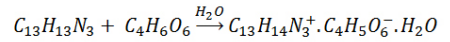
ஆய்வுக் கட்டுரையில் நாங்கள் N,N'-டைபினைல்குவநிடியம் ஹைட்ரஜன் (+) - L - டார்ட்ரேட் மோனோஹைட்ரேட்-இன் நேரியல்சாரா ஒளியியல் செயல்திறன் பற்றிய ஆய்வுகளை அறிவிக்கின்றோம்; இதற்கு குர்ட்சு மற்றும் பெர்ரி தூள் முறையும், நேரியல்சாரா ஒளியியல் செயல்திறனின் மூலக்கூறு நிலையிலான தோற்றத்தைப் பற்றிய முக்கியத்துவம் வாய்ந்த நுண்ணறிதலுக்காக அடிப்படைக் கணங்களைப் பலநிலைகளில் கொண்ட அடர்த்தி கோவைக் கோட்பாட்டையும் பயன்படுத்தி யுள்ளோம்.

## 2. சோதனைச் செயல்முறை

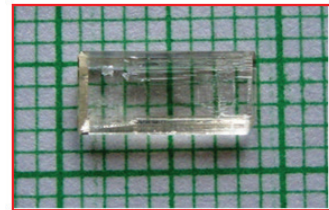
### 2.1 பொருள் உருவாக்கமும்

#### படிகம் வளர்ப்பும்

N,N'-டைபினைல்குவநிடைன் மற்றும் L - டார்டாரிக் அமிலத்தை வேதிவிகிதாச்சார அளவுகளில் எத்தனால் மற்றும் நீர்க் கலவைக் கரைப்பானில் வினை புரிய வைப்பதன் மூலம் தலைப்பு கூட்டுப்பொருள் உருவாக்கப்பட்டது. அடுத்தடுத்து மறுபடிகமாக்குதலுக்கு உட்படுத்துவதன் மூலம் உருவாக்கப்பட்ட உப்பின் தூய்மை மேலும் மேம்படுத்தப்பட்டது. வேதிவினையின் வழிமுறை கீழே தரப்பட்டுள்ளது.



மறுபடிகமாக்கிய உப்பைக் கொண்ட கலவைக் கரைப்பான் அறை வெப்பத்தில் ஆவியாதலுக்கு விடப்பட்டது. 95 நாள்களுக்குப் பின் வளர்த்தெடுக்கப்பட்ட நல்ல தரமான ஒளியூடுருவக்கூடியதான டி.பி.ஜி.டி.எம் (DPGTM) ஒற்றைப் படிகம் படம் 1-இல்காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 1. வளர்த்தெடுக்கப்பட்ட டி.பி.ஜி.டி.எம்-இன் ஒற்றைப் படிகம்.

## 2.2 பண்பறிவாய்வுகள்

டி.பி.ஜி.டி.எம்-இன் ஒற்றைப் படிக எக்ஸ்-கதிர் விளிம்பு விளைவுத் தரவுகள் என்ற அஃப்நானியஸ் (ENRAF NONIUS) CAD-4 ஒற்றைப் படிக எக்ஸ்-கதிர் விளிம்புவிளைவுமானியின் மூலம் பெறப்பட்டன. இதன் பூரியர் மாற்று ராமன் (ஃப்.டி.-ராமன்) நிறமாலை 400 - 4000 செமீ<sup>-1</sup> வீச்சில் புருக்கர் (BRUKER) RFS 27: தனித்தியங்கு ஃப்.டி.-ராமன் நிறமாலைமானியில் பதிவு செய்யப்பட்டது. பயன்படுத்தப்பட்ட சீரொளி 2 செமீ<sup>-1</sup> பகுதிறன் கொண்ட 1064 நேமீ (நேனோ மீட்டர்) நியோடிமியம்:யாக் (என்.டி.:யாக்) ஆகும். சீரொளி தூண்டிய மேற்பரப்புச் சிதைவுத் தொடக்கப் புள்ளிப் பண்பளவீடு என்.டி.:யாக் சீரொளி கொண்டு செய்யப்பட்டது.

குர்ட்சு மற்றும் பெர்ரி தூள் முறை மூலம் இரண்டாம் இசையத் தோற்ற நேரியல் சாராத்தன்மை அளக்கப்பட்டது. காஷியன்-03 W மூலம் நேரியல்சாரா ஒளியியல் செயல்திறனின் மூலக்கூறுநிலை தோற்றத்தின் உண்மை ஆராயப்பட்டது.

## 2.3 கணிப்பிய விவரங்கள்

அடர்த்தி கோவைக் கோட்பாட்டுக் கணிப்புகள் (DFT) ஒரு பெண்டியம் IV தனிப்பயன் கணினியில் காஷியன்-03W நிரலைப் பயன்படுத்திச் செய்யப்பட்டன [6]. டிபிஜிடிஎம்-இன் மூலக்கூறு அமைப்பானது லீ, யாங் மற்றும் பாரின் இயைபுறு கோவை கொண்ட பெக்கீயின் மூன்று-காரணி தன்னிடம் சாரா பரிமாற்றக் கோவையைக் கொண்ட B3LYP கலப்புக் கோவையைக் கொண்டு உகப்பாக்கப்பட்டது [7].

துல்லியமான அளவீடுகளைப் பெறவும் இருமுனைத் திருப்புத்திறன் மற்றும் முதல் முறைமை மீமுனைவுறுதன்மை போன்ற நேரியல்சாரா ஒளியியல் காரணிகளைக் கணக்கிடவும் B3LYP/6-31G (d), 6-31G (d,p), 6-31+G (d,p) போன்ற மூன்று வெவ்வேறு நிலைகளிலான அடிப்படைக் கணங்கள் கையாளப்பட்டன.

## 3. முடிவுகளும் விவாதங்களும்

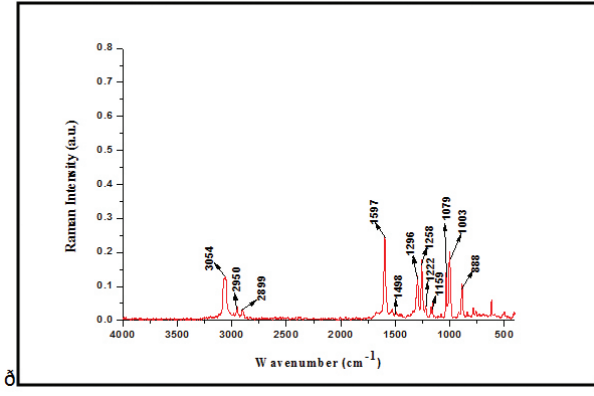
### 3.1 ஒற்றைப் படிக எக்ஸ்-கதிர் விளிம்புவிளைவு

வளர்க்கப்பட்ட டி.பி.ஜி.டி.எம். படிகத்தின் அணிக்கோவை அளவீடுகளை கண்டறிய ஒற்றைப் படிக எக்ஸ்-கதிர் விளிம்புவிளைவு மூலம் அலசப்பட்டது. டி.பி.ஜி.டி.எம் படிகம் P2<sub>1</sub>2<sub>1</sub>2<sub>1</sub> என்ற இடக்குழு பெற்ற செஞ்சாய்சதுர படிக அமைப்பு உடையது என்று அறியப்பட்டது. அலசலில் பெறப்பட்ட அலகுசெல் அளவுருக்கள் பின்வருமாறு: a = 7.05 (9) Å, b = 14.72 (19) Å, c = 18.20 (2) Å, V = 1889 (6) Å<sup>3</sup> மற்றும் α = β = γ = 90°.

இவ்வளவுகள் ஏற்கனவே உள்ள ஆய்வறிக்கைகளின் தரவுகளோடு நன்கு ஒத்துப்போகின்றன [8]. மேல் குறிக்கப்பட்ட ஒற்றைப் படிக எக்ஸ்-கதிர் விளிம்புவிளைவு அலசலின் மூலம் தலைப்புக் கலவை மைய சமச்சீர்மையற்ற இடக்குழு அமைப்பில் படிகமாகிறது என்பது தெளிவாகிறது, இதனால் இரண்டாம் இசையத் தோற்றத்தன்மைக்கான மிக முக்கிய தேவையைப் பூர்த்தி செய்கிறது.

### 3.2 பூரியர்மாற்று-ராமன் நிறமாலை அலசல்

மூலக்கூறு அமைப்பை விளக்குவதில் அதிர்வு நிறமாலையியல் ஒரு முக்கிய கருவியாகும். மூலக்கூற்றைச் சூழ்ந்துள்ள எதிர்மின்னி முகிலின் முனைவுறுதன்மையில் மாறுதலை ஏற்படுத்தும் அதிர்வுகளால்தான் செறிவான ராமன் சிதறல் நிகழ்கிறது. பூரியர்மாற்று-ராமன் (ஃஃப்-டி.-ராமன்) நிறமாலையைப் பதிவு செய்வதன் மூலம் வேதிப்பிணைப்பும் பல்வேறு எதிர்பார்க்கப்பட்ட வினைபடு தொகுதிகளின் இருத்தலும் அடையாளங்காணப்படுகின்றன. அளக்கப்பட்ட பகுதியில் காணப்படும் பட்டைகள் குவநிடீனியம் நேரயனி, டார்ட்ரேட் எதிரயனி, பினைல் வளையங்கள் மற்றும் படிகமாதலின் நீர் ஆகியவற்றின் அதிர்வுகளால் ஏற்படுகிறது. டி.பி.ஜி.டி.எம்-இன் ஃஃப்-டி.-ராமன் நிறமாலை படம் 2-இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 2: டி.பி.ஐ.டி.எம்-இன் எஃப்-டி.-ராமன் நிறமாலை

### படிகமாதலின் நீர் :

படிகமாதலின் நீரின் OH மூலக்கூறுகளின் சமச்சீரற்ற மற்றும் சமச்சீர் நீட்சிகளின் ராமன் அதிர்வுகள் முறையே 2950 செமீ<sup>-1</sup> மற்றும் 2899 செமீ<sup>-1</sup> அலையெண்களில் நிகழ்வதாகக் கண்டறியப்பட்டது.

### குவநிடினியம் நேரயனி அதிர்வுகள்

குவநிடினியம் துணுக்குகளின் சமச்சீரற்ற C-N நீட்சி 1597 செமீ<sup>-1</sup> அலையெண்ணில் நிகழ்வதாகக் கண்டறியப்பட்டது.

### பினைல் வளைவுகளின் அதிர்வுகள்

ஒற்றைப்பதிலீட்டு பென்சீனின் C-H நீட்சி அதிர்வுகள் 3120-3010 செமீ<sup>-1</sup> பகுதியில் எதிர்பார்க்கப்பட்டன. தலைப்புக் கலவைக்கான மேற்கூறிய அதிர்வுகள் 3054 செமீ<sup>-1</sup> இடத்தில் இருப்பதாகக் கண்டறியப்பட்டன. ராமன் நிறமாலையில், உள்தள C-H வளைவு அதிர்வுகள் 1079 செமீ<sup>-1</sup>, 1258 செமீ<sup>-1</sup> மற்றும் 1158 செமீ<sup>-1</sup> அலையெண்களில் நிகழ்கின்றன. ஒற்றைப் பதிலீட்டு பென்சீன் வளையத்தின் தளத்திற்கு புறம்பிலான C-H வளைவு அதிர்வுகளின் அனுமதிக்கப்பட்ட அதிர்வுகள் 1000-650 செமீ<sup>-1</sup> பகுதியில் எதிர்பார்க்கப்பட்டன. இந்த அதிர்வு முறைகளின் ராமன் நிகரண்கள் முறையே 888 செமீ<sup>-1</sup> மற்றும் 1003 செமீ<sup>-1</sup> ஆகிய இடங்களில் நிகழ்கின்றன. C-C நீட்சிமுறை அதிர்வுகள் 1300 செமீ<sup>-1</sup>

இடத்தில் தாழ்வானதாகவோ அல்லது மத்திமம் முதல் உயர்வானதாகவோ எதிர்பார்க்கப்பட்டது. C-C நீட்சிமுறை அதிர்வுகளின் ராமன் நிகரன் 1296 செமீ<sup>-1</sup> இடத்தில் நிகழ்கிறது.

### டார்ட்ரேட் எதிரயனி அதிர்வுகள் :

டார்ட்ரேட்டின் OH மற்றும் CH உருச்சிதைவு அதிர்வுகள் கலக்கப்பட்டு 1498 செமீ<sup>-1</sup> அலையெண்ணில் காணப்பட்டன. COO- நீட்சி 1222 செமீ<sup>-1</sup> இடத்தில் காணப்பட்டது. ராமன் நிறமாலையில் டார்ட்ரேட்டின் C-O அதிர்வுகள் 1079 செமீ<sup>-1</sup> இடத்தில் நிகழ்கின்றன. டார்ட்ரேட்டின் C-C நீட்சிமுறைகள் பினைல் வளையங்களின் நீட்சி முறைகளோடு கலக்கின்றன என்பது கண்டறியப்பட்டது, இவை பினைல் வளையங்களின் அதே அதிர்வுமுறைகளில் நிகழ்கின்றன. இந்த நிறமாலைகள் N,N'-டைபினைல்குவநிடைன் மற்றும் டார்டாரிக் அமிலம் ஆகிய இரண்டின் அதிர்வுகளையும் கொண்டிருப்பதால் படிகம் இவ்விரண்டு பொருள்களையும் ஒன்றாகப் பெற்றிருத்தல் வேண்டும்.

### 3.3 சீரொளி சிதைவுத் தொடக்கப்புள்ளி ஆய்வு

செயல்முறையில், 10 நேனோசெகண்ட் துடிப்பகலமும் 10 ஹெர்ட்சு மீள்செய்வீதமும் கொண்ட 1064 நேமீ அடிப்படை அலைநீளத்தில் TEM<sub>00</sub> முறையில் இயங்கும் ஒரு க்யூ-மாற்று இருமுனைய அடுக்கு பக்க இரைப்பு இயிட்ரியம் அலுமினம் கார்ட்னெட் (என்.டி.யாக்) சீரொளியின் காஸியன் ஒளிக்கற்றையானது டி.பி.ஐ.டி.எம். படிகத்தின் சீரொளி சிதைவுத் தொடக்கப்புள்ளியை அளக்கப் பயன்படுத்தப்பட்டது. பல தாக்கு செயல்முறைக்காக படிக மாதிரியின் வெவ்வேறு பரப்புகளைத் துல்லியமாக சீரொளியை நோக்கி வெளிப்படுத்த உதவும் ஒரு X-Y இடமாற்றியில் டி.பி.ஐ.டி.எம். படிகத்தின் மாதிரிபொருத்தப்பட்டது. 2 மிமீ விட்டமுடைய சீரொளியானது படிகத்தின் மீது குவியப்படுத்தப்பட்டது. படிக மாதிரி 20 செமீ

குவியத்தூரம் கொண்ட ஒரு தளகுவிவுள்ள வில்லையின் குவியப்புள்ளியில் வைக்கப்பட்டது. சீரொளி துடிப்புகளின் ஆற்றலை மாற்ற ஒரு தளமுனைவாக்கி மற்றும் ஒரு அரை-அலை தட்டு கொண்ட ஒரு அலைகுறைப்பி பயன்படுத்தப்பட்டது. ஒளிக்குழாய் மற்றும் அலைவுகாட்டி ஆகியவற்றின் தொகுப்பு மூலம் ஒவ்வொரு தாக்குதலின் துடிப்பு ஆற்றலும் அளக்கப்பட்டது. உள்ளீட்டு ஆற்றல் மற்றும் சீரொளி கதிர்க்கு வெளிக்காட்டப்பட்ட படிசுத்தின் பரப்பளவு இவைகளின் விகிதத்தைக் கொள்வதன் மூலம் ஆற்றல் அடர்த்தி, ஜூல் செமீ<sup>-2</sup> அலகுகளில், கணக்கிடப்பட்டது. (ஒரு நொடிக்கு 10 துடிப்புகள் என்ற வீதத்திலான) பல தாக்குமுறையில் டி.பி.ஐ.டி.எம். படிசுத்தின் அதிகளவு சீரொளி தூண்டிய மேற்பரப்புச் சிதைவு தொடக்கப்புள்ளி 13.15 ஜூல் செமீ<sup>-2</sup> எனக் கண்டறியப்பட்டது.

### 3.4 நேரியல்சாரா ஒளியிய அலசல்:

இரண்டாம் இசையத் தோற்றத்தன்மையின் இருத்தலை நிறுவ தலைப்புக் கலவையானது குர்ட்சு மற்றும் பெர்ரி தூள்முறைக்கு உட்படுத்தப்பட்டது [9]. நாங்கள் கருத்தில் கொண்ட வெளியிடப்பட்ட ஆய்வுகளின் தரவு [5] அடிப்படையில் டி.பி.ஐ.டி.எம் படிசுத்தின் நேரியல்சாரா ஒளியியல் செயல்திறன் நிலைப்படுத்தப்பட்ட ஒப்பீட்டுப் பொருளான பொட்டாசியம் ஹைட்ரஜன் பாஸ்பேட்டின் (கே.டி.பி.) திறனில் 0.9 மடங்கு என்று கண்டறிந்துள்ளோம். நம் கவனத்திற்குரிய பொருளில் நேரியல்சாரா ஒளியியல் செயல்பாடு பெரிய அளவில் இருப்பது தெரிந்தபடியால் டி.பி.ஐ.டி.எம்.-இன் என்.எல்.ஓ செயல்பாட்டின் மூலக்கூறு நிலையிலான தோற்றத்தை அளக்கவும் விளக்கவும் ஒரு விரிவான சோதனை மேற்கொள்ளப்பட்டது.

## 4 குவாண்டம் வேதியிய அலசல்

### 4.1 வடிவியல் உகப்பாக்குதல்

டி.பி.ஐ.டி.எம்.-இன் வடிவியல் உகப்பாக்குதல் எக்ஸ்-கதிர் சோதனை அணுவிட படிசுவிய

தகவல் கோப்பிலிருந்து (CIF) செய்யப்பட்டது [8], பிறகு அடர்த்தி கோவை கோட்பாட்டை பயன்படுத்தும் பிற கணிப்புகள் அனைத்தும் பெறப்பட்ட வடிவமைப்பு அளவுகளை வைத்துச் செய்யப்பட்டன. மூலக்கூற்று வடிவம் படம் 3-இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. உகப்பாக்கிய மூலக்கூற்று வடிவம் என்பது நிலையாற்றல் பரப்பில் ஒரு நகராப் புள்ளியைக் கொண்ட ஆதர்ச கட்டமைப்புகளுக்குக் கட்டுப்பட்ட ஒரு தனிப்படுத்தப்பட்ட மூலக்கூற்றின் பிரதிநிதியாகும்; கணிப்புகளில் பெறப்பட்ட அதிர்வு அலையெண்களில் கற்பனையெண் கொண்டவை எதுவும் இல்லை என்பதிலிருந்து ஒருங்குதல் உறுதி செய்யப்பட்டது.

இவ்வாய்வின் நோக்கம் வடிவியல் கோட்பாட்டுக் கணிப்புகளை டி.பி.ஐ.டி.எம்.-இன் சோதனை தரவுகளுடன் ஒப்பிடுதலும், வெவ்வேறு நிலைகளைக் கொண்ட அடர்த்தி கோவை கோட்பாட்டைப் பயன்படுத்தி நேரியல் மற்றும் நேரியல்சாரா ஒளியியல் பண்புகளைக் கணிப்பதும் ஆகும். மூலக்கூற்றிற்கு வாயு-நிலை கட்டமைப்பில் 'உயர் தர' முனைவறுதன்மை மதிப்புகளைத் தரவல்லவை என்று முன்பே அறியப்பட்ட பொருத்தமான அளவுடைய அடிப்படைக் கணங்களே பயன்படுத்தப்பட்டன. இந்த ஆய்வில் நாங்கள் டி.பி.ஐ.டி.எம்.-இன் தோற்றத்தை மின் பண்புகளை, பெரும் பான்மையாக இருமுனைத் திருப்புத்திறன், நிலை இருமுனைய முனைவறுதன்மைகள் மற்றும் மீமுனைவறுதன்மைகள் ஆகியவற்றைத் தொகுத்துத் தருகின்றோம். 6-31 G (d), 6-31 G (d,p) மற்றும் 6-31+ G (d,p) ஆகிய அடிப்படைக் கணங்களை உடைய B3LYP நிலையில் டி.பி.ஐ.டி.எம்.-இன் தன்னிறைவு புல (SCF) ஆற்றல் -1351.305, -1351.317 மற்றும் -1351.384 a.u என்று கண்டறியப்பட்டன.

### 4.2 நேரியல்சாரா ஒளியிய கணிப்புகள்

பொருள்களின் இருமுனைத் திருப்புத்திறன், முனைவறுதன்மை மற்றும் மீமுனைவறுதன்மை போன்ற மூலக்கூற்று நேரியல்சாரா ஒளியியல் பண்புகளை ஊகிக்க குவாண்டம் வேதியியல்

கணிப்புகள் மதிப்புமிக்க மற்றும் விலைகுறைந்த கருவிகள் ஆகும். ஒரு ஊடகம் செறிவான சீரொளிக் கற்றையின் மின்காந்தப் புலத்தோடு இடைவினைபுரிகையில் அவ்வூடகத்தில் நேரியல்சாரா ஒளியிய விளைவுகள் ஏற்படும். ஒரு தனிப்படுத்தப்பட்ட மூலக்கூறில் இந்த நேரியல்சாரா விளைவை மின்புலத்தால் தூண்டப்பட்ட இருமுனைத் திருப்புத்திறனின்  $\mu_{tot}$  வடிவ டெய்லர் தொடர் விரிவாக எழுதலாம் [10].

$$\mu_{tot} = \mu_i + \sum_j \alpha_{ij} E_j + \sum_{jk} \beta_{ijk} E_j E_k$$

இதில்  $\mu_i$  என்பது நிலைத்த இருமுனைத் திருப்புத்திறன், 'α' என்பது நேரியல் முனைவறு தன்மை மற்றும் 'β' என்பது முதல்முறைமை மீமுனைவறுதன்மை ஆகும். இங்கு i, j, k ஆகியவை ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான X, Y, Z அச்சுகளில் ஒன்றைக் குறிப்பன.

மொத்த நிலைத்த இருமுனைத் திருப்புத்திறன்,

$$\mu_i = (\mu_x^2 + \mu_y^2 + \mu_z^2)^{1/2}$$

ஆகும், இதில்  $\mu_x, \mu_y, \mu_z$  என்பன முறையே X, Y மற்றும் Z ஆகிய திசைகளிலான இருமுனைத் திருப்புத்திறன்கள்.

ஒரு மூலக்கூறில் உள்ள பல்வேறு அணுக்களில் மின்னூட்டம் சீரின்றி பகிரப்படுவதால் ஏற்படும் இது ஒரு மூலக்கூறின் முக்கியமான மின்னணுப் பண்பாகும், மேலும் இது வாண்டர் வால்சு வகை இருமுனை-இருமுனை விசைகளை உள்ளடக்கிய மூலக்கூற்று இடைவினைகளை அலகுவதில் முதன்மையாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது, காரணம் இருமுனைத் திருப்புத்திறன் எவ்வளவு பெரியதோ மூலக்கூற்றிடைவினைகள் அவ்வளவு வலுவானதாக இருக்கும்.

சராசரி முனைவறுதன்மை

$$\alpha_{tot} = \frac{\alpha_{xx} + \alpha_{yy} + \alpha_{zz}}{3}$$

என வழங்கப்படும், இதில்  $\alpha_{xx}, \alpha_{yy}, \alpha_{zz}$  என்பவை முனைவறு தன்மை பண்பனின் மூலவிட்ட கூறுகள் ஆகும்.

முதல் முறைமை மீமுனைவறுதன்மையானது ஒரு மூன்றாம் தர எண் பண்பன் ஆகும், அதனை ஒரு  $3 \times 3 \times 3$  அணிக்கோவையால் வருணிக்கலாம். கிளெயின்மேன் சமச் சீர்மை காரணமாய் அந்த முப்பரிமாண அணிக்கோவையின் 27 கூறுகளை 10 கூறுகளாக குறைக்கலாம் [11]. காலியன் 03 வெளியீடு இந்த அணிக்கோவையின் 10 கூறுகளை முறையே  $\beta_{xxx}, \beta_{xyy}, \beta_{yxx}, \beta_{xyx}, \beta_{yyx}, \beta_{xxy}, \beta_{yxy}, \beta_{xyy}, \beta_{zzx}, \beta_{zyz}, \beta_{zyy}, \beta_{zzz}, \beta_{yzz}, \beta_{zzz}$  என்று அளிக்கிறது.

பின்வரும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி முதல்முறைமை மீமுனைவறு தன்மையின் கூறுகளைக் கணக்கிடலாம்,

$$\beta_{tot} = (\beta_x^2 + \beta_y^2 + \beta_z^2)^{1/2}$$

$$\beta_{tot} = [(\beta_{xxx}\beta_{xyy}\beta_{yxx})^2 + (\beta_{yyx}\beta_{yzz}\beta_{yxx})^2 + (\beta_{zzz}\beta_{zzx}\beta_{zyy})^2]^{1/2}$$

காலியன் 03 வெளியீட்டில் பெறப்பட்ட X, Y மற்றும் Z கூறுகளை வைத்து முதல் முறைமை மீமுனைவறுதன்மையின் எண் மதிப்பைக் கணக்கிடுவதற்கான முழுமையான சமன்பாடு பின்வருமாறு,

$$\beta_{tot} = (\beta_x^2 + \beta_y^2 + \beta_z^2)^{1/2}$$

$$\beta_{tot} = [(\beta_{xxx}\beta_{xyy}\beta_{yxx})^2 + (\beta_{yyx}\beta_{yzz}\beta_{yxx})^2 + (\beta_{zzz}\beta_{zzx}\beta_{zyy})^2]^{1/2}$$

முனைவறுதன்மை மற்றும் மீமுனைவறு தன்மை பண்பன் கூறுகள் ஆகியவற்றின் காலியன் 03 வெளியீட்டு மதிப்புகள் அணு அலகுகளில் (a.u.) தரப்பட்டமையால், கணக்கிடப்பட்ட மதிப்புகள் நிலைமின் அலகுகளுக்கு (esu) மாற்றிக்கொள்ளப்பட்டன. ( $\alpha$ : 1 a.u. =  $0.1482 \times 10^{-24}$  esu ;  $\beta$  : 1 a.u. =  $8.3693 \times 10^{-33}$  esu).

B3LYP/6-31 G (d), 6-31G(d,p), 6-31+G(d,p) நிலைகளைக் கொண்டு கணிக்கப்பட்ட தலைப்புக் கலவையின் இருமுனைத் திருப்புத்திறன் ( $\mu$ ) மற்றும் முனைவறுதன்மைகளின் ( $\alpha$ ) மதிப்புகள் 4.3552 D, 4.2590 D, 4.6154 D and  $26.17 \times 10^{-24}$ ,  $26.96 \times 10^{-24}$ ,  $30.24 \times 10^{-24}$  esu ஆகும். டி.பி.ஜி.டி.எம். கலவையின் B3LYP/6-31 G (d), 6-31G(d,p), 6-31+G(d,p) அடிப்படைக் கணத்திற்கான கணக்கிடப்பட்ட முதல்முறைமை மீமுனைவறுதன்மை  $\beta_{tot}$   $30.2353 \times 10^{-31}$ ,  $20.9894 \times 10^{-31}$ ,  $23.3596 \times 10^{-31}$  ஆகும். மீமுனைவறுதன்மையின் ( $\beta$ ) இந்த அதிகமான மதிப்பும் இருமுனைத் திருப்புத்திறனின் ( $\mu_i$ ) பூஜ்ஜியம் அல்லாத மதிப்பும் தான் மூலக்கூறு நிலையில் டி.பி.ஜி.டி.எம்.-இன் இரண்டாம் இசையத் தோற்றப்பண்புகளின் மேம்பாட்டிற்கான காரணங்கள் ஆகும்.

மூலக்கூறு அமைப்புகளின் நேரியல்சாரா ஒளியியல் பண்புகளின் ஆய்வில் பயன்படுத்தப்படும் முன்மாதிரி மூலக்கூறுகளில் ஒன்றாக பொட்டாசியம் டைஹைட்ரோஜன் பாஸ்பேட் (KDP) விளங்குவதால் அதுவே ஒப்பீடு அளவாக பரவலாக ஒப்புமை தேவைகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

கே.டி.பி-யின் முதல்முறைமை மீமுனைவறுதன்மை ( $\beta_{KDP} = 6.85 \times 10^{-31}$  esu) என்று காணப்படுகிறது. ஆக, தலைப்புக் கலவையின் கணிக்கப்பட்ட முதல்முறைமை மீமுனைவறுதன்மை கே.டி.பி-யின் B3LYP/6-31 G (d), 6-31G(d,p), 6-31+G(d,p) அடிப்படைக் கணங்களுக்கான நிலைகளின் மதிப்பில் 4.4, 3.07, 3.42 மடங்குகள் என்று அறியப்படுகிறது. டி.பி.ஜி.டி.எம். பூஜ்ஜியம் அல்லாத இருமுனைத் திருப்புத்திறனும் முனைவறுதன்மையும் கொண்ட ஒரு முனைவு மூலக்கூறு என்பதைக் காண்கிறோம்.

இவையே இந்த கரிமப் பொருளின் நேரியல்சாரா ஒளியியல் செயல்திறனின் மூலக்கூறு நிலை தோற்றத்தைத் தருகின்றன. டி.பி.ஜி.டி.எம்.-இன் கணிக்கப்பட்ட மீமுனைவறு

தன்மையை இரண்டாம் இசையத் தோற்றச் செயல்முறை தரவுகளோடு ஒப்பிடலாம். செயல்முறை மதிப்பைவிட டி.பி.ஜி.டி.எம்.-இன் கணிக்கப்பட்ட மீமுனைவறுதன்மை அதிகமாய் இருப்பதை நியாயப்படுத்தலாம், கோட்பாட்டு மதிப்பானது வாயு நிலையில் இருக்கும் ஒரு தனிப்பட்ட மூலக்கூறுக்கானதாகும், ஆனால் செயல்முறை மதிப்போ திண்ம நிலையில் பிணைக்கப்பட்ட மூலக்கூறுக்கானதாகும் [12].

கூடுதலாய் திண்ம நிலை வடிவமைப்பானது வாண்டர் வால்சு இடைவினைகள் மற்றும் படிசு மின்புல இடைவினைகள் போன்ற பல மூலக்கூற்றிடை விசைகளோடு தொடர்புடையது ஆகும். மேலும், துகள் அளவுமீதான சார்பு மற்றும் சீரொளியின் உள்ளீட்டு ஆற்றல் போன்ற செயல்முறை காரணிகளோடும் கூட தலைப்புக் கலவையின் கணிக்கப்பட்ட மற்றும் செயல்முறை நேரியல்சாரா விளைவுகளின் மதிப்புகளில் உள்ள வேறுபாடுகளைத் தொடர்புபடுத்தலாம்.

## 5 முடிவுகள்

நீர்ம-எத்தனால் கரைசலின் ஒரு கலவைக் கரைப்பானிலிருந்து மெதுவான ஆவியாதல் முறை மூலம் நல்ல தரம்வாய்ந்த ஒளியூடுருவக்கூடியதான டி.பி.ஜி.டி.எம். படிசும் வளர்க்கப்பட்டது. தலைப்புக் கலவை செஞ்சாய்சதுர படிசு அமைப்பில் படிசுமாகிறது என்பது ஒற்றைப் படிசு எக்ஸ்கதிர் விளிம்புவிளைவுச் சோதனை மூலம் கண்டறியப்பட்டது. பல்வேறு வினைபடு தொகுதிகளின் இருப்பு எஃம்.டி.-ராமன்நிறமாலை மூலம் உறுதி செய்யப்பட்டது. என்.டி.:யாக் சீரொளியைப் பயன்படுத்தி பல தாக்கு முறையில் தலைப்புக் கலவையின் சீரொளி நிலைத்தன்மை கணக்கிடப்பட்டது. டி.பி.ஜி.டி.எம். படிசுத்தின் பொடிக்கப்பட்ட மாதிரியின் இரண்டாம் இசையத் தோற்ற நேரியல்சாராத்தன்மை செயல்முறையில் கணக்கிடப்பட்டு, அது நிலைப்படுத்தப்பட்ட ஒப்பீட்டு பொருளான பொட்டாசியம் டைஹைட்ரஜன் பாஸ்பேட்டின் (KDP) மதிப்பில் 0.9 மடங்கு என்பது கண்டறியப்பட்டது. அடிப்படைக் கணத்தின் பல்வேறு நிலைகளிலான

தலைப்புக் கலவையின் முதல்முறைமை மீமுனைவறுதன்மை, இருமுனைத் திருப்புத்திறன் மற்றும் முனைவறுதன்மை ஆகியவற்றை பெற குவாண்டம் வேதியியல் அலசல் மேற்கொள்ளப்பட்டது. இரு முனைத் திருப்புத்திறனின் பூஜ்ஜியம் அல்லாத மதிப்பு மற்றும் முதல்முறைமை மீமுனைவறுதன்மையின் அதிகமான மதிப்பு ஆகியவை மூலக்கூறு நிலையில் டி.பி.ஐ.டி.எம். ஒளியியல் செயல்பாடுடையது என்பதை

உறுதிசெய்கின்றன. தலைப்புக் கலவையின் தன்னிறைவு புல ஆற்றல் 6-31+ G (d,p) நிலை அடிப்படைக் கணத்தில் மிகக்குறைவாக உள்ளது என்பது கண்டறியப்பட்டது. டி.பி.ஐ.டி.எம். படிகத்தின் நம்பிக்கையூட்டும் படிக வளர்ச்சி மற்றும் குவாண்டம் வேதியியல் பண்புகள் அதனை ஒளியனியல், மின்-ஒளியியல் மற்றும் இரண்டாம் இசையத் தோற்றம் சார்ந்த சாதனங்களுக்கான பயன்பாட்டிற்கு ஏற்றதாக இதனை முன்னிறுத்துகிறது.

## உசாத்துணை

- [1] P.N. Prasad, D.J. Williams, Introduction to Nonlinear Optical Effects in Molecules and Polymers, Wiley, New York, 1991.
- [2] S.R. Marder, J.E. Sohn, G.D. Stucky, Materials for Nonlinear Optics, American Chemical Society, Washington, DC, 1991.
- [3] T.N. Guru Row, Coord. Chem. Rev.183 (1999) 81- 100.
- [4] T. Arumanayagam, S.Ananth, P. Murugakoothan, Spectrochim. Acta Part A. 97 (2012) 741- 745.
- [5] G. Saravana Kumar, P.Murugakoothan, Optik. 126 (2015) 68-73.
- [6] M.J. Frisch, et. al., Gaussian 03, Revision C.01, Gaussian Inc., Wallingford CT, 2004.
- [7] C. Lee, W. Yang, R.G. Parr, Phys. Rev. B. 37 (1988) 785-789
- [8] J.A. Paixão, P.S. Pereira Silva, A.M. Beja, M. Ramos Silva, E. de Matos Gomes and M. Belsley, Acta Cryst. C. 55 (1999) 1287-1290.
- [9] S.K. Kurtz, T.T. Perry, J. Appl. Phys. 39 (1968) 3798-3813.
- [10]D. Sajan, J. Hubert, V.S. Jayakumar, J. Zaleski, J. Mol. Struct. 785 (2006) 43-53.
- [11]D.A. Kleinman, Phy. Rev. 126 (1962) 1977-1979.
- [12]N. Sudharsana, B. Keerthana, R. Nagalakshmi, V. Krishnakumar, L. Guru Prasad, Mater. Chem. Phys. 134 (2012) 736-746.

# எல்-ஹிஸ்டிரியம் ப-டொலுவின சல்போனேட் (LHT) ஒற்றை படிக்கத்தின் கட்டமைப்பு மற்றும் மின்னணு நடத்தை பற்றிய பகுப்பாய்வு

மு. மாதங்கி, ப. முருகசுத்தன்\*

பொருட்கள் ஆராய்ச்சி மற்றும் வளர்ச்சி ஆய்வகம் (MRDL),  
முதுகலை மற்றும் இயற்பியல் ஆராய்ச்சித் துறை, பச்சையப்பன் கல்லூரி, சென்னை - 600030.  
தொடர்பு ஆசிரியர் மின்னஞ்சல்: murugakoothan03@yahoo.co.in

## ஆய்வுச்சுருக்கம்:

எல்-ஹிஸ்டிரியம் ப-டொலுவின சல்போனேட் (LHT) ஒற்றை படிக்கங்கள் அறை வெப்பநிலையில் மெதுவாக ஆவியாதல் கரைசல் நுட்பம் (SEST) மூலம் வெற்றிகரமாக வளர்க்கப்பட்டுள்ளன. வளர்ந்த LHT படிக்கத்தின் செல் அளவுருக்கள் மற்றும் உருவ அமைப்பு, ஒற்றைப் படிக்க X-கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வு மூலம் உறுதிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. LHT படிக்கத்தின் செயல்பாட்டுக் குழுக்கள் ஃபூரியர் மாற்றம் - அகச்சிவப்பு நிறமாலை பகுப்பாய்வு மூலம் உறுதி செய்யப்பட்டுள்ளது. LHT படிக்கத்தின் மேற்பரப்பு குறைபாடு மற்றும் மேற்பரப்பு அம்சங்கள் இரசாயன செதுக்கல் முறை மூலம் ஆய்வு செய்யப்பட்டுள்ளது. LHT படிக்கத்திற்கான திட நிலை அளவுருக்கள் X-கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வின் தரவு மூலம் மதிப்பீடு செய்யப்பட்டுள்ளன. இந்த மதிப்புகள் மின்னணு துருவ முனைப்பு மதிப்பினைப் பெற பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

## முக்கியச்சொற்கள் :

படிக்க வளர்ச்சி; உருவவியல்; ஒற்றைப் படிக்க X-கதிர் விளிம்பு விளைவு ; செதுக்கல் ஆய்வு ; மின்னணு துருவமுனைப்பு.

## 1. அறிமுகம்

தொலைத்தொடர்புகள், ஒளியியல் தரவு சேமிப்பு, ஒருங்கிணைந்த ஒளியியல் மற்றும் ஒளியியல் தகவல் செயலாக்கம் போன்ற பயன்பாடுகளில் நேர்சார்பிலா ஒளியியல் (NLO) பொருட்களின் பங்களிப்பு

முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவையாகக் கருதப் படுகிறது. வேகமான செயல்பாடு மற்றும் உயர் நேர்பாங்கின்மை பண்பு ஆகியவற்றின் காரணமாக கரிம NLO பொருட்களுக்கு கனிம NLO பொருட்களைக் காட்டிலும் கூடுதல் நன்மை உண்டு. சிலவகை அமினோ அமிலங்களை

கரிம அல்லது கனிம பொருட்களோடு சேர்த்துப் பெறப்படும் கலவையானது NLO பண்புகளை நன்கு வெளிப்படுத்தும் தன்மை உடையதாய் விளங்குகிறது [1-3]. கரிம மூலக் கூறு NLO பொருட்களானது நன்கொடை மற்றும் ஏற்றுக் கொள்ளும் குழுக்களை இணைக்கும் உள்ளடங்கா டை-எலக்ட்ரானின் அமைப்புகளை பெற்றிருப்பதால், சமச்சீரற்ற துருவமுனைப்புத்திறனை அதிகப்படுத்துகிறது [4]. எல்-ஹிஸ்டிடினின் இமிடாசோல் பகுதிக் கூறை உள்ளடக்கியுள்ளது, இது ஒரு புரோட்டான் வழங்குபவராகவும், புரோட்டான் ஏற்பவராகவும் மற்றும் ஒரு அணுக்கரு கவர்பொருளாகவும் விளங்குகிறது.

எனவே எல்-ஹிஸ்டிடினின் பரந்த அளவிலான பயன்பாடுகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படுவதோடு அதன் NLO பண்புகளை பொறுத்து பல புதிய உப்புக்களின் தொகுப்பு மற்றும் வளர்ச்சிக்கும் வழிவகுக்கிறது. இந்த ஆய்வுக்கட்டுரையில் ஒற்றை படிக வளர்ச்சி, அதன் கட்டமைப்பு பண்பு, மற்றும் LHT படிகத்தின் திட நிலை அளவுருக்கள்

தெரிவிக்கப்பட்டுள்ளது.

## 2. பரிசோதனை செயல்முறை

### 2.1 பொருளாக்கம் மற்றும் படிக வளர்ச்சி

எல்-ஹிஸ்டிடினியம் ப-டொலுவின் சல்போனேட் ஒற்றை படிகமானது, அயனிகளற்ற தண்ணீரை கரைப்பானாகக் கொண்டு 1:1 சமநிலை விகிதத்தில் எல்-ஹிஸ்டிடினின் மற்றும் ப-டொலுவின் சல்போனிக் அமிலத்தை இணைப்பதன் மூலம் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. 6 மணி நேரம் இடைவிடாமல் கரைக்கப்பட்ட கரைசலானது ஒத்திசைவு அடைந்தது. அக்கரைசலானது பின்னர் வாட்மன் வடிகட்டி காகிதம் பயன்படுத்தி வடிகட்டப்பட்டு அறை வெப்பநிலையில் பராமரிக்கப்பட்டது. படம் 1 (அ) இல் காட்டப்பட்டுள்ளபடி, 17 நாட்களுக்குப்பிறகு, சிறு நரம்பு இழை உருவகம் கொண்டிருக்கும் படிகங்கள் அறுவடை செய்யப்பட்டன. இந்த படிகங்கள் படம் 1 (ஆ) இல் காணப்படுவதைப் போல சிறந்த வடிவியல் பெறுவதற்கு மீள்பளிங்காக்கல் முறைக்கு உட்படுத்தப்பட்டன.



படம் 1. (அ)



படம் 1. (ஆ)

படம் 1. (அ) அறை வெப்பநிலையில் வளர்க்கப்பட்ட LHT படிகம்

(ஆ) மெதுவாக ஆவியாதல் நுட்பத்தால் அறை வெப்பநிலையில் மீள்பளிங்காக்கல் முறைப்படி உருவான LHT படிகம்

### 3. முடிவுகள் மற்றும் அதன் விவாதம்

#### 3.1 ஒற்றைப் படிக X-கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வு

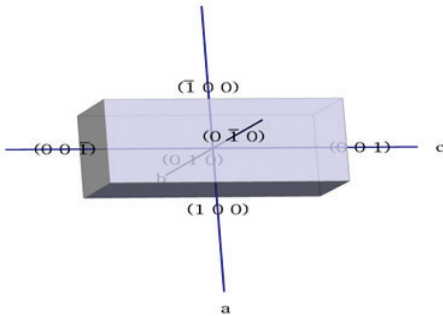
ஒற்றைப் படிக X-கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வுமூலம் LHT படிகம் நேர்ச்சாய்சதுரத்திணைமப் பளிங்குதொகுதியுடன் P2<sub>1</sub>2<sub>1</sub>2<sub>1</sub> வகை வெளியைச் சார்ந்தது என உறுதிப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

#### அட்டவணை 1: வளர்ந்த LHT படிகத்தின் படிக தரவு ஒப்பீடு.

முந்தைய அறிக்கை [5]	தற்போதுள்ள அறிக்கை
a = 5.2700(2) Å	a = 5.269(4) Å
b = 7.3691(3) Å	b = 7.374(2) Å
c = 38.2042(14) Å	c = 38.170(4) Å
V = 1483.67(10) Å <sup>3</sup>	V = 1461.17(5) Å <sup>3</sup>

#### 3.2 உருவவியல் ஆய்வு

படிக பொருட்களின் அனுமதிக்கப்பட்ட அணு ஒழுங்கு, அதன் கட்டமைப்பு மற்றும் வடிவம் ஆகியவற்றை உருவவியல் ஆய்வு மூலம் அறியலாம். பொதுவாக, பயன்படுத்தப்படும் கரைப்பான், பராமரிக்கப்படும் வெப்பநிலை, மிகத் தெவிட்டிய நிலை விகிதம் போன்ற காரணிகளின் அடிப்படையிலேயே படிக பொருட்களின் உருவ மாதிரி அமைந்திருக்கும். LHT படிகமானது நன்கு வளர்ந்த 000, 010, 001, ஆகிய பளிங்கியல் முகங்களை கொண்டுள்ளது. உகந்த வளர்ச்சி நிலையில் படிக பொருள் தீவிரமான மாறுபட்ட முகங்களை உறுதிப்படுத்துகிறது. LHT ஒற்றை படிகத்தின் உருவப்படம் படம் 2 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



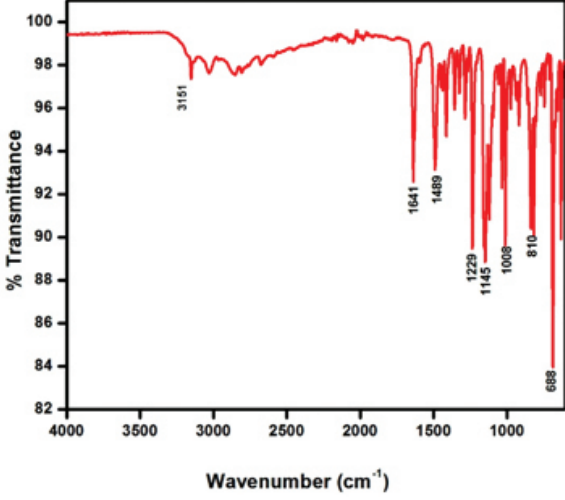
படம் 2. LHT படிகத்தின் உருவம்

வளர்க்கப்பட்ட படிகத்தின் செல் அளவுருக்கள் a = 5.269(4) Å, b = 7.374(2) Å, c = 38.170(4) Å மற்றும் பருமனளவு, V = 1461.17(5) Å<sup>3</sup> என கண்டறியப்பட்டுள்ளது. வளர்ந்த LHT படிகத்தின் தற்போதைய அலகு செல் அளவுருக்கள் முந்தைய அறிக்கையுடன் நல்ல ஒப்பந்தத்தில் உள்ளதை அட்டவணை 1 இல் காணலாம்.

#### 3.3 ஃபூரியர் மாற்றம் – அகச்சிவப்பு நிறமாலை பகுப்பாய்வு

வளர்ந்த படிகங்களின் செயல்பாட்டு குழுக்கள், அகச்சிவப்பு நிறமாலையில் நுட்பத்தை பயன்படுத்துவதன் மூலம் கண்டறியப்படுகின்றன. LHT படிகத்தின் தூள் மாதிரி ஃபூரியர் மாற்றம் – அகச்சிவப்பு நிறமாலை பகுப்பாய்வுக்காகப் பயன்படுத்தப்பட்டது. அதன் நிறமாலை வீச்சு 4000 செ.மீ<sup>-1</sup> முதல் 400 செ.மீ<sup>-1</sup> வரை KBR இரசாயன நுட்பத்தை பயன்படுத்தி பதிவு செய்யப்பட்டுள்ளது. பதிவு செய்யப்பட்ட நிறமாலை படம் 3 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. முதன்மை அமின்களின் [6] நீட்டிப்பு அதிர்வுகள் 3151 செ.மீ<sup>-1</sup> ல் ஏற்படுகின்றன. C = N நீட்டிப்பு அதிர்வெண் 1641 செ.மீ<sup>-1</sup> ல் [7] தீவிரமாக காணப்படுகிறது. சமச்சீரான NH<sub>2</sub><sup>+</sup> வளைவு அதிர்வானது 1489 செ.மீ<sup>-1</sup> ஈட்டப்படுகிறது. அரோமாட்டிக் C-H உள்தள வளைவு அதிர்வு 1229 செ.மீ<sup>-1</sup> ல் காணப்படுகிறது. SO<sub>3</sub> இன் சமச்சீர் நீட்சி அதிர்வுகள் 1145 செ.மீ<sup>-1</sup> [6] இல் நிகழ்ந்துள்ளது. C-H இன் நீட்சி அதிர்வுகள் 1008 செ.மீ<sup>-1</sup> இல் நேரிடுகிறது. COO<sup>-</sup> வளைவு அதிர்வானது 688 cm<sup>-1</sup> இல் தோன்றுகிறது [6]. ஃபூரியர் மாற்றம் – அகச்சிவப்பு நிறமாலையில் தோன்றும் அனைத்து

அதிர்வுக் குழுக்களும் LHT படிக்களில் பல்வேறு செயல்பாட்டுக் குழுக்கள் உருவாகியிருப்பதை உறுதிப்படுத்துகின்றன.



படம் 3. LHT இன் ஃபூரியர் மாற்றம் – அகச்சிவப்பு நிறமாலை

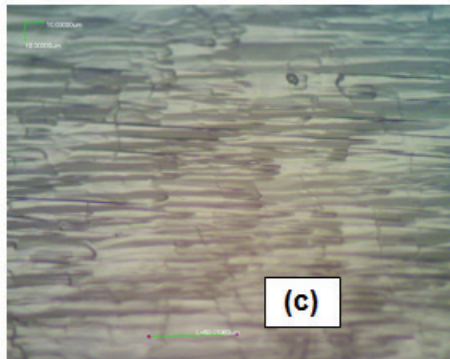
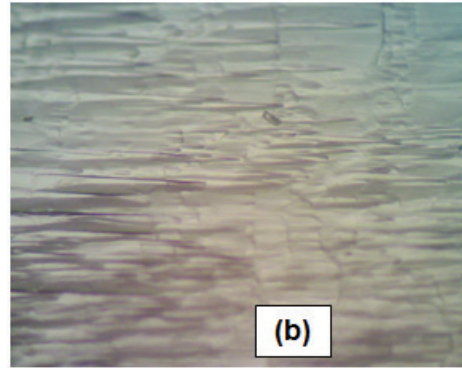
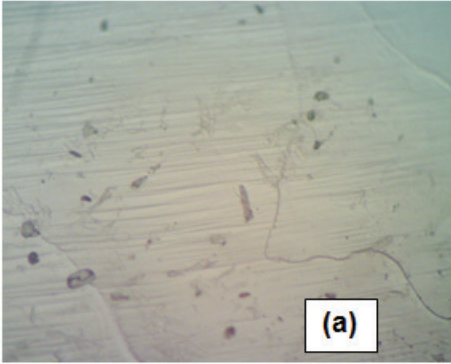
### 3.4 இரசாயனசெதுக்குருவம் பகுப்பாய்வு

LHT ஒற்றை படிக்கத்தில் நிகழும் அணு இட மாற்றத்தையும் அதன் மேற்பரப்பு அம்சங்களையும்

இரசாயன செதுக்கல் பகுப்பாய்வு மூலம் அறியலாம். இப்பகுப்பாய்விற்கு நல்ல தரமான மற்றும் ஒளி புகவிடுகின்ற LHT படிக்கம் மில்லிபோர் நீரும் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. வளர்ந்த LHT படிக்கத்தின் மேற்பரப்பு அடுக்கு அம்சங்கள் ஒரு ஆப்டிகல் நுண்ணோக்கினால் அடையாளம் காணப்பட்டுள்ளன.

LHT படிக்கத்தின் மேற்பரப்பில் நீட்டிக்கப்பட்ட நீள் சதுர வடிவ செதுக்குக்குழிகள் கிடைக்கப் பெற்றுள்ளன. இதனை படம் 4 (அ)வில் காணலாம். படம் 4 (ஆ) மற்றும் (இ) முறையே 5 s மற்றும் 10 s நேரத்திற்கு பெறப்பட்ட செதுக்குக்குழி வடிவங்களின் படங்களைக் காட்டுகிறது.

செதுக்கல் நேரம் அதிகரிக்கும் போது செதுக்குக்குழி அளவு மேலும் அதிகரிக்கிறது மற்றும் இறுதியில் செதுக்குக்குழிகள் ஒன்றுடன் ஒன்று மேற்படிவுடன் காணப்படுகின்றன. பெறப்பட்ட செதுக்குக்குழிகள் படிக்கத்தின் உள் கட்டமைப்பு சமச்சீர் அமைப்பிலிருந்து உருவாகியிருக்க வேண்டும் என அறியப்படுகிறது. [8, 9]



படம் 4. LHT படிக்கத்தின் செதுக்குக்குழி உருப்படிமம்

### 3.5 திட நிலை அளவுருக்கள் மதிப்பீடு

திடநிலை அளவுருக்கள் பொருளின் மின்-ஒளியியல் துருவ முனைப்புத் தன்மைக்கும் அலைவரிசை விளைவின் திறமைக்கும் இன்றியமையாததாகும். உயர் அதிர்வெண் மின் கடத்தாப்பொருள் மாறிலியானது எலக்ட்ரான் பிளாஸ்மா ஆற்றல், பென் இடைவெளி, ஃபெர்மி ஆற்றல் மற்றும் மின்னணு துருவமுனைப்பு ஆகியவற்றை சார்ந்திருப்பதை அறிமுறை கணக்கீடுமூலம் அறியலாம். LHT படிகத்தின் மூலக்கூறு சார் எடை 327g / mol எனவும் செல் பருமனளவு 1461.17(5) Å<sup>3</sup> எனவும் கணக் கிடப்பட்டுள்ளது. அதை வைத்து கணக்கிடப்பட்ட LHT படிகத்தின் அடர்த்தி 0.0807 g / cm<sup>3</sup> ஆகும். இணை திறம் எலக்ட்ரான் பிளாஸ்மா ஆற்றல் ( $\hbar\omega_p$ ) கீழ்க்கண்ட சமன்பாடு மூலம் வழங்கப்படுகிறது,

$$\hbar\omega_p = 28.8 \left( \frac{Z\rho}{M} \right)^{1/2}$$

இங்கே 'Z' என்பது இணைதிறம் எலக்ட்ரான் களின் மொத்த எண்ணிக்கையாகும். 'ρ' என்பது அடர்த்தியாகும் மற்றும் 'M' என்பது அறுவடை செய்யப்பட்ட LHT படிகத்தின் மூலக்கூறு எடையாகும். பென் இடைவெளி மற்றும் ஃபெர்மி இடைவெளி பிளாஸ்மா ஆற்றலை கீழ்க்கண்ட சமன்பாடுமூலம் அறியலாம்,

$$EP = \hbar\omega_p (\epsilon_\infty - 1)^{1/2} \quad \text{மற்றும்}$$

$$EF = 0.2948 (\hbar\omega_p)^{4/3}$$

பென் இடைவெளி பகுப்பாய்விலிருந்து முனைவாகுதன்மை, α கீழ்க்கண்ட சமன்பாடு மூலம் வழங்கப் படுகிறது,

$$\alpha = \left\{ \frac{(\hbar\omega_p)^2 S_0}{(\hbar\omega_p)^2 S_0 + 3 E_2 P} \right\} \frac{M}{\rho} \times 0.396 \times 10^{-23}$$

குறிப்பிட்ட பொருளுக்கு S<sub>0</sub> என்பது ஒரு மாறிலியாகும். அது கீழுள்ள சமன்பாடு மூலம் வழங்கப்படுகிறது.

$$S_0 = 1 - \left[ \frac{E_p}{4 E_F} \right] + \frac{1}{3} \left[ \frac{E_p}{4 E_F} \right]^2$$

கிளாசியஸ்-மொசோட்டி தொடர்பு மூலம் முனைவாகுதன்மை, α கீழ்க்கண்டவாறு வழங்கப்படுகிறது

$$\alpha = \frac{3M}{4\pi N_A} \rho \left[ \frac{\epsilon_\infty - 1}{\epsilon_\infty + 2} \right] \times 10^{-23}$$

N<sub>A</sub> என்பது அவகாட்ரோ எண்ணாகும். திட நிலை அளவுருக்கள் மேற்கண்ட சமன்பாடுகள் மூலம் கணக்கிடப்பட்டு, அதன் மதிப்புகள் அட்டவணை 2 இல் பட்டியலிடப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 2 : LHT படிகத்தின் திட நிலை அளவுருக்கள்

அளவுருக்கள்	LHT படிகத்தின் அளவுருக்கள் மதிப்பு
பிளாஸ்மா ஆற்றல் (eV)	8.1842
பெர்மி ஆற்றல் (eV)	4.8588
பென் இடைவெளி (eV)	2.0148
முனைவாகுதன்மை(பென் இடைவெளி )(cm <sup>3</sup> )	4.840 x 10 <sup>-23</sup>
முனைவாகுதன்மை(கிளாசியஸ்-மொசோட்டி)(cm <sup>3</sup> )	4.922 x 10 <sup>-23</sup>

### 4. முடிவுரை

எல்-ஹிஸ்டிரிசியம் ப-டொலுவின் சல்போனேட் (LHT) ஒற்றை படிகங்கள் மெதுவாக ஆவியாதல் கரைசல் நுட்பம் (SEST) மூலம் நல்ல ஒளியியல் தரத்துடன் வளர்க்கப்பட்டுள்ளன. ஒற்றைப் படிக X-கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வு மூலம் LHT படிகம் நேர்ச்சாய் சதுரத்திண்மப்பளிங்கு தொகுதியுடன் P2<sub>1</sub>2<sub>1</sub> வகை வெளியை கொண்டிருப்பதாக உறுதிபடுத்தப்பட்டுள்ளது. உருவவியல் ஆய்வு மூலம் LHT படிகமானது நன்கு வளர்ந்த பளிங்கியல் முகங்களைக் கொண்டுள்ளதை அறியலாம். வளர்ந்த LHT படிகத்தின் செயல்பாட்டுக் குழுக்கள் ஃபூரியர்

மாற்றம் - அகச்சிவப்பு நிறமாலை பகுப்பாய்வு மூலம் உறுதிப்படுத்தப் பட்டுள்ளது. LHT ஒற்றை படிகத்தில் நிகழும் அணு இடமாற்றத்தையும் அதன்மேற்பரப்பு அம்சங்களையும் இரசாயன செதுக்கல் பகுப்பாய்வு விளக்குகிறது. திட நிலை அளவுருக்களான எலக்ட்ரான் பிளாஸ்மா ஆற்றல், பென் இடைவெளி, ஃபெர்மி ஆற்றல் மற்றும்

மின்னணு துருவமுனைப்பு ஆகியவை பென் பகுப்பாய்வு மற்றும் கிளாசியஸ்-மொசோட்டி சமன்பாடு கொண்டு விளக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த பண்புகளின் அடிப்படையில், வளர்ந்த LHT படிகமானது ஒளியியல் மற்றும் மின்னணு சார் சாதனங்களின் உருவாக்கத்திற்கு பயன்படுத்தலாம் என அறியப்படுகின்றது.

## மேற்கோள்கள்

- [1] V.G. Dmitriev, G.G. Gurzadyan, D.N. Nikogosyan, Handbook of Nonlinear Optical Crystals, 2nd ed., Springer, New York, 1997.
- [2] M.S. Wong, C. Bosshard, F. Pan, P. Gunter, Adv. Mater. 8 (1996) 677.
- [3] S. Natarajan, S.A. Martin Britto, E. Ramachandran, Cryst. Growth Des. 6 (2006) 137.
- [4] D.S. Chemla, J. Zyss, Nonlinear Optical Properties of Organic Molecules and Crystals, Academic Press, New York, 1987.
- [5] S. Muralidharan, P. Nagapandiselvi, T. Srinivasan, R. Gopalakrishnan, D. velmurugan, Acta Cryst. (2013), E69, 0804,
- [6] RO. MU. Jauhar and P. Murugakoothan, Indo - Asian Journal of Multidisciplinary Research (IAJMR) 1(5) 411 - 413
- [7] V. Meenatchi, K. Muthu, M. Rajasekar, SP. Meenakshi sundaram, SpectrochimicaActa Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 124 (2014) 423-42
- [8] K. Sangwal, Etching of Crystals: Theory, Experiment and Application, North Holland Physics Publishing, Amsterdam, The Netherlands, 1987.
- [9] J. H. Richardson, Systematic Materials Analysis, Elsevier, 4, 2012.

# கூழ்ம கரைசல் முறையில் தொகுக்கப்பட்ட $Zn_{1-x}Mg_xO$ மீநுண் படிகங்களின் கட்டமைப்பு, உருவமைப்பு மற்றும் வெப்பமின் பண்புகள்

திருமாவ. முருகு திருவள்ளுவன்<sup>1</sup>, ப. சந்திரசேகரன்<sup>2</sup>,  
மு. அறிவானந்தன்<sup>3\*</sup>, பா. ஆனந்தன்<sup>4</sup>

<sup>1</sup> இயற்பியல் துறை, மனோன்மணியம் சுந்தரனார் பல்கலைக்கழகம், திருநெல்வேலி, தமிழ்நாடு.

<sup>2</sup> இயற்பியல் துறை, எம்.ஆர்.கே. கலை மற்றும் அறிவியல் கல்லூரி, பலஞ்சனல்லூர், கடலூர் மாவட்டம், தமிழ்நாடு.

<sup>3</sup> மீநுண் அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப மையம், அண்ணா பல்கலைக்கழகம், சென்னை -600025.

<sup>4</sup> இயற்பியல் துறை, திரு கொளஞ்சியப்பர் அரசு கலைக் கல்லூரி, விருத்தாசலம் -606001,

## ஆய்வுச்சுருக்கம்:

$Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்கள் குறைந்த வெப்பநிலையில் கூழ்ம கரைசல் முறையில் தொகுக்கப்பட்டது. இரண்டு வெவ்வேறு காப்புறை ஊக்கிகள் மற்றும் அதன் செறிவுகள்  $Zn_{1-x}Mg_xO$  ன் அளவு மற்றும் உருவமைப்பின் மேல் ஏற்படுத்தும் விளைவுகள் ஆராயப்பட்டது. X-கதிர் விளிம்பு விளைவு பகுப்பாய்வு மூலம் பொருட்களின் கட்டமைப்பு பண்புகள் ஆராயப்பட்டது. மீநுண் படிகமானது  $ZnO$  உற்சைட் படிக கட்டமைப்பை கொண்டுள்ளது என்பது கண்டறியப்பட்டது. FESEM மற்றும் TEM பகுப்பாய்வு மூலம் மீநுண் படிகத்தின் அளவு மற்றும் உருவமைப்பு உற்று நோக்கப்பட்டது. UV-Vis உறிஞ்சுதல் நிறமாலை மூலம் பொருளின் ஒளிபண்புகள் ஆராயப்பட்டது. காப்புறையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்களின் வெட்டு அலைநீளம் காப்புறையில்லாத  $Zn_{1-x}Mg_xO$  டை ஒப்பிடும்போது குறைந்த அலைநீளத்திற்கு இடம்பெயர்ந்திருப்பது கண்டறியப்பட்டுள்ளது. மேலும்  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்களின் வெப்பமின் பண்பானது ஆராயப்பட்டது. X-இன் மதிப்பு அதிகமாகும் பொது அதன் சீபக் குணகம் அதிகரிப்பது கண்டறியப்பட்டது

## முக்கியச்சொற்கள் :

$Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்கள், வெவ்வேறு காப்புறை ஊக்கிகள், FESEM மற்றும் TEM.

## அறிமுகம்

$ZnO$ -ன் பட்டை இடைவெளியை  $Mg$ -யை சேர்ப்பதினால் மாற்ற முடியும். எனவே  $Zn_{1-x}Mg_xO$  உலோகக்கலவையானது புதிய

செயல்சார் பண்புகளை உடையை ஒர் உறுதியான பொருளாகிறது. (1-3)  $ZnO$  ஐ ஒப்பிடும்போது  $Zn_{1-x}Mg_xO$ -ல்  $Mg$  சேர்ப்பதின் காரணமாக நேர்மின் மற்றும் எதிர்மின் கடத்திகளின்

பிணைப்பற்றல் குறைகின்றது. மேலும் இது சூரிய மின்கலத்தில் கடத்திகளின் மேம்பட்ட இடப்பெயர்வுக்கு வழிவகைசெய்கிறது. Mg (0.57A) ன் அயனி ஆரம் Zn(0.6A)வுடன் முற்றிலும் ஒத்த மாதிரி உள்ளதால், ZnO-ஐ போலவே Zn<sub>1-x</sub>Mg<sub>x</sub>O ஆனது அகலப்பட்ட இடைவெளியை மற்றும் குறைந்த படிக்க பொருத்தமின்மையையும் கொண்டுள்ளது. (3) மேலும் பட்டை இடைவெளி Zn<sub>1-x</sub> Mg<sub>x</sub>O ல் ஆப அதிகரிக்கும் பொழுது ஆழமட்ட உமிழ்வு மிகவும் அதிகரிப்பதாக கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

சமீபத்தில், ஒளி மின்னணுவியல், சாய தூண்டுதல் சூரிய மின்கலம் மற்றும் உயிரியல் சம்பந்தப்பட்ட பல பயன்பாடுகளுக்காக ZnO அதிகமாக ஆராயப்பட்டுவருகிறது. Zn<sub>1-x</sub> Mg<sub>x</sub>O மீநுண் படிகங்களும் மேற்கூறிய பயன்பாடுகளுக்கு ஏற்ற பொருளாகும். (3-8) Zn<sub>1-x</sub> Mg<sub>x</sub>O மீநுண் பொருள்கள் வெவ்வேறு மீநுண் கட்டமைப்புகளுடன் அதாவது மீநுண் துண்கள், மீநுண் தண்டுகள், முத்திசையிலும் வரையறுக்கப்பட்ட மீநுண்துகள்கள் மற்றும் மீநுண் தாள்கள் போன்றவை வெவ்வேறு முறையில் அதாவது MOCVD (9-14), PLD (15), வேதிவீழ் படிதல் (16) மற்றும் கூழ்ம கரைசல் முறையில் உருவாக்கி அதன் பண்புகள் ஆராயப்பட்டன. (3-8) இம்முறைகளில், கூழ்ம கரைசல் முறையானது எளிய மற்றும் மிக தரமான உலோக ஆக்சைடு மீநுண் பொருட்களை தயாரிக்க பயன்படுகிறது. ஆனால் குறைந்த வெப்பநிலை கூழ்ம கரைசல் தொகுப்பு முறையில் மீநுண் பொருட்களானது அதிகப்படியான மேற்பரப்பு ஆற்றலினால் எளிதில் திரண்டுவிடுகிறது. இதனால் அதிகப்படியான துகள் எல்லைகள் உருவாகின்றது. இது மீநுண் பொருட்களின் மின்னியல் சிறப்பியல்புகளை பாதிக்கின்றது, பொதுவாக கரைசல் ஊடகத்தில் திரட்டுக்கள் மற்றும் வளர்கின்ற மீநுண் பொருள்களின் அளவை கட்டுப்படுத்தவும் கரிம பொருள்காப்புரை ஊக்கிகளாக பயன்படுத்தப்படுகிறது.

Zn<sub>1-x</sub> Mg<sub>x</sub>O மீநுண்துகள்கள் குறைந்த வெப்பநிலை கரைசல் கூழ்ம கரைசல் முறையில்

தயாரிக்கும் ஆய்வுகளானது அரிதாக வெளியிடப்பட்டுள்ளது.(17-20) மேலும் பல்வேறு காப்புரை ஊக்கிகளின் விளைவானது முழுவதும் ஆய்வு செய்யப்படவில்லை.

இந்த ஆய்வில் வெவ்வேறு காப்புரை ஊக்கிகளை பயன்படுத்தி Zn<sub>1-x</sub> Mg<sub>x</sub>O மீநுண் படிகங்களின் அளவு மற்றும் உருவியலை கட்டுப்படுத்தும் முயற்சி செய்யப்பட்டுள்ளது.

மேலும் காப்புரை ஊக்கிகளின் செறிவின் விளைவுகள் ஆராயப்பட்டுள்ளது. Zn<sub>1-x</sub> Mg<sub>x</sub>O-ன் அளவு மற்றும் உருவியல்கள் நன்றாக கட்டுப்படுத்தப்பட்டு காப்புரை கவரும் நுட்பம் விவாதிக்கப்பட்டுள்ளது.

### சோதனை

கூழ்ம கரைசல் முறையில் Zn<sub>1-x</sub> Mg<sub>x</sub>O (x=0.05,0.15,0.1) மீநுண் படிகங்கள் தொகுக்கப்பட்டது. ஜிங்க் அசிடேட், மெக்னீசியம் அசிடேட் மற்றும் சோடியம் னஹராக்கைடு (NaOH) ஆகியவை ஆலிச்சில் வாங்கப்பட்டு மூலப்பொருள்களாக பயன்படுத்தப்பட்டது.

இரண்டு வெவ்வேறு காப்புரை ஊக்கிகளாக TEA மற்றும் TEABr ஆகியவை மீநுண் படிகங்களின் திரட்டை கட்டுப்படுத்த பயன்படுத்தப்பட்டது. உரிய அளவு ஜிங்க் அசிடேட் மற்றும் மெக்னீசியம் அசிடேட் எடையிட்டு அயனிநீக்கப்பட்ட நீரில் கலக்கும் நிலையில் சேர்க்கப்பட்டது. மேலும் 0.3M NaOH கரைசலும் சேர்க்கப்பட்டது. அதன் பிறகு 0.2M TEA மூலப்பொருள் கரைசலில் வெள்ளைவீழ் படிதல் உருவாகுவதற்கு முன்பே மீநுண் படிகங்களின் அளவை கட்டுப்படுத்த சேர்க்கப்பட்டது. மேலும் அடுத்த 5 மணி நேரத்துக்கு கலக்கும் நிலை தொடரப்பட்டது. இதே முறையில் 0.2M TEA Br காப்புரை ஊக்கி சேர்த்து Zn<sub>1-x</sub> Mg<sub>x</sub>O (x=0.05,0.15,0.1) மீநுண் படிகங்கள் தொகுக்கப்பட்டது. காப்புரை ஊக்கிகளின் செறிவின் விளைவை ஆராய மூலப்பொருள் கரைசலில் முன்று வெவ்வேறு செறிவுகளில் (0.1,0.2, மற்றும் 0.5M) TEA சேர்த்து Zn<sub>1-x</sub> Mg<sub>x</sub>O (x=0.05,0.15,0.1) மீநுண் படிகங்கள்

தொகுக்கப்பட்டது. இந்த ஆய்வில் x-ன் மதிப்பு மூலப்பொருள் கரைசலில் மெக்னீசியம் அசிட்டேட்டின் தொடக்க மோல் சதவீகிதத்தை குறிக்கிறது. கரைசலில் இருந்து வீழ்படிவு மையவிலக்கு முறையில் சேகரிக்கப்பட்டு எத்தனாலில் நன்கு சுத்தம் செய்யப்பட்டு 70°C ல் கலவை உலர வைக்கப்பட்டது. உடனே தொகுத்த பொருளானது 150°C ல் இரண்டு மணி நேரம் பதனாற்றப்பட்டது.

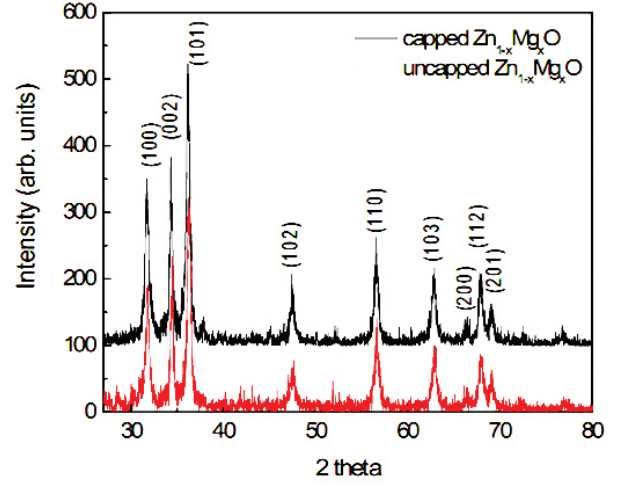
இந்த ஆய்வுகளில் இருந்து சேகரிக்கப்பட்ட மாதிரிகள் XRD, FESEM, TEM மற்றும் ஒளி உஞ்சுக நிறமாலை ஆய்வுகளுக்கு உட்படுத்தப்பட்டது. பொருள்களின் XRD Rigaku (RINT-2000) x-கதிர் விளிம்பு விளைவு மானி மூலம் பதிவுசெய்யப்பட்டது.  $Zn_{1-x}Mg_xO$  ன் மேற் புற உருவமைப்பு (JSM-2100k) FESEM மற்றும் TEM மூலம் ஆராயப்பட்டது. UV 3100 PL இரட்டை கற்றை புற ஊதா-கண்ணுரு ஒளி நிறமாலைமானி மூலம் (UV-Vis) ஆய்வுகள் செய்யப்பட்டது.

### 3.0 முடிவுகள் மற்றும் விவாதங்கள்

#### 3.1 கட்டமைப்பு பகுப்பாய்வு

படம்-1ல் காப்புறை அற்ற மற்றும் 0.2M TEA காப்புறையுடைய  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் பொருள்களின் XRD காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. இரண்டு பொருள்களின் XRD உருப்படிங்களும் தூய ZnO-யை ஒத்தே காணப்படுகிறது (16, 21). மேலும் மீநுண் படிகமானது ZnO-ன் அறுங்கோண உற்சைட் கட்டமைப்புடன் ஒத்துப்போகிறது. மேலும் அனைத்து விளிம்பு விளைவு உச்சிகளும் சுட்டி காண்பிக்கப்பட்டு அவை JCPDS படிகர மதிப்புடன் நன்றாக பொருத்துவது உறுதி செய்யப்பட்டது. ZnO படிகத்தில் Zn அயனிகளுக்கு மாற்றாக Mg அயனிகள் பதிலீடு செய்யப்பட்டு இருப்பது வேறு உச்சிகள் இல்லாமல் இருப்பதில் இருந்து உறுதி செய்யப்பட்டது. மேலும் Mg ( $x \leq 0.1$ ) -ன் அளவு முற்றிலும் குறைந்த அளவானதால் Mg-ன் திட கரைதிறன் எல்லைக்குட்பட்டிருப்பதால் MgO ஆனது இந்த பொருளில் காணப்படவில்லை.

மேலும் மீநுண் படிகங்களின் படிக தரத்தை கூரிய மற்றும் அதிக செறிவு விளிம்பு உச்சிகள் எடுத்துக்காட்டுகின்றது. (22-24) ஷரர் சமன்பாட்டை பயன்படுத்தி XRD-களிலிருந்து மீநுண் படிகங்களின் துகள் அளவு காப்பீற்ற பொருள்களுக்கு 45 nm ஆகவும் 0.2 M TEA காப்பீட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  க்கு 38 nm ஆகவும் கணக்கிடப்பட்டது.



படம் 1: காப்புறை அற்ற மற்றும் 0.2m TEA காப்புறையுடைய  $Zn_{1-x}Mg_xO$ -ன் XRD

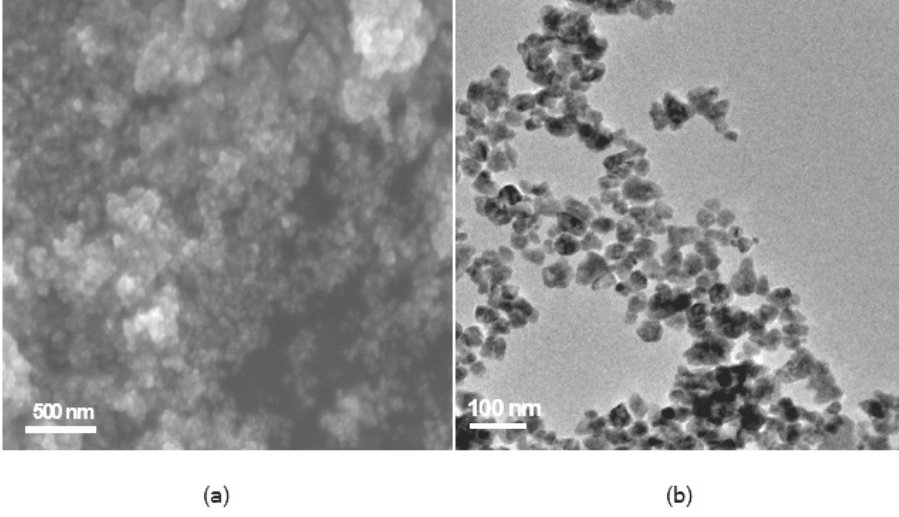
#### 3.2 உருவியல் ஆய்வுகள்

படம் 2a மற்றும் b 0.2M TEA காப்பீட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  ( $x=0.1$ ) மீநுண் படிகங்களின் FESEM மற்றும் TEM படங்களை காண்பிக்கின்றது. FESEM படத்திலிருந்து தொகுக்கப்பட்ட பொருட்கள் முக்கோண வடிவிலும் ஒரே சீரான அளவையும் கொண்டுள்ளது கண்டறியப்பட்டுள்ளது (21). TEM படத்தை [2b] உற்றுநோக்கும் பொழுது துகள்களின் உருவியல் மற்றும் அளவுகள் தெளிவாகிறது. மேலும் பொருள்களில் உள்ள துகள்களின் அளவு சுமார் 40 nm ஆகவும் திரட்டு இல்லாமலும் காணப்படுகிறது. TEA ஆனது  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்களின் திரட்டை திறம்பட குறைத்திருப்பது முடிவுகளிருந்து தெளிவாகிறது.

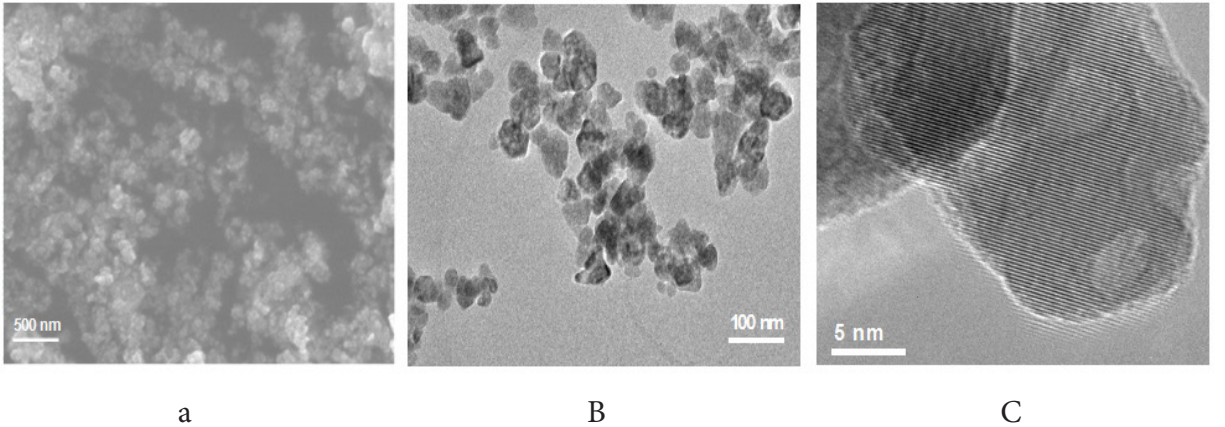
படம் 3a ல் 0.2 M TEABr காப்புறையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  ( $x=0.1$ ) மீநுண் படிகங்களின்

FESEM படம் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. படம் 3a-ல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது போல் மீநுண் படிசங்கள் சீரான அளவையும் மாறுபட்ட முக்கோணம் போன்ற உருவமைப்புடையதாகவும் இருக்கிறது [21]. படங்கள் 3b மற்றும் c ஆகியவை TEABr காப்புறையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிசங்களின் TEM மற்றும் HRTEM படங்களை காண்பிக்கிறது. TEM படங்களிலிருந்து மீநுண் படிசங்கள் மாறுபட்ட உருவியலுடன் சுமார் 40–50 nm அளவுடன் உள்ளது தெளிவாகிறது. மேலும் HRTEM உருவங்களிலிருந்து பொருளானது

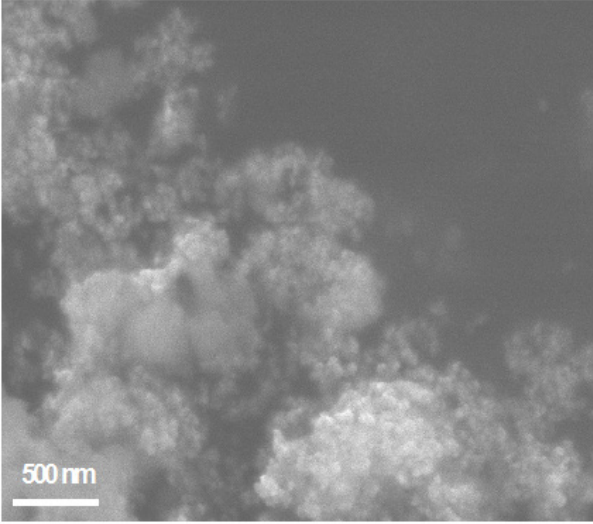
அதிக படிச தன்மையுடையது என்பது படிச வரிகளில் இருந்து தெளிவாக தெரிகின்றது. இதிலிருந்து TEA மற்றும் TEABr காப்புறையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  படிசங்கள் முக்கோண உருவியல் மற்றும் மாறுபட்ட முக்கோண வடிவில் உள்ளது தெளிவாகிறது. ஒரே மாதிரியான உருவியலை கொண்டிருப்பதற்கு TEA மற்றும் TEA Br ன் ஒத்த மூலக்கூறு கட்டமைப்பும்  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிசங்களின் வளர்ச்சியின் பொழுது ஒரே மாதிரியான வேதி வினை கொண்டிருப்பதன் காரணமாகவும் இருக்கலாம்.



படம் 2: 0.2M TEA காப்புறையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிசங்களின் (a) FESEM மற்றும் (b) TEM படங்கள்



படம் 3: 0.2 M TEABr காப்புறையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிசங்களின் (a) FESEM (b) TEM and (c) HR-TEM படங்கள்

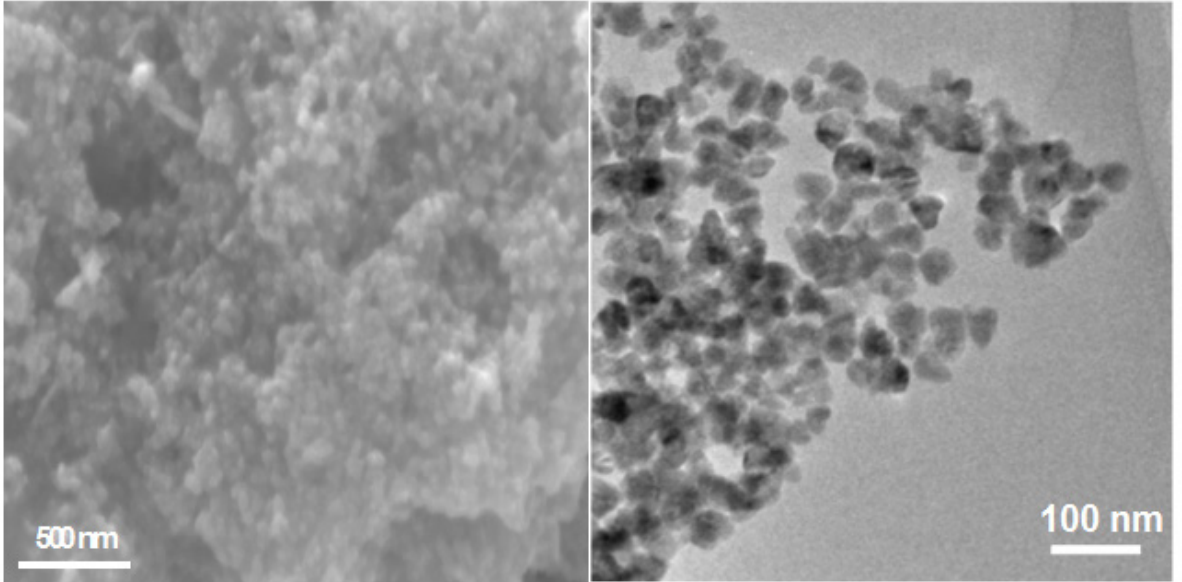


படம் 4: 0.1 M TEA காப்புறையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்களின் FESEM படம்.

படம் 4 0.1 M TEA காப்புறையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்களின் FESEM படமாகும். மீநுண் பொருட்கள் பகுதி திரண்டும் பகுதி ஒரே சீராகவும் இருப்பது படத்திலிருந்து தெரிகிறது. படம் 5 a மற்றும் 5 b 0.5 M TEA காப்புறையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்களின் FESEM

மற்றும் TEM படங்களை காண்பிக்கின்றது. படத்திலிருந்து 0.1 M TEA என்பது  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்களுக்கு உரையிட போதுமானதாக இல்லை. மேலும் பகுதி மீநுண் படிகங்கள் அதிகமாக திரண்டு இருப்பதும் தெரியவருகிறது. 0.5 M TEA சேர்த்த பொருட்களில் மீநுண் படிகங்கள் முழுவதுமாக திரண்டுவிடாமல் இருப்பதற்கு FESEM மற்றும் TEM படங்கள் (5a, b) சான்றாகிறது. மேலும் 0.5 M TEA சேர்த்த  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்கள் 0.2 M சேர்த்த  $Zn_{1-x}Mg_xO$  ஒத்த உருவியலையும் கொண்டுள்ளது.

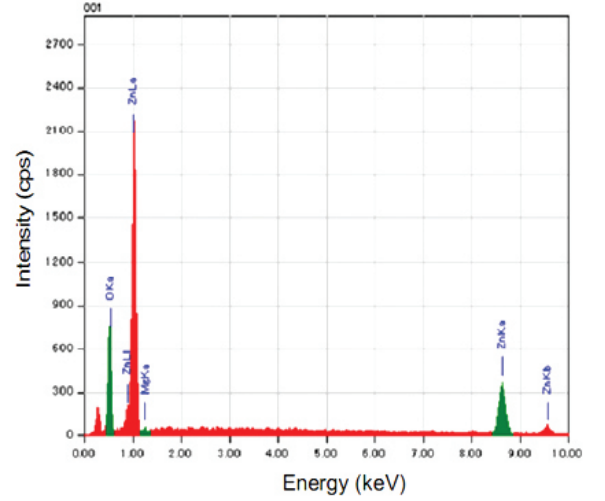
எனவே மீநுண் படிகங்களை முழுமையாக காப்புறையிட குறிப்பிட்ட அளவு காப்புரை தேவைப் படுகிறது. இல்லை என்றால் பகுதியளவு பொருளானது திரண்டுவருவது உறுதியாகிறது. மேலும், அளவுக்கு அதிகமாக சேர்க்கப்பட்ட காப்புரை ஊக்கிகள் மீநுண் பொருட்களின் அளவு மற்றும் உருவியலை அதிகம் பாதிக்காது அல்லது கட்டுப்படுத்தாது. [23] வெவ்வேறு காப்புரை ஊக்கிகளின் குறைந்தபட்ச அளவானது மாறும் என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.



படம் 5: (a) FESEM மற்றும் (b) TEM 0.5 M TEA காப்புறையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்களை காட்டுகிறது.

### 3.3 கலவை விகித பகுப்பாய்வு

EDX பகுப்பாய்வு, Mg, Zn, O யை உள்ளடக்கி  $Zn_{1-x}Mg_xO$  உருவானதை உறுதிசெய்கிறது. படம் 6 0.2 M TEA காப்புறையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்களின் EDX நிறமாலை பதிவாகும். 8.63 KeV ல் உள்ள உச்சி மற்றும் 1KeV உள்ள உச்சி Zn K $\alpha$  கதிரியக்கங்களால் ஆனது ஆகும். 0.5KeV ல் உள்ள உச்சி மீநுண் பொருளில் O உள்ளதை உறுதி செய்கிறது. மேலும் 1.25 KeV ல் உள்ள குறைந்த உச்சி Mg ஆனது  $Zn_{1-x}Mg_xO$  ல் உள்ளதை உறுதி செய்கிறது. 0.6 KeV ல் உள்ள உச்சி கார்பனுக்கானது. கார்பன் பசை பொருள்களை EDX உபகாரணத்தில் பொறுத்த பயன்படுத்தப்பட்டது. வேறு எந்த உச்சிகளும் நிறமாலையில் இல்லாமல் இருப்பது தொகுத்த பொருளின் தூய்மையை காட்டுகிறது. மேலும்  $Zn_{1-x}Mg_xO$  கூட்டானது அட்டவணை 1ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 6: 0.2 M TEA காப்புறையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்களின் EDX நிறமாலை

### அட்டவணை 1



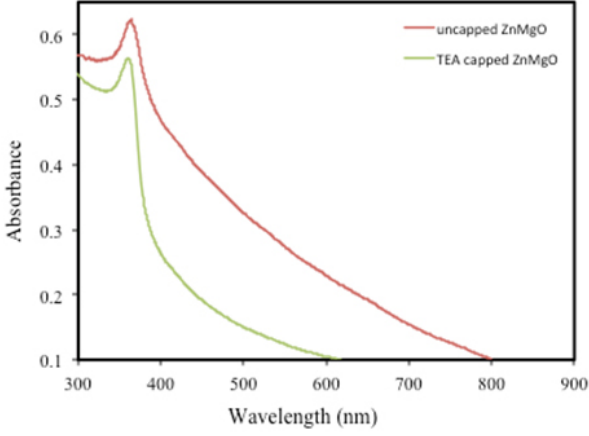
தனிமங்கள் (keV)	உச்ச நிலை	எடை சதவிகிதம்	அணு சதவிகிதம்
O K $\alpha$	0.53	13.33	37.92
Mg K $\alpha$	1.25	1.47	2.74
Zn K $\alpha$	8.63	85.2	59.33

### 3.4 UV-Vis உறிஞ்சுதல் நிறமாலை ஆய்வுகள்

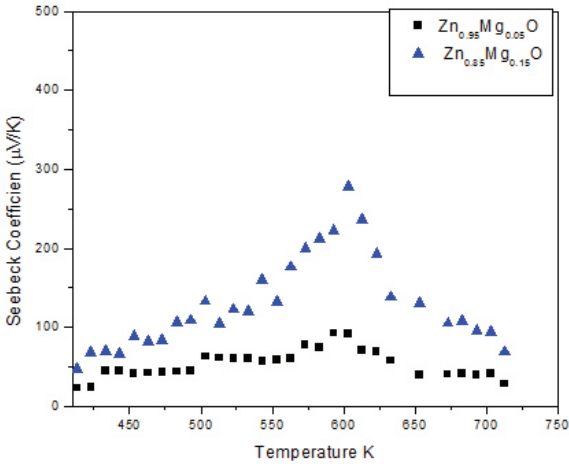
$Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்களின் ஒளிப் பண்புகள் UV-Vis உறிஞ்சுதல் ஆய்வின் மூலம் பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டது. படம் 7, காப்புறையற்ற மற்றும் 0.2 M TEA காப்புறையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்களின் ஒளி உறிஞ்சு நிறமாலையை காட்டுகிறது. பரும  $ZnO$ -ன்

முறிவு அலைநீளம் 380 nm ல் நோக்கப்பட்டு 3.37 eV பட்டை அகலத்திற்கு ஒத்திருக்கின்றது. இந்த ஆய்வில் காப்புறையற்ற  $Zn_{1-x}Mg_xO$  யின் உச்சி 359nm லும் அதே சமயம் TEA காப்புறையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  ஆனது நீல இடப்பெயர்ச்சி அடைந்து காணப்படுகிறது.  $ZnO$  படிகத்தில் Mg உள்ளடக்கப்பட்டதால் பட்டை

அகலம் விரிவடைந்து  $Zn_{1-x}Mg_xO$  உலோக கலவையாக்கப்படுவது உறுதிசெய்யப்படுகிறது. மேலும் TEA காப்புறையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  -ன் நீல இடப்பெயர்ச்சியானது மீநுண் படிகங்களின் விளிம்பு தொடர்பான குவாண்டம் வரையறுக்கப்பட்ட விளைவை காட்டுகிறது.



படம்7: காப்புரையற்ற மற்றும் 0.2 M TEA காப்புரையிட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்களின் ஒளி உறிஞ்சு நிறமாலை.



படம்7:  $Zn_{1-x}Mg_xO$  மீநுண் படிகங்களின் சீபக் குணகத்தின் வெப்பநிலையை பொறுத்த மாறுபாடுகள்.

படம் 8 தயாரிக்கப்பட்ட  $Zn_{1-x}Mg_xO$  ( $X=0.05,0.15$ ) மீநுண் படிகத்தின் சீபக் குணகத்தின் வெப்பநிலையை பொறுத்து மாறுதலை காண்பிக்கிறது. இரு வேறு பொருள்களிலும் சீபக் குணகமானது வெப்பநிலையை பொறுத்து அதிகரிக்கின்றது. மேலும் ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையை தாண்டும் பொழுது சீபக் குணகம் குறைகிறது. Mg-ன் அளவு  $Zn_{1-x}Mg_xO$  -இல் அதிகரிக்கும் பொழுது சீபக் குணகமானது அதிகரிக்கிறது. அதிக வெப்பநிலையில் கடத்திகள் சிதறல்கள் அதிகரிப்பதால் சீபக் குணகம் குறைகிறது.

#### 4. முடிவுரை

$Zn_{1-x}Mg_xO$  ( $x=0.05,0.15$ ) மீநுண் படிகங்கள் குறைந்த வெப்பநிலை கூழ்ம கரைசல் முறையில் தொகுக்கப்பட்டது. இரண்டு வெவ்வேறு காப்புரைகளின்  $Zn_{1-x}Mg_xO$ -ன் அளவு மற்றும் உருவியலில் தாக்கம் ஆராயப்பட்டது. பொருளின் கட்டமைப்பு பண்புகள் XRD விளிம்பு விளைவு பகுப்பாய்வின் மூலம் ஆராயப்பட்டது. தயாரிக்கப்பட்ட பொருள்கள் ZnO-ன் அறுங்கோண உற்சைட் கட்டமைப்பை ஒத்திருப்பது கண்டறியப்பட்டது. FESEM மற்றும் TEM பகுப்பாய்வுகள் தொகுக்கப்பட்ட பொருளின் உருவியலை உறுதிசெய்கிறது. TEA மற்றும் TEABr காப்புறையிட்ட பொருட்கள் ஒரே மாதிரியான உருவமைப்பை கொண்டுள்ளது கண்டறியப்பட்டது. பொருள்களின் ஒளிப் பண்புகள் UV-Vis உறிஞ்சுதல் நிறமாலைமானி மூலம் ஆராயப்பட்டது.  $Zn_{1-x}Mg_xO$ -ன் வெப்பமின் பண்புகள் வெவ்வேறு வெப்பநிலையில் அளவிடப்பட்டன சீபக் குணகமானது Mg-இன் அளவைப் பொறுத்து அதிகரிக்கிறது.

## மேற்கோள்கள்

1. R. Schmidt, B. Rheinländer, M. Schubert, D. Spemann, T. Butz, J. Lenzner, E.M.
2. Kaidashev, M. Lorenz, A. Rahm, H.C. Semmelhack, M. Grundmann, Appl. Phys. Lett. 82, 2260 (2003).
3. T. Makino, C.H. Chia, N.T. Tuan, H.D. Sun, Y. Segawa, M. Kawasaki, A. Ohtomo, K. Tamura, H. Koinuma, Appl. Phys. Lett. 77 (2000) 975.
4. B.P. Zhang, N.T. Binh, K.Wakatsuki, C.Y. Liu, Y. Segawa, N. Usami, Appl. Phys. Lett. 86 (2005) 032105.
5. J.P. Kar, M.C. Jeong, W.K. Lee, J.M. Myoung, Mater. Sci. Eng. B 147 (2008) 74.
6. W. Liu, S. Gu, S. Zhu, J. Ye, F. Qin, S. Liu, X. Zhou, L. Hu, R. Zhang, Y. Shi, Y. Zheng, J.Cryst. Growth 277 (2005) 416.
7. D.K. Hwang, M.C. Jeong, J.M. Myoung, Appl. Surf. Sci. 225 (2004) 217.
8. R. Kling, C. Kirchner, Th. Gruber, F. Reuss, A. Waag, Nanotechnology 15 (2004)1043.
9. W.I. Park, S.J. An, J.L. Yang, G.C. Yi, S. Hong, T. Joo, M. Kim, J. Phys. Chem. B 108(2004) 15457.
10. A.L. Yang, H.Y. Wei, X.L. Liu, H.P. Song, G.L. Zheng, Y. Guo, C.M. Jiao, S.Y. Yang, Q.S.Zhu, Z.G. Wang, J. Cryst. Growth 311 (2009) 278.
11. Y.J. Zeng, Z.Z. Ye, F. Liu, D.Y. Li, Y.F. Lu, W. Jeager, H.P. He, L.P. Zhu, J.Y. Huang, B.H.Zhao, Cryst. Growth Des. 8 (2008) 2917.
12. W.I. Park, J. Yoo, D.W. Kim, G.C. Yi, M. Kim, J. Phys. Chem. B 110 (2006) 1516.
13. J.R. Wang, Y.Z. Zhang, Z.Z. Ye, J.G. Lu, H.P. He, Y.J. Zeng, Q.B. Ma, J.Y. Huang, L.P. Zhu, Y.Z. Wu, Y.F. Yang, L. Goang, J. Appl. Phys. 104 (2008) 103507.

14. M. Lorenz, E.M. Kaidashev, A. Rahm, Th. Nobis, J. Lenzner, G. Wagner, D. Spemann, H. Hochmuth, M. Grundmann, Appl. Phys. Lett. 86 (2005) 143113.
15. T. Gruber, C. Kirchner, R. Kling, F. Reuss, A. Waag, Appl. Phys. Lett. 84 (2004) 5359.
16. K. Ramamoorthy, M. Arivanandhan, K. Sankaranarayanan, C. Sanjeeviraja, Mat. Chem. and Phys., 85 (2004) 257.
17. H. Y. Yang, S. F. Yu, S. P. Lau, J. Cryst. Growth 312 (2009) 16.
18. Young Yi Kim, Bo Hyun Kong, Mi Kyung Choi, Hyung Koun Cho, Materials Science and Engineering B 165 (2009) 80-84.
19. M. Ghosh, and A.K. Raychaudhuri, J. Appl. Phys., 100 (2006) 034315.
20. L. Xu, J. Su, Y. Chen, G. Zheng, S. Pei, T. Sun, J. Wang, M. Lai, J. Alloy. Comp. 548 (2013) 7-12.
21. P. Chandrasekaran, P. Anandan, N. Srinivasan, Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 116 (2013) 311-316.
22. M. Navaneethan, J. Archana, M. Arivanandhan, Y. Hayakawa, Phys. Status Solidi RRL 6 (2012) 120.
23. P. Chandrasekaran, G. Viruthagiri, N. Srinivasan, J. Alloys Compd. 540 (2012) 89-93.
24. Sumetha Suwanboon, Pongsaton Amornpitoksukb, Phuwadol Bangrakc, Nantakan Muensit, Ceramics International 39 (2013) 5597-5608.

# கிளைசின் காட்மியம் சல்பேட் ஒற்றை படிகம்: ஒளி மற்றும் மின் பண்புகளின் பகுப்பாய்வு

கல்யாண சுந்தர் ஜெயபெருமாள், சசிகலா வடிவேல்

பொருளறிவியல் ஆய்வகம், இயற்பியல் துறை, பெரியார் பல்கலைக்கழகம், சேலம் – 636 011.

தொடர்புக்கான மின்னஞ்சல்: jksundar50@gmail.com

## ஆய்வுச்சுருக்கம்:

கிளைசின் காட்மியம் சல்பேட் (GCdS) கனிம-கரிம ஒற்றை படிகமானது இயற்கையான மெதுவாக ஆவியாதல் முறை மூலம் நாற்பது நாட்களில் வளர்க்கப்பட்டது. துகள் விளிம்பு விளைவு பகுப்பாய்வு பயன்படுத்தி படிகத்தின் கட்டமைப்பு மற்றும் தூய்மை தன்மை அடையாளம் காணப்பட்டது. அகச் சிவப்பு நிறமாலை பகுப்பாய்வு மூலம் GCdS படிகத்தில் உள்ள பல்வேறு செயல்பாட்டு குழுக்களின் அதிர்வுகளின் அடையாளம் பதிவு செய்யப்பட்டது. புற ஊதா மற்றும் கண்ணுறு நிறமாலையில், கண்ணுறு நிறமாலை பகுதி முழுவதும் புலப்படும் வெளிப்படையான தன்மை கொண்டுள்ளது மற்றும் இப்படிகத்தின் பட்டை இடைவெளி ஆற்றல்  $E_g = 5.82 \text{ eV}$  என கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. மின்கடத்தா மாறிலி மற்றும் மின்கடத்தா இழப்பு ஆகியவையும் வளர்க்கப்பட்ட இந்தபடிகத்திற்கு அளவிடப்பட்டன.

## முக்கியச்சொற்கள் :

கிளைசின், அரை-கரிம படிகம், மின்கடத்தா மாறிலி, காட்மியம் சல்பேட்.

## 1. முன்னுரை

சமீபத்திய ஆண்டுகளில், கனிம-கரிம ஒற்றை படிக நேர்ச்சார்பிலா ஒளி பொருட்களின் மீதான ஆர்வம் அதிகமாகி உள்ளது, ஏனென்றால் கனிம-கரிம ஒற்றை படிக பொருட்கள், ஒளி மின் மற்றும் லேசர் தொழில்நுட்ப பகுதியில் [1-4] முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன. கரிம படிகங்களின் ஒளியியல் பண்புகளுடன் ஒப்பிடுகையில் கனிம படிகங்கள் மேலானவை, ஆனால் இந்த கனிம படிகங்கள், குறைந்த வெப்ப

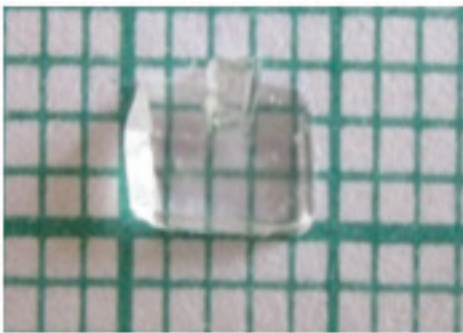
நிலைத்தன்மை, குறைந்த இயந்திர வலிமை போன்ற இடர்பாடுகளுக்கு இடமளிக்கின்றன. இச்சிக்கலைக் குறைப்பதற்கு கரிம மற்றும் கனிம பொருளின் கலவை கொண்ட படிகங்கள், மிகவும் சுவாரஸ்யமான ஒளியியல் மற்றும் இயந்திர வலிமை கொண்டுள்ளது. கார்பாக்சில் அமில தொகுதி (புரோட்டான் வழங்கி) மற்றும் அமினோ தொகுதி (புரோட்டான் ஏற்பி) ஆகியவற்றைக் கொண்டிருப்பதால் அமினோ அமிலங்கள், விரும்பத்தகுந்த ஒளியியல்

தன்மை கொண்ட பொருட்கள் ஆகும். அமினோ அமிலங்களில் ஒன்றான கிளைசின் கனிம உலோகங்களுடன் இணைந்து புதிய படிக்கத்தை உருவாக்கும் சிறந்த தன்மை கொண்டு உள்ளது.

இதற்கு எடுத்துக்காட்டாக, சமீபத்தில், நிக்கல் சல்பேட், வெள்ளி நைட்ரேட், துத்தநாகம் சல்பேட் போன்ற உலோகங்கள் கிளைசினுடன் இணைத்து பல புதிய நேர்ச்சார்பிலா ஒளி படிக்கங்கள் [5, 6, 7] உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. தற்போதைய இந்த ஆய்வுக் கட்டுரையில், கிளைசின் காட்மியம் சல்பேட் ஒற்றை படிக்கத்தின் தன்மைகள் பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டதுள்ளது

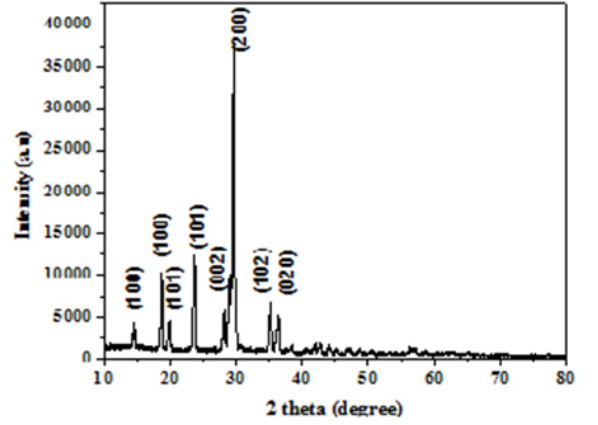
## 2. படிக்கங்களின் செய்முறை

கிளைசின் மற்றும் காட்மியம் சல்பேட் ஆகியவற்றை 3: 1 என்ற மூலக்கூறு விகிதத்தில் எடுத்து, 10 மில்லி லிட்டர் காய்ச்சி வடிக்கடிய நீரில் கலந்து கரைசல் உருவாக்கப்பட்டது. இந்த கரைசல் வடிக்கடி காகிதத்தை பயன்படுத்தி வடிக்கட்டப்பட்டது. பின்னர், தயாரிக்கப்பட்ட கரைசல் ஒரு சுத்தமான கண்ணாடி தட்டுக்கு ஊற்றப்பட்டு, மெதுவாக ஆவியாதல் முறையை பயன்படுத்தி ஒரு அமைதியான இடத்தில் அறை வெப்பநிலையில் படிக்கமயமாக்கலுக்காக வைக்கப்பட்டது. கிளைசின் காட்மியம் சல்பேட் புதிய படிக்கங்கள் 40 நாட்களுக்குப் பிறகு பெறப்பட்டன. வளர்க்கப்பட்ட படிக்கங்கள் இயற்கையில் வெளிப்படையான ஒளிப்பண்பு கொண்டவை. வளர்க்கப்பட்ட படிக்கத்தின் படம் 1 ல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 1. GCdS படிக்கம்

## 3.1 துகள் விளிம்பு விளைவு பகுப்பாய்வு



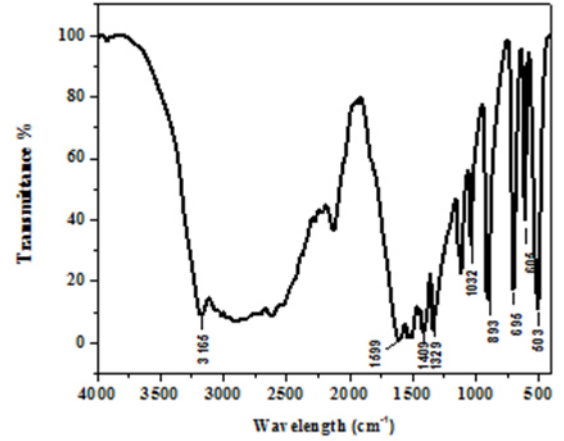
படம் 2. GCdSயின் துகள் விளிம்பு விளைவு பகுப்பாய்வு

GCdS படிக்க மாதிரி தூளாக்கப்பட்டு, துகள் விளிம்பு விளைவு பகுப்பாய்வுக்கு உட்படுத்தப்பட்டது. ரிகாகு மினிஃப்ளக்ஸ் II எக்ஸ்-ரே நிறமாலையானி,  $\text{CuK}\alpha$  ( $\lambda = 1.54059 \text{ \AA}$ ) கதிர்வீச்சுடன்  $10^\circ$  முதல்  $90^\circ$  கோணத்தில் (கதிர்வீச்சு வேகம் =  $5 / \text{நிமிடம்}$ ) படிக்கத்தை பகுப்பாய்வு செய்தது. இந்த பகுப்பாய்வு படம் 2 ல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. கூர்மையான மற்றும் குறுகிய விளிம்பு விளைவு, வளர்ந்துள்ள மாதிரி நல்ல படிக்கத் தன்மை கொண்டுள்ளது உறுதிப்படுத்துகிறது. GCdS விளிம்பு விளைவு பகுப்பாய்வு மாதிரியானது, கிளைசின் [JCPDS No.06-0230] மற்றும் காட்மியம் சல்பேட் (JCPDS No.20-0830) ஆகியவற்றின் கூட்டுப்பண்புகளைக் கொண்டுள்ளது எனக் ஒப்புமை மூலம் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இதன் மூலம் கிளைசின் காட்மியம் சல்பேட் ஒற்றை படிக்க உருவாக்கம் உறுதி செய்யப்படுகிறது.

## 3. அகச் சிவப்பு நிறமாலை பகுப்பாய்வு

அகச் சிவப்பு நிறமாலை பகுப்பாய்வு புருகர் டென்சார் 27 கருவி கொண்டு அலை எண்கள் 400–4000 செ.மீ வரை பதியப்பட்டது. பதிவு செய்யப்பட்ட நிறமாலை படம் 3 ல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது மேலும் அதன் அலை

எண்களுக்கு ஏற்ற தொகுதி இயக்கங்கள் அட்டவணை 1 ல் பட்டியல் இடப்பட்டுள்ளது. நீர் மூலக்கூறின் O-H இணைப்பு நீட்டிப்பதன் காரணமாக 3482 செ.மீ<sup>-1</sup> மற்றும் 3165 செ.மீ<sup>-1</sup> ஆகிய இடங்களில் நிறமாலையில் அகன்ற பள்ளம் ஏற்பட்டுள்ளது. 1599 செ.மீ<sup>-1</sup> ஏற்றப்பட்ட பள்ளம் COO- ஒழுங்கற்ற பக்க அசைவுக்கு தொடர்புடையது. 1409 மற்றும் 893 செ.மீ<sup>-1</sup> ல் ஏற்பட்ட பள்ளம் C-H நீட்சி காரணமாக உருவாகியுள்ளது. 1329, 1032, 893 செ.மீ<sup>-1</sup> ஆகிய இடங்களில் உள்ள பள்ளங்கள் முறையே, COO- நீட்சி, C-N நீட்சி, C-H நீட்சியால் ஏற்பட்டவை. CH நீட்சி, SO<sub>4</sub> நீட்சி காரணமாக 605, 503 செ.மீ<sup>-1</sup> ஆகிய இடங்களில் பள்ளங்கள் ஏற்பட்டன. மேற்கூறிய அகச் சிவப்பு நிறமாலை பகுப்பாய்வில் இருந்து கூட்டுப்படி உருவாக்கம் உறுதிச் செய்யப்பட்டது.



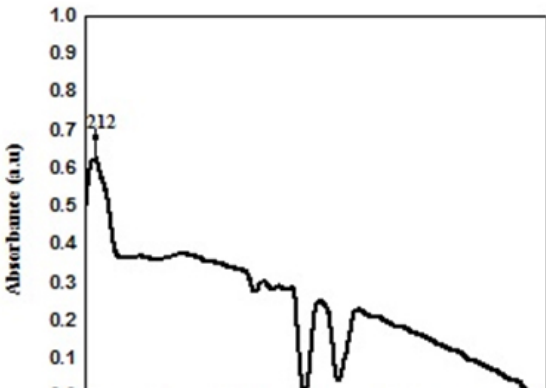
படம் 3. GCdS யின் அக சிவப்பு நிறமாலை

அட்டவணை 1 அலை எண்களுக்கு ஏற்ற GCds -ன் இயக்கங்கள்

அலை எண்கள் (செ.மீ <sup>-1</sup> )	தொகுதிகளின் இயக்கங்கள்
3165	O-H நீட்சி
1599	COO <sup>-</sup> ஒழுங்கற்ற பக்க அசைவு
1409	C-H நீட்சி
1329	COO <sup>-</sup> நீட்சி
1032	C-N நீட்சி
893	C-H நீட்சி
695	COO <sup>-</sup> வளைவு
605	CH நீட்சி
503	SO <sub>4</sub> நீட்சி

## புற ஊதா மற்றும் கண்ணுறு நிறமாலை பகுப்பாய்வு

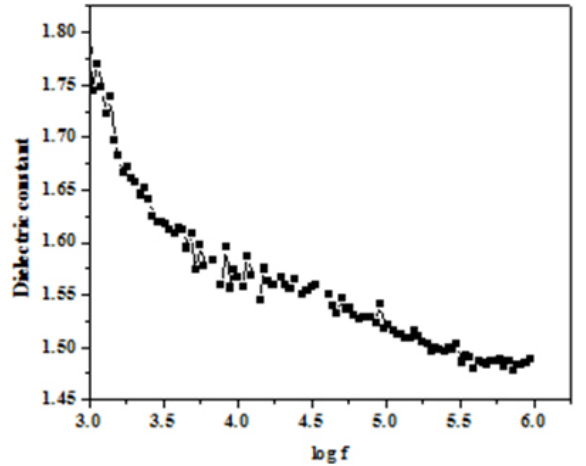
GCdS ஒற்றை படிகத்தின் ஒளி உறிஞ்சுதல் நிறமாலை பெர்கின்எல்மர் ஜி.எக்ஸ் நிறமாலைமானியில் பதிவு செய்யப்பட்டது. புதிய கனிம-கரிம ஒற்றை படிகத்தின் புற ஊதா மற்றும் கண்ணுறு நிறமாலை பகுப்பாய்வு படம் 4 இல் காட்டப்பட்டது. வளர்க்கப்பட்ட படிகத்தின் உள்வாங்கும் அலை நீளம் 200–220 நா.மீ அலை நீளம் வரம்பில் உள்ளது. எனவே இந்த பொருட்கள் ஒளியியல் நேர்சார்பிலா (NLO) பயன்பாடுகளுக்கு பயன்படுத்தப்படலாம். கிளைசின் காட்மியம் சல்பைட் படிகத்தின் உள்வாங்கும் அலைநீளம் 218 nm ஆகும். இது  $n-\pi^*$  மாற்றத்தால் உருவானவை [8]. மேலும் புற ஊதா மற்றும் கண்ணுறு நிறமாலையில், கண்ணுறு நிறமாலை பகுதி முழுவதும் புலப்படும் வெளிப்படையான தன்மை கொண்டுள்ளது மற்றும் இப்படிகத்தின் பட்டை இடைவெளி ஆற்றல்  $E_g = 5.82 \text{ eV}$  என பிளாங்க்-ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாடு ( $E = hn$ ) [9] மூலம் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.



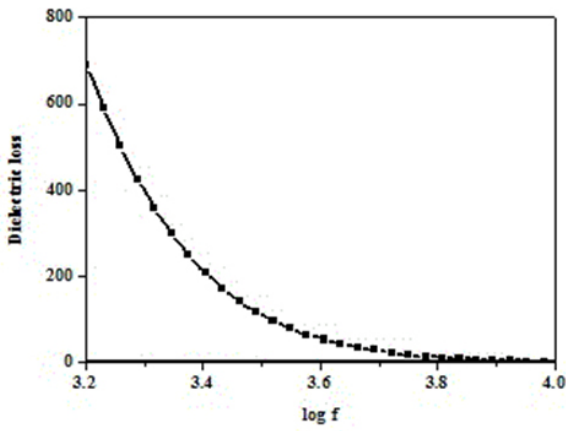
படம் 4. GCdSயின் புற ஊதா மற்றும் கண்ணுறு நிறமாலை

## 4.4 மின்கடத்தா ஆய்வுகள்

இப்படிகத்தின் மின்கடத்தா ஆய்வு ஃகுகி 3532–50 LCR ஹைடலைப் பயன்படுத்தி மேற்கொள்ளப்பட்டன. ஒரு கிலோஹெர்ட்ஸ் முதல் 20 மெகா ஹெர்ட்ஸ் வரை அதிர்வெண் மாறுபடுகளில் இப்படிகம் ஆய்வு செய்யப்பட்டது. மின்கடத்தா மாறிலி மற்றும் மின்கடத்தா இழப்பு ஆகியவற்றின் மாறுபாடு படம் 5, 6 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. கணக்கிடப்பட்ட மின்கடத்தா மாறிலி, மின்கடத்தா இழப்பு மதிப்புகள் அதிர்வெண் அதிகரிக்கும் போது குறைகிறது. அதிக அதிர்வெண்களில் மிக குறைந்த மின்கடத்தா மாறிலி மதிப்பு பெற்ற இப்பொருட்கள், ஒளிமின் சாதனங்களில் மிகவும் பயன்படலாம் என நம்பப்படுகிறது [10–12].



படம் 5. GCdS யின் அதிர்வெண்களுக்கு ஏற்ப மின்கடத்தா மாறிலியின் மாறுபாடு



படம் 6. GCdS யின் அதிர்வெண்களுக்கு ஏற்ப மின்கடத்தா இழப்பியின் மாறுபாடு

### தீர்மானம்

கிளைசின் காட்மியம் சல்பேட் (GCdS) கனிம-கரிம ஒற்றை படிகமானது இயற்கையான

மெதுவாக ஆவியாதல் முறை மூலம் வெற்றிகரமாக வளர்க்கப்பட்டது. துகள் விளிம்பு விளைவு பகுப்பாய்வு பயன்படுத்தி படிகத்தின் கட்டமைப்பு தூய்மை தன்மை அடையாளம் காணப்பட்டது. FTIR நிறமாலை மூலம் GCdS உள்ள பல்வேறு செயல்பாட்டு குழுக்களின் அதிர்வுகள் அடையாளம் காணப்பட்டது. புற ஊதா மற்றும் கண்ணூறு நிறமாலையில், கண்ணூறு நிறமாலை பகுதி முழுவதும் புலப்படும் வெளிப்படையான தன்மை கொண்டுள்ளது மற்றும் இப்படிக்கத்தின் பட்டை இடைவெளி ஆற்றல்  $E_g = 5.82 \text{ eV}$  என கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. மின்கடத்தா மாறிலி, மின்கடத்தா இழப்பு ஆகியவையும் வளர்ந்த படிகத்திற்கு அளவிடப்பட்டன. மேற்கூறிய பண்புகளிலிருந்து இப்படிக்கமானது, ஒளிமின் கருவிகளைத் தயாரிப்பதற்கு பயன்படலாம் என உறுதிப்படுத்தப்படுகிறது.

### சான்றாதாரங்கள்:

1. லின் சிஎச், கபாஸ் என், கன்சிலியர் ஜே.பி. போப். (1998) ஜே. கிரிஸ்டல் க்ரோத் 191: 179–185
2. கிடாசவா எம், ஹிகிச்சி ஆர், தகாஹஷி (1994) எம், அப்ளப். பிசிக்ஸ். லெட். 64: 2477–2479
3. ஃபாரானா கயன், ஜிபான் போட்டர் (2011) ஜே. கிரிஸ்டலிமேசன் பிராசஸ் அண்ட் டெக்னாலஜி 1: 49–54
4. சீகோர் சி, பரிமளாவி ரே (2009) ஒளிமின் மற்றும் உயிர் மருத்துவ பொருட்கள் 1 (2): 215–225
5. நடராஜன், ராமன் மஹலட்சுமிப் (2015) பொருட்கள் ஆராய்ச்சி. 18 (3): 581–587
6. சுரேஷ் எஸ், ராமானந்த் ஏ எல் (2010) ஜே.மினெரல்ஸ் & மெட்லியல் கேரக்டரைசேஷன் & இன்ஜினியரிங், 9: 1071–1080
7. வில்லியம்சன் ஜி.கே., ஹால் எச் (1953) ஆக்டா மெட்டல். 1: 22
8. மைக்கேல் ஃப்ளெகா மற்றும் லாடிஸ்லாவ் பஹாதி (2004) ஆக்டா க்ரிஸ்ட் சி 60: 291–295
9. நாகமோட்டோ, இன்ஃப்ராட் மற்றும் ராமன் ஸ்பெக்ட்ரா ஆஃப் இன்ரார்கானிக் மற்றும் ஒருங்கிணைப்பு கலவைகள், விலே, நியூ யோர்க் (1978)
10. ஜான் ஆர். டயர், கரிம சேர்மங்கள் உறிஞ்சுதல் ஸ்பெக்ட்ரோஸ்கோபி பயன்பாடுகள், ப்ரிண்ட்ஸ் ஹால் ஆஃப் இந்தியா, புது தில்லி (1994)
11. கர்ட்ஸ் எஸ்.கே, மற்றும் பெர்ரி டி.டி (1968) ஜே அப்ஜெக்ட் இயற்பியல். 39 (8): 3798.
12. சிதம்பரம் வி, ஜெரோம் தாஸ் எஸ், அரியுடை நம்பி ஆர் மற்றும் கிருஷ்ணன் எஸ் (2012) சாலிட் ஸ்டாட் சைன்ஸ் 14: 216 – 218

# அதிகபட்சம் ஒளி ஆற்றல் மின்மாற்று திறன் கொண்ட CeO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> கலப்பு நேர்மின்வாயின் சாய தூண்டுதல் சூரிய மின்கலத்தின் செயல்பாடுகள்

மா.காரல் சின்ன<sup>1</sup>, மு.அறிவானந்தன்<sup>2</sup>, இராம. ஜெயவேல்<sup>2</sup>

<sup>1</sup> இயற்பியல் துறை, டாக்டர் அம்பேத்கார் அரசு கலைக்கல்லூரி, சென்னை - 600 039.

<sup>2</sup> மீநுண் அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப மையம், அண்ணா பல்கலைக்கழகம், சென்னை -600025.

## ஆய்வுச்சுருக்கம்:

சீரியம் ஆக்சைடு நானோ துகள்கள் எளிய சோனோகெமிக்கல் முறை மூலம் வெற்றிகரமாக தயாரிக்கப்பட்டது. சாய தூண்டுதல் சூரிய செல்களுக்கான ஒளிமாற்ற ஆற்றலை மேம்படுத்தும் முயற்சியில் (TiO<sub>2</sub>) டைட்டானியம் ஆக்சைடு உடன் சீரியம் ஆக்சைடு நானோ நுண்துகள்கள் பயன்படுத்தப்பட்டது. அவற்றின் ஒளிமின்னழுத்த செயல்திறன் (Photo Voltaic Performance) ஆய்வு செய்யப்பட்டது. ஒளி ஆற்றலை மின்சக்திக்கு மாற்ற, டைட்டானியம் ஆக்சைடுடன் சிறியது சீரியம் ஆக்சைடு கலப்பு செய்யப்பட்டு முயற்சி செய்யப்பட்டது. மின்சக்திகளில் மாற்றப்பட்ட மிக வேகமாக எலக்ட்ரான்களைத் தொடர்புபடுத்துவதன் மூலம் மிக குறுகிய சுற்றோட்டமானது (short circuit current) அவற்றின் மத்தியில் அளிவிடப்பட்டது. சீரியம் ஆக்சைடு குறிப்பிடத்தக்க (Redox) குறைக்கப்பட்ட ஆக்சைடு மற்றும் (Oxide) ஆக்ஸிஜன் சேமிப்பு திறன் காரணமாக நிலையான Ce<sup>3+</sup> + (4f<sup>1</sup>5d<sup>0</sup>) மற்றும் Ce<sup>4+</sup> + (4f<sup>1</sup>5d<sup>0</sup>) ஆக்சைடு ஆற்றல் உயர் நிலைகளில் உள்ளது. Ce<sup>4+/3+</sup> ஆற்றல் நிலைகளில் கடத்துகை குழுவில் சீரியம் ஆக்சைடு மாறுகிறது. குழுவில் இடைவெளி இல்லாத Ce-4f டிராப் நிலைகளில் மற்றும் Ce<sup>4+</sup>/Ce<sup>3+</sup> நிலைகளில் குறைக்கப்படுவதால் அதிவேக எலக்ட்ரான் கலப்பு நேர்மின்வாயின் கோட்டில் செலுத்தப்படும்போது, ஒளி ஆற்றலை மின்சக்திகளில் மாற்றப்பட்டு சீரியம் ஆக்சைடுகளில் செயல்திறனை வலுவாக பாதிக்கும். அதிக செரிமான சீரியம் ஆக்சைடு சிறப்பு மின்வேதியியல் பண்புக்கூறுகளுடன், இது மின்சார ஆற்றல் குறைக்கிறது. CeO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> கலப்பு நேர்மின்வாயின் செல்களின் தற்போதைய செயல்திறன் 17% CeO<sub>2</sub> | ஏற்றுவதன் மூலம் மேம்படுத்தப்பட்டுள்ளது. இவை அதிகபட்ச மின்சார ஆற்றலாக மாற்றுகிறது. (PCE=4.8%) டைட்டானியம் ஆக்சைடு நானோ நுண்துகள்கள் பயன்பாடுடன் ஒப்பிடுகையில், கலப்பு நேர்மின்வாயின் (CeO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>) மின்சக்தி ஆற்றல் (AM-1.5,100mW/cm<sup>2</sup>) மாற்றம் 17% ஆகும்.

## முக்கியச்சொற்கள் :

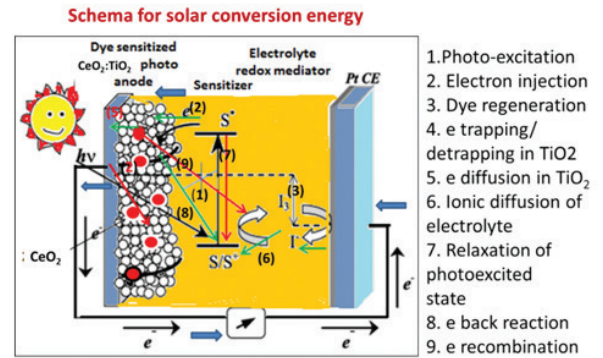
CeO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> சாய தூண்டுதல் சூரிய செல்கள், ஒளி மின்னோட்டம், மின்மாற்றுப்பு, எலக்ட்ரான் ஆயுட்காலம்.

# 1. அறிமுகம் :

உயர் மேற்பரப்பளவு, ஒளியியல் உறிஞ்சுதல் மற்றும் ஒளி ஆற்றல் மின்னாற்றலாக மாற்றுதலில், மீநுண்துளை கொண்ட பொருட்கள் மற்றும் மீநுண் உலக ஆக்சைடு படலங்கள், ஆகியவை ஒளி மின்னழுத்த (சூரிய மின்கலம்) சாதனங்களில் பரவலான ஆர்வத்தை ஈர்த்து வருகின்றன. வழக்கமான சாய ஒளிர்வு உறிஞ்சுதலுக்கான அதன் ரசாயன ஆற்றல் மாற்றத்திற்கு மீநுண்துளை டைட்டானியம் ஆக்சைடு (TiO<sub>2</sub>) அடிப்படையாக கொண்ட பொருட்களே பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஏனெனில் ஒளி எதிரொளி உணர்திறன் கொண்ட எலக்ட்ரான்கள் கடத்து பட்டைக்கு சாய மூலக்கூறுகள் மூலம் உட்செலுத்தப்படுகிறது<sup>1-5</sup>. சமீபத்தில் ரான்ட்ஜன் டைட்டானியம் ஆக்சைடு படலத்தை பயன்படுத்தி 12.3% சூரிய ஒளி மின்மாற்றுத்திறன் கொண்ட சூரிய மின்கலத்தை கணக்கிட்டார்<sup>4</sup>. இருப்பினும் சாய மூலக்கூறுகளிலிருந்து டைட்டானியம் ஆக்சைடு மீநுண்துகளுக்கு செலுத்தப்படும் எலக்ட்ரான்களின் விகிதம் அதிக மறு இணைப்பு விகிதத்திலும், குறைவான எலக்ட்ரான் ஓட்டம் கொண்டதாகவும் இருப்பதால் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு மின்மாற்றுத்திறனே பெறப்படுகிறது<sup>6-11</sup>. சாய தூண்டுதல் சூரிய மின்கல பயன்படுகிறல் எலக்ட்ரான்கள் கடத்தல் (மின்னோட்டம்) மற்றும் மின்சக்திகளுக்கள்ளாக பரிமாற்றத்தின் இயக்கவியல் முக்கிய செயல்பாடாகும்.<sup>12-14</sup> இக் கண்ணோட்டத்தில் பார்த்தால் ஒளி மின்மாற்றுத்திறன் சூரிய மின்கலத்தில், குறைகடத்திகள் மற்றும் சாயங்களின் பண்புகள் நேரடியான விளைவுக்கு உட்படுத்தப்பட்டு வருகிறது. கடந்த பத்தாண்டுகளில் டைட்டானியம் ஆக்சைடுடன் உலோக ஆக்சைடு அல்லது குறைகடத்தி மீநுண்பொருட்கள் தகுந்த விதத்தில் கலப்பதன் மூலம் அதன் ஒளிமின் மாற்றுத்திறன் வெகுவாக அதிகரிப்பதைக் காணலாம். குறிப்பாக, SnO<sub>2</sub>, ZnO<sup>15-16</sup> மற்றும் CeO<sub>2</sub><sup>17</sup> போன்ற பரந்த அளவிலான உலோக ஆக்சைடு குறைகடத்திகள் சாய உணர்வு சூரிய மின்கலத்தில் டைட்டானியம்

ஆக்சைடுடன் தகுந்த விகிதத்தில் கலப்பு ஒளி மின்தகடுகள் செய்து ஆராயப்பட்டுள்ளன. மேலும் SnO<sub>2</sub> உலோக ஆக்சைடு குறைகடத்தி தகுந்த மாற்று பொருளாக பயன்படுகிறது, ஏனெனில் அதிக ஆற்றல் பட்டை, இரசாயன நிலைத்தன்மை மற்றும் உயர் எலக்ட்ரான் இயக்க திறன் கொண்டுள்ளது.<sup>18-19</sup>

CeO<sub>2</sub> மீநுண்பொருளானது குறைகடத்திகளில் மிகவும் முக்கியமானதாக கருதப்படுகிறது. ஏனெனில் இதன் அதிக ஆற்றல் பட்டை, அதிக இயக்கம், இரண்டு நிலையான ஆக்சைடு Ce<sup>4+</sup>/Ce<sup>3+</sup> ஆற்றல் மட்டம், மூலக்கூறு மாறும் தன்மை (Redox) மற்றும் அதிக ஆக்ஸிஜன் சேமிப்பு திறன் கொண்டதால் எலக்ட்ரானின் இயக்கவியல் ஆற்றல் மற்றும் மின் ஆற்றல் மாற்றம் இரசாயன மின்சக்தி எதிர்வினையாக உணர்திறன் சூரிய மின்கலத்தின் ஒரு சுவாரஸ்யமான நிகழ்வாகும். எலக்ட்ரான் கடத்தல், எலக்ட்ரான் மறு இணைப்பு (Recombination) இரசாயன எதிர்விளைவு மற்றும் சூரிய சுழற்சி செயல்முறையின் மீளருவாக்கம் சூரிய சக்தி மூலம் மின் ஆற்றல் மாற்றத்தை விளக்க எளிய வரைபடம் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம்-1 சாய உணர்திறன் சூரிய மின்கலத்தின் செயல்பாடுகளை விளக்கும் எளிய வரைபடம்<sup>1</sup>.

CeO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> ஒளிபட்டையின் மூலம் சாய உணர்திறன் சூரிய மின்கலத்தின் செயல்பாடுகளை பார்ப்போம். முதலில் சூரிய ஒளியிலிருந்து ஒளி ஆற்றலை (Photon) சாய அணுக்கள்

(மூலக்கூறுகள்) உறிஞ்சி கிளர்ச்சியடைகிறது. இக்கிளர்ச்சியடைந்த எலக்ட்ரான்கள்  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  எதிர் மின்சுமைகொண்ட ஒளிபட்டை (Photo Anode)யில் உள் செலுத்தப்படுகிறது. எலக்ட்ரான் உட்செலுத்துவதன் மூலம் டைட்டானியம் ஆக்சைடு மீநுண்துகள்கள் தூண்டப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் கடத்துகை குழுவிற்கு தூண்டுகிறது. இது சாய மீநுண்துகள் FTO இடைமுகத்தின் மூலம் எலக்ட்ரான் கடத்தப்படுகிறது. இதில் பல எலக்ட்ரான்கள் மீட்சியடைந்துவிடுகிறது. இவ்வாறு உருவாக்கப்படும் எலக்ட்ரான் சுமைகள் சுற்று வளையத்தின் மூலம் Pt நேர்மின்தகடை நோக்கி பாய்கிறது. எலக்ட்ரான்கள் Pt-கடத்து தகடு மற்றும் Pt மின்பகுப்பு (Pt/electrolyte) இடைமுகத்தின் மூலம் மின்னாற்பகுதிக்கு பரவுகின்றன. இது மின்னாற்பகுப்பில் ஆக்ஸிஜன் எதிர்வினை (சமன்-1) எடுக்கிறது. மின் வேதியியல் குறைப்பு ஆக்ஸைடு (Redox/Oxide) எதிர்வினையின்போது அயோடின் மூலக்கூறுகள் அயனியாக்கம் ( $\text{I}/\text{I}^{3+}$ ) பெற்று மேலும் எலக்ட்ரான்களை உருவாக்குகிறது. இந்த உருவாக்கப்பட்ட மின்னாக்கிகள் மீண்டும் தூண்டிய சாயமூலக்கூறுகள் மற்றும் மின்சக்தி மீநுண்துகள்கள் சாய இடை நிலைகளின் மூலம் ஒளிப்பட்டை மூலம் ஆற்றலை மாற்றும் சுடு பளு மின்தடையை பயன்படுத்தி உருவாக்கப்பட்ட மின் ஆற்றலை அளவிடப் பயன்படுத்தலாம். இங்கு  $\text{CeO}_2$  -ன் செயல்பாட்டை வெவ்வேறு எடை விகிதத்தில்  $\text{TiO}_2$  உடன் கலப்பு செய்து தயாரிக்கப்பட்ட ஒளி மின்தகட்டின் ஒளிமின்மாற்று திறனை அளவிடப்பட்டுள்ளது. எளிய சோனோ கெமிக்கல் முறையில் தயாரிக்கப்பட்ட சீரியம் ஆக்ஸைடு டைட்டானியம் ஆக்ஸைடுடன் நேரடியாக பயன்படுத்தப்பட்டு ஒளிமின்பட்டை தயாரிக்கப்பட்டது. உகந்த அளவில் சேர்க்கப்பட்ட சீரியம் ஆக்ஸைடு கலப்பு டைட்டானியம் ஆக்ஸைடு ஒளிமின்தகடு உயர் மின்மாற்று திறன் கொண்டதாக உள்ளது.

## 2. தயாரிப்பு :

சீரியம் ஆக்ஸைடு மீநுண்துகள்கள் சோனோ கெமிக்கல் முறையில் தயாரிக்கப்பட்டது. சீரியம்

நைட்ரேட் ( $\text{CeNo}_{32}$ ) என்ற மூலப்பொருள் 0.1M விகிதத்தில் 100ml நீரில் கலந்து நீர்மமாக்கப்பட்டு ஒரு குடுவையில் கொண்டு காந்த கலக்கி மூலம் தொடர்ந்து கலக்கப்பட்டது. இதனுடைய pH மதிப்பு 11 இருக்கும்படி 1M (NaOH) கலந்து பார்த்துக் கொள்ளப்பட்டது. எத்தில் ஆல்கஹால் மற்றும் தண்ணீரை கொண்டு நன்கு கலக்கி தூய்மையான சீரியம் ஆக்ஸைடு குடுவையின் அடியில் தொய்வடைய செய்யப்பட்டது. அதன்பின் சீரியம் ஆக்ஸைடு  $100^\circ\text{C}$  ல் 24 மணி நேரம் மின் அடுப்பில் உலர்த்தப்பட்டது. அதை தொடர்ந்து 8 மணி நேரம்  $300^\circ\text{C}$  மின்சார சூளைமூலம் பதனிடப்பட்டது.

P25 என்ற டைட்டானியம் ஆக்ஸைடு வாங்கப்பட்டு தயாரிக்கப்பட்ட சீரியம் ஆக்ஸைடு கொண்டு தனித்தனியாக இரு பீக்கரில் ஒரு நாள் காந்த கலக்கி மூலம் நீர்மமாக்கப்பட்டது. இவை இரண்டும் சரியான எடை விகிதத்தில் (0, 1, 2, 3wt%) தனித்தனியாக 20% AA மற்றும் 10% டெரிடான் கலந்து கூழ்மமாக்கப்பட்டது. இவைகள் (0, 1, 2, 3wt%  $\text{CeO}_2$  கலப்பு செய்யப்பட்ட  $\text{TiO}_2$ ) முறையே TC0, TC10, TC20 & TC30 பெயரிடப்பட்டு , நான்கு நாட்கள் நன்றாக காந்த கலக்கி மூலம் கலக்கப்பட்டு FTO மற்றும் ITO கண்ணாடி தகட்டின் மீது 10m - 14m தடிமனில் படலமாக ஸ்பின் கோட்டிங் முறை மூலம் பரப்பப்பட்டது.

### 2.1. சூரிய கலன்கள் தயாரித்தல்:

சூரிய ஆற்றலை அடிப்படையிலான சாயம் (N719) சூரிய ஆற்றலை உட்கவர எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. தயாரிக்கப்பட்ட  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  கலவை படலத்தை  $400^\circ\text{C}$  ல் மின்சார சூளை மூலம் பதனிடப்பட்டு எதிர்மின்வாயை 0.2mM என்ற விகிதத்தில் தயாரிக்கப்பட்ட சாயத்தில் 16 மணி நேரம் முழுகிய நிலையில் வைக்கப்படுகிறது. இந்நிலையில் உள்ள எதிர்மின்வாய் கண்ணாடி தகட்டை உடனடியாக சாயத்திலிருந்து எடுத்து 5nm தடிமனில் FTO தகட்டில் Pt பரப்பிட்ட படலத்தை நேர்மின்வாயாகவும் இதற்கிடையில் 30nm (serlyn) இடைவெளிவிட்டு ஒன்றிணைக்கப்பட்டு, 30µm இடைவெளியில்

அயோடின் அடிப்படையில் தயாரிக்கப்பட்ட எலக்ரோலைட் உட்செலுத்தப்படுகிறது.

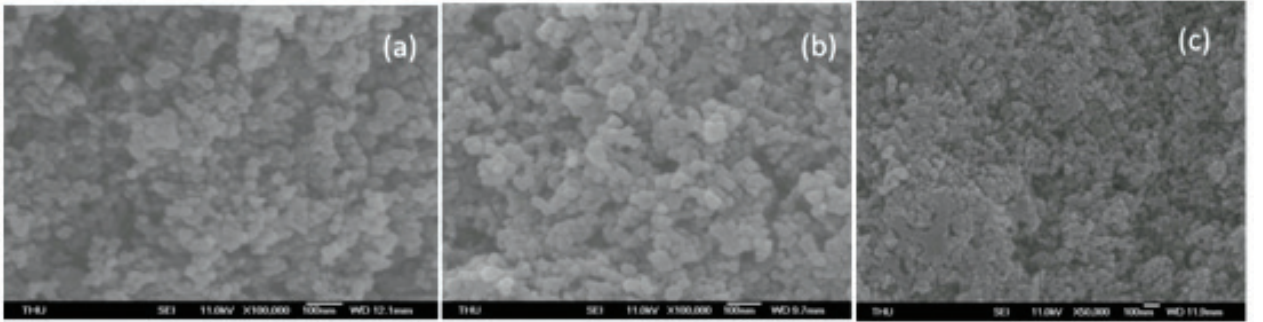
இவ்வாறு தயாரிக்கப்பட்ட சூரியகலன்களை  $P_i = 100 \text{ mW/cm}^2$  அடர்த்தி கொண்ட சோலார் ஸ்டுமிலேட்டர் மூலம் இதனுடைய J-V (மின்மாற்றுத்திறனை) அளவிடப்படுகிறது.

இவ்வாறு தயாரிக்கப்பட்ட  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  மின்கலன்களின் சாதன மின்மறுப்பு மின்சார் மின்மறுப்பு நிறமாலையில் (EIS) பகுப்பாய்வு மூலம் அதே சோலார் ஸ்டுமிலேட்டர் மூலம் (AM 1.5) ஆற்றல் சக்தி அடர்த்தியை கொண்டு அளவிடப்படுகிறது. இதை Zview மென்பொருள் மூலம் சமமான சுற்றுடன் (சமன்-1) பொருத்தப்பட்டு அளவீடுகளை அட்டவணை படுத்தப்பட்டது.

### 3. முடிவுகளும் விவாதமும்:

3.1.கட்டமைப்பு மற்றும் உருவியல் பண்புகள்:

$\text{TiO}_2$ ,  $\text{CeO}_2$  மற்றும்  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  நேர் மின்வாய் படலத்தின் வடிவமைப்பு, மேற்புறப்பரப்பு உருமாற்றம் மற்றும் தடிமனை மீநுண்ணோக்கி (FE-SEM) மூலம் பகுப்பாய்வுச் செய்யப்பட்டது. படம்- 2 (a-c)  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CeO}_2$  மற்றும்  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  கலப்பு நேர்மின்வாய் படலத்தில் நானோ துகள்கள் கொண்ட நானோபடிமமைப்பு கொண்டிருப்பதை காட்டுகிறது. EDX நிறமலைமணி மூலம் பகுப்பாய்வுச் செய்ததில்  $\text{TiO}_2$  நேர்மின்வாய் படலத்தில்  $\text{CeO}_2$  கலப்பு தகுந்த விகிதத்தில் (0, 1, 2, 3wt%) இருப்பதை உறுதிச் செய்யப்பட்டது.  $\text{TiO}_2$ , மற்றும்  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  கலப்பு நேர்மின்வாய் படலத்தின் தடிமன் சுமார் 12 -14  $\mu\text{m}$  என அறியப்பட்டது.



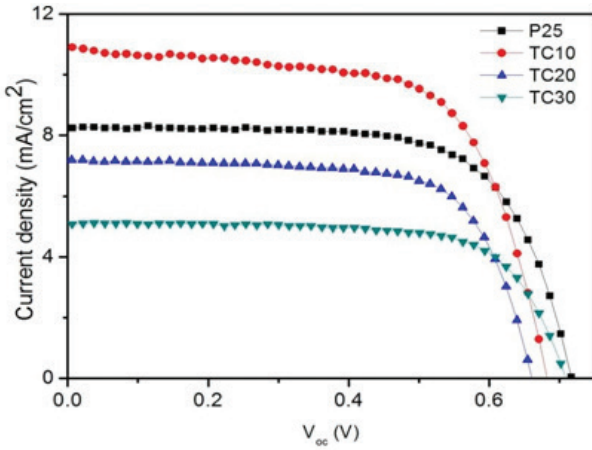
படம்- 2 (a-c)  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CeO}_2$  மற்றும்  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  கலப்பு நேர்மின்வாய் படலத்தின் வடிவமைப்பு, மேற்புறப்பரப்புகள்.

### 3.2. J – V வகைப்பாடுகள்

டைட்டானியம் ஆக்ஸைடு அடிப்படையில்  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  கலப்பின் வெவ்வேறு எடை விகிதத்தில் உள்ள நேர்மின் வாய்களின் ஒளி மின்னழுத்த செயல்திறன் மற்றும் கலப்பற்ற  $\text{TiO}_2$  நேர்மின்வாயின் மின்னழுத்த செயல்திறன் அளவிடப்பட்டுள்ளது. படம் 3 ல்  $\text{CeO}_2$  செறிவு கலப்பின் மூலம் வலுவாக பாதிக்கப்படும் என்பதை காட்டுகிறது.  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  நேர்மின்வாயல்களின் சீரியம் ஆக்ஸைடன் அளவு பல்வேறு எடைவிகிதத்தில் (0, 1, 2 & 3wt

%) கலப்பிடம் செய்யப்பட்டதில்  $J_{sc}$  என்ற முடிய சுற்று மின்னோட்ட அடர்த்தி  $V_{oc}$  என்ற திறந்த சுற்று மின்னழுத்தம் மற்றும் பூர்த்தி காரணிகள் (FF) 1% எடை விகிதம் சீரியம் ஆக்ஸைடு கலப்பு கொண்டதில் வெகுவாக அதிகரிக்கிறது. இருப்பினும்  $\text{CeO}_2$  2 மற்றும் 3wt % செறிவில்  $V_{oc}$  அதிகரிக்க  $J_{oc}$  குறைகிறது. சீரியம் ஆக்ஸைடன் 1% மேல் எடை விகிதம் கொண்ட நேர்மின்வாய் மின்கலத்தில் மின்னழுத்த மாற்று செயல்திறன் வெளிப்படையாக செல்வாக்கு இல்லை என தெரிகிறது. அதாவது அதிக

அளவு  $\text{CeO}_2$  செறிவு கொண்ட நேர்மின்வாய் படலம் பாதிப்புக்கு உள்ளாகிறது. இது  $\text{TiO}_2$  மின்வாயில் எலக்ட்ரான் ஓட்டத்தை  $\text{CeO}_2$  உகந்த உள்ளடக்கத்தால் ஊக்குவிக்கப்படலாம் என தெரிகிறது. மறுபுறம் பூர்த்தி காரணி (FF) குறைவதால்  $\text{CeO}_2$  அதிக உள்ளடக்கத்தால் எலக்ட்ரான் மீட்சி மையமாகவும் செயல்படலாம் என தெரிகிறது. எனவே மிதமான அளவு (1wt%) சீரியம் ஆக்ஸைடு டைட்டானியம் ஆக்ஸைடு ( $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$ )-ன் கலப்பின் மின்வாயானது மேம்படுத்தப்பட ஒளி ஆற்றல் மாற்று திறனை அளிக்கிறது. மேலும் அதனுடைய அளவீடுகள் அட்டவணை-1 ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம்- 3 மற்றும்  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  கலப்பு நேர்மின்வாய் படலத்தின் J-V பண்புகள்.

Anode	$J_{sc}$ ( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )	$V_{oc}$ (volt)	FF	PCE (%)
P25	8.25	0.72	0.69	4.1
TC10	10.88	0.67	0.66	4.8
TC20	7.2	0.66	0.7	3.3
TC30	5.1	0.7	0.7	2.5

அட்டவணை- 1  $\text{TiO}_2$  மற்றும்  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  நேர்மின்வாயல்களின் சீரியம் ஆக்ஸைடு பல்வேறு எடைவிகித்தத்தில் (0,1,2 & 3wt %) கலப்பு செய்து  $J_{sc} > V_{oc}$  மற்றும் FF அளவீடுகள்.

பொதுவாக எலக்ட்ரான் அதிக மீட்பு விகிதம் (Recombination) கொண்டிருந்தால், திறந்த சுற்று மின்னழுத்தம் குறைகிறது ( $V_{oc}$ ). இருந்தபோதும், நாம் அதிக திறந்த சுற்று மின்னழுத்தம் ( $V_{oc}$ ) 1wt% சீரியம் ஆக்ஸைடு கலப்பு பெற்றிருக்கிறோம். நிரப்பு காரணியும் மூடிய சுற்று மின்னோட்ட அடர்த்தியும் அதிக அளவு  $\text{CeO}_2$  கலப்பின் விகிதத்தில் குறைகிறது. அதாவது வேகமாக மறு சீரமைத்தல் செயல்முறையின் காரணமாக, எலக்ட்ரான்கள் மின்னாற்பகுதியுடன் மீண்டும் இணைகின்றன. கலப்பற்ற டைட்டானியம் ஒளி மின் மாற்று திறன் 4.1% மற்றும்  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  கலப்பின் ஒளி மின்மாற்றுத்திறன் 4.8% ஆக அதிகரிக்கிறது. அதாவது மூடிய சுற்று மின்னோட்ட அடர்த்தி ( $J_{sc}$ ) திறந்த சுற்று மின்னழுத்தம் ( $V_{oc}$ ) மற்றும் நிரப்பு காரணி (FF) அதிகரிப்பே என தெரிகிறது.  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  இடைநிலை ஒளி மற்றும் இருண்ட நிலைமைகளின் கீழ் J-V பகுப்பாய்வு கணிசமான குறைந்திருப்பதை விவரிக்கிறது.

### 3.3. மின்மறுப்பு பகுப்பாய்வு

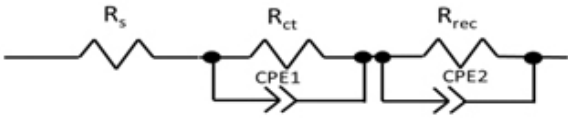
மின்பிரிமின்பகுப்பில் (Electrolyte) எலக்ட்ரான் ஊடுருவல், மின்வாய் மினிபிரிமின்பகுப்பு இடைமுக இடைவெளியில் எலக்ட்ரான் பரவல் அகியவற்றை விவரிக்க (EIS) எலக்ட்ரோகெமிக்கல் மின்மறுப்பு நிறமாலைமாளி ஒரு அதிநவீன கருவியாகும். இவற்றை விவரிக்க நியுக்விஸ்ட் (Nyquist) வளைவுகள் மூன்று அரைகோளங்களாக பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. முதல் அரைக்கோளம் Pt மின்வாய் எலக்ட்ரோலைட் இடைநிலையில் எலக்ட்ரான் பரவலையும் விளக்குகிறது.<sup>21-22</sup> குறை அதிர்வெண் பகுதியானது ( $1/\omega$ ) அயோடின ஆக்ஸைடு குறைப்பினால் எலக்ட்ரோலைட்டில் எலக்ட்ரான் பரவலை விளக்குகிறது.<sup>23-24</sup>

Nyquist வரைபடலத்தில் மூன்று அரை கோளங்கள் தெரிவதில்லை, இருந்தபோதும் மின்மாற்றுத்திறனின் உட்புற அளவுருக்கள் பிரித்தரிய (எலக்ட்ரான் பரவல், மீள்ளுகை) சரியான சோதனையாக அமையும் இங்கு நாம் முக்கியமாக மிகவும் குறிப்பிடத்தக்க செயல்களைப் பற்றி விவாதிப்போம். அந்த

தனித்தனி செயல்முறைகளின் முடுக்கம், நிறமாலை வடிவங்களின் (வளைவு) அமைப்பு சோதனை முடிவுடன் எப்படி ஒன்றியமைகிறது என்பதை அறிவோம். நிலையான சமன் சுற்று மாதிரி 25 உடன் Zview மென்பொருள் பொருத்தப்பட்டால், நாம் அதன் செயல் பண்புகளை பகுப்பாய்வு செய்யலாம்.

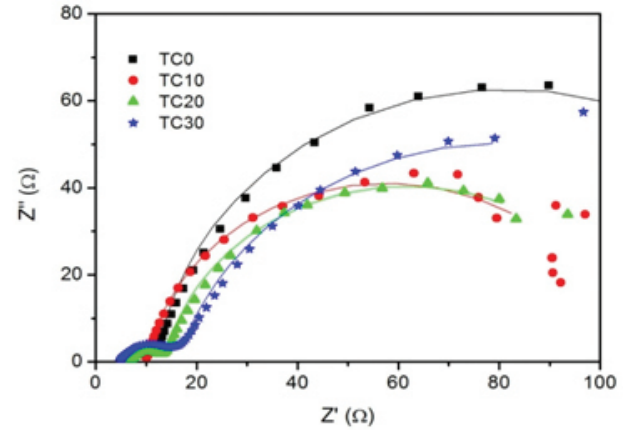
$$\tau = (RC)^{1/p} \text{ ----- (1)}$$

இங்கு எலக்ட்ரான் ஆயுட்காலம் (T) மறு சேர்க்கைக்கு வெளிப்படுத்தலாம். இங்கு R, C மற்றும் P ஆகியவை மின்தடை நிலையான கட்ட மாறிலி CPE மற்றும் மின்வாய் எலக்ட்ரோலைட் இடைநிலையின் கட்ட மதிப்பு (Phase value) ஆகும். இதேபோல் Pt கவுண்டர் எதிர்மின்வாய் எலக்ட்ரோலைட் இடைநிலையின் இடையே எலக்ட்ரான் பரிமாற்றத்திற்கான எலக்ட்ரான் ஆயுட்காலம் (T) அட்டவணையில் காட்டப்பட்டுள்ளதுபடி மதிப்பிடப்பட்டுள்ளது.



படம்- 4 DSSC –ன் நிலையான சமன் சுற்று மாதிரி

இந்த சோதனையில் CeO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> மின் வாயில்கள் CeO<sub>2</sub> பல்வேறு எடை விகிதத்தில் கலப்பு செய்யப்பட்ட சூரிய மின்கலன்களின் முடிவுகளை விவாதிக்கிறோம். பொதுவாக, அரைக் கோளத்தின் பெரியவிட்டம் அதிக எலக்ட்ரான் மீளுகை மின்தடை (R<sub>rec</sub>) மற்றும் மின்னாற்பகுதியுடன் குறைந்த மறுமீளுகை விகிதத்துடன் தொடர்புடையது. இவை படம் 5 ல் காட்டியபடி பெரிய அரைக்கோளங்களின் வடிவத்தின் மூலமாக எலக்ட்ரான் மீட்சியடைதலை TC 0 < TC10 < TC20 < TC30 என்ற வரிசையில் விளக்குகிறது. இவை கலப்பற்ற TiO<sub>2</sub> மின்வாயிலை விட அதிக எலக்ட்ரான் மீட்சியடைதலை தடுக்கிறது என பெரிய அரைக்கோள வடிவத்தின் மூலம் விளக்கலாம்.



படம்-5 மின்மறுப்பு நிறமாலைமானி மூலம் TiO<sub>2</sub> மற்றும் CeO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> கலப்பு நேர்மின்வாய் படலத்தின் (Nyquist) வரைப்பட பண்புகள்.

அட்டவணை- 2 மின்மறுப்பு நிறமாலைமானி மூலம் TiO<sub>2</sub> மற்றும் CeO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> நேர்மின்வாய்களின் சீரியம் ஆக்ஸைடன் பல்வேறு எடைவிகிதத்தில் (0,1,2 & 3wt %) கலப்பு செய்து மின்மறுப்பு பகுப்பாய்வு அளவீடுகள்

Electrode	R <sub>s</sub> (Ω)	R <sub>ct</sub> (Ω)	PCE1 B <sub>α</sub> (μF)	PCE1 P <sub>α</sub>	R <sub>rec</sub> (Ω)	PCE2 B <sub>α</sub> (μF)	PCE2 P <sub>α</sub>	τ <sub>ct</sub> (μs)	τ <sub>rec</sub> (ms)
P25	5.4	7	70	0.79	134	730	0.94	63	85
TC10	5.4	4.8	42	0.87	97	1910	0.91	56	152
TC20	6.7	7	90	0.78	96	1500	0.89	80	113
TC30	4.7	12	123	0.73	128	1710	0.85	132	167

சாய தூண்டுதல் சூரிய ஒளி மின்கலத்தில் (DSSC) எலக்ட்ரான் பரவல் மற்றும் எலக்ட்ரான் மீள்சியடைதலுக்கான மின்தடைகள் முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாக கருதப்படுகிறது. இதை பொருத்தே DSSC மின் மாற்றுத்திறன் அமைகிறது. படம் 5 ல் சீரியம் ஆக்ஸைடு 1wt% (TC10) கலப்பு செய்த மின்வாய் அதிர்வெண் அதிகரிக்கிறது. இது எலக்ட்ரான் கடத்தும் தன்மையை அதிகரிக்கிறது. 25 மாதிரி சூரிய விளக்கை ( $100\text{mW}/\text{cm}^2$ ) பயன்படுத்தி வெவ்வேறு எடை விகிதத்தில்  $\text{CeO}_2$  கலப்பு செய்த  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  மின்வாயில் மின்கலத்தின் பண்புகள் ஆராயப்பட்டு அதன்  $R_{ct}$ ,  $R_{rec}$ ,  $CPE_1$ ,  $CPE_2$  மதிப்புகள் அட்டவணைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. எலக்ட்ரான் ஓட்டம் (பரவல்) மற்றும் எலக்ட்ரான் மீள்சியடைதல் பண்புகள் அதிகமாவதால் அதன் மின்மாற்றுத்திறன் வெகுவாக குறைவதை காணலாம். 21 குறைந்த அளவில்  $\text{CeO}_2$  கலப்பு செய்த  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  மின்வாயிலின் எலக்ட்ரான் பரவல் அதிகரிக்கிறது மற்றும் மீள்சியடைதல் பண்பு குறைகிறது. ஆதலால் இதன் மின்மாற்றுத்திறன் அதிகரிக்கிறது.

#### முடிவுரை:

எளிய சோனோகெமிக்கல் முறையில் தயாரிக்கப்பட்ட சீரியம் ஆக்ஸைடு வெவ்வேறு எடை விகிதத்தில் (0, 1, 2 & 3 wt%) கலப்பு

செய்து தயாரிக்கப்பட்ட சாய தூண்டுதல் சூரிய செல்களுக்கான ஒளிமாற்றுத்திறன்கள் ஆராயப்பட்டது. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி மூலம் மின்வாயின் மேற்பரப்பு உருமாற்றம் பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டது. EDX மூலம்  $\text{CeO}_2$  கலப்பு விகிதம் உறுதி செய்யப்பட்டது. சீரியம் ஆக்ஸைடு எடை விகிதத்தில் கலப்பு செய்யாத சூரிய மின்கலன்கள் அதிக மின்மாற்று திறனை கொடுத்தன. மேலும் சீரியம் ஆக்ஸைடு எடை விகிதத்தினை அதிகரிக்கும்போது அதன் மின்மாற்று திறன் குறைகிறது. கலப்பற்ற  $\text{TiO}_2$  விட 1wt% கலப்பு செய்ய  $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2$  சூரிய மின்கலத்தின் மின்மாற்றுத்திறன் 17% அதிகரித்தது. இதற்கு அதிக எலக்ட்ரான் பரப்பு தன்மையும், குறைந்த எலக்ட்ரான் மீள்சியடையும் தன்மையும் காரணம் என மின்மறுப்பு நிறமாலையின் மூலம் உறுதி செய்யப்பட்டது.

#### ஒப்புக்கை:

இக்கட்டுரையின் ஆசிரியர் காரல் சின்னூ, இவ்வாய்வு செய்ய உதவிச்செய்த முனைவர் Forest Shish-Sen Chien பேராசிரியர், பயன்பாட்டு இயற்பியல், துண்கை பல்கலைக்கழகம், தைவான் அவருக்கும் மற்றும் (PDF) நிதியுதவி அளித்த தைவான் அரசாங்க அமைச்சகத்திற்கும் நன்றியை தெரிவித்துக்கொள்கிறார்.

#### குறிப்புகள்:

1. Regan, O.; Grätzel, M. A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal  $\text{TiO}_2$  films. *Nature*. 1991, 353, 737–740.
2. Hagfeldt, A. & Grätzel, M. Molecular photovoltaics. *Acc. Chem. Res.* 2000, 33, 269-277.
3. Linsebigler, A.L.; Lu, G.; Yates, J. T. Photocatalysis on  $\text{TiO}_2$  Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results. *Chem. Rev.* 1995, 95, 735–758.
4. Yella, A.; Lee, H.W.; Tsao, H.N.; Yi, C.Y.; Chandiran, A. K.; Nazeeruddin, M.K.; Diao, E.W.G.; Yeh, C.Y.; Zakeeruddin, S. M.; Grätzel, M. Porphyrin-Sensitized Solar Cells with Cobalt (II/III)-Based Redox Electrolyte Exceed 12 Percent Efficiency. *Science*. 2011, 334, 629.

5. Narendra Pai, K.R.; Anjusree, G.S.; Deepak, T.G.; Devika, S.; Shantikumar, V.N.; Srikumaran, A.N High surface area TiO<sub>2</sub> nanoparticles by a freeze drying approach for dye sensitized solar cells. RSC Adv,2014, 4, 36821-36827.
6. F. Sauvage, F. Di Fonzo, A. Li Bassi, C. S. Casari, V. Russo, G. Divitini, C. Ducati, C. E. Bottani, P. Comte and M. Graetzel, Nano Lett., 2007, 10, 2562–2567.
7. H. Yu, S. Q. Zhang, H. J. Zhao, B. F. Xue, P. R. Liu and G. Will, J. Phys. Chem. C, 2003, 113, 16277–16282.
8. L. Y. Lin, M. H. Yeh, C. Y. Chen, R. Vittal, C. G. Wu and K. C. Ho, J. Mater. Chem. A, 2014, 2, 8281–8287.
9. Park, Y.-C.; Chang, Y.-J.; Kum, B.-G.; Kong, E.-H.; Son, J. Y.; Kwon, Y. S.; Park, T.; Jang, H. M. Size-Tunable Mesoporous Spherical TiO<sub>2</sub> as a Scattering Overlayer in High-performance Dye-Sensitized Solar Cells. J. Mater. Chem. 2011, 21, 9582–9586.
10. Hore, S.; Vetter, C.; Kern, R.; Smit, H.; Hinsch, A. Influence of Scattering Layers on Efficiency of Dye-Sensitized Solar cells. Sol. Energy Mater. Sol. Cells 2006, 90, 1176–1188.
11. Chen, D.; Huang, F.; Cheng, Y.-B.; Caruso, R. A. Mesoporous Anatase TiO<sub>2</sub> Beads with High Surface Areas and Controllable Pore Sizes: A Superior Candidate for High-Performance Dye-Sensitized Solar Cells. Adv. Mater. 2009, 21, 2206–2210.
12. Grätzel, M. Solar energy conversion by Dye- sensitized solar cells. Inorg. Chem. 2005, 44, 6841-6851.
13. Frank, A. J.; Gopidakis, N.; Lagemaat, J. V. D.; Electron in nanostructures TiO<sub>2</sub> solar cells; Transport, recombination and photovoltaic properties. Coord. Chem. Rev. 2004, 248, 13-14, 1165-1179.
14. Willis, R. L.; Olson, C.; Regan, B.O.; Lutz, T.; Nelson, J.; Durrant, J.R. Electron Dynamics in Nanocrystalline ZnO and TiO<sub>2</sub> Films Probed by Potential Step Chronoamperometry and Transient Absorption Spectroscopy. J.Phys. Chem. B.2002, 106, 7605-7613.
15. Chang, W.C.; Lee, C.; Wan-Chin Yu.; Chun-Min Lin. Optimization of dye adsorption time and film thickness for efficient ZnO dye-sensitized solar cells with high at-rest stability. Nanoscale Res Lett. 2012, 7, 688.
16. Yang, G.; Miao, C.; Bu, Z.; Wang, Q.; Guo, W. Seed free and low temperature growth of ZnO nanowires in mesoporous TiO<sub>2</sub> film for dye-sensitized solar cells with enhanced photovoltaic performance. J. Pow. Sour. 2013, 233, 74-78.
17. Upadhyav, R.; Tripathi, M.; Chawla, P.; Pandey, A. Performance of CeO<sub>2</sub> –TiO<sub>2</sub> -admixed photoelectrode for natural dye-sensitized solar cell. J. Sol. Stat. Electrochem. 2014, 18, 1889-1892.
18. Yang, G.; Wang, Q.; Miao, C.; Bua, Z.; Guo, W. Enhanced photovoltaic

performance of dye-sensitized solar cells based on ZnO microrod array/TiO<sub>2</sub> nanoparticle hybrid films. *J. Mater. Chem. A*.2013, 1, 3112–3117.

19. Trupke, T.; Green, M. A.; Würfel, P. Improving Solar Cell Efficiencies by Down-conversion of High-Energy Photons. *J. Appl. Phys.*2002, 92, 1668–1674.

20. Zhang, J.; Peng, W.; Chen, Z.; Chen, H.; Han, L. Effect of cerium doping in the TiO<sub>2</sub>photoanode on the electron transport of dye-sensitized solar cells. *J. Phys. Chem. C*.2012,116, 19182-19190.

21. Yu, J. G.; Fan, J. J.; Cheng, B. Dye-sensitized solar cells based on anatase TiO<sub>2</sub> hollow spheres/carbon nanotube composite films. *J. Power Source*.2011, 196, 7891–7898.

22. Fabregat-Santiago, F.; Bisquert, J.; Palomares, E.; Otero, L.;Kuang, D.; Zakeeruddin, S.M.;Grätzel, M. Correlation between Photovoltaic Performance and Impedance Spectroscopy of Dye-Sensitized Solar Cells Based on Ionic Liquids. *J. Phys. Chem. B*. 2007, 111, 6550-6560.

23. Kern, R.; Sastrawan, R.; Ferber, J.; Stangl, R.J. *Electro- chem. Acta*. 2002, 47, 4213-4225.

24. Wang,Q.; Moser, J.E.; Gratzel, M. Electrochemical Impedance Spectroscopic Analysis of Dye-Sensitized Solar Cells.*J. Phys. Chem. B*.2005, 109, 14945.

25. Adachi, M.; Sakamoto, M.; Jiu, J.; Ogata, Y.; Isoda, S. Determination of parameters of Electron transport in Dye- sensitized solar cells Using electrochemical impedance spectroscopy.*J. phys. Chem. B*.2006, 110, 13872-13880.

# ஜிங்க் ஆக்சைடு / ஸ்டார்ச் நானோ-புள்ளிகள்: உருவாக்கம், ஒளியியல் மற்றும் பாக்டீரியா

R. கலைவாணி<sup>1</sup>, N.சூர்யபிரபா<sup>1</sup>, V.P. தேவராஜன்<sup>1\*</sup>, P. பெரியசாமி<sup>2</sup>, Y.A.சையத் காதர்<sup>1</sup>

1. இயற்பியல் துறை, கே.எஸ்.ஆர். மகளிர் கலை மற்றும் அறிவியல் கல்லூரி, திருச்செங்கோடு, நாமக்கல்-637 215.

2. இயற்பியல் துறை, ஞானமணி தொழில்நுட்பக் கல்லூரி, ராசிபுரம், நாமக்கல் - 637 018.

\* தொடர்புடைய ஆசிரியர் : vpdevarajanbu@gmail.com

தமிழாக்கம்: ரா. பரமேஸ்வரி, முனைவர் பட்ட ஆய்வாளர், பாரதிதாசன் பல்கலைக்கழகம், திருச்சி.

## ஆய்வுச்சுருக்கம்:

ஸ்டார்ச் சூழ்ந்த ஜிங்க் (துத்தநாக) ஆக்சைடு (ZnO) நானோ-புள்ளிகள் பசும்-வீழ்ப்படிவாதல் முறையின் மூலம் தயாரிக்கப்பட்டன. படிக்கக் கட்டமைப்பு அறுங்கோண உற்சைட் என்பது X-கதிர்களின் விளிம்பு (XRD) விளைவை ஆராய்ந்தறியப்பட்டது. நானோ-புள்ளிகள் கோளவடிவில்  $\pm 10$  nm அளவுடையதாக ஊடுருவு எதிர்மின்னி நுண்ணோக்கி (TEM) படங்கள் காட்டுகின்றன. ஸ்டார்ச் சூழ்ந்த ஜிங்க் ஆக்சைடு நானோ-புள்ளிகள் விரிந்த அலைநீள பரவலோடு அதிக போட்டோ-ஒளிர்வுடையதாக (PL) உள்ளன. மேலும், ZnO/ஸ்டார்ச் நானோ-புள்ளிகள் எசரிக்கியா கோலி (Escherichia coli) பாக்டீரியா அழித்தலில் ZnO நானோ-புள்ளிகளைக் காட்டிலும் குறைவான திறனுடையதாக உள்ளன. எனவே, ZnO/ஸ்டார்ச் நானோ-புள்ளிகள் நுண்ணுயிரிகளுக்கு குறைவான நச்சு தன்மையுடையதாகவும் சுற்றுசூழலுக்கு பாதுகாப்பானதாகவும் உள்ளது. ZnO நானோ-புள்ளிகள் நுண்ணுயிர் கொல்லியாக செயல்பட ஏற்றவை.

## முக்கியச்சொற்கள் :

ZnO நானோ-புள்ளிகள், ஸ்டார்ச், பசும் செயல்முறை, ஒளியியல் பண்புகள், பாக்டீரியா அழித்தல்

## முன்னுரை

மின்னணுவியல், ஒளியியல், ஒளி-மின்னணுவியல் மற்றும் உயிரியல் பயன்பாடுகளில் குறைக்கடத்திகளின் குவாண்டம் புள்ளிகள் (QDs) கடந்த சில ஆண்டுகளாக மிகுந்த ஆவலை உருவாக்கியுள்ளன [1-4].

குவாண்டம் அளவு சார்ந்த விளைவுகளால், QDs-இன் ஒளியியல் பண்புகள் புல்லிகளுக்கிடையே பட்ட தூரத்தைச் சார்ந்துள்ளன [5]. ZnO,  $\sim 3.37$  eV ஆற்றல் பட்டை இடைவெளியுடன் பஸ்துறைகளிலும் பயன்படக்கூடிய குறைக்கடத்தியாகும். உலோகங்கள் மற்றும் கால்கோசனைடு (S, Se, Te) நானோத்துகளைக்

காட்டிலும் சிறந்த ஒளியியல் மற்றும் உயிரியல் பண்பு கூறுகளுடன் உயிரியல்-படமாக்கல் துறைகளில் சிறந்து விளங்குகின்றது. ZnO நானோத்துக்கள் பல்வேறு தயாரிப்பு முறைகளின் மூலம் பெறப்படுகிறது [6-7]. அறை வெப்பநிலையில் நீர்மக்கரைசல் முறையில் பெறப்படும் ZnO தயாரிப்பில் காணப்படும் காரக்கரைசல் பயன்பாடு மற்றும் அதிக வெப்ப நிலை படிக்கமாக்கல் முறைகளால், இவை உயிரி-பயன்பாடுகளுக்கு ஏதுவானதாக இருப்பதில்லை. ZnO நானோத்துக்களின் தயாரிப்பு முறைகளில் உயிரிணக்கப் பொருட்களை பயன்படுத்துதல் அல்லது ZnO நானோத்துக்களின் மேற்பரப்பினைப் பொருத்தமான காப்புறை மூலம் கூழ்மக் கரைசல்களில் வீழ்படிவாகா நிலையில் உருவாக்குதல் போன்றவற்றால் உயிரி-பயன்பாட்டிற்கேற்றவையாக்கலாம் [8].

பசும்-வேதியியல் நுணுக்கங்களைப் புகுத்தி சுற்றுசூழலுக்கேற்ற முறையில் நானோ பொருட்களைத் தயாரித்தல் இன்றைய உந்துதலாக உள்ளது. சிறந்த கரைப்பான்களில் சுற்றுசூழலுக்கு பாதுகாப்பான முறைகளில் கரைசல்களில் நிலைத்தன்மை கொண்ட உலோக நானோத்துக்கள் பல்வேறு ஆராய்ச்சியாளர்களால் இன்று வரை பரிந்துரைக்கப்பட்டுள்ளன [9-10]. குளுகோஸ் சுற்றுசூழலுக்கு தீங்கற்ற உலோக அயனிகளின் ஆக்ஸிஜனிறைக்கியாகச் செயல்படுகிறது. இவ்வகையில், ஸ்டார்ச் மிகச் சிறந்த நிலைப்பு தன்மையை ஏற்படுத்தும் மேற்பரப்பு வேதிப்பூச்சாக அல்லது நானோத்துக்கள் ஒருங்கிணைவதைத் தடுப்பானாகவும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இப்பசும் மேற்பரப்பு பூச்சு காரணிகள் செயலாக்கம் மிக்க நானோப்பொருட்கள் உற்பத்தியில் பெரும்பங்கு வகிக்கின்றன [11]. ஸ்டார்ச் இயற்கை பலபடிப்பொருட்களில் ஒன்றாகவும், உயிரி-பயன்பாட்டு மற்றும் உயிரி-சிதைவாக்கக்கூடியதாகவும் உள்ளது. ஸ்டார்ச் இயற்கையில் எளிதில் புதுப்பிக்கக்கூடியதாகும் [12-14]. மேலும், நீரில் கரையக்கூடியது. எனவே, ZnO நானோத்துக்களின் ஒருங்கிணைவு தடுப்பு

மற்றும் உயிரி-பயன்பாட்டுக்கு உகந்ததாக்க ஸ்டார்ச் இங்கு தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டுள்ளது.

உயிர்கோளச்செயல்பாடுமற்றும்பாதுகாப்பில் பாக்கீரியாக்களின் பங்கு மகத்தானது. நானோத்துக்கள் பாக்கீரியாக்குக்கு நச்சுத் தன்மையுடையதாக இருப்பது சுற்றுசூழல் மேம்பாட்டில் கவனிக்கவேண்டிய ஒன்றாக உள்ளது. பாக்கீரிய நச்சு தன்மைக்கு நானோத்துக்களின் உருவளவு அல்லது கலவை தன்மை எவ்வகையில் பாதிக்கிறது என்பதை ஆராய்ந்து அறிவது இன்றியமையாதது. இது சார்ந்த ஆய்வு விளக்கங்கள் சிற்சில பாக்கீரியாக்களில் தரப்பட்டு உள்ளன. அவற்றில் ZnO நானோத்துக்களின் நச்சுத்தன்மை எசரிக்கியா கோலி (E.coli) பாக்கீரியா பிரிவின் கிராம்-நெகட்டிவ் மற்றும் கிராம்-பாஸிட்டிவ் வகைகளில் ஆய்வுக்குட்பட்டுள்ளன [15-21].

இவ்வாய்வில், பசும்-வேதிமுறைகளைப் பயன்படுத்தி தயாரிக்கப்பட்ட ZnO/ ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகளின், படி அமைப்பு, ஒளியியல் பண்புகள் மற்றும் பாக்கீரிய நச்சுத்தன்மைகள் E.coli பாக்கீரியாவில் சோதனைக்குள்ளாக்கப்பட்டுள்ளன.

## 2. சோதனை விவரம்

### 2.1. தேவையான வினைபொருட்கள்

ஆய்வுக்குப் பயன்படுத்தப்பட்ட அனைத்து உட்பொருட்களும் பகுப்பாய்வு தரத் தூய்மை உடையனவாக இரசாயன நிறுவனத்திலிருந்து பெறப்பட்டு எந்தவொரு சுத்திகரிப்புமின்றி பயன்படுத்தப்பட்டன. வினைப்பொருட்களாக துத்தநாக அசிட்டேட் ( $Zn(CH_3COO)_2$ ), சோடியம் ஹைட்ராக்சைடு (NaOH), ஸ்டார்ச், பெப்டோன் மற்றும் அகார் போன்றவை பலமுறை காய்ச்சி வடிக்கப்பட்ட நீருடன் பயன்படுத்தப்பட்டன. பாக்கீரிய-நச்சு கண்டறிதலுக்கு கிராம்-நெகட்டிவ் E.coli பாக்கீரியா பயன்படுத்தப்பட்டது.

### 2.2. ZnO / ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகள் தயாரிப்பு

$Zn(CH_3COO)_2$  கரைசல் தேவையான

விகிதத்தில் புதிதாகத் தயாரிக்கப்பட்டது. NaOH (காரக்கரைசல்) துளித்துளியாக  $Zn(CH_3COO)_2$  கரைசலுடன் சேர்க்கப்பட்டு pH-இன் அளவு ~10 ஆகா உயர்த்தப்பட்டது. இந்த கூழ்மக் கரைசல் தொடர்ந்து கிளறப்பட்டது. இறுதியாகப் பெறப்பட்ட வெண்மை நிற கரைசலானது மீயொலி கிளர்ச்சியுட்பெற்றுக்கு உட்படுத்தப்பட்டு, எந்த ஒரு மாற்றமும் இன்றி சேமிக்கப்பட்டது. சிறிது நேரத்தில் வெண்மை நிற வீழ்படிவாக ZnO நானோத்துக்கள் பெறப்பட்டன. இவ் வீழ்படிவுத் துகள்களுடன் கரைசலில் உள்ள வினையின் மற்ற விளைபொருட்கள் மைய நோக்கு விசை சுழல் (centrifuging) முறையில் பலமுறை கழுவி நீக்கப்பட்டன. பின்பு வீழ்படிவுத் துகள்கள் நன்கு உலரவைக்கப்பட்டு, வெண்மையான ZnO நானோத்துக்கள் பெறப்பட்டன.

ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகளும் மேலே விவரிக்கப்பட்ட நீர்மக்கரைசல் முறையில் ஸ்டார்ச் மூலப்பொருள் கொண்டு தயாரிக்கப்பட்டன.  $Zn(CH_3COO)_2$  கரைசலின் pH அளவினை மாற்ற NaOH காரக்கரைசல் சேர்ப்பதுக்கு முன்பு ZnO நானோத்துக்களில் பரவலாக்கப்பட்டு மேற்பரப்பில் பூசத் தேவையான ஸ்டார்ச் அளவு கணக்கிடப்பட்டு துளி துளியாகச் சேர்க்கப்பட்டது. மேற்கூறிய அனைத்து நிலைகளையும் கடந்து இறுதியாகப் பெறப்பட்ட ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகள் பல்வெறு பகுப்பாய்வு முறைகளுக்குட்படுத்தப்பட்டு உறுதி செய்யப்பட்டன.

### 2.3. பாக்டீரியா வளர்த்தல்

E.coli பாக்டீரியா லூரியா-ப்ரோத் (Luria-Broth (LB)) ஊடகத்தில் 37°C வெப்பநிலையில் வளர்க்கப்பட்டது. 1.5g மாட்டிறைச்சி, 2.5g பெப்டோன் கலவையின் pH 7-ஆகா NaOH காரக்கரைசல் உதவியுடன் சரிசெய்யப்பட்டது. மேலும், 10g அகாரும் சேர்க்கப்பட்டு, உயர் அழுத்த கொப்பரையில் நோய் நுண்மங்கள் ஒழித்தலுக்கு உட்படுத்தப்பட்டது. சத்துக்கள் நிறைந்துள்ள அகார் ஊடகம் பேட்ரி- தட்டுகளில் நிரப்பப்பட்டு, வளர்ந்த பாக்டீரியாக்கள் நோய்

நுண்மங்கள் நீக்கப்பட்ட தண்டுகள் உதவியுடன் பரவலாக்கப்பட்டு உலர்த்தப்பட்டது.

### 2.4. இயல்பாய்வு முறைகள்

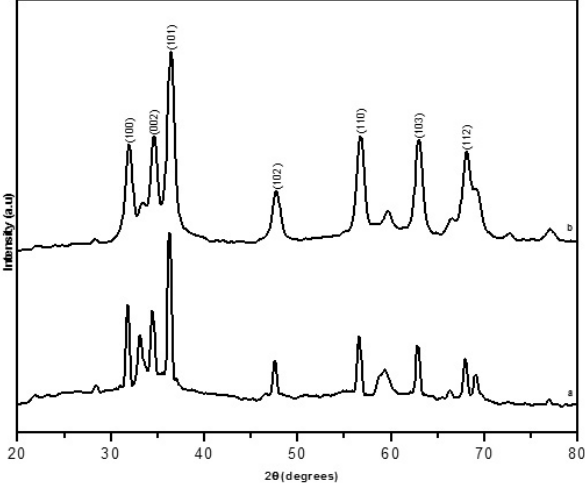
ZnO மற்றும் ZnO/ஸ்டார்ச் விளை பொருட்களின் படிக்க இயல்பு X-கதிர் விளிம்பு விளைவு (XRD) நுட்பத்தைக் கொண்டு CuK $\alpha$  கதிர்வீச்சைப் ( $\lambda=1.5406\text{\AA}$ ) பயன்படுத்தி X'pert PRO இயந்திரத்தில் அறை வெப்பநிலையில் உறுதிசெய்யப்பட்டது. ஒளி உட்கிரகித்தல் (300–800nm அலைநீளத்திற்கு இடையேயான) நிறமாலை Shimatz-3600 Model புறஊதா-கண்ணூரு ஒளி நிறமாலைமானி மூலம் பதிவுசெய்யப்பட்டது. அறை வெப்பநிலை ஒளி உமிழ்வு பண்பானது Specrofluoromax-4 வகை நிறமாலை ஒளிர்வுமானி மூலம் பதிவு செய்யப்பட்டது. பாக்டீரியா-அழித்தல் திறன் OLYMPUS BX41-வகை உடனொளிரும் நுண்ணோக்கி மூலம் பகுத்தறியப்பட்டது. மேற்பரப்பு உருவமைப்புகள் ஊடுருவு எதிர்மின்னி நுண்ணோக்கி JEM-2010- மாதிரி உதவியுடன் படமாக்கப்பட்டுள்ளன.

### 2.5. பாக்டீரியா அழித்தல் திறனாய்வு

பாக்டீரியா அழித்தல் திறனாய்வினை மேற்கொள்வதற்கு முன்பு, 5 mg ZnO மற்றும் ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகள் 10ml பலமுறை காய்ச்சி வடிக்கப்பட்ட நீரில் மீயொலி கிளர்ச்சியுட்பெற்று உதவியுடன் நன்கு பரவலாக்கப்பட்டு கரைசலாகத் தயார் செய்யப்பட்டது. ZnO மற்றும் ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகளின் நீர்த்தக் கரைசல் பாக்டீரியாக்கள் இடப்பட்டுள்ள ஊடகத்தில் சிறிதளவு சேர்க்கப்பட்டு மிதமான சூழலில் (incubated) வளர்த்தெடுக்கப்பட்டது. ZnO மற்றும் ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகள் E.coli பாக்டீரியாவை அழிக்கும் திறன் 12 மற்றும் 24 மணி நேர இடைவெளிகளில் உடனொளிரும் நுண்ணோக்கி உதவியுடன் ஆராயப்பட்டது.

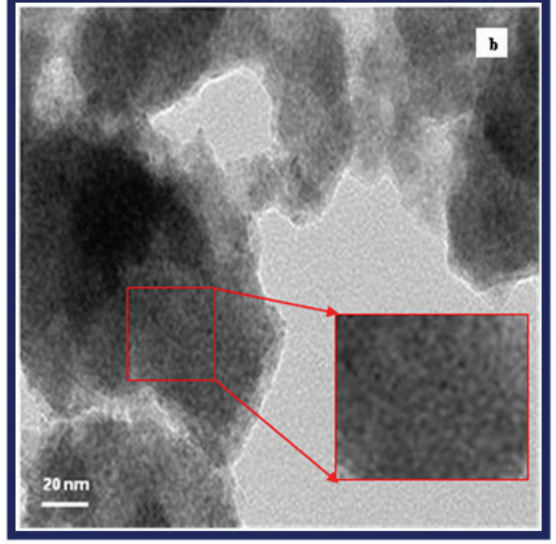
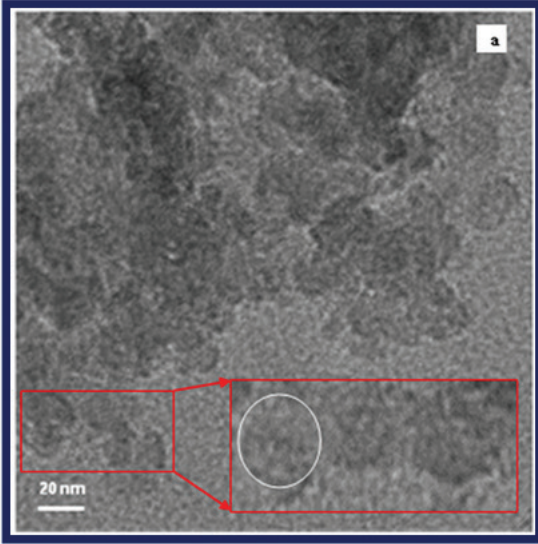
### 3. ஆய்வு முடிவுகளும் அதன் விவாதங்களும்:

#### 3.1 படிகக் கட்டமைப்பு ஆய்வுகள்



படம் (1). ZnO மற்றும் ZnO / ஸ்டார்ச் விளைபொருட்களின் தூள் ஓசுறு பிரதிகள்

ZnO மற்றும் ZnO/ஸ்டார்ச் விளைபொருட்களின் படிக இயல்பு அறுங்கோண உற்சைட் என்பது படம் (1)-ல் காட்டப்பட்ட X-கதிர் விளிம்பு விளைவு முடிவுகளின் மூலம் தரநிலை அட்டவணையுடன் (JCPDS card: 36-1451) பொருந்தி இருப்பது உறுதி செய்யப்பட்டது. படிக அளவு (D) ZnO-க்கு 20 nm- ஆகவும், ZnO/ஸ்டார்ச் படிகங்கள் 17nm- ஆகவும் இருப்பது டிபே-ஷரர் சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி கணக்கிடப்பட்டது. ZnO-வின் மீது ஸ்டார்ச் உறைபொதியாக்கம் செய்வதால் இரண்டாம் நிலை படிக விளிம்பு விளைவு பிரதிகள் அல்லது படிக நிலை மாற்றத்திற்கான பிரதிகள் எதுவும் XRD கண்டறிதல் வரம்பிற்குள் காணப்படவில்லை. இருப்பினும் பிரதிகள் அகலமாதலும் ஒப்புமை உயரித்திலும் மாற்றம் ஏற்பட்டுள்ளது.



படம் (2). ZnO மற்றும் ZnO / ஸ்டார்ச் நானோபுள்ளிகளின் ஊடுருவு எதிர்மின்னி நுண்ணோக்கி படங்கள்

படம் (2)-ல் ZnO மற்றும் ZnO/ஸ்டார்ச் நானோபுள்ளிகளின் ஊடுருவு எதிர்மின்னி நுண்ணோக்கி படங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன. தாமிரம் கட்டத்தில் உட்பொதிக்கப்பட்ட ZnO மற்றும் ZnO/ஸ்டார்ச் ஆகியவற்றின் தூள் படிகங்கள் கோளவடிவ மேற்பரப்புடையதாக

உள்ளன. its ZnO படிகங்கள் அளவு 10nm ஆகும். துகள்கள் அனைத்தும் ஒன்றிணைந்தும் சிறிது நீண்டும் உள்ளன. துகள்களின் ஒருங்கிணைந்த பண்பு TEM படமாக்கலுக்கு மாதிரிகளைத் தயார்படுத்தும் பொழுது ஏற்படும் மாற்றங்களாகும். ZnO/ஸ்டார்ச் நானோ-

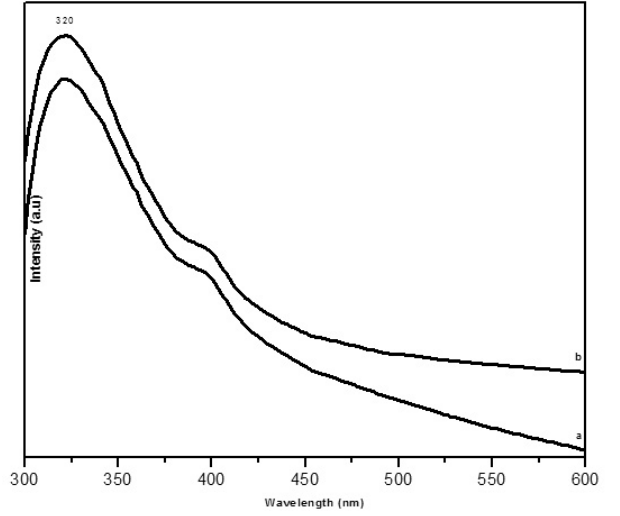
புள்ளிகள் ஸ்டார்ச் சேர்க்கப்பட்டமையால் படர்ந்த பரப்பில் தனித்த சிறு சிறு படிகங்களாக உள்ளது. இதேபோன்ற மேற்பரப்பு உருவமைப்பு ஸ்டார்ச் சேர்க்கப்பட்ட CdSe நானோ அமைப்புகளிலும் முந்தைய கட்டுரையில் காணப்பட்டது [22].

ஒருங்கிணைந்த படிகத்துக்களாக இருப்பதால் ஒற்றை படிகத்தின் அளவு தோராயமாக  $\pm 10\text{nm}$  எனக்கொள்ளலாம். இந்த அளவானது நானோத்துக்களுக்கும் குவாண்டம்-புள்ளிகளுக்கும் இடைப்பட்ட அளவாக இருப்பதால் ZnO மற்றும் ZnO/ஸ்டார்ச் விளைபொருட்கள் நானோ-புள்ளிகள் என்று கொள்ளப்பட்டுள்ளன.

### 3.2. ஒளியியல் பண்பறிதல்:

ஒளி உட்கிரகித்தல் நிறமாலையை கொண்டு ஒரு சேர்மப்பொருளில் உள்ள இணைதிறன் பட்டைக்கும், கடத்து பட்டைக்கும் இடையேயான ஆற்றல்துணுக்குகளின்பரிமாற்றவகைகளையும், ஆற்றல் பட்டை இடைவெளியையும் கண்டறியலாம். படம் (3) ZnO மற்றும் ZnO/ஸ்டார்ச் விளைபொருட்களின் புறஊதா உட்கிரகித்தல் நிறமாலையைக் காட்டுகிறது.

இவை ஆற்றல் மட்டங்களுக்கிடையே நேரடி ஆரல் துணுக்கு பரிமாற்றமும்,  $3.8\text{eV}$  ( $320\text{nm}$ ) மற்றும்  $3.7\text{eV}$  ( $322\text{nm}$ ) ஆற்றல் இடைவெளி உடையனவாக உள்ளன. ஸ்டார்ச் சேர்க்கப்பட்டமையால் ZnO/ஸ்டார்ச் மாதிரிகள் சிகப்பு-நோக்கிய அலைநீள (red-shift) மாற்றத்துடன் உட்கிரகித்தலில் உள்ளது. பேரளவுடைய ZnO நானோப்புள்ளிகளைக் காட்டிலும் ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளி துகள் அளவு குறைவானதாக உடையதாகவும் ஆற்றல் இடைவெளி அதிகமுடையதாகவும் உள்ளது.



படம் (3). ZnO மற்றும் ZnO / ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகளின் ஒளி உட்கிரகித்தல் நிறமாலை

பொதுவாக, எந்த ஒரு உறைபொதியாக்கமும் செய்யப்படாத ZnO நானோத்துக்கள் இரண்டு ஒளி உமிழ்வுடையாதாகக் காணப்படும் [23]. ஒன்று, புறஊதா அலைநீள பகுதியில் காணப்படும் கூர்ந்த உமிழ்வு பகுதி கிளர்ச்சியூட்டப்பட்ட எலெக்ட்ரான் மற்றும் துளைகள் மீண்டும் ஒன்றிணைவதால் ஏற்படும் ஆற்றல் இடைவெளி சார்ந்த உமிழ்வாகும். மற்றொன்று, பரந்து வலிமையானதாக பச்சை அலைநீள பகுதியில் காணப்படும். இந்த கண்ணுரு அலைநீள பகுதியில் காணப்படும் உமிழ்வு ZnO படிகங்களில் உள்ள ஆக்ஸிஜன் காலி இடங்களால் ஏற்படுகிறது. உறைபொதியாக்கத்தோடு கூடிய ZnO துகள்களில் ஆக்ஸிஜன் காலி இடங்கள் குறைவதால் தணிந்த பச்சை வண்ண உமிழ்வையும் அதீத ஊதா வண்ண உமிழ்வையும் தருகிறது.

அலைநீளம்  $325\text{nm}$  கொண்ட லேசர் ஒளி கற்றையால் ZnO நானோப்புள்ளிகள் கிளர்வுட்டப்பட்டு பெறப்பட்ட அறை வெப்பநிலை ஒளி உமிழ்வு நிறமாலை படம் (4a)-வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆற்றல் பட்டை விளிம்பு சார்ந்த உமிழ்வு  $365\text{nm}$  எனும் ஊதா நிற உமிழ்வுடன் வலிமையான படர்ந்த பச்சை ( $550\text{nm}$ ) உமிழ்வையும் கொண்டுள்ளது. பொதுவாக, பேரளவுடைய ZnO மாதிரிகள் மறைமுக ஆற்றல்

இடைவெளி உடையதாக இருப்பதால் அத்த உமிழ்வு நிகழ்வினை ஏற்படுத்துவது இல்லை. படி அளவுகள் குறைந்து குவாண்டம் விளைவு கொண்ட துகள்களில் மட்டுமே மறைமுக ஆற்றல் பரிமாற்றங்கள் நேரடியாக மாறுகின்றன [24-25]. மேலும் உறைபொதியாக்கப்பட்ட மற்றும் கலப்பூட்டப்பட்ட பொருட்களில் ஒளி-உமிழ்வும் நடைபெறுகின்றன.

ZnO நானோப்புள்ளிகளில் காணப்படும் கண்ணுரு ஒளி உமிழ்வு எலெக்ட்ரான்கள் மேற்பரப்பில் உள்ள துளைகளுள் சிக்குவதால் ஏற்படுவதே தவிர கடத்து பட்டையிலிருந்து இணைதிறன் பட்டைக்கு கிளர்வோடுள்ள எலெக்ட்ரான் பரிமாற்றம் அடைவதால் அல்ல. ZnO நானோப்புள்ளிகளின் ஒளி உமிழ்வானது CdSe or CdTe ஆகியவற்றில் அறியப்பட்டதை விட அதிகமாக உள்ளது [26].

படம் (4b)-இல் ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகளின் ஒளி உமிழ்வு நிறமாலை excited at காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் ஊதா (392 nm) அலைநீள உமிழ்வு மிகவும் குறைந்த ஒப்புக்க உயரத்தோடும், வலிமையான படர்ந்த ஊதா-நீல உமிழ்வு கண்ணுரு அளநீளத்தின் பச்சை (440 nm) வண்ணத்தை நோக்கி நீண்டும் உள்ளது. இந்த நீலம்-நோக்கிய அலைநீள (blue -shift) நகர்வு பேரளவு ZnO துகள்களை விட சிறிய நானோத்துகள்களால் ஏற்படக்கூடியது [27-28]. இதுவரை பதிவிடப்பட்ட ஆய்வறிக்கைகளில் இந்த முடிவுகள் மிகவும் சுவாரஸ்யமான உமிழ்வு நிறமாலை பதிவுகள் ஆகும்.

ZnO மற்றும் ZnO/ஸ்டார்ச் ஆகிய இரண்டிலும் உள்ள ஊதா நிற ஆற்றல் பட்டை விளிம்பின் உமிழ்வு கட்டற்ற எக்சைடான்களின் மறுசேர்க்கையால் ஏற்படுகிறது [29]. பொதுவாக, பேரளவுடைய குறைகடத்திகள் அவற்றின் மறைமுக ஆற்றல் இடைவெளி மற்றும் பரிமாற்றங்களால் இதுபோன்ற ஒளிர்வு தன்மையைக் கொண்டிருப்பதில்லை. நானோத்துகள்களின் உமிழ்வு பண்புகளும் நீலம்-நோக்கிய அலைநீள (blue - shift) நகர்வும் மிகச்சிறிய துகள் அளவினால்

ஏற்படும் குவாண்டம்-வரையறை விளைவால் உண்டாகிறது [30-31].

### 3.3. பாக்டீரியா அழித்தல் திறனாய்வு :

ZnO மற்றும் ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகளின் ஈ-கோலி பாக்டீரியாக்களை கொல்லும் திறன் இந்த ஆய்வில் கவனத்தோடு மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளது. இரு வினை மாதிரிகளும் ஒரே பொருட்செறிவுடனும் ஒரே அழித்தல் வினை ஈடுபாட்டு நேரத்துடனும் பாக்டீரியாக்களை கொல்லுவதற்கு முந்திய ஆய்வு வழிமுறைகள் படி உட்படுத்தப்பட்டன [32-34]. எப்பொழுதும் நானோத்துகள்கள் பாக்டீரியாக்களின் மேற்பரப்பில் செயல்படுவதால் நுண்ணுயிரிகளின் திறன் மாறுதலடைகிறது. பாக்டீரியாக்கள் இறப்பில் உள்ள வெவ்வேறான சிதைவு நிலைகள் உடனொளிரும் நுண்ணோக்கியில் 4µm தெளிவலகில் பதிவு செய்யப்பட்டுள்ளது.

படம் (5a, 5b) நன்கு வளர்ந்த ஈ-கோலி பாக்டீரியாக்களின் நுண்ணோக்கி பதிவு படங்கள் நானோத்துகள்கள் வினைபடுவதற்கு முந்திய நிலைக்கு சான்றாதாரமாகக் காட்டப்பட்டுள்ளன. பாக்டீரியாக்கள் இல்லாத நானோப்புள்ளிகள் மட்டும் இடப்பட்ட ஆய்வுத்தட்டுகள் வினைமாதிரிகளின் மேற்பரப்பு தன்மைக்கு காட்டப்பட்டுள்ளன. ZnO மற்றும் ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகளின் ஈ-கோலி பாக்டீரியாக்களைக் கொல்லும் திறன் 12 மற்றும் 24 மணி நேர இடைவெளியில் பதிவுசெய்யப்பட்டவை முறையே படங்கள் (5c, 5d, 5e, 5f) ஆகியவற்றில் காட்டப்பட்டுள்ளன. இதே போன்ற ஆய்வு முறை முந்திய அறிக்கைகளிலும் பின்பற்றப்பட்டுள்ளது [35]. இந்த நுண்ணோக்கி படங்களிலிருந்து ZnO நானோப்புள்ளிகள் அத்த கொள்ளும் திறனுடன் சுருங்கிய மேற்பரப்பினை காட்டுகின்றன. ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகளும் பாக்டீரியாக்களை அழிக்கிறது. ஆயினும் குறிப்பிட்ட வினை நேரத்தில் ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகள் இடப்பட்ட பாக்டீரியா வளர் ஊடகத்தில் ஒரு சில பாக்டீரியாக்கள்

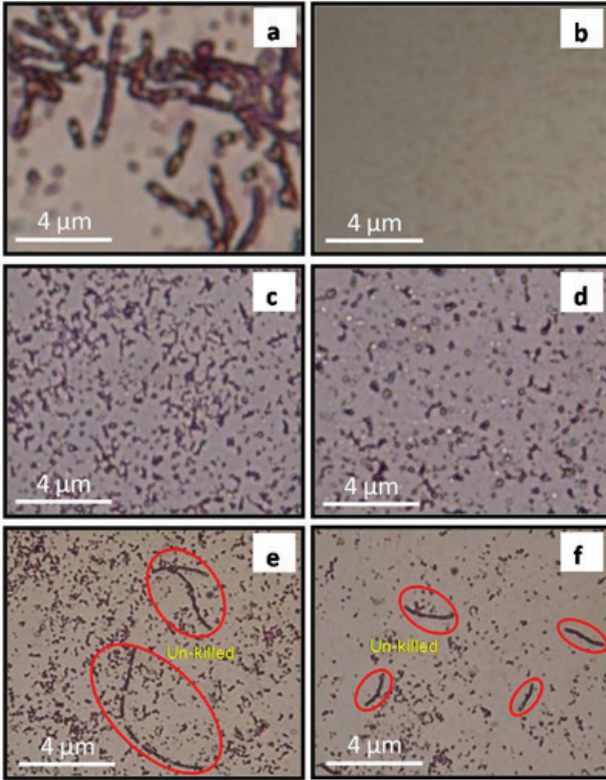
அழிக்கப்படாமல் இருப்பதை படங்கள் (5e, 5f) தெளிவாக்குகின்றன. மேலும் குச்சி போன்ற அமைப்புகள் நீடித்து இருப்பதும் காணப்படுகிறது. எனவே ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகள் குறைந்த பாக்டீரியா-நச்சு பண்புடையது. இந்த குறைந்த நுண்ணுயிரி எதிர்ப்பு திறனுக்கு ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகளின் அதிகமான ஒருங்கிணைந்து பெரிய துகள் அளவாக இருப்பதும் ஒரு காரணமாக இருக்கலாம். சிறிய துகள்கள் அதிகமான மேற்பரப்பு கொண்டு இருப்பதால் வினைபொருள்- பாக்டீரியா தொடர்பிக்கு துணை புரிந்து மேம்படுத்தப்பட்ட

அழிக்கும் திறனைக் கொண்டு விளங்கலாம் [36-37]. இவ்வாய்விலிருந்து ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகள் குறைந்த நச்சு தன்மை உடையதாகவும் உயிரி-பயன்பாடுடையதாகவும் உள்ளதை அறியலாம்.

மேலும், நோயுற்ற பாகங்களில் மருந்து செலுத்துதல் முறைகளுக்கும் ஏற்றதாக ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகள் பயன்படுத்தலாம். மாறாக ZnO நானோப்புள்ளிகள் சிறந்த நுண்ணுயிரி கொல்லியாக பயன்படுத்தலாம்.

#### 4. ஆய்விலிருந்து அறிவது :

சற்றுகுழல் கேடில்ல எளிமையான வீழ்ப்படிவாக்கல் முறையில் ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகள் வெற்றிகரமாக தயாரிக்கப்பட்டன. மேலும் இந்த பசும்-வேதிமுறை நானோப்புள்ளிகள் தயாரிப்பில் மிகவும் சிறந்த ஆற்றலுடையதாகும் ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகள் அறுங்கோணப்படிசங்களைக் கொண்டுள்ளதை XRD பிரதிகள். ஊடுருவு எதிர்மின்னி நுண்ணோக்கி படங்களின் மூலம்  $\pm 10$  nm அளவுடைய கோளவடிவ துகள்களை காட்டுகிறது. அறை வெப்பநிலை ஒளி உமிழ்வு நிறமாலையில் ஊதா, பச்சை நிற உமிழ்வுகள் ZnO நானோப்புள்ளிகளிலும், ஊதா-நீல மற்றும் நீல நிற அலைநீள நகர்வுடன் கூடிய பச்சை நிற உமிழ்வுகளும் ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகளிலும் காணப்படுகிறது. மேலும், ஈ-கோலி பாக்டீரியாக்களில் நிகழ்த்தப்பட்ட நுண்ணுயிரி-கொல்லும் திறனாய்வில் ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகள் குறைந்த நச்சு உடையதாக உயிரிகள் பெருகுவதற்கு உதவக்கூடியதாக இருப்பதும் அறியப்பட்டது. ZnO நானோப்புள்ளிகள் நுண்ணுயிரி கொல்லிகளாக செயல்பட வல்லவை என்பதும் புலனாகிறது.



படம் (5). ஈ-கோலி பாக்டீரியாக்களைக் கொல்லும் திறன் 12 மற்றும் 24 மணி நேர இடைவெளியில் பதிவுசெய்யப்பட்ட நுண்ணோக்கி படங்கள் (a) வளர்ந்த ஈ-கோலி பாக்டீரியா (நானோப்புள்ளிகள் வினைபடாத சான்றாதார ஈ-கோலி பாக்டீரியா); (b) நானோப்புள்ளிகள் மட்டும் இடப்பட்ட ஆய்வுத்தட்டுகள் (பாக்டீரியா இல்லாத நானோப்புள்ளிகளின் மாதிரி சான்று) (c-12 மற்றும் d-24 மணிநேரம் வினையான) ZnO மற்றும் (e-12 மற்றும் f-24 மணிநேரம் வினையான) ZnO/ஸ்டார்ச் நானோப்புள்ளிகளின் கொல்லும் திறன்

## மேற்கோள்கள்:

- [1] L. Brus Appl. Phys. Mater. Sci. Process 53 (1991), 465-474.
- [2] C.B. Murray, D.J. Norris, M.G. Bawendi J. Am. Chem. Soc., 115 (1993), 8706-8715.
- [3] A.P. Alivisatos Science 271 (1996), 933-937.
- [4] X. Michalet, F.F. Pinaud, L.A. Bentolila, J.M. Tsay, S. Doose, J.J. Li, G. Sundaresan, A.M. Wu, S.S. Gambhir, S. Weiss Science 307 (2005), 538-544.
- [5] C.B. Murray, C.R. Kagan, M.G. Bawendi Annu. Rev. Mater. Sci., 30 (2000), 545-610.
- [6] M. Li, H. Bala, X. Lv, X. Ma, F. Sun, L. Tang, Z. Wang Mater. Lett., 61 (2007), 690-693.
- [7] A. Ratkovich, R.L. Penn Mat. Res. Bul., 44 (2009), 993-998.
- [8] Y.L. Wu, A.I.Y. Tok, X.T. Zeng, C.S. Lim, L.C. Kwek and F.C.Y. Bocy Nanotech., 19 (2008), 345605 (9 pp).
- [9] P. Raveendran, J. Fua and L. Scott Green Chem., 8 (2006), 34-38.
- [10] C. Engelbrekt, K. H. Sorensen, J. Zhang, A.C. Welinder, P.S. Jensen and J. Ulstrup J. Mater. Chem., 19 (2009), 7839-7847.
- [11] Q.G. Wei, S.Z. Kang and J. Mu Colloid. Surf. A., 247A (2004), 125-127.
- [12] L.K. Adams, D.Y. Lyon, P.J.J. Alvarez Water Res., 40 (2006), 3527-3532.
- [13] Q. Wei, S.Z. Kang, J. Mu Colloid. Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects 247 (2004) 125-127.
- [14] J.H. Li, C. L. Ren, X.Y. Liu, Z.D. Hu, D.S. Xue Mater. Sci. Engg., A 458 (2007) 319-322.
- [15] K.M. Reddy, K. Feris, J. Bell, D.G. Wingett, C. Hanley, A. Punnoose Appl. Phys. Lett., 90 (2007), 213902 (3 pp).
- [16] Y. Xie, Y. He, P.L. Irwin, T. Jin and X. Shi Appl. Environ. Microbiol., 77 (2011), 2325-2331.
- [17] A. Lipovsky, Y. Nitzan, A. Gedanken and R. Lubart Nanotech., 22 (2011), 105101 (5 pp).
- [18] G. Applerot, A. Lipovsky, R. Dror, N. Perkas, Y. Nitzan, R. Lubart and A. Gedanken Adv. Funct. Mater., 19 (2009), 842-852.
- [19] N. Padmavathy and R. Vijayaraghavan Sci. Tech. Adv. Mater., 9 (2008), 035004 (7 pp).
- [20] L. Zhang, Y. Jiang, Y. Ding, M. Povey and D. York J. Nanopart. Res., 9 (2007), 479-489.

- [21] Z. Huang, X. Zheng, D. Yan, G. Yin, X. Liao, Y. Kang, Y. Yao, D. Huang and B. Hao *Langmuir* 24 (2008), 4140-4144.
- [22] O. S. Oluwafemi *Colloid. Surf. B: Biointer.*, 73 (2009), 382-386
- [23] D. Sun, H.J. Sue and N. Miyatake *J. Phys. Chem.*, 112 (2008), 16002-16010.
- [24] A. van Dijken, E. A. Meulenkaamp, D. Vanmaekelbergh and A. Meijerink *J. Lumin.*, 454 (2000) 87-89.
- [25] L. Poul, N. Jouini, F. Fievet *Chem. Mater.*, 12 (2000), 3123-3132.
- [26] Oluwatobi S. Oluwafemi *Colloid. Surf. B: Biointer.*, 73 (2009), 382-386.
- [27] V. Prasad, A.J. Shaikh, A.A. Kathe, D.K. Bisoyi, A.K. Verma, N. Vigneshwaran *J. Mater. Proc. Technol.*, 210 (2010) 1962-1967.
- [28] N. Vigneshwaran, S. Kumar, A.A. Kathe, P.V. Varadarajan and V. Prasad *Nanotech.*, 17 (2006) 5087-5095.
- [29] F. Xu, Z.Y. Yuan, G.H. Du, T.Z. Ren, C. Bouvy, M. Halasa and B.L. Su *Nanotech.*, 17 (2006), 588-594.
- [30] S. Chandramouleeswaran, S.T. Mhaske, A.A. Kathe, P.V. Varadarajan, V. Prasad and N. Vigneshwaran *Nanotech.*, 18 (2007) 385702-385710.
- [31] J. Yang, J. Lang, L. Yang, Y. Zhang, D. Wang, H. Fan, H. Liu, Y. Wang and M. Gao *J. Alloys and Comp.*, 450 (2008), 521-524.
- [32] S. Makhluif, R. Dror, Y. Nitzan, Y. Abramovich, R. Jelinek, A. Gedanken *Adv. Funct. Mater.*, 17 (2005), 1708-1715.
- [33] Z. Lu, C. M. Li, H. Bao, Y. Qiao, Y. Toh, X. Yang *Langmuir* 24 (2008), 5445-5452.
- [34] R. Wahab, Y. S. Kim, A. Mishra, S-II. Yun, H. S. Shin *Nanoscale Res. Lett.*, 5 (2010), 1675-1681.
- [35] R. B. Zhao, D. L. Hou, J.M. Guo, C. M. Zhen, G. D. Tang *J. Supercond. Nov. Magn.*, 23 (2010), 1261-1265. Paula Judith Perez Espitia & Nilda de Fátima Ferreira Soares & Jane Sélia dos Reis Coimbra & Nélío José de Andrade & Renato Souza Cruz & Eber Antonio Alves Medeiros *Food Bioprocess Technol* (2012) 5:1447-1464
- [36] P. J. Rivero, A. Urrutia, J. Goicoechea, C. R. Zamarreno, F. J. Arregui and I. R. Matias *Nanoscale Res. Lett.*, 6 (2011), 305 (7 pp).
- [37] C. Dong, D. Song, J. Cairney, O. L. Maddan, G. He, Y. Deng *Mater. Res. Bul.*, 46 (2011), 576-582.

# ஆற்றல் சேமிப்பு சாதனங்களுக்கு பல்பகுதிய நானோ கலவை மீதான அயனி கடத்துத்திறன் ஆய்வுகள்

கரோல் ஸ்டான்லி செம்ளர்<sup>2</sup>, மு.தாரிக்<sup>1</sup>, ப. விக்ரமன்<sup>1\*</sup>,  
ந. கிருபானந்த்<sup>1</sup>, போ. ஜோஜி<sup>1</sup>, <sup>††</sup> அ. சைமன் சசுதின்<sup>1</sup>

இயற்பியல் துறை

1. காந்திகிராம நிகர்நிலை பல்கலைக்கழகம், காந்திகிராம், திண்டுக்கல், தமிழ்நாடு.

2. சோதி நிவாக கல்லூரி, பெங்களூரு, கர்நாடகா. <sup>††</sup> மொழிபெயர்ப்பு

மின்னஞ்சல்: vrsvickraman@yahoo.com

## ஆய்வுச்சுருக்கம்:

எத்திலீன் கார்பனேட்: டை மெத்தில் கார்பனேட் (1:1) கன அளவு விகிதத்தில் கலந்துள்ள பாலி (வினைலின் புளூரைடு)-ஹெக்சா புளோரோ புரொபோலின்/லித்தியம்பிஸ்(பெர் ப்ளோரோ ஈ-த்தேன் சல்பனைல்) இமைடு உள்ள பல்பகுதியத்தில், பைலோ சிலிகேட் குடும்பத்தை சேர்ந்த வெண்களிப்பாறை நானோ களிமண் (80–190 நா.மீ) நிரப்பியாக பயன்படுத்தியதின் விளைவு நேர் திசை மின்முறுப்பு சோதனையில் ஆய்வு செய்யப்பட்டுள்ளது. குறைந்த களிமண் அடுக்குகள் உள்ள பாலிமர் 10–4 – 10–6 சீ.செ.மீ<sup>-1</sup> என்ற வரிசையின் மதிப்பில் அயனி கடத்துத்திறனை கொண்டுள்ளது, களிமண் அளவு அதிகரிக்கும் போது பாலி வினைல் டை புளோரோ-இன் துருவ கட்டம் கணிசமாக பாதிக்கப்பட்டு அதன் படிநிலை மாறுகிறது களிமண் அளவு அதிகரிக்கும் போது உலோக துகள்களின் எண்ணிக்கை பரவலாக பாலிமர் சங்கிலி தொடரில் கலந்துள்ளதை உறுதிப்படுத்துகிறது.

## 1. முகவுரை

20 ஆம் நூற்றாண்டின் மத்தியில், எரிசக்தி சேமிப்பு துறையில் குறிப்பாக கையடக்க மற்றும் விண்வெளி சாதனங்களில் பயன்படும் மின்னணு பொருட்களுக்கான, எளிமையான வடிவமைப்பு, வளைந்து கொடுக்கும் தன்மை மற்றும் தொகுதி வசதி கொண்ட புதிய லித்தியம் இரண்டாம் நிலை மின்கலன்களின் மீது

ஒரு புதிய தேடுதல் தொடர்ந்து நடைபெற்று வருகிறது. 1985 ஆம் ஆண்டில் ஃபென்டன் மற்றும் சகாக்களின் பல்பகுதியம் பிரிப்பானுடன் கூடிய மின்பகுளியின் கண்டுபிடிப்பிலிருந்து இன்று வரை அதன் மீதான பயன்பாடு மிகுந்த ஆர்வத்தை தூண்டியுள்ளது, குறிப்பாக அயனி கடத்துத்திறன் வரிசை மதிப்பு, நல்ல இயந்திர வலிமை, மின்வேதியியல் நிலைத்தன்மை, மின்பகுளி/மின்முனை தொடர்பு, பொருத்தம்

கொண்ட உலோக ஆக்சைடுகள், பீங்கான் ஆக்சைடுகள் நிரப்பிகள் கலந்த மின்பகுளிகள் தொடர்ந்து செயல்பாட்டில் இருந்து வருகின்றன. இருப்பினும் சில முரண்பாடுகள், குறிப்பாக கடத்துதிறன் மற்றும் இயந்திர வலிமையில் சில குறைபாடுகள் உள்ளன. இந்த வரிசையில், நடைமுறையில் உள்ள பல்பகுதியத்தை காட்டிலும் இயற்பியல், வேதியியல் மற்றும் இயந்திர வலிமை அதிகம் கொண்ட நானோ களிமண் நிரப்பி கலந்த பல்பகுதியம் தொழில்நுறை மற்றும் ஆராய்ச்சியில் முதன்மை பெறுகிறது [1-6]. இவைகள் வணிக ரீதியான பயன்பாடுகளில் குறிப்பாக தானியங்கி தொழில்நுட்பத்தில் குறைந்த செலவில் அதிக பயனுறு திறன் கொடுக்கும் கலவையாக பயன்படுகிறது. பல அடுக்குகள் கொண்ட களிமண் நிரப்பியை பல்பகுதியத்தில் கலவையாக சேர்க்கும் போது, அதன் சங்கிலி தொடர் அமைப்பில் பல வியத்தகு மாற்றங்கள் நடைபெறுகின்றன. இந்த மேம்படுத்தப்பட்ட மாறுபாடுகள் அத்த வலிமை [7], உயர்ந்த தனிமதிப்பு [8-13], வெப்ப நிலைத்தன்மை [5,14-15], தடையற்ற செயல்பாடு [16-17] மற்றும் குறைந்த தீ பற்றும் தன்மையை [18-21] கொண்டிருக்கிறது.

## 2. மூலப்பொருட்கள் மற்றும் முறைகள்

### 2.1 பொருட்கள்

$5.34 \times 10^5$  கி/மோல் உடையபாலி(வினைலடின புளூரைடு) 12% ஹெக்ஸா ப்ளோரோ ப்ரோபிலீன் கலந்த பல்பகுதியம் சொல்வேய் (சொலெக்ஸிஸ்) என்ற பிரான்ஸ் நிறுவனத்திடமிருந்து பெறப்பட்டது. துகள் அளவு 80-190 நா.மீ மற்றும் மூலக்கூறு எடை 258.2 கி/மோல் கொண்ட வெண்களிப்பாறை நானோஷேல் இந்தியா நிறுவனத்திடமும், நெகிழாக்கிகள் எத்திலீன் கார்பனேட், டை மெத்தில் கார்பனேட் சிக்மா அல்ட்ரிச், அமெரிக்கா நிறுவனத்திடமிருந்தும், கரைப்பான் டெட்ராஹைட்ரோப்யூரான் இ-மெர்க் இந்தியா நிறுவனத்திடமும், மூலக்கூறு எடை 387.13 கி/மோல் கொண்ட லித்தியம் பிஸ் (பெர் ப்ளோரோ ஈத்தேன் சல்பனைல்) இமைடு, ஃப்ளூக், அமெரிக்கா நிறுவனத்திடமும் பெறப்பட்டு

பல்பகுதிய நானோ களிமண் மின்பகுளிச் சவ்வு தயாரிக்கப்பட்டது.

### 2.2. மின்பகுளி சவ்வு தயாரித்தல்

பல பகுதிய நானோகளிமண் கலவை தீர்வு வார்ப்பு நுட்பம் மூலமாக தயாரிக்கப்பட்டது. தேவையான பல்பகுதியம், நிரப்பி, லித்தியம் உப்பு, மற்றும் நெகிழாக்கி அட்டவணை -1 ல் காட்டப்பட்டுள்ள அளவு எடுத்து கரைப்பான் டெட்ராஹைட்ரோப்யூரான்-இல் கரைக்கப்பட்டது. அனைத்து இடுபொருட்களும் சரியாக பரவி வடிய 24 மணிநேரம் வைக்கப்பட்டது. பின்னர் 15-30 நிமிடங்கள் மீ-ஒலி பரப்பியில் வைத்து ஒருபடித்தான கலவையாக மாற்றப்படுகிறது. பின்னர், அடர் பிசுபிசு தன்மையுடைய கரைசலாக வரும் வரை, அறை வெப்ப நிலையில் காந்த அதிர்வு கலக்கியில் வைக்கப்படுகிறது. அடர் அரைதிண்ம கரைசலை எடுத்து வட்ட வடிவ கண்ணாடி தட்டில் பரவலாக ஊற்றி அதில் உள்ள கரைப்பான் முழுவதும் காற்றில் ஆவியாகும் வரை சுமார் 48-78 மணி நேரம் வைக்கப்படுகிறது. சில தேவையற்ற துகள்களை வெளியேற்ற நன்கு உலர்ந்த நானோ பல்பகுதிய சவ்வை வெற்றிட வெதுப்பானில்  $100^\circ\text{C}$  வெப்பநிலையில்,  $10^{-5}$  வளி அழுத்தத்தில் சில மணி நேரம் வைத்து உறுதியான நானோ களிமண் கலந்த பல்பகுதிய மின்பகுளி சவ்வு தயாரிக்கப்பட்டு, வெற்றிட குடுவையில் பாதுகாப்பாக வைக்கப்பட்டது.

### 2.3 முறைகள்

பல்பகுதிய நானோகளிமண் சவ்வின் அயனி கடத்து திறன், அதிர்வெண் நெருக்கம் 50 ஹெர்ட்ஸ் - 5 மெ.ஹெர்ட்ஸ் உடைய HIOKI 3532-50 LCR Hi-tester மூலம் கணக்கீடு செய்யப்பட்டது. இதில் 1 செ.மீ<sup>2</sup> குறுக்கு வெட்டு பரப்பளவு கொண்ட இரு எஃகு மின் முனைகள் பயன்படுத்தப்பட்டது.

## 3. முடிவு மற்றும் விளக்கங்கள்

பல்பகுதிய நானோகளிமண் மின்பகுளியின் நேர் திசை மின்மறுப்பு தன்மை, எஃகு

மின்முனைகளுக்கு இடையே பல்பகுதிய சவ்வு வைக்கப்பட்ட மின்வேதியியல் மின்கலமாக வைத்து மாறுபட்ட அதிர்வெண்களில் சுமார் 50 ஹெர்ட்ஸ் முதல் 5 மெ. ஹெர்ட்ஸ் வரை ஆய்வு செய்யப்பட்டது. நைக்விஸ்ட் வரை மூலம் மின்பகுளியின் நேர்திசை மின்மறுப்பு கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. மின்கலனுக்கு கொடுக்கப்படும் நேர்திசை மின்னழுத்தம் மாறுபடும்போது அதிர்வெண்ணும் மாறுபடுகிறது. நேர்திசை மின்னழுத்தத்திற்கான மின்கலத்தின் பதிலீட்டு செயலை படம் 1 காட்டுகிறது. மின்முனைகள் நேர் மற்றும் எதிர்மறையாக மின்னேற்றம் செய்யப்பட்டு மின்பகுளி முழுவதும் வித்தியம் அயனிகள் மின்னழுத்தத்துடன் முன்னும்பின்னும் நகர்வதற்கு காரணமாகின்றன. வித்தியம் அயனிகளின் இடம்பெயர்வு மின்தடை  $R_b$  யால் குறிக்கப்படுகிறது. அதே நேரத்தில் நகர இயலாத பல்பகுதிய சங்கிலி மின்முனைகளின் திசை மாற்றத்திற்கேற்ப ஒருங்கமைவு பெறுகின்றன. இதனால் மின்னுட்டங்களுக்கு ஏற்படும் தடை மற்றும் மின்கடத்தா துருவ அமைப்பு ஒரு மின் தேக்கி  $C_b$ -யாக செயற்படும். பெருமளவிலான துருவமுனைப்பு மற்றும் அயனி குடியேறுதல் ஆகியவை இணையாக உள்ளன, எனவே அவற்றின் பிரதிநிதித்துவ கூறுகள்,  $R_b$  மற்றும்  $C_b$  ஆகியவை இணையாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன, இவை இரண்டுமே மின்முனைகளின் மின்தேக்கிக்கு தொடர்ச்சியாக  $C_e$  உள்ளன. மின்கலனின் பிரிப்பான்  $L = 1$  செ.மீ, மற்றும் மின்முனையின் குறுக்கு வெட்டு பகுதி  $A = 1$  செ.மீ<sup>2</sup>, எனவே கலத்தின் மொத்த மற்றும் மின்முனையின் மிக்கேக்கை அளவு தோராயமாக  $10^{-12}$  மற்றும்  $10^{-6}$  F என இருக்கும்.

$$C_b = \frac{\epsilon \epsilon_0 A}{l}$$

$C_e$  பல்பகுதியத்தின் மின்கடத்தா மாறிலியாக உள்ளது.  $C_b$  மற்றும்  $R_b$  இணை இணைப்பான்  $C_e$  பல்பகுதியத்தின் மின்கடத்தா மாறிலியாக உள்ளது.  $C_b$  மற்றும்  $R_b$  இணை இணைப்பான்  $C_e$  தொடராக இருப்பதிலிருந்து,

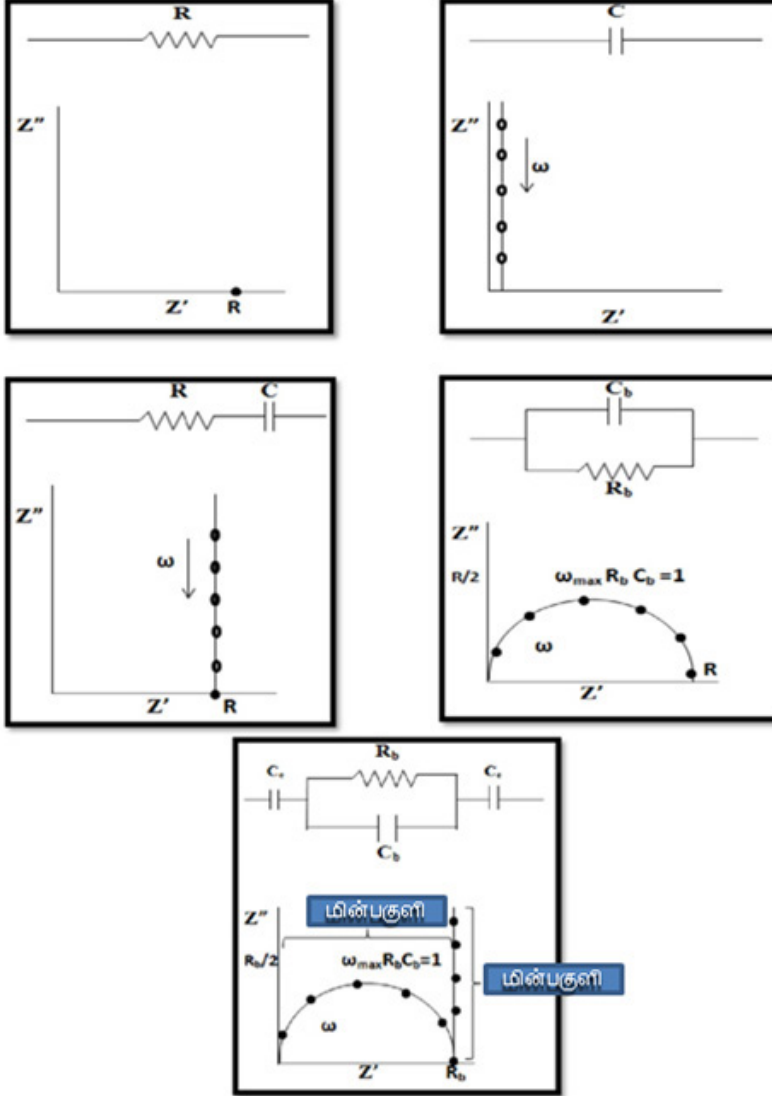
மொத்த மின்மறுப்புக்கான சமன்பாடு  $C_e$  மற்றும் இணைச்சுற்று RC இவற்றின் மின்மறுப்புகளின் கூடுதலிலிருந்து பெறப்படுகிறது. இந்த சமன்பாட்டின் மூலம் கணிக்கப்படும் சிக்கலான மின்மறுப்புத் திட்டமானது படம் 1இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. மின்தேக்கியின் அதிர்வெண் சார்ந்த சார்புடைய மின்மறுப்பு, படம் 1 இன் முழு சுற்று வட்ட சுற்றமைப்பு குறைந்த அதிர்வெண் வரம்புகளை விட எளிமையான சமனி சுற்றுகளை குறைக்கிறது. அதிக அதிர்வெண்களில், மொத்த எதிர்ப்பு மற்றும் மின்தேக்கத்தின் மின்மறுப்பு அதே அளவு  $1/\omega C_e \approx R_b$  இருக்குமானால் ஒட்டுமொத்த எதிர்ப்பும், மின்தேக்கமும் ஒட்டுமொத்த மின்மறுப்புக்கு கணிசமாக பங்களிப்பு செய்கின்றன, அதே சமயம் மின் மின்தேக்கின் மின்மறுப்பு,  $C_e$  குறைவாக உள்ளது ( $C_e \approx 10^{-6} C_b$ ). எனவே உயர் அதிர்வெண்களில், சமனி சுற்று,  $R_b C_b$  இணை கலவையை குறைக்கிறது, இது சிக்கலான மின்மறுப்பு வளையத்தில் அரை வட்டத்தை பெறுகிறது. குறைந்த அதிர்வெண்களில்  $1/\omega C_e \ll R_b$  மற்றும்  $C_b$  மின்மறுப்புக்கு ஒரு குறைவான பங்களிப்பை அளிக்கிறது, அதற்கு சமமான வட்டமானது  $R_b$  மற்றும்  $C_e$  ஆகியவற்றின் தொடர் சுற்று மின்மறுப்பை குறைத்து செங்குத்துகோடாக  $R_b$  -ன் அச்சில் அமைகிறது. எனவே குறை அதிர்வெண்ணில் சமனி சுற்றின் மின்தேக்கியளவு  $C_e$ -யை மட்டுமே பெற்றிருக்கும். தொடராக இருப்பதிலிருந்து, மொத்த மின்மறுப்புக்கான சமன்பாடு  $C_e$  மற்றும் இணைச்சுற்று RC இவற்றின் மின்மறுப்புகளின் கூடுதலிலிருந்து பெறப்படுகிறது.

$$Z_{total}^* = R_b \left[ \frac{1}{1 + (\omega R_b C_b)^2} \right] - j \left( R_b \left[ \frac{\omega R_b C_b}{1 + (\omega R_b C_b)^2} \right] + \frac{1}{\omega C_e} \right)$$

பொதுவாக உயர் அதிர்வெண், மின்பகுளியின் தன்மைகளை கொடுக்கிறது. உதாரணமாக, அதிக அதிர்வெண் அரைவட்டம் மொத்த மின் எதிர்ப்பை  $R_b$  யாக அளிக்கிறது, மேலும்  $\omega_{max} R_b C_b = 1$  இலிருந்து  $R_b$  மற்றும்  $\omega_{max}$  மின்தேக்கி  $C_b$  என அறியப்படுகிறது. குறை அதிர்வெண் பகுதி கேரியர்கள் பற்றிய

தகவல்களை குத்துக்கோட்டின்  $C_e = 1/Z\omega$  மூலம் தருகிறது. மொத்தத்தில், கலத்தின் அனைத்து அடிப்படை மின் பண்புகளின் அளவு முழு மின்மறுப்புத் தரவுகளிலிருந்து பெறப்படலாம். குறிப்பாக,  $R_b$  மின்பகுளியின் செயல்திறன் எதிர்திசை மின்னோட்டத்தின்

மின்தடையை குறிக்கிறது, எனவே இரண்டு தடுப்பு மின்னோட்டங்களுக்கு இடையில் ஒரு பல்பகுதிய மின்பகுளியை வைப்பதன் மூலம், எதிர்திசை மின்னோட்டத்தின் கடத்தலானது எளிதில் தீர்மானிக்கப்படுகிறது [23]



படம்.1. சமனிச் சுற்று

தயாரிக்கப்பட்ட மின்பகுளிகளின் அயனி கடத்துதிறன் அளவீடுகள் இரண்டு நிலைகளில் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன, முதலாவதாக பல்பகுதியம், வெண்களிப்பாறை மற்றும் வெண்களிப்பாறை லித்தியம் உப்பு கலப்பு ஆகியவை உட்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இந்த மாதிரிகள் முறையே கேஏ3, கேஏ4, மற்றும் கேஏ5, (படம்-2) பெயரிடப்பட்டுள்ளது, முதல் இரண்டு மின்பகுளிகளும்  $10^{-5}$  சீ.செ.மீ<sup>-1</sup> வரிசையில் கடத்துதிறனும் மூன்றாவது  $10^{-6}$  சீ.செ.மீ<sup>-1</sup> கடத்துதிறனும் கொண்டுள்ளது.

நெகிழாக்கிகளின் பங்களிப்பு அயனி கடத்துதிறனில் எந்த மாற்றத்தையும் ஏற்படுத்தவில்லை மாறாக வெண்களிப்பாறை நிரப்பி கலந்ததன் விளைவாக லித்தியம் உப்பின் Li<sup>+</sup> நேர் அயனி மற்றும் எதிர் அயனியாக பிரிந்து கடத்து திறனின் வரிசை மதிப்பு கூடுகிறது. களிமண் நிரப்பி பல்பகுயத்தின் சுருள்களில் கலந்து அயனி சேர்தலை தடுத்து அதிகமான Li<sup>+</sup> நேர் அயனி கடத்தலை உறுதி செய்கிறது மேலும் மொத்தமான எதிர் அயனிகளை முழுவதுமாக தடுத்து ஒரே அயனி பாதையை உருவாக்குகிறது.

குறியீடு	பல்பகுதியம் (PVdF-co-HFP) wt%	வெண்பகுளிப்பாறை (KAOLINITE) wt%	லித்தியம் உப்பு (LIBETI) wt%	நெகிழாக்கி (EC : DMC)wt%	அயனி கடத்துத்திறன் சீ.செ.மீ <sup>-1</sup>
கேஏ1	25	0	0	0 : 0	-
கேஏ2	25	5	0	0 : 0	-
கேஏ3	25	5	5	0 : 0	$1.05 \times 10^{-5}$
கேஏ4	25	5	5	35 : 0	$4.38 \times 10^{-6}$
கேஏ5	25	5	5	32.5 : 32.5	$1.97 \times 10^{-5}$
கேஏ6	25	0	5	35 : 35	$1.01 \times 10^{-4}$
கேஏ7	25	1.5	5	34.25 : 34.25	$6.66 \times 10^{-5}$
கேஏ8	25	3	5	33.5 : 33.5	$3.08 \times 10^{-4}$
கேஏ9	25	4.5	5	32.75 : 32.75	$2.35 \times 10^{-4}$
கேஏ10	25	6	5	32 : 32	$1.54 \times 10^{-4}$
கேஏ11	25	7.5	5	31.25 : 31.25	$5.6 \times 10^{-6}$

அட்டவணை-1: மின்பகுளியில் கலவை பொருட்களின் அளவு மற்றும் அதன் அயனி கடத்துதிறன்

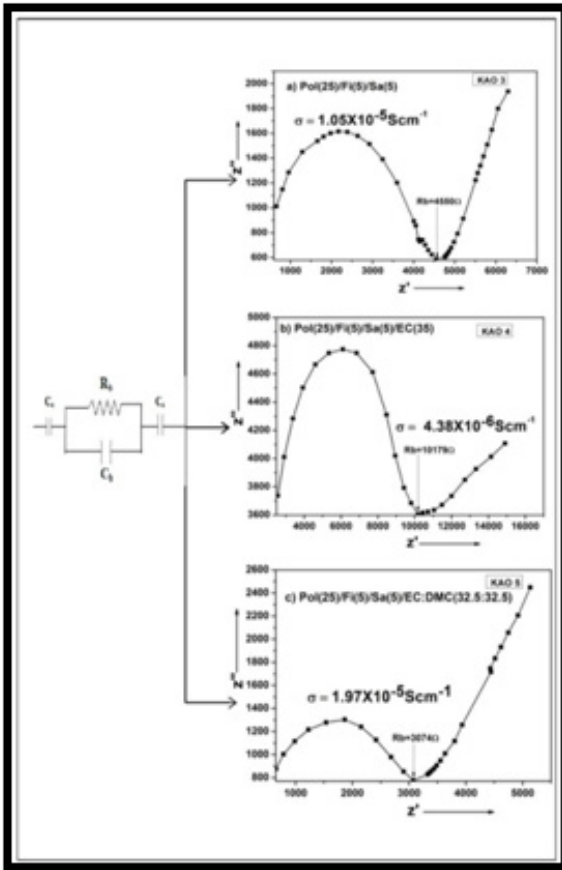
அட்டவணை-1: மின்பகுளியில் கலவை பொருட்களின் அளவு மற்றும் அதன் அயனி கடத்துதிறன்

இரண்டாவது நிலையில் பல்வேறு எடை சதவீதத்தில் நிரப்பி/நெகிழாக்கிகள் மாற்றப்பட்டு மின்பகுளிகள் முறையே கேஏ6, கேஏ7, கேஏ8, கேஏ9, கேஏ10 மற்றும் கேஏ11 தயாரிக்கப்பட்டது. பல்பகுதியம்/லித்தியம்உப்பு/நெகிழாக்கி/நிரப்பி ஆகியவைகளின் மொத்த எடை 100% எடுத்து கொள்ளப்பட்டது.

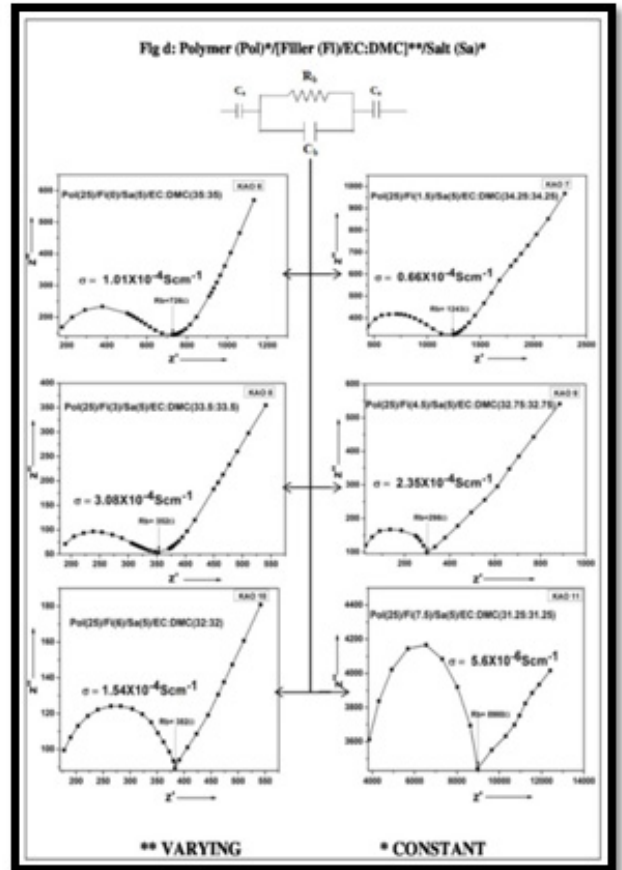
(அட்டவணை-1). வெண்பகுளிப்பாறை கலவாத மின்பகுளியின் கடத்துதிறனின் வரிசை மதிப்பு  $10^{-4}$  சீ.செ.மீ<sup>-1</sup>, என இருந்தது, ஆனால் நானோ களிமண் நிரப்பி கலந்தவுடன் வரிசை மதிப்பு  $10^{-5}$  சீ.செ.மீ<sup>-1</sup> என குறைந்தது (படம்-3). மேலும் நானோ களிமண்ணின் அளவு 1.5 எடை சதவீதம் என கலந்தபோது மீண்டும் கடத்துதிறன்

மதிப்பு  $10^{-4}$  சீ.செ.மீ<sup>-1</sup> உயர்ந்தது. இன்னும் அதிகமாக 6 எடை சதவீதம் அளவுக்கு சேர்த்த போது மென்மேலும் கடத்துதிறன் குறைகிறது. பல்பகுதியத்தில் உள்ள Li<sup>+</sup> அயனிகள் அளவே இந்த கூடுதல் மற்றும் குறைதலுக்கு காரணமாக அமைகிறது. பல்பகுதிய மின்பகுளி சவ்வில் இருக்கும் Li<sup>+</sup> நேர் அயனிகள் அளவு, படிப்படியாக கூட்டப்படும் நிரப்பிகளின் அளவை சார்ந்தே அமைகிறது, மேலும் சவ்வின் கட்டமைப்புக்கு இதில் பங்கு இல்லை. பல்பகுதியத்தின் துருவ

குழுக்கள் மற்றும் நிரப்பியின் மேற்பரப்பில் உள்ள மின்னூட்டங்கள் இடையேயான கலப்பின் காரணமாகவே நானோ களிமண் இல்லாத மின்பகுளி  $10^{-4}$  சீ.செ.மீ<sup>-1</sup> கடத்துதிறனையும், படிப்படியாக நானோ களிமண் அளவை கூட்டும் போது கடத்துதிறனின் அளவு  $10^{-5}$  சீ.செ.மீ<sup>-1</sup> குறைந்து மீண்டும் நிரப்பியின் எடை சதவீதம் 1.5 என இருக்கும் போது  $10^{-4}$  சீ.செ.மீ<sup>-1</sup> அளவு கூடுகிறது.[24].



படம் 2. நேர் திசை மின்மறுப்பு  
அ) கேஏ3 ஆ) கேஏ4 இ) கேஏ5



படம் 3. நேர் திசை மின்மறுப்பு  
அ) கேஏ6 ஆ) கேஏ7 இ) கேஏ8 ஈ) கேஏ9  
உ) கேஏ10 ஊ) கேஏ11

#### 4. முடிவுகள்

இந்த ஆய்வில் நானோ களிமண் சுமார் 80–190 நா.மீ அளவில் நிரப்பியாக பயன்படுத்தப்பட்டு, திண்ம நெகிழாக்கிகள் மின்பகுளி சவ்வில் கலந்துள்ள வித்தியம் உப்பை வித்தியம் நேர் மற்றும் எதிர் அயனிகளாக பிரித்து, நிரப்பிகளின் குறுக்கீடு மற்றும் உரிதல் தன்மையால் பலப்பகுதியத்தின் பல பகுதிகளில் மின்னூட்டம் கடந்து செல்ல வழி அமைகிறது. மேலும் நிரப்பிகளின் இடைச்செருகலால் பலப்பகுதிய சங்கிலி தொடர்களின் இடையே இடைவெளி அதிகரிக்கிறது, இதன் காரணமாக

பலப்பகுதியத்தில் உள்ள  $Li^+$  நேர் அயனி உந்தப்பட்டு விரைவாக கடக்கிறது. நிரப்பிகளின் அளவு 3, 4.5, 6 மற்றும் 7.5 எடை சதவீதமாக இருக்கும் போது பலப்பகுதியத்தில் நானோ களிமண்ணின் குறுக்கீடு மற்றும் உரிதல் அதிகமாக இருப்பதால் பலப்பகுதியம் சுருங்கி அயனி கடந்துதிறனை குறைக்கிறது. ஆனால் 1.5 எடை சதவீதமாக இருக்கும் போது பலப்பகுதியத்தின் சங்கிலி தொடர் அமைப்பின் சுருக்கம் தடுக்கப்பட்டு  $Li^+$  நேர் அயனியின் பயணப்பாதை உந்தம் பெற்று அமைகிறது என்பதை இந்த ஆய்வு உறுதி செய்கிறது

#### 5. குறிப்புகள்

- [1]. Usuki A, Kojima Y, Kawasumi M, Okada A, Fukushima Y, Kurauchi T, Clay-Reinforced Epoxy Nanocomposites, J Mater Res 8 (1993)1185.
- [2]. Kojima Y, Usuki A, Kawasumi M, Okada A, Kurauchi T, Kamigaito O. Synthesis of nylon 6-clay hybrid by montmorillonite intercalated with  $\epsilon$ -caprolactam, J Polym Sci Part A Polym Chem 31 (1993) 983.
- [3]. Kojima Y, Usuki A, Kawasumi M, Okada A, Kurauchi T, Kamigaito O. One-pot synthesis of nylon 6-clay hybrid, J Polym Sci Part A Polym Chem 31 (1993) 1755.
- [4]. Liu L, Qi Z, Zhu X. Studies on nylon 6/clay nanocomposites by melt-intercalation process, J Appl Polym Sci 71 (1999) 1133.
- [5]. Lan T, Kaviratna D, Pinnavaia On the Nature of Polyimide-Clay Hybrid Composites. J. Chem Mater 6 (1994) 573.
- [6]. Gilman W, Morgan A, Giannelis P, Wuthenow M, Manias E. Flame retardancy 10th annual BBC conference proceedings; 1999. p. 1.
- [7]. Giannelis P. Polymer-layered silicate nanocomposites: Synthesis, properties and applications, Appl Organomet Chem 12 (1998) 675.
- [8]. Okada A, Kawasumi M, Usuki A, Kojima Y, Kurauchi T, Kamigaito O. In: Schaefer W, Mark E, editors. Polymer based molecular composites. MRS symposium proceedings, vol. 171. Pittsburgh; 1990. p. 45-50.
- [9]. Giannelis P. Polymer Layered Silicate Nanocomposites, Adv Mater 8 (1996)29.
- [10]. Giannelis EP, Krishnamoorti R, Manias E. Polymer-Silicate Nanocomposites: Model Systems for Confined Polymers and Polymer Brushes, Adv Polym Sci 138 (1999) 107.

- [11]. LeBaron PC, Wang Z, Pinnavaia TJ. Polymer-layered silicate nanocomposites: an overview, *Appl Clay Sci* 15 (1999) 11-29.
- [12]. Vaia RA, Price G, Ruth PN, Nguyen HT, Lichtenhan , Polymer/layered silicate nanocomposites as high performance ablative materials, *J. Appl Clay Sci* 15 (1999) 67-92.
- [13]. Chung KY, Kim KB. Investigations into capacity fading as a result of a Jahn-Teller distortion in 4V LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> thin film electrodes. *Electrochim Acta* 49 (2004) 37-3327
- [14]. Gilman JW. Characterization of polymer-layered silicate (clay) nanocomposites by transmission electron microscopy and X-ray diffraction: A comparative study, *Appl Clay Sci* 15 (1999) 31.
- [15]. Guangchao Li, Zhaohui Li, Peng Zhang, Hanping Zhang, and Yuping Wu. Research on a gel polymer electrolyte for Li-ion batteries, *Pure Appl. Chem.*, Vol. 80, No. 11, (2008) pp. 2553-2563.
- [16]. Sall K. Preparation of polymer-clay nanocomposites and their properties, *Eur Plast News* March 14, 2002.
- [17]. Messersmith PB, Giannelis EP. Synthesis and barrier properties of poly( $\epsilon$ -caprolactone)-layered silicate nanocomposites, *J Polym Sci Part A Polym Chem* 33 (1995) 1047.
- [18]. Gilman JW, Kashiwagi T, Lichtenhan , Flammability Properties of Polymer-Layered-Silicate Nanocomposites. Polypropylene and Polystyrene Nanocomposites. *J. SAMPE* 33 (1997) 40.
- [19]. Dabrowski F, Bras L, Bourbigot S, Gilman JW, Kashiwagi T, *Proceedings of the Eurofillers*, vol. 6. France: Lyon-Villeurbanne; 1999. p. 9.
- [20]. Bourbigot S, LeBras M, Dabrowski F, Gilman JW, Kashiwagi T. The Use of Clay in an EVA-Based Intumescent Formulation. Comparison with the Intumescent Formulation Using Polyamide-6 Clay Nanocomposite As Carbonisation Agent, *Fire Mater* 24 (2000) 201.
- [21]. Gilman JW, Jackson CL, Morgan AB, Harris R, Manias E, Giannelis EP, Polymer/Layered Silicate Nanocomposites from Thermally Stable Trialkylimidazolium-Treated Montmorillonite, *Chem Mater* 12 (2000) 1866.
- [22]. Djongoue, Daniel Njopwouo, FT-IR Spectroscopy Applied for Surface Clays Characterization, *Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology*, 3 (2013) 275-282.
- [23]. MacCallum J.R, Vincent C.A, *Polymer electrolytes reviews*, Elsevier, New York, 1987. Page no. 248-254.
- [24]. Priya L, Jog J. P Poly(vinylidene fluoride)/Clay Nanocomposites Prepared by Melt Intercalation: Crystallization and Dynamic Mechanical Behavior Studies *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*, Vol. 40, (2002) 1682-1689.

# புற்றுநோய்க்கான சிறந்த சிகிச்சையில் ஆற்றல்மிக்க அயனிகள் – ஹாட்ரான் சிகிச்சை

ஆர்.கே பண்டாரி

இண்டர் யுனிவர்சிட்டி முடுக்கி மையம், புது தில்லி – 110067

மின்னஞ்சல்: Rakeshbhandari808@gmail.com

மொழிபெயர்ப்பு : **கி. குணசேகரன்**,

சென்னை பல்கலைக்கழகம்.

## அறிமுகம் :

அணு, அதன் எளிய வடிவத்தில் எலக்ட்ரான்கள் சுழற்சியைக் கொண்டு மையக்கரு என்றழைக்கப்படும் அணுக்கரு மையத்தைக் கொண்டிருக்கின்றன. அணுவிலிருந்து எலக்ட்ரான்களை நாம் அகற்றினால், அதன் விளைவான அயனியாக மாற்றம் அடைகிறது. அணுவின் எல்லா எலக்ட்ரான்களும் அகற்றப்பட்டால் அணுவானது மையக்கருவாகவே மாறி முற்றிலும் நேர்மறை கொண்டதாகிறது. ஒரு மின் புலத்தில் உள்ளே வைத்தால் அது முடுக்கம் அடைந்து அதிவேக மற்றும் அதி ஆற்றலை பெறுகிறது. அணுவின் பரிமாணம் angstrom (ஒரு சென்டி மீட்டரின் நூறு மில்லியனில் ஒரு பங்கு) அளவு கொண்டதாகவுள்ளது. அதே நேரத்தில் அணுக்கரு 100,000 மடங்கு மேலும் சிறியதாகும். அதனை விடவும், எலக்ட்ரானானது 1000 மடங்கு சிறியது. எனவே, இவை அனைத்தும் மனித கண்ணுக்கு தெரியாதவைகளாக அமைகின்றன. அயனிகள் அல்லது எலக்ட்ரான்களை துரிதப் படுத்துவதற்கு பயன்படுத்தப்படும் கருவிகள் அல்லது சாதனங்கள் முடுக்கிகள் என

அழைக்கப்படுகின்றன. அயனி முடுக்கிகள், 1930களின் முற்பகுதியில் லித்தியம் அணுக்களின் எலக்ட்ரான்களின் மேகம் வழியாக ஊடுருவி, அதன் கருவை தாக்க சக்திவாய்ந்த புரோட்டான்களை உற்பத்தி செய்ய கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. புகழ்பெற்ற விஞ்ஞானி லார்ட் ரூதர்ஃபோர்ட் அணுக்கருவை உடைத்து அதன் அமைப்பை அறிய விரும்பினார். இதை செய்ய, அவரது மாணவர்கள் Cockcroft மற்றும் Walton இணைந்து முடுக்கியை உருவாக்கினர். அணு மற்றும் ஏனைய பருப்பொருள்களின் கட்டமைப்பை ஆராய அமைந்த முடுக்கிகளின் முக்கியத்துவத்தை விஞ்ஞானிகள் உணர்ந்தனர். புரோட்டான்களைக் காட்டிலும் 2000 மடங்கு இலகுவான எலக்ட்ரான்களுக்குமான முடுக்கிகள் வடிமைக்கப்பட்டன. அது முதலே, 42,000க்கும் அதிகமான முடுக்கிகள் இந்தியா உள்ளிட்ட பல்வேறு நாடுகளில் ஏற்பட்டுத் தரப்பட்டு அவற்றின் தொழில்நுறை மற்றும் மருத்துவ பயன்பாடுகள் குறித்த பலதரப்பட்ட ஆய்வுகள் செய்யப்பட்டன. முடுக்கிகள் வெவ்வேறு அளவுகளில் உள்ளன. ஒரு சிறிய ஒரு அறையில் பொருத்தலாம். இதுவரை உருவாக்கப்பட்டதில், மிகப்பெரிய ஹாட்ரோ காலர் (LHC) என்பதே

பெரியது. இது ஒரு கண்டுபிடிப்பு இயந்திரமாக உள்ளது. இது ஜெனீவாவில் பிரபலமான CERN ஆய்வகத்தில் சுமார் 3.8 மீட்டர் விட்டம் மற்றும் 27 கிமீ சுற்றளவுள்ள நிலத்தடி சுரங்கத்தில் அமைந்துள்ளது.

### புற்றுநோய் சிகிச்சையில் கதிர்வீச்சு:

இந்த கட்டுரையில், மருத்துவ விஞ்ஞானத்தில் குறிப்பாக புற்றுநோய் சிகிச்சையில் வெற்றிகரமாக நிரூபிக்கப்பட்ட முடுக்கிகளின் பயன்பாடு பற்றி அறிவோம். புற்றுநோய் செல்களை அழிப்பதற்கு, X- கதிர்கள் அல்லது காமா கதிர்கள் அல்லது ஆற்றல் துகள்கள் போன்ற அயனியாக்க மின்காந்த கதிர்வீச்சிற்கு அவற்றை உட்படுத்தும் உத்தி பயன்படுத்தப்படுகிறது. உலகில் 12,000க்கும் அதிகமான குறிப்பாக இந்தியாவில் 200 எலக்ட்ரான் முடுக்கிகள், மருத்துவமனைகளில் புற்றுநோய் சிகிச்சையில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. பல நாடுகளில், எலக்ட்ரான் முடுக்கிகள், தங்கள் உயர்ந்த செயல்திறன் மற்றும் செயல்பாட்டு மற்றும் கையாளுதல் ஆகியவற்றின் அடிப்படையில், கோபால்ட் -60, சிசியம் -13 போன்ற வழக்கமான ரேடியோஐசோடோப்களைப் பயன்படுத்துகின்ற சிகிச்சை வசதிகளை முழுமையாகப் பயன்படுத்துகின்றன. அதிமுடுக்கம் பெற்ற எலக்ட்ரான்கள் ஒரு கனரக உலோக இலக்கின் மீது மோதலெய்து ஆற்றல் கதிர்கள் உருவக்கப்படுகின்றன. ரேடியோ ஐசோடோப்கள் இயற்கையாகவே அவற்றை இயல்பாகவே வெளியிட்டாலும், அவற்றை கையாளுதல் மற்றும் சேமிப்பதில் பல சிக்கல்கள் உள்ளது குறிப்பிடத்தக்கது. ஒட்டுமொத்த செயல்திறனும் குறைவாக உள்ளதும் குறிப்பிடத்தக்கது. கதிர்வீச்சு மூலம் புற்றுநோய்க்கு முதன் முதலாக நவம்பர் மாதம் 24 தேதி முதல் டிசம்பர் 3 ஆம் நாள் வரை பிரஞ்சு வைத்தியரால் சிகிச்சை மேற்கொள்ளப்பட்டது. மறுபுறம், 1956 ஆம் ஆண்டில் ஹென்றி கப்லான் அவர்களால், ஸ்டான்போர்டில் உருவாக்கிய ஒரு எலக்ட்ரான் முடுக்கி ஒரு 2 வயது சிறுவனின் விழித்திரையில் ஏற்பட்ட ரெட்டிணோ-பிளாஸ்டோமாவை (ஒரு அரிய வீரிய கட்டி)

அழிக்க வெற்றிகரமாக பயன்படுத்தப்பட்டது

X-கதிர்கள் மற்றும் காமா கதிர்கள் உடலின் வழியாக ஊடுருவி, புற்று நோய் கட்டியை அடைந்து அழிக்கும் அதே நேரத்தில் நல்ல திசுக்களையும் அழித்தலும் நோக்கிறது. கட்டிகளின் அருகில் உள்ள உறுப்புகளின் ஆரோக்கியமான செல்களை அழிப்பதனால் நீண்டகால பக்க விளைவுகளை ஏற்படுத்துகிறது. விரிவான ஆய்வுகள் மற்றும் பரிசோதனையின் விளைவாக, சிகிச்சையளிக்க எலக்ட்ரான் முடுக்கிகள் பயன்படுத்தும் உத்தியை நிபுணர்கள் உருவாக்கி பயன்படுத்துகின்றனர். எனினும், மேலும் பல சிக்கல்கள் கணிசமான அளவிற்கு உள்ளது.

### ஹாட்ரான் சிகிச்சை முறை:

மின்காந்த கதிர்வீச்சிற்குப் பதிலாக ஆற்றல் அயனிகளை சிகிச்சைக்காக பயன்படுத்தினால் இந்தச் சிக்கல் மிகவும் குறிப்பிடத்தக்க வகையில் குறைக்கப்படும் அல்லது கிட்டத்தட்ட அகற்றப்படும். இந்த அயனிகள் உடலின் பொருளுடன் தொடர்பு கொண்டிருக்கும் தன்மையை ஆராயும்போது, அவை தங்கள் ஆற்றல் முழுவதையும் தான் நிறுத்தப்படும் இடத்தில் சுற்றியுள்ள மிக குறுகலான பகுதியில் செலுத்துகிறதை உணரலாம். இது பிராக் உச்சம் (Bragg's peak) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்த உச்சம் கட்டி அமைவிடத்தில் நடக்கும்போது புற்றுக்கட்டிக்கு பெரும் சேதம் ஏற்படும். X-கதிர்கள் அல்லது காமா கதிர்கள் கட்டிக்கு செல்லும் வழியில் இருக்கும் ஆரோக்கியமான செல்களுக்கு சிறிய சேதத்தை ஏற்படுத்துகிறது. பாதிக்கப்பட்ட அந்த ஆரோக்கியமான செல்கள் விரைவாக தங்களைத் தாங்களே பழுதுபார்த்து கொள்கின்றன. செலுத்தப்படுகின்ற ஆற்றல் 'டோஸ்' அடிப்படையில் வகைப்படுத்தப்படுகிறது. அயனிகளின் ஆற்றலை மாற்றுவதன் மூலம், பிராக்கின் உச்சத்தை கட்டியின் மீதே அமையுமாறு செய்யமுடியும். அயனிகளை காந்தங்களைப் பயன்படுத்தி பக்கவாட்டாக திருப்பி கச்சிதமாக கட்டியின் முழு அளவும் மூடப்படும்படி (painting) செய்து கட்டியின்

அனைத்து புற்றுநோய் செல்களும் அழியுமாறு செய்யலாம். அமெரிக்கா, ஜப்பான் மற்றும் ஐரோப்பிய நாடுகளில் உள்ள பல முடுக்கி ஆய்வகங்கள் பல ஆண்டுகளாக பெரும் முயற்சிகளை மேற்கொண்டு மனிதர்களுக்கு பாதுகாப்பான சிகிச்சையாக இந்த நுட்பத்தை உருவாக்கி இருக்கின்றன.

ஆரம்பத்தில், இத்தகைய முன்னேற்றங்கள் அடிப்படை அணுசக்தி இயற்பியல் அல்லது உயர் ஆற்றல் இயற்பியல் ஆய்வுகளுடன் ஆய்வுகூடங்களில் நடந்தது. பின்னர், சில முடுக்கி நிலையங்கள் புற்றுநோய் சிகிச்சை மற்றும் அதன் தொடர்புடைய ஆராய்ச்சிக்கு மட்டுமே பயன்படுத்தப்பட்டன. கடந்த 25-30 ஆண்டுகளில், குறிப்பாக மேம்பட்ட நாடுகளில் பெருமளவிலான முடுக்கிகள் அர்ப்பணிப்பு வசதிகளாக (dedicated facilities for cancer research), அமைக்கப்பட்டுள்ளன. அணுக்கரு இயற்பியல் ஆராய்ச்சிக்காக ஆரம்பிக்கப்பட்ட சில முடுக்கிகளும் ஹெட்ரான் சிகிச்சை வசதிகளுக்கு மாற்றப்பட்டுள்ளன. ஹீலியம், கார்பன், ஆக்ஸிஜன் போன்ற அணுக்களின் புரோட்டான்கள் மற்றும் அணுக்கருக்கள் (அயனிகள்), போன்ற அணுவின் பகுதி துகள்கள் (sub-atomic), ஹெட்ரான்கள் (hadrons) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. எனவே ஆற்றல்மிக்க புரோட்டான்கள் மற்றும் கனமான அயனிகளைப் பயன்படுத்தி செய்யப்படும் புற்றுநோய் சிகிச்சை ஹெட்ரான் சிகிச்சை முறை என குறிப்பிடப்படுகிறது.  $\pi$ -மெசான்களை ( $\pi$ -mesons) கொண்டும் புற்றுநோய் சிகிச்சை செய்யப்பட்டாலும், தற்போது வெகுவாக பயன்படுத்தப்படுவதில்லை.

பொதுவாக புரோட்டான்கள் மற்றும் கார்பன் அயனிகள் இந்த சிகிச்சையின் போது பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இந்த துகள்களுக்கு அதிக அதிக ஆற்றலை அளிக்க முடுக்கிகள் பயன்படுத்தப்பட்டு, அவற்றை உடலின் எந்த ஒரு பகுதியையும் ஊடுருவிச் செல்லவைகளாக மாற்றப்படுகின்றன. புரோட்டான்களின் ஆற்றல் அதிகரிப்புக்கு, 250 MeV (மில்லியன் எலக்ட்ரான்

வோல்ட்ஸ்) மற்றும் கார்பன் அயனிக்கு 4800 MeV மின்னாற்றல் தேவைப்படும். இந்த ஆற்றல் உயர்த்தப்பட்ட நிலையில் புரோட்டான்கள் மற்றும் கார்பன் அயனிகளின் வேகம், ஒளியின் வேகத்தில் முறையே 61% மற்றும் 72% கொண்டதாகிறது. எனவே பெரிய முடுக்கிகள் தேவைப்படுகின்றன. புரோட்டான் சிகிச்சைக்கு கிட்டத்தட்ட எல்லா சந்தர்ப்பங்களிலும், ஒரு சைக்ளோட்ரான் (cyclotron) அவசியமாகிறது. இருப்பினும், ஒரு இரட்டை அயனி வசதி (புரோட்டான் மற்றும் கார்பன் அயனி) தேவைப்படும்போது, synchrotron முடுக்கி அவசியமாகிறது என்பதால் 2 அல்லது 3 மடங்கு அதிக நிதி தேவைப்படுகிறது. கார்பன் அயனிகளுடனான சிகிச்சைகள் புரோட்டான்களுடன் ஒப்பிடும்போது உயர்ந்தவை என்று நிபுணர்களால் நம்பப்படுவதற்கு காரணம், கார்பன் அயனிகள் புரோட்டான்களுடன் ஒப்பிடும்போது புற்றுநோய் அணுக்களின் மீது கடுமையான சேதம் விளைவித்து அவை தம்மை தானே பழுது பார்க்கும் தன்மைகளை வெகுவாக குறைக்கிறது என்பதாலும் அதன் விளைவாக மீண்டும் புற்று வரும் வாய்ப்பு இல்லாமல் போவதாலும் ஆகும்.

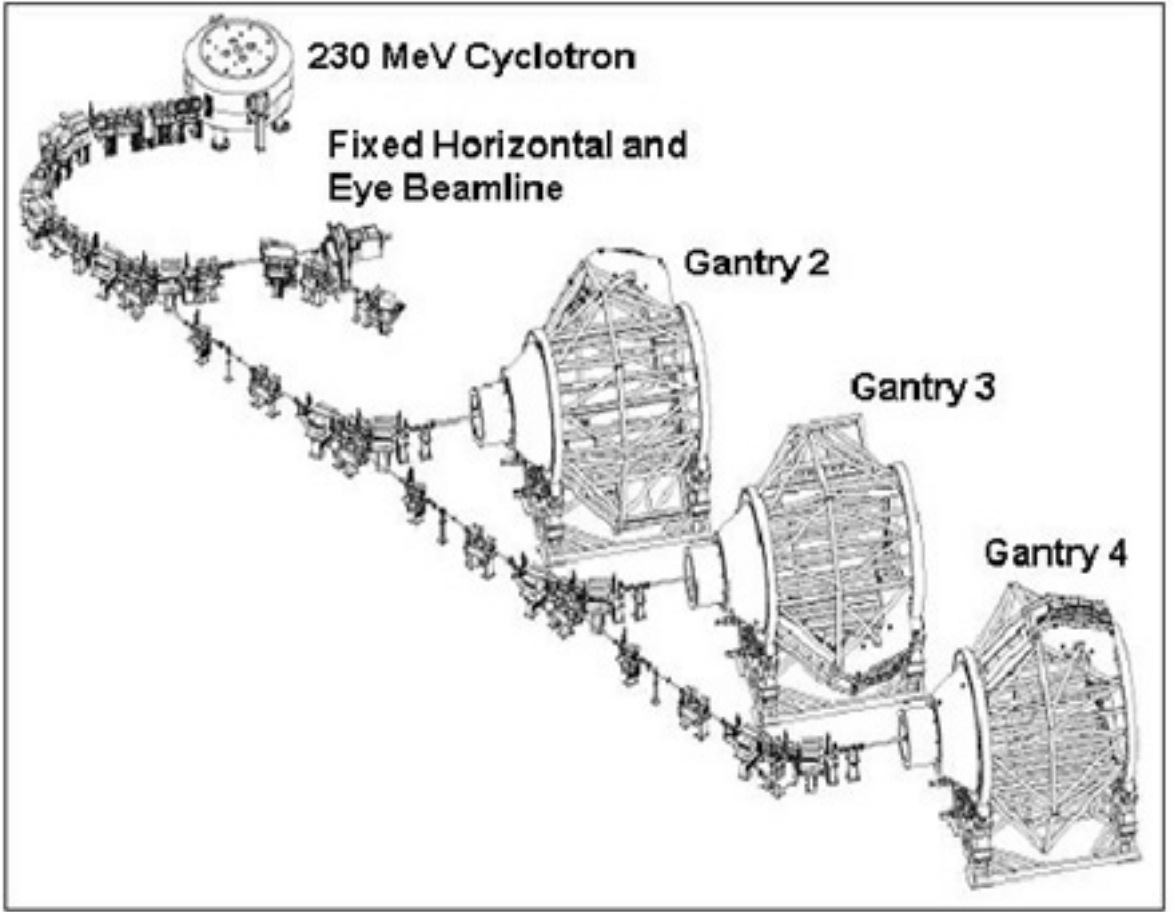
சில சமயங்களில், புரோட்டான்கள் மிகவும் பயனுள்ளதாக இருக்கும் என்பதும் அறியப்படுகிறது என்பதால் இரண்டுமே, வல்லுநர்களால் பரிந்துரைக்கப்படுகின்றன. புரோட்டான் வசதிகள் உலகில் அதிக எண்ணிக்கையில் இருப்பதற்கு, சிகிச்சை செலவு குறைவு என்பதும் ஒரு முக்கிய காரணம்.

### ஹெட்ரான் சிகிச்சையில் செலவு சிக்கல்கள்:

அயனிகளைப் பயன்படுத்தும் புற்றுநோய் சிகிச்சையின் மற்றொரு முக்கிய அம்சம் அதற்க்கான செலவு என்பதால் அது குறித்து ஆராய்வோம். முடுக்கி, நோயாளிக்கு வழங்கப் பட வேண்டிய ஆற்றல்மிக்க அயனிகளை தொடர்ச்சியாக உற்பத்தி செய்து அதை ஒரு ஆற்றல் கற்றை (beam)யாக அளிக்கிறது. கண், தலை மற்றும் கழுத்துப் பகுதிகள் ஆகியவற்றின்

புற்றுநோய்க்கான சிகிச்சையின் போது நோயாளி ஒரு நாற்காலியில் அமர வைத்து ஆற்றல் கற்றை செலுத்துவது எளிதானது. உடம்பின் உள்ளே உள்ள புற்றுக்கான சிகிச்சையின் போது நோயாளியை படுக்க வைக்கவேண்டும். நோயாளி ஒரு நிலைமாற்று படுக்கையில் படுக்கவைத்து ஆற்றல் அயனி கற்றை பல திசைகளில் இருந்தும் செலுத்த வசதி செய்யப்படுகிறது. கற்றை செலுத்து பகுதி ஒரு நகரும் அடிச்சட்டம் (Gantry) மீது அமைந்துள்ளது. தேவையான எல்லா செயல்களையும் துல்லியமாக நிறைவேற்றுவதற்கு, gantry-ன் வடிவமைப்பு மற்றும் கட்டுமானம் மிகவும் சிக்கலானதாக அதே நேரத்தில் மேம்பட்டதாக

வடிவமைக்க பட்டிருக்கிறது. புரோட்டான்கள் செலுத்தும் gantry, சுமார் 100 முதல் 130 டன்கள் வரையும் கார்பன் அயனிக்கு 600 டன் அளவுக்கும் இருக்கும். குறிப்பிட்டுள்ளபடி, நோயாளி சிகிச்சை பெரும்போது, அசையாமலும் தளர்வாகவும் 30 அல்லது 45 நிமிடங்கள் இருக்க வேண்டும். இது காத்திருக்கும் மற்றும் சிகிச்சை நேரம் உள்ளடக்கியது. மொத்த முடுக்கிசெலவில், 30 முதல் 40% வரை பயவேசல எண்ணிக்கை பொறுத்து அமைகிறது. ஒவ்வொரு gantry-யும் ஒரு நோயாளிக்கு சிகிச்சை அளிக்க பயன்படுவதால் அவை ஒவ்வொன்றும் ஒரு சிகிச்சை அறை (படம் 1) தேவைப்படுகிறது.



படம் 1: பல சிகிச்சை அறைகளுடன் ஒரு புரோட்டான் தெரபி வசதி அமைப்பின் வடிவமைப்பு. நோயாளி gantry மையத்தில் உள்ளது.

ஒரு முடுக்கியை அமைக்க, பல gantryக்கள், கற்றை உருவாக்கு கலங்கள், சிகிச்சை அறைகள், ஆராய்ச்சி வசதிகள், மருத்துவ சேவைகள், இயந்திரங்களுக்கு சிறப்பு சேவைகள், நிர்வாக அமைவு போன்றவை தேவைப்படுவதால், கட்டிடத்தின் தடம் மிகப்பெரியதாக இருக்கும். கூடுதலாக, உயர் ஆற்றல் அயனி கற்றைகள் உருவாக்கி மற்றும் எடுத்துச்செல்லும் முனையம் மற்றும் இதர பகுதிகள், கதிரியக்க பாதுகாப்புக்காக கடுமையான தடுப்புகளுடன் அமைக்க வேண்டும். இதன் விளைவாக, மொத்த முடிக்கியின் அமைப்பு செலவில் கட்டட செலவே 25 முதல் 30% கொண்டதாகிறது.

ஹாட்ரான் சிகிச்சை இப்போது ஒரு நிரூபிக்கப்பட்ட மருத்துவ முறையாகும். இருப்பினும், செலவுகளை குறைக்கவும், சிகிச்சையின் துல்லியத்தை அதிகரிப்பதற்கும் பல புதிய நுட்பங்களும், உபகரணங்களும் கண்டுபிடிக்க அல்லது மாற்றியமைக்க வேண்டி உள்ளன. இது ஒரு வலுவான பன்முக (multi-disciplinary) ஆராய்ச்சி நடவடிக்கையின் வாயிலாகவே சாத்தியம் ஆகும். உலகெங்கிலும் இத்தகைய நடவடிக்கைகளில், பல ஆராய்ச்சி குழுக்கள், வார்த்தக குழுக்கள் ஈடுபட்டுள்ளன. முந்தைய பத்திகளிலிருந்து, Gantryகளே நிதி சமையை உயர்த்துவதற்கான ஒரு முக்கியக்கூறு என்பதை உணர முடியும்.

பெரும்பாலும், அறை வெப்பநிலை காந்தங்கள் (வழக்கமான) ஆற்றல் நிறைந்த அயனிகளைப் வழிகாட்டவும் நோயாளிகளுக்கு பரிமாறவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அத்தகைய காந்தங்கள் மிகப்பெரியது மற்றும் கனமானவை என்பதால் மொத்த கருவி அமைப்பு மேலும் சிக்கலாகிறது. காப்பன் மற்றும் பிற கடுமையான அயனி கற்றை பயன்பாடிற்கு சிக்கல் மேலும் கூடுகிறது. அதிகடத்து காந்தங்கள் (superconducting) பயன்பாடு (இலகுவாகவும், குறைந்த சக்தி தேவைப்படுவதாகவும் உள்ளன) ஒரு தீர்வு கொடுக்குமானாலும் பிற தொழில்நுட்ப சமையை கொண்டதாகிறது. இருப்பினும், சமீபத்தில் சில

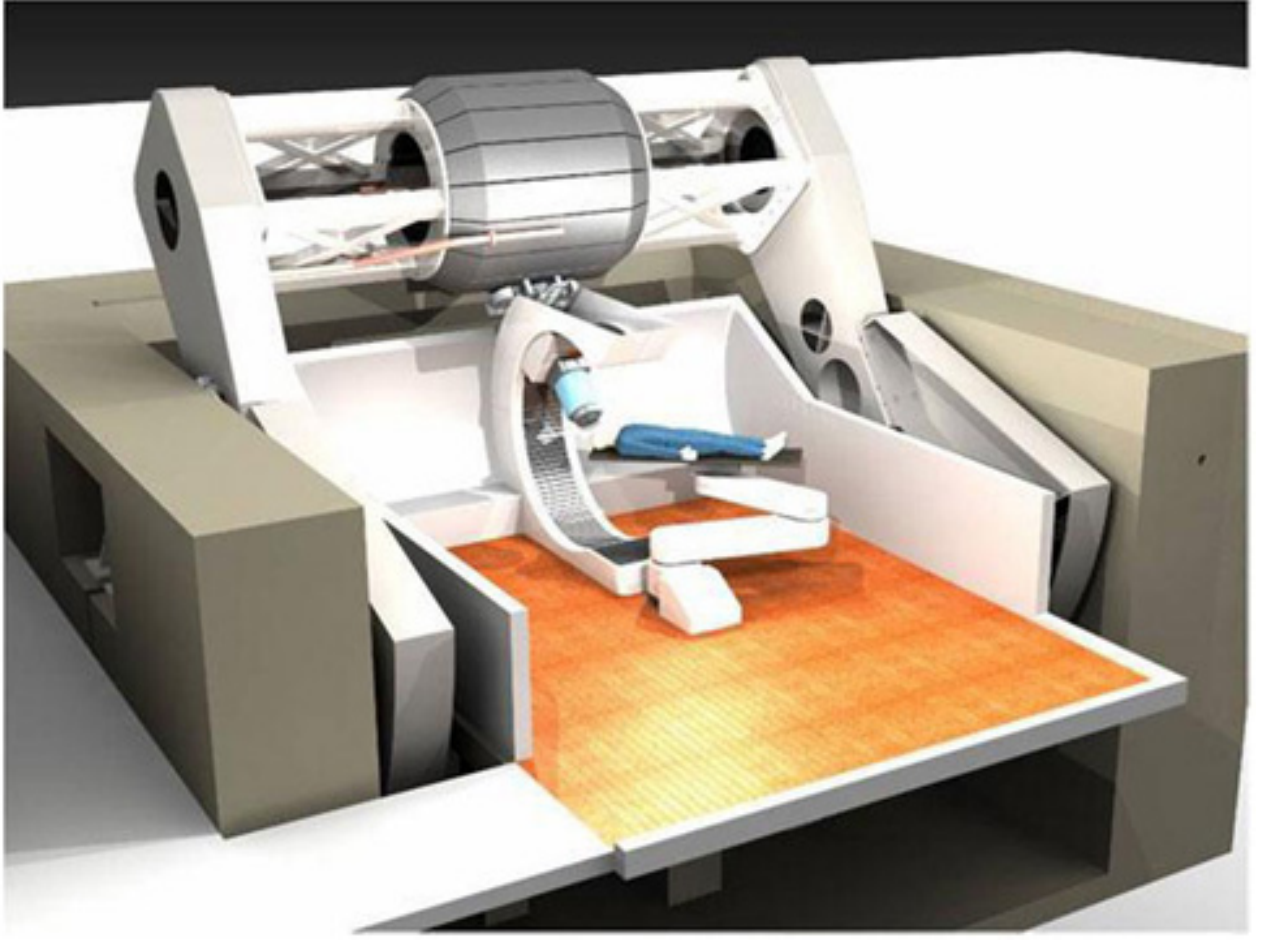
குழுக்கள் வெற்றிகரமாக அவற்றை gantry-க்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அயனி துரித வேக மாற்று (FFAG) ஒளியியல் சாதனங்களை கொண்டு அதிகடத்து காந்தங்களின் செயல்பாடுகளை எளிதாக்குகின்றனர். ஆயினும் கூட, பெரும்பாலான நிபுணர்கள் மருத்துவமனைகளில் எளிமையான மற்றும் நம்பகமான தொழில் நுட்பங்களைப் பயன்படுத்துவதை முக்கியமானதாக பரிந்துரைக்கின்றனர்.

## ஒற்றை அறை சிகிச்சை முறை:

இவற்றிற்கு மாறாக முடுக்கியே நோயாளிக்கு நேரடியாக அயனி கற்றையை செலுத்துவது ஒரு சிறந்த தீர்வாகும். இதன்மூலம் கற்றை விநியோக அமைப்பு மற்றும் அதனுடன் இணைந்த காந்தியின் பெரும்பகுதி தேவைப்படாது. இந்த முறையில், முடுக்கி ஒரு தானியங்கி ரோபோ படுக்கை மீது உள்ள நோயாளியை சுற்றி சுழன்று துரித வேகமான அயனிகளை பல்வேறு கோணங்களில் இருந்து நோயாளிக்கு வழங்க முடியும். ஒரே ஒரு சிகிச்சை அறை மட்டுமே இதற்கு போதுமானதாக இருக்கும் என்பதால் ஒட்டுமொத்த செலவு கணிசமாக குறைகிறது.

ஒற்றை அறை சிகிச்சை முறை (படம் 2) முதலில் அமெரிக்காவில் உருவாக்கப் பட்டது. தற்போது, பல ஒற்றை அறை வசதிகள் செயல்படுகின்றன.

இவ்வகை முடுக்கி, 250 MeV புரோட்டான் களை உருவாக்குவதற்கு ஒரு அதி கடத்து சின்க்ரோசைக்ளோட்ரான் ஆகும். இது 38 டன்கள் எடையைக் கொண்டிருக்கிறது, இது சாதாரண புரோட்டான்களின் ஆற்றல் கொண்ட சாதாரண சைக்ளோட்ரானை விட பல மடங்கு குறைவு. இது ஒரு நிலையான ஆற்றல் இயந்திரம் என்பதால் குறைப்பான்களை கொண்டு விரும்பிய ஆற்றல் கொண்ட அயனிகளை உருவாக்க முடியும். அமெரிக்கா, டெட்ராய்டில் உள்ள ஹாப்பர் மருத்துவமனையில் அமைக்கப்பட்டிருந்த ஒரு நியூட்ரான் சிகிச்சை வசதியே இந்த முறையின் முன்னோடியாக அமைந்தது. இருந்தது. இது



படம் 2: புரோட்டான் தெரபிக்கு ஒரு ஒற்றை அறை சிகிச்சை வசதி.  
முடுக்கி தானாக நோயாளியை சுற்றி சுழலும்.

1989 இல் முதலில் இயக்கப்பட்டது. 50 MeV கொண்ட ட்டுற்றாங்களை (DEUTRON) தயாரிப்பதற்கான ஒரு சின்க்ரோசைக்ளோரன் பயன்படுத்தப்பட்டது. ஆகும், இது இரண்டாம் நிலை எதிர்வினை மூலம் சிகிச்சைக்காக நியூட்ரான்களை உற்பத்தி செய்தது. மற்றொரு புதுமையான ஒற்றை அறை சிகிச்சை வசதி, ஒரு பிரபலமான ஐரோப்பிய நிறுவனத்தால் உருவாக்கப்பட்டது. அது ரோபாடிக் படுக்கை மூலம் இணைந்திருக்கும் நோயாளியை சுற்றி 360 டிகிரி சுற்றையை செலுத்த பயன்படுகிறது.

ஒற்றை அறை சிகிச்சை தீர்வு, தற்போது புரோட்டான்களுக்கு மட்டுமே பொருந்தும். மேற்குறிப்பிட்டுள்ளபடி, கார்பன் மற்றும்

கனமான அயனிகளுக்கான முடுக்கம் ஒரு சின்க்ரோட்டான் ஆகும். அதன் கட்டுமானத்தின் இயல்பு காரணமாக நோயாளியை சுற்றி செல்ல முடியாது. அத்தகைய ஒரு வழக்கில் வழக்கமான Gantry-அடிப்படையிலான, பல அறை தீர்வு மட்டுமே சாத்தியம்.

### எதிர்கால திசைகளும் சவால்களும்:

ஒரு நகரும் அல்லது அசையும் கட்டிக்கான சிகிச்சை பல சவால்கள் கொண்டதாகிறது. இந்த பொதுவாக, கட்டி சுவாச மண்டலம் பகுதியில் இருக்கும் போது ஏற்படுகிறது. சுவசித்தலின் போது அசைவு அல்லது நகர்வு சில சென்டிமீட்டர் அளவுக்கு இருக்கலாம். ஆகையால், ஆற்றல் மிக்க அயனிகள் ஆரோக்கியமான திசுக்களின்

மீதும் தங்கள் ஆற்றலை செலுத்தும் அபாயம் அதிகமாக அமைகிறது. சிகிச்சையின் போது சுவாசக்குழலிகளை பயன்படுத்தி இத்தகைய அசையம் கட்டிகளை கையாள்கிறார்கள். கட்டிகளை 3-பரிமாண திசைகளில் இருந்தும், மொத்த அளவும் ஆற்றல் கதிர்களை பெறுமாறு முடிந்தவரை விரைவாகவும் செய்யவேண்டி உள்ளது. அயனி ஆற்றல் பண்பேற்றம் மூலமும், கணினி வழி திட்டமிடப்பட்ட ஸ்கேனிங் மூலமும் சாத்தியமாகிறது.

ஒரு சைக்ளோட்ரான் அல்லது சின்க்ரோட்ரான் கொண்டு இத்தகைய வழிமுறையை கையாள்வது திருப்திகரமாக அமைவதில்லை. இது முடுக்க செயல்முறை, அயனங்களின் கற்றை உற்பத்தி மற்றும் அயனி பண்பேற்றம் ஆகியவைகளில் உள்ள சிக்கலால் ஏற்படுகிறது. இத்தாலியில் பிரபலமான வல்லுநர்கள் குழு சைக்ளோட்ரானுடன் ஒரு நேர்கோட்டு முடுக்கி (linac-லினாக்)யை இணைத்து மேற்குறிப்பிட்டுள்ள சிகிச்சை முறைக்கான சாத்தியங்களை ஆராய்ந்துள்ளனர். சைக்ளோட்ரானானது தொடர்ச்சியான அயனிகளின் ஸ்டீம் அளிக்கக்கும் அதே நேரத்தில் ஒரு நேர்கோட்டு முடுக்கி 200 முதல் 300 ஹெர்ட்ஸ் ஆற்றல் கொண்ட கற்றைகளை துணுக்குகளாக (pulses) மாற்றி அமைக்கிறது. ஆற்றல் அயனி வேகத்தை வினாக்கானது முடிக்கி சிகிச்சைக்கு தேவையான அளவு உயர்த்துகிறது.

இதில் Gantryக்கள் இல்லாமலேயே வினாக்கே சிகிச்சைக்காக நோயாளியைச் சுற்றி சுழலும். நோயாளிக்குச் சுற்றியுள்ள அத்தகைய ஒரு இயக்கம் எளிதாக அமைய வினாக்குகள் இலகுவானதாக இருக்கவேண்டும். அதற்க்கான ஆராய்ச்சிகள் பெருமளவில் தற்போது நடைபெற்று வருகின்றன.

அமெரிக்காவில் உள்ள சில குழுக்கள் புரோட்டான் தெரபிக்கு இன்னுமொரு புதுமையான முடுக்கி குறித்த ஆராய்ச்சிகளை மேற்கொண்டிருக்கின்றன. இது இருமின் மின்கவர் முடுக்கி (dielectric wall accelerator- DWA) என்று அழைக்கப்படுகிறது. புரோட்டான்கள்

ஒரு இருமின் பொருளால் (dielectric material) தயாரிக்கப்பட்ட ஒரு வெற்றிட குழாயின் வழியாக செலுத்தப் படுகிறது. அவர்கள் முன்னோக்கி நகர்த்தும் போது, உட்பொதிக்கப்பட்ட கடத்திகள் அதிக மின்புலத்தை உற்பத்தி செய்ய சக்தியளிக்கின்றன. இந்த மின்புலம் புரோட்டான்களுக்கு விசை முடுக்கம் அளிக்கிறது. இதன்மூலம் 2 மீட்டெடுக்கும் குறைவான பயணத்தின்போதே 200 MeV அளவுக்கு புரோட்டான்கள் முடுக்கப்படலாம் என்று விஞ்ஞானிகள் நம்புகின்றனர். இந்த சிறிய மற்றும் இலகு முடுக்கி எளிதாக நோயாளியை சுற்றி வர முடியும். இது ஒரு ஒற்றை அறை சிகிச்சை வசதியாக இருக்கும். மேலும் குறுகிய எதிர்காலத்தில் லேசர் கொண்டு முடுக்கம் அளிக்கும் நுட்பமும் எதிர்பார்க்கப்படுகிறது.

### கலந்துரையாடலும் சுருக்கமும்:

தற்போது, கார்பன் மற்றும் கன அயனி அமைப்பைவிட புரோட்டான் சிகிச்சை கட்டமைப்பு அதிக எண்ணிக்கையில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இவை சிறிய உருவ அளவு மற்றும் குறைந்த செலவில் சிறந்த கருவியாக அமைகிறது. இன்றைய நிலையில், புற்றுநோய் சிகிச்சையில் புரோட்டான்களின் பயன்பாடு அதிகரித்து வருகிறது. இதன்மூலம், மற்ற வழக்கமான ரேடியோதெரபி முறைகளை கட்டிலும் புற்றுநோய் கட்டிகளுக்கு நெருக்கமான மற்ற ஆரோக்கியமான உறுப்புகள் பெரும்பாலும் சேதத்திலிருந்து விடுபடுகின்றன; எலக்ட்ரான் முடுக்கிகள் கொண்ட தீவிரமயமாக்கப்பட்ட மாற்றியமைக்கப்பட்ட கதிர்வீச்சு சிகிச்சைமுறை (IMRT) போன்ற உயர் தொழில்நுட்பங்களைப் பயன்படுத்தி, பக்க விளைவுகள் ஒரு அளவிற்கு குறைக்கப்படுகின்றன, இதனால் எதிர்வரும் காலங்களில் பக்க விளைவிற்கான வாய்ப்புகள் குறைக்கப்படுகின்றன. இருப்பினும் அயனி கற்றை சிகிச்சை முறையின் சிறப்பம்சங்களுக்கு ஈடுகொடுக்க முடியாததாக உள்ளது.

வேகமாக வளறும் குழந்தை பருவ

நோயாளிகளின் மீதான இச்சிகிச்சையின் பக்க விளைவுகள் முக்கியமானது. ஏனெனில், கதிர்வீச்சு சிகிச்சையின் பக்க விளைவுகள் பெரிய அளவில் இருக்குமாயின் குழந்தையின் உடல் வளர்ச்சியில் தீவிர சிக்கல்களுக்கு வழிவகுக்கலாம். தலை, கழுத்து, முதுகெலும்பு மற்றும் குழந்தைகளுக்கான புற்றுநோய் சிகிச்சையில் புரோட்டான்கள் கதிர்வீச்சு முறையின் பயன்பாடு நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது.

மேலை நாடுகளில் மார்பக, புரோஸ்டேட், நுரையீரல், கணையம், லிம்போமா, கண், எலும்பு முதலியவற்றை உள்ளடக்கிய உடலின் மற்ற பகுதிகளுக்கு விரிவான மருத்துவ பரிசோதனைகள் நடைபெற்று வருகின்றன. சிகிச்சைக்குப் பிறகு அடுத்த ஐந்து ஆண்டுகளில் புற்றுநோயானது அதே இடத்தில் மீண்டும் வராமல் இருக்குமெனில் அது ஒரு வெற்றிகரமான சிகிச்சை என கருதப்படுகிறது. மின்காந்த கதிர்வீச்சு சிகிச்சையை விட புரோட்டான் சிகிச்சை தனித்துவமிக்க சிறப்பியல்புகளை கொண்டுள்ளன.

துல்லியமான சிகிச்சைமுறை, நோயாளிக்கு விரைவான சிகிச்சையளித்தல் மற்றும் குறைந்த பண விரையம் ஆகியவற்றின் காரணமாக ஒவ்வொரு சிகிச்சையிலும் கட்டிக்கு அதிக கதிர்வீச்சு அளவைக் கொடுக்க முடியும் என சில நிபுணர்கள் நம்புகின்றனர். இது புரோட்டான் சிகிச்சை முறையின் சிறப்பியல்பாகும்.

முன்னர் குறிப்பிட்டபடி, நோயாளி 30 முதல் 45 நிமிடங்கள் சிகிச்சை அறையில் உள்ள அதே நேரத்தில் 1 முதல் 3 நிமிடங்கள் மட்டுமே புரோட்டான் கற்றை கதிர்வீச்சுக்கு உட்படுத்தப்படுகின்றனர். சிகிச்சையின் மொத்த கால அளவு 6 முதல் 8 வாரங்கள் வரை வாரத்திற்கு 5 பிரிவாக சிகிச்சை அளிக்கப்படுகிறது. பின்னர், பிற சிகிச்சை முறைகலான அறுவை சிகிச்சை, கீமோதெரபி போன்றவை தேவைப்படலாம்.

ஒப்பீட்டளவில் புற்றுநோய் சிகிச்சையில் புரோட்டான் மற்றும் கார்பன் அயனிகளின் பங்களிப்பு ஒரு புதிய வளர்ச்சியாகும். 1950 களின் ஆரம்பத்தில், அமெரிக்காவிலும் ஐப்பானிலும் உள்ள பல முடுக்கி சார்ந்த ஆராய்ச்சி ஆய்வகங்களில் சோதனை அடிப்படையில் நடத்தப்பட்டனர் என்றாலும், பிற்காலங்களில் அனைவராலும் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டது.

குறிப்பாக, சமகாலத்தில், IMRT உடன் கூடிய எலக்ட்ரான் முடுக்கிகளை பயன் படுத்தும் ஹட்ரோன் சிகிச்சையின் உண்மையான நன்மைகள், செயல்திறன், பணவிரய அளவு போன்றவை குறித்து தீவிரமாக விவாதிக்கப்பட்டது பல அறை புரோட்டான் கட்டமைப்பை ஒப்பிடும்போது 40 மடங்கு செலவு குறைவாக ஒரு ஒற்றை அறை புரோட்டான் முடுக்கியை கட்டமைக்க முடியும் என்று கூறப்படுகிறது. இருப்பினும், வல்லுனர்கள், புரோட்டான் அடிப்படையிலான வசதிகளின் பல சிகிச்சை அறை வாய்ப்புகள் மற்றும் புரோட்டோனின் நீண்ட ஆயுட்காலம் ஆகிய காரணிகளால் கணிசமான அளவிற்கு குறைக்கப்பட வேண்டும் என்று எதிர்பார்கின்றனர். பெரும்பாலும் இரண்டு வகையான சிகிச்சை முறைகளுக்கும் இடையே யான செலவு ஒப்பிடப்பட்டு விவாதிக்கப்படுகிறது.

உதாரணமாக, சில காலத்திற்கு முன், ஒரு காப்பீட்டு நிறுவனம் புரோட்டான்களைப் பயன்படுத்தி புரோஸ்டேட் புற்றுநோய் சிகிச்சைக் காக 32500 அமெரிக்க டாலர்களை அளித்தது. இது IMRT மூலம் எலெக்ட்ரான் முடுக்கியைப் பயன்படுத்தி செய்யப்பட சிகிச்சைக்கான செலவு 18500 அமெரிக்க டாலர்களே ஆகும். இது ஒரு மறைமுக ஒப்பீடு. புரோட்டான் சிகிச்சையின் ஆதரவாளர்கள் இந்தவேறுபாடு உண்மையானதல்ல என்று வாதிடுகின்றனர்.

உதாரணமாக, எடுத்துக் கொண்டால், நோயாளி, குறிப்பாக குழந்தைகள்,

IMRT-யால் உண்டான பக்க விளைவுகள் காரணமாக உண்டாகின்ற செலவு மற்றும் நீண்ட கால சிக்கல்களை கணக்கில் கொள்ளவேண்டிய அவசியத்தை குறிப்பிடுகிறார்கள். அதே நேரத்தில், பல வல்லுநர்கள் இத்தகைய பெரும் வேறுபாடு களையப்படவேண்டும் என்று கருதுகிறார்கள்.

இருப்பினும், 3 தசாப்தங்களுக்கும் குறைவாக குறுகிய காலத்தில், புரோட்டான் தெரபிக்கு கிட்டத்தட்ட 60 அர்ப்பணிக்கப்பட்ட வசதிகள் செயல்பட்டு வருகின்றன, மேலும் கிட்டத்தட்ட மற்றும் 50 கட்டுமான நிறைவடையும் அல்லது திட்டமிடல் நிலையில் உள்ளன. அரை டஜன் கார்பன் அயனி மற்றும் இரட்டை

கற்றை (கார்பன் அயனி மற்றும் புரோட்டான்) வசதிகள் தற்போது இயங்குகின்றன. மற்றும் சில கட்டுமானப் பணிகள் நடைபெறுகின்றன.

ஐரோப்பா, ஐப்பான் மற்றும் அமெரிக்கா ஆகிய நாடுகளில் புகழ்பெற்ற நிறுவனங்கள் பலவிதமான புரோட்டான் தெரபி கட்டமைப்புகளை சிறிய மற்றும் பெரிய அளவில் பட்ஜெட், இடவசதி மற்றும் நோயாளிக்க்கான வசதிகள் கொண்டு உருவாக்கியுள்ளன. முடுக்க முறைகளில் மாற்றம் மற்றும் Gantry-க்களில் ஏற்பட்டிருக்கின்ற முன்னேற்றங்கள் காரணமாக மிக விரைவிலேயே சிகிச்சைக்கான செலவினம் வெகுவாக குறையும் வாய்ப்புகள் உள்ளன.

# அறிவியல் கலைச்சொற்கள்

பொ. ஜெகதீஸ்வரன், வி. நடராசன்  
ராஜலக்ஷ்மி தொழில்நுட்பக் கல்லூரி

abbes immersion objective	அபே அமிழ்ப்புப் பொருளருகு வில்லை, அபே மூழ்கு பொருளருகு வில்லை
aberration	பிறழ்ச்சி
abletts apparatus	அபிலத்து ஆய்கருவி
abnormal transference number	பிறழ்வான இடமாற்ற எண்
abscissa	கிடை அச்சத்தாரம், கிடை ஆயத்தொலைவு
absent spectrum	தோன்றாநிறமாலை
absolute	தனித்த, சார்பில்லா
absolute determination	தனித்தநிர்ணயம்
absolute electrometer	தனித்தளவெக்ட்ரோமீட்டர்
absolute electrostatic unit	தனித்தநிலைமின் அலகு
absolute expansion	தனித்தவிவ்வு
absolute scale	தனித்த அளவை
absolute scale of temperature	தனித்த வெப்பநிலை அளவை
absolute space	தனித்த வெளி
absolute temperature	தனித்த வெப்பநிலை
absolute thermodynamic scale	தனித்த வெப்ப இயக்க அளவை
absolute unit	தனித்த அலகு
absolute zero	தனித்த சுழி, வெப்பக்கீழ்வரம்பு
absorption	உட்கவர்தல்
absorption band	உட்கவர்வுப்பட்டை
absorption coefficient	உட்கவர்வுக்குணகம்

absorption cross section	உட்கவர்வுக்குறுக்குவெட்டு
absorption edge	உட்கவர்வுவிளிம்பு
absorption factor	உட்கவர்வுக்காரணி
absorption harmonic oscillator	உட்கவர்வு ஒத்திசைவு (அலையியற்றி)அலைவி
absorption lines	உட்கவர்வுக்கோடுகள்
absorption modulator	உட்கவர்வுப்பண்பேற்றி,
absorption of radiation	கதிர்வீச்சுஉட்கவர்தல்
absorption selection rule	உட்கவர்வுத்தேர்வுவிதி
absorption spectroscopy	உட்கவர்வுநிறமாலைஇயல்
absorption spectrum	உட்கவர்வுநிறமாலை
absorptive power	உட்கவர்வுத்திறன்
acceleration	முடுக்கம்
acceleration due to gravity	புவியீர்ப்புமுடுக்கம்
accelerator	முடுக்கி
acceptance	ஏற்பு
acceptor	ஏற்பி
accessory	துணைக்கருவி
accidental degeneracy	தற்செயல்சம ஆற்றல்நிலை
accommodation coefficient of the eye	கண்ணின்தகவமைப்புக்குணகம்
accumulation	திரட்டு, திரள்
accuracy	துல்லியம்
achromatic combination	நிறம்சேராத்தொகுப்பு
achromatic doublet	நிறம்சேராஇரட்டைவில்லை
achromatic fringe	நிறம்சேராஒளிவா
achromatic lens	நிறம்சேராவில்லை
achromatic objective	நிறம்சேராப்பொருளருகுவில்லை
achromatic prism	நிறம்சேராமுப்பட்டகம்
acorn tube	அக்காரன்குழாய்
acoustic filter	ஒலிவடிப்பான், ஒலிவடிசுட்டி, ஒலிவடிப்பி
acoustic instrument	ஒலிக்கருவி
acoustic property	ஒலியியற்பண்பு

# INDIAN SCIENCE AND TECHNOLOGY ASSOCIATION



**Elavenil**  
(Regd.110/2015)

163/69, Secretariat colony, Kilpauk, Chennai-600 010, India  
Email: elavenil.org@gmail.com, istaindia18@gmail.com  
Mobile: 08939316518



Application Number		Membership Number		Admission date	
--------------------	--	-------------------	--	----------------	--

## Membership Application

Name -----Sex-----

Designation -----

Institution -----

Date of Birth ----- Age----- Qualification-----

Mailing Address-----

-----

----- District -----

State \_\_\_\_\_ Country \_\_\_\_\_ Pincode \_\_\_\_\_

Mobile No -----Email -----

### **Type of Membership**

Life time (2000) ----- Annual (500) ----- Student (200) -----

Date

Signature

Owner, Publisher, Printer **M.Srinivasan**, published from 163/69, Secretariat Colony, 8th Street, Kilpauk, Chennai-10.  
Editor : **M. SRINIVASAN** Phone : 8939316518 Email : strjsanjigai2017@gmail.com

இந்த இதழில் இடம்பெறும் அனைத்துக் கட்டுரைகளின் ஆய்வு முடிவுகளுக்கும் கருத்துகளுக்கும் சம்பந்தப்பட்ட கட்டுரைகளின் ஆசிரியர்களே பொறுப்பாவர். மேலும், இதழில் இடம்பெற்றுள்ள எந்த ஒரு பகுதியையும் பதிப்பகத்தாரின் முன் அனுமதியின்றி மறுபதிப்பு செய்யவோ, வேறு எங்கும் பயன்படுத்தவோ கூடாது. மீறினால் சட்ட நடவடிக்கை எடுக்கப்படும்.