உள்ளே

தலையங்கம்

- **தமிழன் என்று சொல்லடா... தலை நிமிர்ந்து நில்லடா...** 5
  முனைவர் ப. முருகக்கூத்தன்

சிறப்புக் கட்டுரை

- **அஜித் ராம் வர்மா** 7
  சு. ஜோதிமணி

ஆய்வுக் கட்டுரைகள்

- **இயற்கை முறையில் தயாரித்த வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் (AgNPs) பதிலீடு செய்யப்பட்ட TiO_2 தொகுப்பும் அதன் சாய தூண்டுதலின் அடிப்படையிலான சூரிய மின்கல (Dye Sensitized Solar Cell) பயன்பாடுகளும்** 14
  தி. சோலையம்மாள், சு.முனியப்பன், பா.கோமதி தங்க கீர்த்தனா, கா.பெருமாள், ப.முருகக்கூத்தன்
- **ஒளி மின்னணுவியல் சாதனத்திற்குப் பயன்படுத்தப்படும் காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகள்களின் தொகுப்பு மற்றும் பண்பாராய்தல்** 9
  சு. முனியப்பன், கொ. சுதாகர், ப. முருகக்கூத்தன்
- **பென்சோட்ரியோசோல் சாலிசிக் அமிலத்தின் (BSA) தனிப் படிகம் வளர்த்தல் மற்றும் மூலக்கூறு மாதிரி மூலம் பண்பாய்வு செய்தல்** 28
  ப. சத்யா, என். கார்த்திகேயன்
- **கார்பன் மீநுண் குழாய்கள் மற்றும் கலவைகளின் ஹைட்ரஜன் சேமிப்புத் திறன்** 40
  அ. கார்த்திகேயன், வெ. லதாப்ரியா, க.ராமமூர்த்தி, கொ.ஐய்யாக்குட்டி
- **நேர்ச்சார்பிலா ஒளியியல் அமோனியம் பெண்டாபோரேட் படிகங்கள் மீதான ஆய்வுகள்** 46
  அ.நா. விக்னேஷ்வரன், சி.இராமச்சந்திர ராஜா
- **2-அமினோ பைரிடீனியம் செம்பு அசிட்டேட் தனிப் படிகத்தின் வளர்ச்சி, நிறமாலை, ஒளி மற்றும் மின் பண்புகள் ஆராய்தல்** 56
  ஐ.எம்.பி.ஜாகித், ஏ.மலர்கொடி, கே.எஸ்.ஜோசப்வில்சன், பாண்டி, மோகன்குமார்
- **நேர்ச்சார்பிலா ஒளியியல் பொருளான இமினோ மெதனீடியம்மினியம் டொசிலேட் (IMT)ன் படிகம் வளர்த்தல், வெப்பச் சிதைவு மற்றும் மின்கடத்தா பண்புகளை ஆராய்தல்** 62
  இரா. பாவை, ரோ.மு.ஜாகர், ப.முருகக்கூத்தன்

பொதுக் கட்டுரைகள்

- **உயிரியளவு தொழில்நுட்பத்தின் கோட்பாடுகளும் அதன் பயன்பாடுகளும் - ஒரு பார்வை** 65
  தாமோதரன் நெடுமாறன்
- **அறிவியல் கலைச்சொற்கள்** 73
  மா. தியாகராஜன்

பிறநாட்டு நல்லறிஞர் சாத்திரங்கள்
தமிழ்மொழியிற் பெயர்த்தல் வேண்டுமெ
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.

– ஔவையார்

தமிழன் என்று சொல்லடா... தலை நிமிர்ந்து நில்லடா...

முனைவர் **ப. முருககூத்தன்**
இணை ஆசிரியர்

இன்று நாகரீகம் மற்றும் தொழில்நுட்பத்தில் சிறந்து விளங்குகின்ற பல நாடுகள் நாகரீகம் மற்றும் தொழில்நுட்பம் என்றால் என்ன என்பதை அறிவதற்கு முற்பட்ட காலத்திலேயே அவற்றில் சிறந்து விளங்கியது தமிழினம் ஆகும்.

ஆதிச்சநல்லூர் மற்றும் மதுரை கீழடி தொல்லியல் அகழ்வாராய்ச்சிகள் தமிழன் இரண்டாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்பாகவே சீரிய நகர நாகரீகத்தை கடைபிடித்ததையும் தொழிற்சாலைகளை நிறுவியுள்ளதையும் உணர்த்துகிறது.

வெண்ணிக் குயத்தியார் என்ற பெண் புலவர் கரிகாற் பெருவளத்தானைப் புகழ்ந்து பாடிய புறநானூற்றுப் பாடல், காற்றின் சக்தியால் தமிழர்கள் கலம் (கப்பல்) செலுத்தியதைத் தெளிவாகப் படம் பிடித்துக் காட்டுகிறது. அந்த பாடல் வரிகளானது,

"*நளியிடு முன்னீர் நாவாய் ஓட்டி*
வளிதொழில் ஆண்ட உரவோன் மருக!
களியியல் யானைக் கரிகால் வளவ!"

(புறநானூறு–பாடல் 68)

இந்த பாடல், வரிகள் கரிகாலன் ஆண்ட காலத்தைப் பற்றிக் கூடப் பேசவில்லை, அவனுடைய முன்னோர்களின் காலத்தில் காற்றின் விசையால் கப்பல்கள் விடப்பட்டதை புகழ்ந்து பேசுகின்றது."வளவனே! உனது முன்னோர்கள் காற்று இயக்கும் திசையை அறிந்தே அதற்கான பொறிமுறைகளைப் பொருத்திக் கப்பல் செலுத்துமாறு செய்த அறிவாற்றல் உடையவர்கள். மதயானை மிகுந்த படைகளை உடைய கரிகால் வளவ!" என்று உரையாசிரியர்கள் இப்பாடல் அடிகளுக்கு பொருள் எழுதி வைத்துள்ளனர்.

தமிழர்களுக்கு இருந்த வணிகத் தொடர்பும் அதனால் பரிமாற்றத்திற்கு உள்ளான பண்பாட்டுத் தொடர்புகளும் தமிழர்களின் உள்ளங்களில் உயர்ந்த சிந்தனைகளை எழுப்பின. அத்தகைய சிந்தனையின் விளைவே கணியன் பூங்குன்றனாரின் "*யாதும் ஊரே யாவரும் கேளிர்*" என்ற தத்துவமாகும். எல்ல நாடுகளையும் வேறுபாடு இல்லாமல் தனது நாடாகவும், எல்லா இனத்து மக்களையும் வேறுபாடு கருதாமல் தனது உறவினர்களாகவும் கருதி மகிழ்ந்த பேருள்ளம் தமிழர்களுக்கு இருந்தது. இதனைப் போன்றே தெய்வப்புலவர் திருவள்ளுவர் அவர்களும்,

ஒழுக்கம் உயிரினும் ஓம்பப்படும் என்றும்
தன் உயிர் பெருக்கப் பிறிதின் உயிரைப் போக்கக்கூடாது என்றும்
பகுத்துண்டு பல்லுயிர் ஓம்புதல் என்றும்
பிறப்பொக்கும் எல்லா உயிர்க்கும் என்றும்

பல உயர்ந்த தத்துவங்களை எடுத்துரைத்துள்ளார். இத்தகைய உயர்ந்த சிந்தனையையே நமது இலக்கியங்களான நக்கீரரின் திருமுருகாற்றுப்படை, இளங்கோவடிகளின் சிலப்பதிகாரம், பவணந்தி முனிவர் எழுதிய நன்னூல், சேக்கிழாரின் பெரியபுராணம் மற்றும் கம்ப இராமாயணம் ஆகிய அனைத்து நூல்களும் எடுத்துரைக்கின்றன.

சிந்தனையில் சிறந்து விளங்கிய தமிழினம் செயல் திறத்திலும் இன்றளவும் சிறந்து விளங்குகின்றது. காவிரியின் போக்கைக் கட்டுப் படுத்தி சோழ நாட்டின் வளம் பெருக்கியதாகப் பட்டினப் பாலையில் போற்றப்படும் கரிகாலனால் கட்டப்

பட்ட "கல்லணை", இராச இராச சோழனால் கட்டப்பட்ட தஞ்சை பெரிய கோவில், கடாரம் கொண்டான் என்று பெயர் பெற்ற இராசேந்திர சோழனால் கங்கை கொண்ட சோழபுரத்தில் கட்டப்பட்ட தஞ்சை பெரிய கோவிலைப் போன்ற தொரு கோவில் மற்றும் இராமேஸ்வரம், சிதம்பரம், மதுரை, கும்பகோணம் ஆகிய நகரங் களில் கட்டப்பட்ட கோவில்கள், மாமல்லபுரம் கற்சிற்பங் கள், போகரால் உருவாக்கப்பட்ட பழனி முருகன் நவபாஷாண சிலை, கர்ம வீரர் காமராசரால் திறக்கப்பட்ட மாத்தூர் தொட்டிப் பாலம், மாமனிதர் அப்துல்கலாம் உருவாக்கிய ஏவுகணைகள் ஆகிய யாவும் தமிழர்களின் அறிவியல் மற்றும் பொறியியல் சாதனைகளுக்கு சான்றாகும்.

தமிழ் இலக்கண சான்றாம் தொல்காப்பியம் வழங்கிய தொல்காப்பியர், உலகப் பொதுமறை திருக்குறளை அருளிய தெய்வப்புலவர் திரு வள்ளுவர், பெண்ணினத்திற்கு பெருமை சேர்த்த ஆத்திச்சூடி வழங்கிய ஔவையார், தமிழில் இராமாயணம் வழங்கிய கம்பர், மகாகவி பாரதி யார், புரட்சிக் கவிஞர் பாரதிதாசன், நம் காலத்து கண்ணதாசன், வைரமுத்து, நா. முத்துகுமார் போன்ற புலமை வாய்ந்த கவிஞர் களை உலகுக்கு தந்தது நம் தமிழகம் என்று சொல்வதில் நாம் பெரும் உவகையடையலாம்.

கொடைக்கு இலக்கணமாம் கடையெழு வள்ளல்களை வழங்கியது தமிழகம், வீரத்திற்கும் விவேகத்திற்கும் பெயர் பெற்ற சேர, சோழ, பாண்டிய மன்னர்களை வழங்கியது தமிழகம், இவர் ஒரு கற்பனை கதாபாத்திரமோ இயற்கையை ஒத்த பேராற்றல் பெற்றவரோ என அதிசயிக்கத் தோன்றும் ஏழைகளின் அறிவுக் கண் திறக்க மதிய உணவுத் திட்டம் கண்ட கர்ம வீரர் காமராசரை தந்தது நம் தமிழகம், இந்தியர் களின் வானியல் பலத்தை உலகுக்கு உணர வைத்த ஏவுகணை மனிதர் மாமேதை அப்துல் கலாம் ஆகியோரை தந்தது நம் தமிழகம். என் பார்வையில் நான் பார்த்து வியந்த இந்தியாவின் படிக வளர்ப்புத் தந்தை முனைவர் பெ. இராமசாமி, வலதுகரம் கொடுப்பதை இடதுகரம் அறியாது என்ற அளவில் உதவிக்கு இலக்கணமாம் முனை வர் ம. சற்குருமூர்த்தி, நவீன நிறமாலையியல் விஞ்ஞானி முனைவர் சேது. குணசேகரன், தான் வாழும் இடத்தை சிறப்பிடமாக்க வேண்டும் என்ற என்ற எண்ணம் கொண்ட முனைவர் ப.அருள் மொழிச்செல்வன் மற்றும் இல்லை என்ற சொல்லே தன் அகராதியில் இல்லை என்று சொல்லு மளவிற்கு அனைவரையும் அரவணைத்து செல்லும் முனைவர் இராம. செயவேல் ஆகி யோரைத் தந்ததும் நம் தமிழகமே.

பனையோலையில் பார்த்த தமிழ், கணிப் பொறியும் கண்ட தமிழாக இன்று வளர்ந்து நிற்கிறது.'முன்னம் பழமைக்கும் பழைமையாய்ப் பின்னைப் புதுமைக்கும் புதுமையாய்' உயர்ந் தோங்கி நிற்கும் நம் தமிழன்னையை வியந்து வணங்குகின்றேன். தமிழ் இனமே! நாம் முற் காலத்திலும் இக்காலத்திலும் தமிழால் சிறந்து விளங்குகின்றோம், எதிர்காலத்திலும் சிறந்து விளங்க தமிழே நமக்கு வழிகாட்டும் என்ற உயரிய நோக்கினை அடைவதற்கு ஏதுவாக தமிழ் அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப ஆராய்ச்சி சஞ்சிகையை உருவாக்கிய பெரும் மனம் படைத்த இளைஞர்களான முனைவர் மு. அறி வானந்தன் மற்றும் முனைவர் மா. சீனிவாசன் ஆகியோரை எண்பது நாடுகளில் சிறந்து வாழும் தமிழ் கூறும் நல்லுலகமும் நினைவுகூறும் என்று என் உளமார்ந்த வாழ்த்துக்களை தெரிவிக் கின்றேன்.

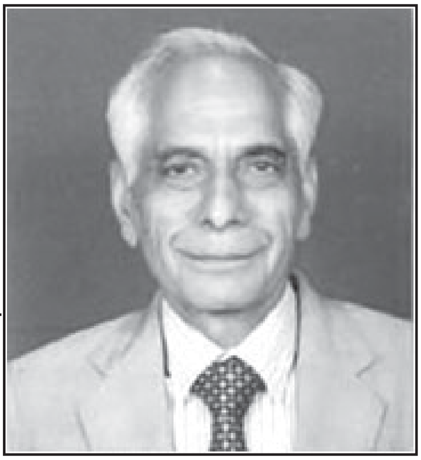
சென்னை பச்சையப்பன் கல்லூரியின் 175–வது வருட கொண்டாட்டத்தின் ஒரு பகுதியாக ஹேவிளம்பி வருடம் தைத்திங்கள் 27–28, (பிப்ரவரி 9–10, 2018) ஆகிய தேதிகளில் மூதறிவியல் மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை நடத்தும் அண்மை மூலப்பொருட்களின் இயற் பியல் பண்பாய்வு பற்றிய தேசிய கருத்தரங்கின் [National Conference on Recent Trends in Physics of Materials (NCRTPM-2018)] சிறப்பு இதழாக வரவிருக்கும் அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப ஆராய்ச்சி சஞ்சிகையின் (இரண் டாவது இதழ்) முகப்புரையை எழுத எனக்கு வாய்ப்பளித்த அதன் நிர்வாகிகளுக்கும் இள வேனில் அமைப்பினருக்கும்என் மனமார்ந்த நன்றியை உரித்தாக்குகிறேன்.

வாழ்க தமிழ்!! வளர்க தமிழினம்!!

நன்றி, வணக்கம்.

அஜித் ராம் வர்மா

(1921 -2009)



சு. ஜோதிமணி

கே.எஸ்.ஆர். மகளிர் கலை & அறிவியல் கல்லூரி

இளமைக்காலம் :

அஜித் ராம் வர்மா அவர்கள் செப்டம்பர் மாதம் 21-ம் நாள் 1921ஆம் ஆண்டு உத்திரப் பிரதேசத்தில் உள்ள பிராப்கர் உள்ள பால்மாயூ எனும் இடத்தில் பிறந்தார். இவரது குடும்பம் பஞ்சாப் மாநிலத்தில் உள்ள நௌஷேரா எனும் சொந்த ஊரில் வசித்து வந்தது. ஆனால் இவரது தாத்தா ஸ்ரீ பாலட் ராம் வர்மா அவர்கள் சில குடும்ப பிரச்சனைகள் காரணமாக பஞ்சாப்பினை விட்டு வெளியேறி இந்திய ரயில்வே துறையில் இணைந்து பணியாற்றினார். பிறகு ராம் வர்மா அவர்களின் தாத்தா இறந்த தும், ராம் அவர்களின் தந்தையார் ஸ்ரீ ஹான்ஸ் ராஜ் வர்மா அவர்கள் இரயில்வே துறையில் இணைந்து பணியாற்றினார்.

ராம்வர்மா அவர்கள் மூலிகை மருத்து வத்தில் மிகச் சிறந்து விளங்கினார். மருத்துவ உதவிக்காக வரும் அனைவருக்கும் இவர் தம்மால் இயன்ற உதவிகளைச் செய்வார். இவரது தாயார் திருமதி ராணி தேவி அவர்கள் சிறந்த துணையாக இருந்தார். ராம் வர்மா அவர்கள் அவரது பள்ளிப் பருவத்தை உ.பி. மாவட்டம் டால்மாயூ நகரில் தொடங்கினார். ஆனால் அவருக்கு சரியான அங்கீகாரம் கிடைக்காததால் இவருடைய தகப்பனார் அவரது உதவியாளருடன் ராம் வர்மாவினை அலகாபாத் நகரில் பள்ளியில் சேர்த்து, தனது ரயில்வே பணியாளரின் இல்லத்தில் இருந்து படிக்க வைத்தார். ராம் வர்மா அவர்கள் தனது உயர்நிலைப் பள்ளிப் படிப்பினை மீரட்டில் உள்ள சி.ஏ.பி. உயர்நிலைப் பள்ளியில் முடித்தார்.

இவரது கல்லூரிப் படிப்பினை அலகாபாத் பல்கலைக்கழகத்தில் தொடங்கினார். பேராசிரியர். கே.எஸ். கிருஷ்ணன், இயற்பியல் துறைப் பேராசிரியர் அவர்களிடம் தனது முதுநிலைப் படிப்பிற்கான தேர்வினை முடித்துவிட்டு உதவி செய்வதற்காக சேர்ந்தார்.

பேராசிரியர் கிருஷ்ணன் அவர்களிடம் "படிகத்தின் பிரதிபலிப்பு நிறமாலையின் தன்மையினை புற ஊதாக் கதிர்களின் அலை நீளத்தில்" கண்டறியும் செய்முறையினைக் கையாண்டார்.

ராம் வர்மா அவர்களின் தந்தையார் தனது ரயில்வே பணியினை தனது மகனுக்கு வாங்கித் தர வேண்டும் எண்ணினார். ஆனால் தனது மகன் கல்லூரிப் படிப்பில் முதல் வகுப்பில்

வந்திருப்பதால் அவனை மேற்படிப்பு படிக்கவை வைக்க வேண்டும் என எண்ணினார். ஆதலால் ரயில்வே அதிகாரியும், பிரபலமான அறிவியல் எழுத்தாளருமான ஸ்ரீ ஜாகித் சிங் அவர்களிடம் அழைத்துச் சென்றார். ஜாகித் சிங் அவர்கள் ராம் வர்மா படிப்பில் சிறந்தவனாக இருப்பதால் அவரை மேல்படிப்பு படிக்க வைக்கும்படி ராம் வர்மாவின் தந்தையாரிடம் அறிவுரை வழங்கினார்.

ஆசிரியர் பணி மற்றும் ஆராய்ச்சி வாழ்க்கை :

ஏ.ஆர். வர்மா அவர்கள் 1974-ம் ஆண்டு டெல்லி பல்கலைக்கழகத்தில் இயற்பியல் துறைப் பேராசிரியராக பணியில் சேர்ந்தார். டெல்லி பல்கலைக்கழகத்தில் உள்ள பேராசிரியர் டி.எஸ். கோத்தாரி அவர்கள் ஏ.ஆர். வர்மா, ஆர்.பி. பம்பா மற்றும் கே.எஸ். சிங்வி ஆகிய மூன்று அறிவியாளர்களையும் இணைத்து ஒரு ஆராய்ச்சிக் குழுவினை உருவாக்கினார். ஏ.ஆர். வர்மா அவர்களுக்கு பேராசிரியர் கோத்தாரி ஒரு உண்மையான நண்பனாகவும், சிறந்த வழிகாட்டியாகவும், நம்பிக்கையான அறிவுரையாளராகவும் விளங்கினார். வர்மா அவர்கள் பேராசிரியராக பணியாற்றும் போது, 1950-ம் ஆண்டு பிரிட்டிஷ் சபையின் உதவித் தொகையுடன் அமெரிக்காவில் ஆராய்ச்சிப் படிப்பினைத் தொடர்ந்தார்.

பேராசிரியர் கோத்தாரி அவர்கள் பிரபலமான இயற்பியல் அறிவியலாளர் மற்றும் பேராசிரியர் பி.எம்.எஸ். பிளாக்கெட் (நோபல் விஞ்ஞானி) அவர்களிடம் ராம் வர்மாவினை அறிமுகம் செய்தார். பி.எம்.எஸ். பிளாக்கெட் அவர்கள் ராம் வர்மாவின் ஆராய்ச்சியினை லண்டனில் உள்ள பேராசிரியர் எஸ். டோலன்ஸ்கை குழுவினருடன் இணைந்து ராயல் ஹோலோவே கல்லூரியில் இணைந்து பேராசிரியராகப் பணியாற்றினார். ஏர்.ஆர். வர்மா அவர்கள் "சிலிக்கன் கார்பைடு படித்தினைக் கொண்டு சுருள் போன்ற அமைப்பில் படிகத்தின் வளர்ச்சியினையும் அதனை எவ்வாறு ஒரு மேற்பரப்பில் (Surface) வளர்ச்சியடையச் செய்வது என ஆராய்ச்சி செய்தார்."

பேராசிரியர் டோலன்ஸ்கை அவர்கள் ஏ.ஆர். வர்மாவிற்கு "அனைத்து தனிமங்களின் மேற்பரப்பினை ஆராயும் படி பிரிட்டிஸ் சபையின் உதவித் தொகையுடன் இரண்டு வருடம் ஆராய்ச்சிப் படிப்பினைத் தொடருமாறு கூறினார். பிறகு, வர்மா அவர்கள் ஹேமடைட், சிலிகக்ன் கார்பைடு போன்ற படிகங்கள் தட்டையான மற்றும் மென்மையான மேற் பரப்பினைக் கொண்டுள்ளது என ஆராய்ந்தார். பேராசிரியர் போலன்ஸ்கை ஆய்வகத்தில் அதிக உறுதியான ஒளியியல் தொழில்நுட்பங்கள் கொண்ட கருவிகள் இருந்ததால் வர்மா அவர்கள் படிகங்களுடன் மிகுந்த ஆர்வத்துடன் ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டார்.

வர்மா அவர்கள் படிகததின் வளர்ச்சி யினையும் அதன் அணிக்கோவையில் ஏற்படும் குறைபாடு களையும் பற்றி ஆராய்ச்சி மேற்கொண்டார். இவரது ஆராய்ச்சி படிகங்களின் மேற்பரப்பு மற்றும் அமைப்பினைப் பற்றிய வழிமுறை களையும், அதன் வளர்ச்சியைப் பற்றியுமே இருந்தது. படிக வளர்ச்சித்துறையில் இரு பரிமாண நியூக்ளியாக்கம் முறையினைக் கொண்டு வாயு நிலையினைப் பயன்படுத்தி எவ்வாறு அடுக்கடுக்காக படிக வளர்ச்சி செய்வது? என்ற ஒரு முதன்மையான தேற்றத்தினை உருவாக்கினார்.

ஏ.ஆர்.வர்மா அவர்கள் எதிர்பார்த்தாற் போல் அனைத்து அணுக்களும் அதனுடைய இடத்தில் ஒரு அணிக் கோவையாக எந்த ஒரு படிக குறைபாடும் இன்றி அமைந்திருந்தது. பிறகு எஃப் சி பிராங் அவர்கள் அவரது குழுவினருடன் இணைந்து கணித முறைப்படி இருபரிமான அமைப்பில் உட்கரு எவ்வாறு நிலை யாக அமைந்துள்ளது என விளக்கியுள்ளார். இவரது இந்த ஆராய்ச்சியின் மூலம் படிகங்கள் நீண்ட கால அளவையும், மில்லிமெட்ரிக் அளவிற்கு வளரும் தன்மையுடையவை என கண்டறிந்தனர்.

பிராங் மற்றும் அவரது சக குழுவினர்களும் படிக வளர்ச்சியில் "திருகு இடம்பெயர்வு" என்ற

ஒரு புதிய முறையினை உருவாக்கினார். இதன்மூலம் படிகத்தின் மேற்பரப்பில் படிகத்தின் அமைப்பில் இடம்பெயர்வு ஏற்பட்டால் எவ்வாறு இருக்கும் என்று விளக்கினார். இதன் மூலம் படிகத்தின் மேற்பரப்பில் சுருள் போன்ற ஒரு அமைப்பினை ஏற்படுகிறது என விளக்கினார்.

இந்த திருகு இடம்பெயர்வில் மூலக்கூறுகள் தட்டையான உருமைப்பினைப் பெறுவதில்லை. இந்த சுருள் அமைப்பிலான அணிக் கோவையின் உயரம், அலகுக் கூடின் உயரத்துடன் தொடர்புடையது என்றும் சுருளின் அமைப்பு படிகத்தின் அமைப்புடன் சமச்சீராக இருக்கும் என்று விளக்கினார். ஏ.ஆர். வர்மா அவர்களும் இதனை மையமாகக் கொண்டு சிலிக்கன் கார்பைடு படிகத்தின் மேற்பரப்பினை ஆராய்ந்து தட்டையாக உள்ளது என்றும் நிலையாக உள்ளது என்றும் நிரூபித்தார்.

ஏ.ஆர். வர்மா அவர்கள் "நிலை வேறுபாடு நுண்ணியல்" என்ற தொழில் நுட்பத்தினைப் பயன்படுத்தி சிலிக்கன் கார்பைடினை ஆராய்ச்சி செய்தார். இந்த தொழில் நுட்பத்தினை பேராசிரியர். ஃப்ரிட்ஸ் ஜெர்னிக அவர்கள் 1930-ஆம் ஆண்டு உயிரியல் மூலக் கூறுகளை ஆராய்வதற்காகப் பயன்படுத்தி னார். இந்த நிலை வேறுபாடு நுண்ணியல் தொழில்நுட்பம் கனிம மூலக்கூறுகளின் நிலையை அறிய பெரிதும் பயன்படவில்லை. டோலன்ஸ்கை அவர்களின் ஆய்வகத்தில் இருந்த நுண்ணியல் தொழில்நுட்பம் மூலமாக சிலிக்கன் கார்பைடு படிகத்தின் அமைப்பி னைக் கண்டறிந்து, அதனை ஏ.ஆர். வர்மா அவர்கள் புகைப்படம் எடுத்து தனது மாணவர்களுக்கும், ஆராய்ச்சிக் கழகத்தில் அனைவருக்கும் காட்டினார்.

ஏ.ஆர். வர்மா அவர்களின் ஆய்ச்சியின் மூலம் சிலிக்கன் கார்பைடு ஒரு பலச்சிக்கலான மூலக்கூறு, மேலம் இது சிக்கலான வடி வமைப்பினைப் பெற்றது எனவும் விளக்கினார். இந்த மூலக்கூறு பெரிதுவாக 6H-பாலி மூலக்கூறு வகையினைச் சார்ந்தது. மேலும் அறுங்கோண வகையினைச் சார்ந்தது. இதன் அலகுக் கூட்டின் கனஅளவு 15.1A. இந்த அணிக் கோவையின் உயரம் மற்றும் கனஅளவு அவர் எதிர்பார்த்தது 15A . அவர் எதிர்பார்த்த அளவிலேயே விடையும் வந்தது. வர்மா அவர்கள் உபயோகித்தது அதிக உறுதியான அமைப்பினைக் கொண்ட தலையீட்டு மானத்தைப் பயன்படுத்தி கணக்கிட்டார். இந்த முறையின் மூலம் இவர் கணக்கிட்ட அளவு உயரம் 15±2 Å . இவரது ஆராய்ச்சியைப் போலவே அமெலின்கில் என்ற ஒரு அறிவியாளரும் சிலிக்கன் கார்பைடின் படிக வளர்ச்சியினைப் பற்றி எடுத்துரைத்தார். இவர் "ஒளி நுண்ணோக்கி" முறையினைக் கொண்டு படிகத்தின் சுருள் போன்ற வடிவத்தின் உயரம் 35A என எடுத்துரைத்தார்.

மேலும் இவரது ஆராய்ச்சிக் கட்டுரையில் இது ஒரு தோராயமான மதிப்பீடு என்று குறிப்பிட்டிருந்தார். அதே வருடத்தில் டாசன் மற்றும் வாண்ட் என்ற அறிவியாளர்கள் பொரஃபின் படிகத்தின் உயரத்தினை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியினைப் பயன்படுத்தி 43 5Å எனக் கண்டறிந்தனர். ஆனால் ஏ.ஆர். வர்மா அவர்கள் "நிலை மாறுபாடு நுண் ணோக்கி" முறையின் மூலம் படிகத்தின் மேற்பரப்பின் தன்மை மற்றும் அதன் உயரம் 15யு என துல்லியமாகக் கணக்கிட்டார்.

ஏ.ஆர். வர்மாவிற்கு சிலிக்கன் கார்பைடின் சிறந்த ஆராய்ச்சிக்காக உலகம் முழுவதும் இவருக்கு பாராட்டுகள் குவிந்த வண்ணம் இருந்தன. பேராசிரியர் ஜெர்னிக்கே அவர்கள் "நிலை மாறுபாடு நுண்ணோக்கி" முறையினை நன்கு முன்னேற்றம் செய்து 1953-ஆம் ஆண்டு இயற்பியலுக்கான நோபல் பரிசினைப் பெற்றார். இந்த நிலை மாறு நுண்ணோக்கி முறையின் மூலம் படிகத்தின் மேற்பரப்பில் ஏற்படும் மாறுபாடு மற்றும் அதன் இருப்பிடத்தையும் ஒளி அலை நீளத்தின் மூலம் கணக்கிடலாம் என ஆராய்ந்தார்.

ஏ.ஆர். வர்மாவின் சுருள் படிக ஆராய்ச்சி யின் மூலம் இவர் படிக இயற்பியல் துறையில்

பெரும்பாலான புத்தகங்கள் எழுதுவதற்கு ஏதுவாக இருந்தது. "திட நிலைமை இயற்பியல்- ஒரு அறிமுகம்"- என்ற தலைப்பில் சி. கிட்டிங் அவர்களும், "அறிவியல் வரலாறு" என்ற தலைப்பில் ஜே.டி. பெர்னல் அவர்களும் புதத்கங் களை எழுதினார்.

1957-ஆம் ஆண்டு செப்டம்பர் மாதம் பேராசிரியர் லினஸ் பாலிங் (நோபல் விஞ்ஞானி) அவர்கள் ஏ.ஆர். வர்மா அவர்களை தொடர்பு கொண்டு "உங்களது சிலிக்கன் கார்பைடு இடமாற்ற ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகளை படிக்கும் பொழுது மிகவும் ஆர்வமாக உள்ளது, படிகங்களின் வளர்ச்சி மற்றும் வடிவமைப்பைப் பற்றி ஆராயும் பொழுது உங்களது கட்டுரைகள் பெரிதும் உதவியாக இருக்கும்" எனப் பாராட்டினார்.

ஏ.ஆர். வர்மா அவர்கள் தனது ஆராய்ச்சிப் (Ph.D) படிப்பிற்கான பட்டத்தினை லண்டன் பல்கலைக் கழகத்தில் பெற்றார். இவர் தனது சிலிகக்ன் கார்பைடு ஆராய்ச்சியினை மீண்டும் தொடர்ந்து செய்தார். இதில் சாய்சதுர வடிவிலான 15R மற்றும் 33R வகையான பாலி மூலக்கூறுகளை உருவாக்கினார். சுருள் வடிவிலான சாய்சதுர பாலி வகையான மூலக் கூறுகளின் உயரம், சாய்சதுர அலகுக்கூட்டின் பக்கத்திற்கு இணையாக இருக்கும் என நிரூபித்தார். இவர் ஆராய்ச்சிப் பணியினை மேற்கொண்டு இருக்கும் போது ராயல் ஹோலோவே கல்லூரியில் பேராசிரியர் எஃப்.சி. பிராங் அவர்களிடம் தனது ஆராய்ச்சிப் பணிகளை எடுத்துரைத்தார்.

பிராங் அவர்கள் இவரது ஆராய்ச்சிப் பணிகளைக் கண்டு வியந்து இவரது படைப்புகளை தத்துவப் பத்திரிக்கயில் பிரபலமாக்கினார். பிராங் அவர்கள் படிகங்கள் வளர்ச்சியில் வர்மாவின் ஆராய்ச்சியினை ஒரு முன்னுதாரமாக எடுத்துக் கொண்டு பணியாற்றினார்.

ஏ.ஆர். வர்மாவின் ஆராய்ச்சிப் படிப்பின் (Ph.D) தேர்வாளராக ஜே.டி. பெரீனல் இருக்கும் போது வர்மாவின் அவரது ஆராய்ச்சியில் பல விதமான வினாக்களை எழுப்பினார். சுருள் போன்ற படிகத்தின் உயரத்தினையும் அந்த அலகுக்கூட்டின் கனஅளவினையும் எக்ஸ்ரே விளிம்பு விளைவின் மூலம் விளக்குமாறு கேட்டார்.

பெர்னல் அவர்களே வர்மாவிற்கு எக்ஸ் கதிர் விளிம்பு விளைவு சோதனை செய்வதற்கு அவரது கல்லூரியிலேயே அனுமதி வழங்கினார். ஒளியியல் கணக்கீட்டிற்கும், எக்ஸ்ரே விளிம்பு விளைவின் கணக்கீட்டிற்கும் வேறுபாடு உள்ளதை வர்மா அவர்கள் கண்டறிந்தார். இவர் இவ்வாறு ஆராய்ச்சி செய்து கொண்டிருக்கும் போது, லண்டன் பல்கலைக்கழகத்தின் உயரிய ஐ.சி.ஐ ஆராய்ச்சி உதவித் தொகை இவருக்கு கிடைத்தது இதன் மூலம் 3-வருடம் பெர்னல் அவர்ளின் பிர்க் பெக் கல்லூரியிலும், ராயல் ஹோலோவே கல்லூரியிலும் பணியாற்றினார்.

இவர் இந்தியாவில் மூன்று முக்கிய நிறுவனங்களை உருவாக்க உதவினார். படிகவியல் துறைக்காக டெல்லி பல்கலைக் கழகத்திலும், பனாரல் இந்து துறைக்கான பல்கலைக்கழகம் வாரனாசியிலும், தேசிய இயற்பியல் ஆய்வகம், டெல்லியிலும் நிறுவினார். இந்த மூன்று முக்கிய கல்வி நிறுவனங்களை உருவாக்கியதில் இவரது பங்கு குறிப்பிடத் தக்கது.

தேசிய இயற்பியல் ஆய்வகம் - நியூடெல்லி

ஸ்ரீ இயக்குனர்

1965-ம் ஆண்டு ஏ.ஆர். வர்மா அவர்கள் தேசிய இயற்பியல் ஆய்வகத்தின் இயக்குன ராகப் பணியாறறினார். அதற்கு முன் வர்மா அவர்களின் முதுநிலை ஆசிரியரான பேராசிரியர் கிருஷ்ணன் இந்த தேதிய ஆய்வகத்தினை நடத்தி வந்தார். திடீரென கிருஷ்ணன் இறந்துவிட, பேராசிரியர் பி.கே. கிச்லு அவர்களும் வர்மா உடன் ஒரு சமூகமான நல்ல உறவுடன் இருந்தார்.

பேராசிரியர் கிச்லு அவர்கள் 1961 முதல் 1964 வரை தேசிய இயற்பியல் ஆய்வகத்தில் இயக்குனராகப் பணியாற்றினார். பிறகு,

பிரபலமான இயற்பியலாளர் பி.எம்.எஸ். பிளாக்கெட் இந்த ஆய்வகத்தை சோதனை செய்ய அரசாங்கம் அனுப்பிய அதிகாரியாக வந்தார். அப்போது தேசிய இயற்பியல் ஆய்வகத்தின் இயக்குனராக எம்.சி. சக்லா அவர்கள் நியமிக்கப்பட்டுள்ளார். இந்த சூழ்நிலையில் வர்மா அவர்கள் அவரது ஆராய்ச்சியில் முழுவதும் ஈடுபாடாக செய்யத் தொடங்கினார்.

பிற்காலத்தில் தேசிய இயற்பியல் ஆய்வகமானது, முக்கியமான மூலக்கூறுகளில் ஆராய்ச்சி நடந்தது. திடநிலைமை இயற்பியலில் எவ்வாறு ஒற்றை படிகத்தினை உருவாக்குவது, மேலும் அதன் இயற்பியல் பண்புகள், எலக்ட்ரான் நுண்ணியல் பண்புகள், ஒளியியல் பண்புகள் மற்றும் ரேடியோ பண்புகள் ஆகியவற்றினை ஆராய்ச்சி செய்தார்.

வர்மா அவர்கள் தேசிய இயற்பியல் ஆய்வகத்தில் சேர்ந்த போது அந்த ஆய்வகத்தின் தரத்தினை உயர்த்த வேண்டும் என விரும்பினார். அதனால் பன்னாட்டு அளவிலான பல தொடர்புகளை உருவாக்கிக் கொண்டு பல சாதனைகளை செய்தார். தேசிய இயற்பியல் ஆய்வகத்தில், "மூலக்கூறுகளுக் கான சோதனை மற்றும் அளவீடு செய் வதற்காக தேசிய குழு" ஒன்றினை உருவாக்கி னார். பிறகு அதனை "தேசிய அங்கீகாரம் பெற்ற சோதனை மற்றும் அளவீடு கூடமாக மாற்றினார்.

மேலும் பன்னாட்டு அளவிலான எடை மற்றும் அளவீட்டுக் குழுமம் ஒன்றினை நிறுவினார். மேலும் இவர் பொருளறிவியல் துறையில் ஒரு மாபெரும் புரட்சியினை ஏற்படுத்த வேண்டும் என்பதற்காக சிலிக்கோனைப் பயன்படுத்தி குறைகடத்திகள் தன்மை யினையும், சிலிக்கான் சூரிய மின்கலம் பற்றி ஆராய்ச்சி செய்ய வேண்டும் என விரும்பி அத்துறையில் ஆராய்ச்சி மேற்கொண்டார்.

இந்தியாவிலேயே "கார்பன் பைபர்களை" முதன்முதலில் தயாரித்தது தேசிய இயற்பியல் ஆய்வகம் மட்டுமே. இந்த ஆராய்ச்சிக்கு "ஐக்கிய நாடுகள் அபிவிருத்தி திட்டம் (United Natural Development Programme UNDP) பெரிதும் உதவியது. இதில் வர்மா அவர்கள் ஒரு புதிய குழுவினை உருவாக்கி அதிக அழுத்தம் மற்றும் அதிக வெப்பநிலையில் செயற்கை வைரங்களை எவ்வாறு உருவாக்குவது என்றும், அந்த பொருட்களை எப்படி பாய்மநிலையில் ஊடுருவ வைத்தல் போன்ற பல ஆராய்ச்சி களை ஐக்கிய நாடுகளின் பன்னாட்டுத் திட்டத்தின் உதவியினால் செய்து முடித்தார்.

ஏ.ஆர். வர்மா அடிக்கடி கூறும் ஒரு விஷயம் "மனித நேயம்" அனைத்திலும் முக்கியமானது, உயர்ந்தது என்பதாகும். தேசிய இயற்பியல் ஆய்வகம் ஒரு மிகச் சிறந்த ஆராய்ச்சிக் கூடமாக இருப்பதற்கு வர்மா அவர்களின் கடின உழைப்பே காரணம். மாணவர்கள் தங்கள் ஆராய்ச்சிப் படிப்பினை இங்கே முடித்தனர். சோபியா பல்கலைக்கழகத்தினைச் சார்ந்த எஸ்.கே. பெனிவா அவர்கள் படிகத்தின் வளர்ச்சியினை ஆராய்ந்தார்.

பேராசிரியர் வர்மா அவர்கள் பொருட் களின் தரத்தினை துல்லியமாக அளவிடும் முறைகளையும், கருவிகளையும் உருவாக்க பெரிதும் பாடுபட்டார். வேதிப்பொருட்களின் தன்மை மற்றும் வடிவத்தினை துல்லியமாக அளவிடும் முறைகளைக் கொண்ட கருவிகளை இவர் உருவாக்கினார். வர்மா அவர்கள் கொண்ட ஒரு சிறந்த ஆராய்ச்சிக் குழு பெரிதும் தவியது. வர்மா அவர்கள் கண்டறிந்த தொழில் நுட்ப வசதிகள் பின்வருமாறு,

i. எக்ஸ்ரே விளிம்பு விவைின் மூலம் எக்ஸ் கதிர் உற்பத்தி ஆராய்தல்.
ii. மைக்ரோ நுண்ணோக்கி மூலம் எக்ஸ்ரே உற்பத்தி செய்தல்.
iii. எக்ஸ் கதிர் அலை வளைவு மானி மூலம் முப்பரிமாண படிகத்தினை ஆராய்தல்.
iv. குறைந்த கோணம் கொண்ட எக்ஸ் கதிர் விளிம்பு விளைவு கேமரா.
v. சொக்ரால்ஸ்கி முறையின் மூலம் ஒழுங்கான ஒற்றை படிகத்தினை

உருவாக்கும் முறை ஆகியவற்றினை இவர் கண்டறிந்தார்.

இதனை அடிப்படையாகக் கொண்டு பல மேம்பட்ட தொழில்நுட்பங்களை தேசிய இயற்பியல் ஆய்வகம் கண்டறிந்துள்ளது.

i. அதிக சுழற்சி கொண்ட எக்ஸ் கதிர் லாவே முறையின் மூலம் படிகத்தில் உள்ள அணிக் கோவை குறைபாடுகளைக் கண்டறிதல்.

ii. வெவ்வேறான சூழ்நிலைகளில், வெவ் வேறான வெப்பநிலையினில் மின்கடத்தாப் பொருட்களின் இயல்பினையும், மின் கடத்தும் இயல்பினையும் கண்டறிதல்.

iii. ஒற்றைப் படிகத்தின் ஒழுங்கு நிலையினை எக்ஸ்ரே விளிம்பு விளைவின் மூலம் கண்டறிதல்.

iv. திடப் பொருட்களின் மின் கடத்தும் தன்மையினைக் கண்டறிதல்.

v. அதிக தீர்மானம் கொண்ட ஒற்றைப் படிகத்தினை எக்ஸ்ரே - சிதறல் மூலம் கண்டறிதல்.

vi. ஒற்றை படிகத்தின் ஒழுங்கு நிலையினை பல அலை விளைவுமானி மூலம் கண்டறிதல்.

இந்த முறையின் மூலம் நாம் படிகத்தின் வளர்ச்சி, அணிக் கோவையில் ஏற்படும் கறைபாடு மற்றும் எக்ஸ்ரே-விளிம்பு விளைவு ஆகியவற்றினைக் கண்டறியலாம்.

ஆன்மீக ஆர்வம் :

ஏ.ஆர். வர்மா அவர்கள் இந்திய ஆன்மீகத்திலும், தத்துவத்திலும் மிகுந்த ஆர்வமுடையவர். இவரது குடும்பம் ஆரிய சமாஜ் சமூகத்தினைச் சார்ந்தது. இவர் வேத பாடல்கள் பாடுவதில் மிகுந்த ஆர்வம் உடையவர். இவர் பிராணயாமம், யோக, தியானம் இவற்றிற்கு முக்கியத்துவம் கொடுப்பார். இவர் பின்னாளில் "ரெய்கி" என்ற சீன மருத்து முறைக்கு மிகுந்த முக்கியத்துவம் கொடுத்தார்.

ஆசிரியர் பணி :

ஏ.ஆர். வர்மா அவர்கள் ஒரு மிகச் சிறந்த ஆசிரியர். இவர் வகுப்பிற்கு தயார் செய்யும் போதும், கருத்தரங்கிற்கு தயார் செய்யும் போதும் மிகுந்த உழைப்பினைக் கொடுத்து தான் தயார் செய்வார்.

இவரது பாடம் எப்போதும் கவனிப்போரின் ஆர்வத்தை ஈர்க்கும் வண்ணம் இருக்கும். ஒரு ஆராய்ச்சிக் கட்டுரையினை எழுதுவதற்கு இவர் எப்போதும் முழு முயற்சியினை செய்வார். இவர் 100-க்கும் மேற்பட்ட ஆராய்ச்சி கட்டுரைகளை இவர் வழங்கியுள்ளார்.

ஏ.ஆர். வர்மா அவர்களின் மாணவர்களும், சக ஆசிரியர்களும் :

ஏ.ஆர். வர்மா அவர்களின் மீது மாணவர்களும், சக ஆசிரியர்களும் மிகுந்த மரியாதை கொண்டிருந்தனர். 1981-ஆம் ஆண்டு தேசிய இயற்பியல் ஆய்வகத்தில் "பன்னாட்டு படிக வளர்ச்சி மற்றும் பொருளறிவியல் இயல்பாய்வு" என்ற ஒரு குழுவினை இவரது 60-வது பிறந்தநாள் விழாவில் தொடங்கினார். இந்த குழுவிற்கு படிக வளர்ச்சி குழுமமும், பன்னாட்டு படிகவில் மற்றும் பொருளறிவியல் பாத்திரப் படைப்பு குழுமமும் நிதி உதவி வழங்கியது. பிறகு, 1981-ஆம் ஆண்டு "படிகவளர்ச்சி மற்றும் பத்திரப் படைப்பு தொகுப்பு" என்ற தலைப்பில் நார்த் ஹோலண்ட் என்பவர் இதனை மாற்றியமைத்து வர்மா அவர்களின் நினைவாக உருவாக்கி னார்.

1981-ஆம் ஆண்டு செப்டம்பர் மாதம் "சூரிய மற்றும் பயனுறு இயற்பியல்" என்ற தலைப்பில் ஒரு சிறந்த படைப்பினை உருவாக்கி வர்மா அவர்களின் படைப்புகளோடு வெளியிட்டனர். இதில் பல்வேறு அறிவியாளலர்களின் படைப்பு களும் இணைத்து வெளியிடப்பட்டன.

ஏ.ஆர். வர்மா அவர்கள் பல்வேறு பெருமை வாய்ந்த கல்வி நிறுவனங்களில் பணி புரிந்துள்ளார். கேந்திர வித்யாலயா முதல், இந்தியக் தொழில்நுட்ப ஆராய்ச்சிக் கழகம், பல்கலைக் கழக மானியங்கள் ஆணையம்

(UGC), தேசிய அளவிலான ஆராய்ச்சி மற்றும் மேம்பாட்டு குழுவில் உறுப்பினராகவும் பணியாற்றியுள்ளனர்.

விருதுகள் :

ஏ.ஆர். வர்மா அவர்கள் ஒரு சிறந்த மரியாதைக்குரிய அறிவியலாளராகவும், ஆசிரியராகவும், சிறந்த மனிதராகவும் இருந்துள்ளார். அவரது வாழ்நாளில் அவர் பல்வேறு விருதினை பெற்றுள்ளார்.

i. இந்தியன் தேசிய அறிவியல் அகாடமியில் உறுப்பினராக இருந்துள்ளார். மேலும் அறிவியல் அகாடமியின் பொருளாளர் மற்றும் வெளிநாட்டு செயலாளராகவும் பணியாற்றிள்ளார்.

ii. இந்தியன் அகாடமி ஆப் சயின்ஸ், பெங்களூர் மற்றும் தேசிய அறிவியல் கழகம், அலகாபாத்தின் உறுப்பினராகவும் பணியாற்றியுள்ளார்.

iii. திட நிலைமை தொலைத்தொடர்புத் துறையின் உறுப்பினராகவும், அறிவியல் பத்திரிக்கைகளின் ஆசிரியராகவும் பணியாற்றியுள்ளார்.

iv. பன்னாட்டு எடை அளவீட்டு குழுமத்தில் உறுப்பினராக பணியாற்றியுள்ளார்.

v. பிராஸ்ஸஸ்ஸில் உள்ள சர்வதேச தூது மற்றும் பயன்பாட்டு இயற்பியல் சர்வதேச சங்கத்தின் உறுப்பினராகப் பணி யாற்றியுள்ளார்.

vi. 1964-ல் சாந்தி ஸ்வருப் பட்நாகர் பரிசினைப் பெற்றுள்ளார்.

vii. 1982-ல் இந்தியக் குடியரசுத் தலைவரால் பத்ம பூஷன் விருதினைப் பெற்றார்.

viii. 1996-ல் வாரணாசி மகாத்மா காந்தி காசி வித்யாபீத் என்ற இடத்தில் பட்டத்தினையும், 2000-ம் ஆண்டு பனாரஸ் ஹிந்து பல்கலைக் கழகத்திலும் "அறிவியல் டாகடர்" என்ற பட்டத்தினைப் பெற்றார்.

ix. 1950-52 வரை பிரிட்டிஷ் குழுவில் உதவித் தொகை வாங்கி, ராயல் ஹோலோவே கல்லூரியில் படித்தார்.

x. 1952-1955 வரை ஐ.சி.ஐ. உதவித் தொகையுடன் லண்டன் பல்கலைக் கழகத்தில் படித்தார்.

இந்த மாமேதை தன் அளப்பறிய சாதனைகளையும் அதன் பயன்பாடுகளையும் மண்ணுலகிற்கு அளித்துவிட்டு 2009 ஆண்டு மார்ச் மாதம் 4-ம் நாள் விண்ணுலகம் சென்றார்.

இயற்கை முறையில் தயாரித்த வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் (AgNPs) பதிலீடு செய்யப்பட்ட TiO_2 தொகுப்பும் அதன் சாய தூண்டுதலின் அடிப்படையிலான சூரிய மின்கல (Dye Sensitized Solar Cell) பயன்பாடுகளும்

தி. சோலையம்மாள், சு.முனியப்பன், பா.கோமதி தங்க கீர்த்தனா, கா.பெருமாள், ப.முருககூத்தன்

பொருட்கள் ஆராய்ச்சி மற்றும் வளர்ச்சி ஆய்வகம், முதுகலை ஆராய்ச்சி மற்றும் இயற்பியல் துறை, பச்சையப்பன் கல்லூரி, சென்னை-600 030.

murugakoothan03@yahoo.co.in

வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் (AgNPs) மிளகுசாறினை(அறிவியல் பெயர் piper nigrum என அறியப்படுகிறது) பயன்படுத்தி இயற்கை முறை வேதி வினையின் மூலம் பெறப்பட்டது. மிளகு சாறில் உள்ள உயிர் வேதிப்பொருட்கள் இங்கு ஆக்சிஜன் ஒடுக்கியாகவும், வெள்ளி மீநுண்துகள்களை சுற்றி உறையாகவும் செயல்படுகிறது. தயாரிக்கப்பட்ட வெள்ளி மீநுண்துகள்களானது டைட்டானியம் டை ஆக்சைடு (TiO2) பசையுடன் சேர்க்கப்பட்டு Ag:TiO_2 மீநுண் கலவையானது பெறப்படுகிறது.

இக்கலவையானது சாய உணர் சூரிய மின்கலத்தில் (DSSC) பயன்படுத்தப்படும் நேர் மின்முனை (photoanode) உருவாக்கப் பயன்படுகிறது. தயாரிக்கப்பட்ட AgNPs மற்றும் Ag:TiO_2 மீநுண்துகள் களானவை X கதிர் சிதறல் (XRD), ஃபூரியார் மாற்று அகச்சிவப்பு நிறமாலையியல் (FTIR), புறஊதா நிறமாலையியல் (UV-vis-NIR spectroscopy), புல உமிழ்வு மின்னணுக் கற்றை பரப்பு நுண்ணோக்கி (FESEM) உடன் இணைக்கப்பட்ட ஆற்றல் சிதறல் X கதிர் நிறமாலை (EDS) மற்றும் மின்னணுக் கற்றை பரப்பு நுண்ணோக்கி (SEM) உடன் இணைக்கப்பட்ட எதிர் சிதறல் மின்னணு (electron) முறை கண்டுபிடிப்பு (BSE) போன்ற பரிசோதனைகளுக்கு உட்படுத்தப்பட்டு ஆராய்ச்சி முடிவுகளானது இக்கட்டுரையில் விளக்கப்பட்டுள்ளன.

திறவுச்சொல்:இயற்கைமுறை–வேதிவினை, மிளகுசாறு,
வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் (AgNPs), Ag:TiO_2 மீநுண் கலவை.

1. முன்னுரை

பொதுவாக உலோக மீநுண்துகள்கள் இயற்பியல், வேதியியல் மற்றும் உயிரியல் முறையில் தயாரிக்கப்படுகின்றன. இயற்பியல் முறையில் அதிக வெப்பம், அழுத்தம் மற்றும் ஆற்றலும், வேதியியல் முறையில் நச்சு தன்மை கொண்ட வேதிமங்கள் பயன்படுத்தப்படுவ தாலும், உலோக மீநுண்துகள்களை தயாரிப்பதில் உயிரியல் முறையில் அதிக ஆர்வம் காட்டப் படுகின்றன.உயிரியல் முறையில் இரண்டு

விதமாக உலோக மீநுண்துகள்களை தயாரிக்க லாம் (i) நுண்ணுயிரிகளான பாக்டீரியா, வைரஸ், பூஞ்சை மற்றும் பாசி ஆகியவற்றிலிருந்தும் (ii) தாவர பாகங்களான இலை, பூ, காய், கனி, வேர், விதை மற்றும் பல பாகங்களிலிருந்து பெறப்படும் சாறிலிருந்தும் பெறப்படுகிறது [1, 2].

இவ்விரண்டு முறைகளிலும் தாவர முறை யானது மிகவும் குறைந்த பொருட்செலவிலும், எளிய வழியிலும், சுற்றுபுற சூழலுக்கு எவ்வித பாதிப்பையும் ஏற் படுத்தாததால் உலோக மீநுண்துகள்கள் தாவர முறையில் தயாரிக்கப் படுவது ஊக்குவிக்கப்படு கின்றன [3, 4].

தாவர பாகங்களில் ஃபிளாவனாய்டுகள், பீனால்கள், டானின்கள், டெர்ப்பெனாய்ட்ஸ், ஆல்கலாய்டுகள், லிப்பிட்ஸ், புரதம், ஆல்டிகைடு கள், கீட்டோன்ஸ், ஆல்கஹால், கார்பாக்ஸிலிக் அமிலம் போன்ற உயிர் மூலகூறுகள் உள்ளன. இவ் மூலகூறுகள் உலோக அயனிகளுடன், ஆக்சிஜன் ஒடுக்க வேதிவினை புரிந்து அவற்றை உலோக மீநுண்துகளாக மாற்றுவ துடன் உலோக மீநுண்துகள்களை சுற்றி உறை யாகவும் செயல்படுவதால் மேற்கொண்டு உலோக மீநுண்துகள்கள் வளர்வதும் ஒன்றோடு ஒன்று ஒட்டிக் கொள்வதும் தடுக்கப்படுகிறது [5, 6].

வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் (AgNPs) மிளகு சாறினை பயன்படுத்தி இயற்கை முறை வேதி வினையின் மூலம் பெறப்பட்டதையும், டைட்டானி யம் டை ஆக்சைடு (TiO_2) பசையுடன் சேர்க்கப் பட்டு Ag:TiO_2 மீநுண்துகள் கலவையானது தயாரிக்கப்பட்டதும் இக்கட்டுரை யில் கூறப் பட்டுள்ளது. மேலும், இக்கலவை யானது சாய உணர் சூரிய மின்கலத்தில் (DSSC) பயன் படுத்தப்படும் நேர் மின்முனை (photoanode) உருவாக்க பயன்படுகிறது.

பொதுவாக டைட்டானியம் டை ஆக்சைடு சாய உணர் சூரிய மின்கலத்தில் நேர் மின் முனையாக பயன்படுகிறது. ஏனெனில் டைட்டானியம் டை ஆக்சைடு ஒரு சிறந்த ஆக்சிஜன் – ஒடுக்க வினை ஊக்கி மற்றும், நச்சுத்தன்மையற்ற மலிவான பொருளாகும். இருப்பினும் சில வரம்புகள் உள்ளன அவைகள் முறையே (i) TiO_2 ஆனது அதிக ஆற்றல் இடைவெளி (3.3 eV) உடைய உலோக ஆக்ஸைடு குறைகடத்தி இதனால் புற ஊதா கதிர்களை மட்டும் உறிஞ்சும் தன்மை கொண்டது. (ii) விரைவான மறுசேர்க்கை: கடத்துப் பட்டையில் உள்ள மின்னணு துகள்கள், இணை திறன் பட்டையில் உள்ள மின்துளைகளுடன் விரைவாக மறுசேர்க்கையில் ஈடுபடுகிறது [7]. இவ்விரு காரணங்களால் TiO_2–வை கொண்டு தயாரிக்கப்படும் DSSC – இன் திறன் குறைவாக காணப்படுகிறது. எனவே AgNPs ஐ TiO_2– வுடன் சேர்க்கும் போது மேற்சொன்ன வரம்புகள் களையப்பட்டு DSSC – இன் செயல்திறன் அதிகரிக்கின்றது என்று அறியப்படுகிறது.

2. செய்முறைவிளக்கம்

இச்செய்முறையில் மிளகு, வெள்ளி நைட்ரேட், எத்தனால் மற்றும் காய்ச்சி தூய்மைப் படுத்தப்பட்ட நீர் பயன்படுத்தப்படுகிறது. நன்கு சுத்தம் செய்யப்பட்ட மிளகானது அரவை இயந் திரத்தின் மூலம் நன்கு பொடி யாக்கப்படுகிறது. 5 கிராம் மிளகு பொடியுடன் 100 மி.லி.காய்ச்சி வடிகட்டிய நீர் சேர்க்கப்பட்டு 60° வெப்பநிலையில் 15 நிமிடம் சூடேற்றப் படுகிறது. பிறகு குளிர்விக்கப்பட்டு வாட்மண் வடிகட்டி தாளினை பயன்படுத்தி வடிகட்டப்படுகிறது. pH மீட்டரை கொண்டு மிளகுசாறின் pH மதிப்பு 6.53 என கணக்கிடப்பட்டது. 1M சோடியம் ஹைட்ராக் ஸைடு (NaOH) கரைசலானது மிளகு சாறுடன் சேர்க்கப்பட்டு pH மதிப்பு 6.53 –லிருந்து 12–ஆக உயர்த்தப்படுகிறது. pH 12 உயர்த்தப்பட்ட மிளகு சாறானது சொட்டு சொட்டாக 1mM சில்வர் நைட்ரேட் கரைசலுடன் சேர்க்கப்படுகிறது.

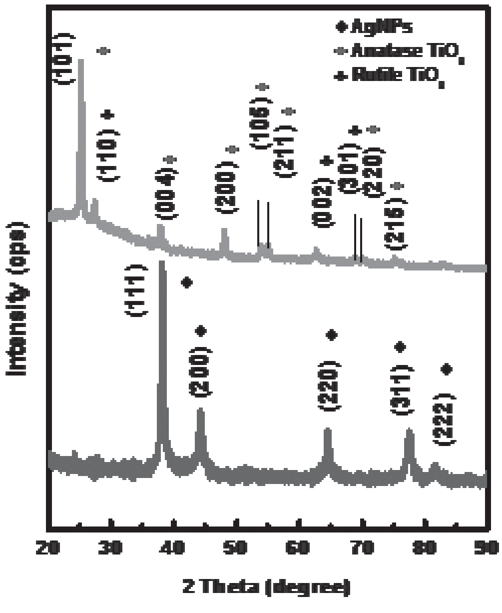
இவ்வாறு மிளகு சாறினை சேர்க்கும்போது நிறமற்ற சில்வர் நைட்ரேட் கரைசலானது இள மஞ்சள் நிறத்திலிருந்து பழுப்பு நிறத்திற்கு மாறுகிறது. இந்நிற மாற்றமானது வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் உருவானதற்கு சான்றாக அமைகிறது [8]. இவ்வாறு தயாரிக்கப்பட்ட வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் மைய விலக்கு கருவியின் உதவியால் தனியாக பிரித்தெடுக்கப்

பட்டு நீர் மற்றும் எத்தனால் கொண்டு சுத்தம் செய்யப்படுகிறது. பின்னர் வெப்ப காற்று அடுப்பில் 60° வெப்பநிலையில் 6 மணி நேரம் சூடேற்றப்படுகிறது.

1.8 கிராம் TiO_2, 1.8 மி.லி. பாலிஎத்திலின் கிளைக்கால் (PEG 600), எத்தனால், ஜிர்கோனிய மணிகள் மற்றும் வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் சேர்க்கப்பட்டு ஒன்றோடு ஒன்று நன்றாக கலக்குமாறு குலுக்கிய பிறகு ஒரு மாத காலம் பாட்மில்லில் (pot mill) வைக்கப்பட்டு Ag:TiO_2 கலவையானது பெறப்படுகிறது. இதேபோல் வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் கலவாத TiO_2 பசையானது தயாரிக்கப்படுகிறது. TiO_2 மற்றும் Ag:TiO_2 மீ நுண்கலவையானது சாய உணர் சூரிய மின்கலத்தில் (DSSC) பயன்படுத்தப்படும் நேர்மின்முனை (photoanode) உருவாக்க பயன்படுகிறது.

3. விளக்கம் மற்றும் முடிவுகள்:

தயாரிக்கப்பட்ட AgNPs மீநுண்துகள்கள் மற்றும் Ag:TiO_2 மீநுண்கலவையானது X கதிர் விளிம்பு விளைவிற்கு உட்படுத்தப்படுகிறது. வெள்ளி மீநுண்துகள் X கதிர் விளிம்பு விளைவு படம் 1(a)ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. இந்நிறமாலையில்

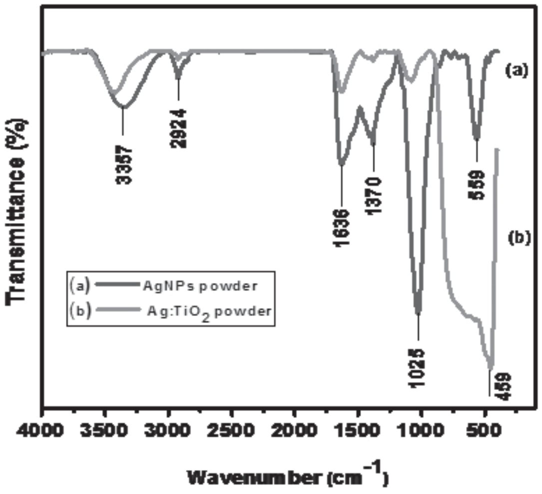


படம் 1(a) தயாரிக்கப்பட்ட வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் (b) Ag:TiO2மீ நுண்துகள் கலவை ஆகியவற்றின் எக்ஸ் கதிர் விளிம்பு விளைவு நிறமாலைகள்

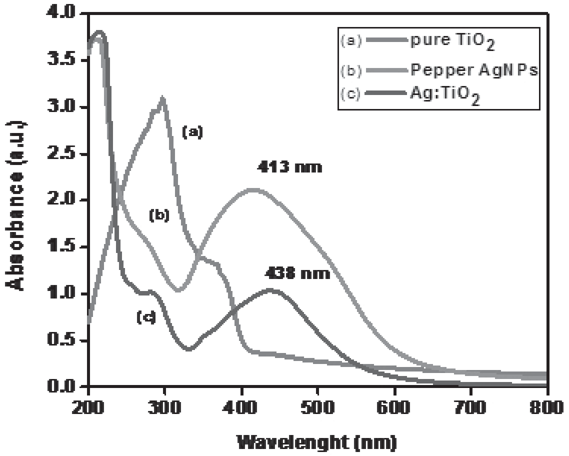
பிராக் முகடுகள் முறையே 38.06°, 44.29°, 64.60°, 77.47° and 81.66° ஆகிய கோணங்களில் (2θ) கிடைத் துள்ளது. இவைகள் முறையே வெள்ளியின் முகமைய கன சதுர (face centred cubic) படிக கட்டமைப்பின் தளங்களான (111), (200), (220), (311) மற்றும் (222) ஆகியவற்றை சார்ந்தது ஆகும் [8]. படம் 1(a) ல் X கதிர் விளிம்பு விளைவு உள்ள முகடுகள் நல்ல செறிவுடன் காணப்படுவதால் தயாரித்த வெள்ளி மீநுண் துகள் சிறந்த படிகத் தன்மையுடையது என அறியப்படுகிறது.

Ag:TiO_2 மீநுண்துகள் கலவையின் X கதிர் விளிம்பு விளைவு படம் 1(b)ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. Ag:TiO_2 மீநுண்துகள் கலவை யில் அனடேஸ் (anatase) மற்றும் ரூட்டைல் (rutile) கட்டமைப்புகள் காணப்படுகிறது. விளிம்பு விளைவு முகடுகளானது முறையே 25.4°, 38.0°, 48.1°, 54.1°, 55.2°, 70.4° மற்றும் 75.2° கோணங் களிலும் அதன் படிக தளங்களான (101), (004), (200), (105), (211), (220) மற்றும் (215) ஆனது TiO_2 அனடேஸ் பிரிவுடன் பொருந்துகிறது. இதேபோல் விளிம்பு விளைவு முகடுகளானது முறையே 27.5°, 62.9°மற்றும் 69.1° கோணங்களிலும் அதன் படிக தளங்களான (110), (002) மற்றும் (301) ஆனது TiO_2 ரூட்டைல் பிரிவுடன் பொருந்துகிறது. மேலும் சான்று ஆதார அட்டை எண்களான 21–1272 (அனடேஸ்) மற்றும் 04–0551 (ரூட்டைல்) உடன் பொருந்துகின்றன. மேலும் மிகக் குறைந்த அளவு வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் TiO_2 உடன் கலந்துள்ள தால் TiO_2 தவிர வேறெந்த மூலக்கூறுகளின் முகடுகளும் இந்நிறமாலையில் கிடைக்கப் பெற வில்லை. எனவே Ag:TiO_2 மீநுண்துகள் கலவையானது மாசற்றதாக உறுதி செய்யப்படுகிறது [9].

AgNPs மீநுண்துகள்கள் மற்றும் Ag:TiO_2 மீநுண்துகள் கலவையில் உள்ள உயிர் மூலக்கூறு களின் செயல்பாட்டு தொகுதிகளை கண்டறிய ஃபுரியார் மாற்று அகச்சிவப்பு நிறமாலை பயன் படுத்தப்பட்டது. ஃபுரியார் மாற்று அகச்சிவப்பு நிறமாலைகள் படம் 2 (a மற்றும் b) விலும் மற்றும் நிறமாலையியல் தரவுகள் அட்டவணை 1–லும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. அட்டவணையிலிருந்து



படம் 2: (a) தயாரிக்கப்பட்ட வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் (b) Ag:TiO2 மீநுண்துகள் கலவை ஆகியவற்றின் ஃபூரியார் மாற்று அகச்சிவப்பு நிறமாலைகள்

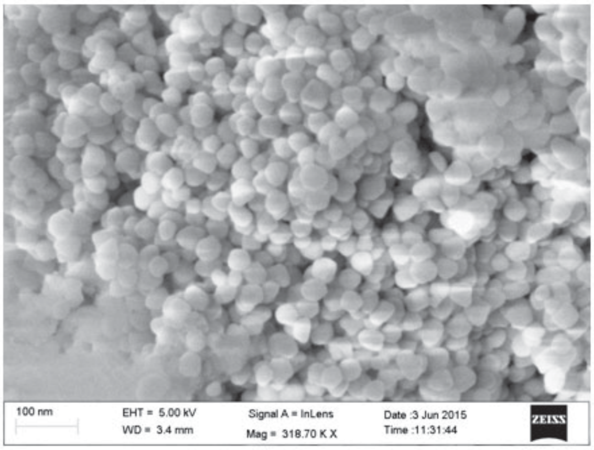


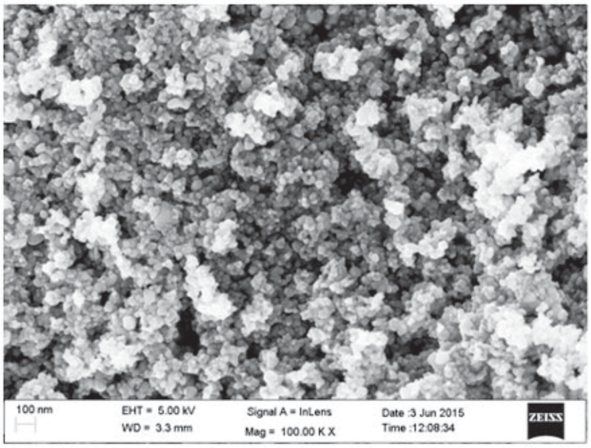
படம் 3: (a) தயாரிக்கப்பட்ட வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் (b) டைட்டானியம் டை ஆக்ஸைடு (c) Ag:TiO2 நுண்துகள் கலவை ஆகியவற்றின் புறஊதா ஒளியியல் உறிஞ்சும் நிறமாலைகள்

முக்கிய செயல்பாட்டு தொகுதிகள் முறையே ஹைட்ராக்சில் தொகுதி (–OH), அல்கைல் தொகுதி(–CH), அமினோதொகுதி (–NH_2) மற்றும் அமைடு தொகுதிகள் (–$CONH_2$) என உறுதி செய்யப்பட்டது.

இச்செயல்பாட்டு தொகுதிகள் வெள்ளி அயனியிலிருந்து வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் உருவாக காரணமாகவும் அவ்வாறு உருவான வெள்ளி மீநுண்துகள்களை சுற்றி உறையாகவும் செயல்படுவதால் வெள்ளி மீநுண்துகள்களின் நிலைப்புத் தன்மைக்கு காரணமாகவும் மற்றும் பெரிய மீநுண்துகளாக மாறுவதற்கு தடையாகவும் அமைகிறது. பிற ஆய்வுக் கட்டுரைகளின் முடிவுகளிலிருந்து புரத மூலக்கூறில் உள்ள அமினோ அல்லது கார்பாக்சிலிக் தொகுதிகள் வெள்ளி மீநுண்துகள்களை சூழ்வதால் நிலைப்புத் தன்மைக்கு காரணம் என கண்டறியப் பட்டுள்ளது [10].மேலும் 459 (செ.மீ)$^{-1}$–ல் உள்ள நிறமாலை முகடு வெள்ளி மீநுண்துகள்களுடன் TiO_2 கலந்திருப்பது உறுதி செய்யப்பட்டுள்ளது.

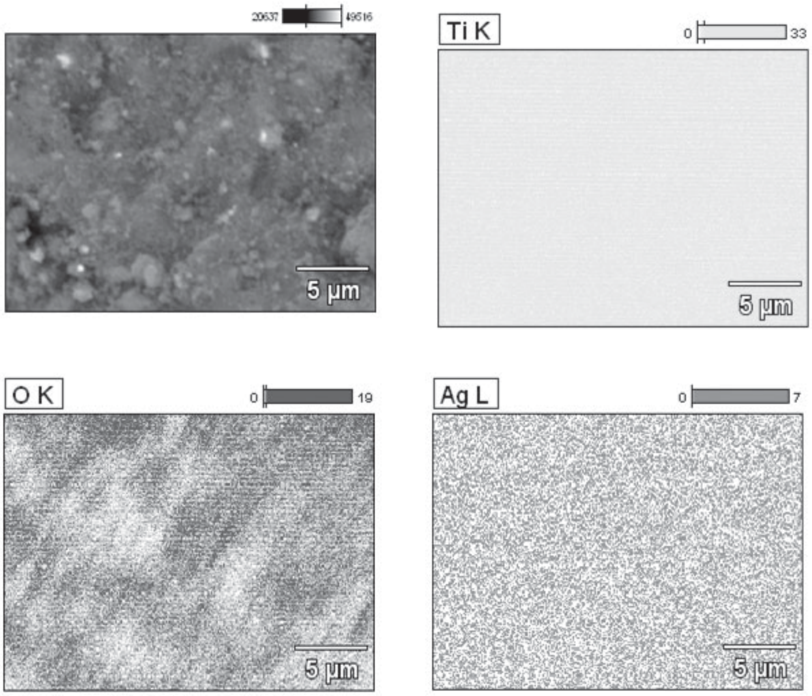
தயாரிக்கப்பட்ட வெள்ளி மீநுண்துகள் கள் மற்றும் Ag:TiO_2 மீநுண்துகள் கலவையின் புற



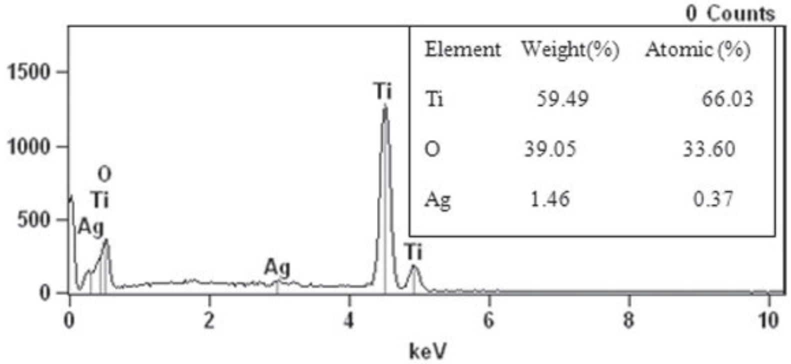


படம் 4: (a) தயாரிக்கப்பட்ட வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் (b) Ag: TiO2 மீநுண்துகள் கலவை ஆகியவற்றின் புலஉமிழ்வு மின்னணுக் கற் றை பரப்பு நுண்ணோக்கியின் தோற்றப்படங்கள்.

ஊதா நிறமாலைகள் படம் 3 (a மற்றும் b)ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. பெரும்பாலான ஆய்வுக் கட்டுரை களின் முடிவுகளிலிருந்து, வெள்ளி மீநுண்துகள் கள் கண்ணுறு ஒளியின் அலைநீளத்தை (400 – 500 nm) உறிஞ்சும் தன்மை கொண்டது என உறுதி செய்யப்பட்டுள்ளது [18]. இக்கூற்றை மெய்பிக்கும் வகையில் படம் 3(a)ல் கண்ணுறு ஒளியின் அலைநீளமான 413nm–ல் செறிவான முகடு கிடைத்துள்ளது. இதற்கு புறப்பரப்பு பிளாஸ்மான் ஒத்ததிர்வு விளைவு காரணமாகும் [19, 20]. அதாவது வெள்ளி மீநுண்துகள்களின் புறப்பரப்பில் கடத்தும் பட்டையில் உள்ள எலக்ரான்கள் மின்காந்த அலைகளினால் தூண்டப்படும் போது அலைவு ஏற்படுகிறது, இதனால் பிளாஸ்மான் உருவாகிறது. மின்காந்த அலைகளின் அதிர்வெண்ணுக்கும் புறப்பரப்பில் கடத்தும் பட்டையில் உள்ள எலக்ரான்களின் அதிர்வெண்ணுக்கும் ஒத்ததிர்வு ஏற்படும்போது புறப்பரப்பு பிளாஸ்மான் ஒத்ததிர்வு விளைவு ஏற்படுகிறது. TiO_2 ஆனது அகலமான பட்டை இடைவெளி உடையதால் கண்ணுறு ஒளியின் அலை நீளத்தில் எவ்வித ஒளியும் உறிஞ்சபடாது [21]. மாறாக, Ag:TiO_2 மீநுண்துகள் கலவையானது கண்ணுறு ஒளியின் அலைநீளத்தில் (438 nm)

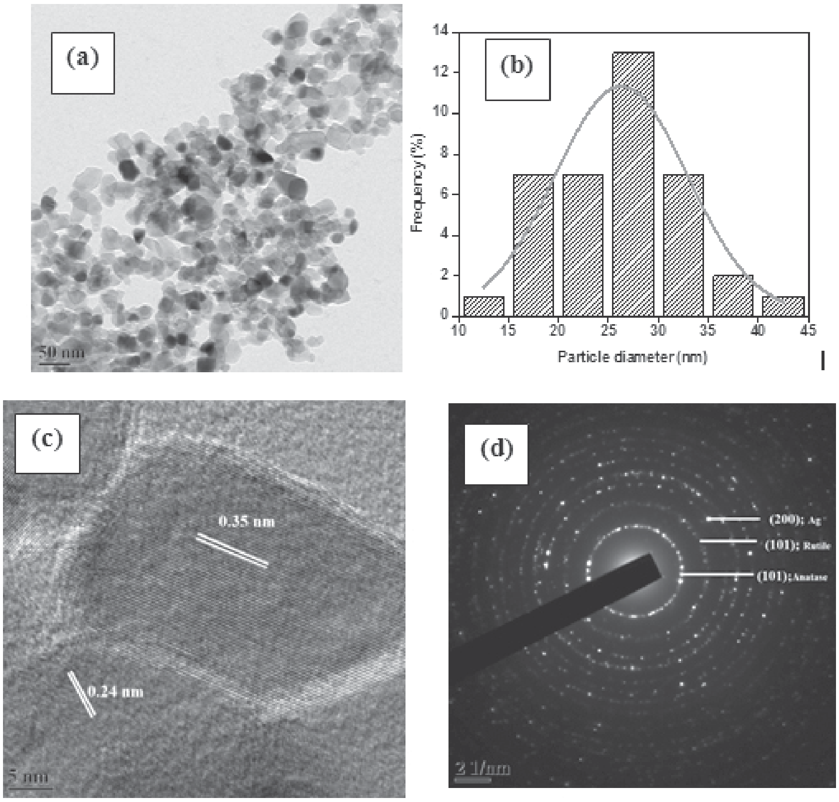


(a)



(b)

படம் 5 Ag:TiO2Û நுண்துகள் கலவையின் (a) எதிர் சிதறல் மின்னணு நிறமாலையின் தனிமங்களின் நிறவரை படம் மற்றும் (b) ஆற்றல் சிதறல் எக்ஸ் கதிர் நிறமாலை



படம் 6:

(a) ஊடுருவு மின்னணு நுண்ணோக்கியின் Ag:TiO2 மீநுண்துகள் கலவை

(b) துகள்கள் பரவல் செவ்வகப் படம்

(உ) உயர் தெளிவு ஊடுருவு மின்னணு நுண்ணோக்கிப் படம் மற்றும்

(d) Ag:TiO2Û நுண்துகள் கலவையின் கு றிப்பிட்ட பரப்பளவு மின்னணு விளிம்பு விளைவு (SAED)

ஒளியியல் உறிஞ்சும் தன்மை கொண்டதாக காணப்படுகிறது. இதற்கு வெள்ளி மீநுண்துகள் களின் புறப்பரப்பு பிளாஸ்மான் ஒத்ததிர்வு விளைவு காரணமாகும். வெள்ளி மீநுண்துகள் களின் அலைநீளத்தை காட்டிலும், Ag:TiO_2 மீநுண்துகள்களின் அலைநீளம் சற்று தள்ளி காணப்படுகிறது இதற்கு அனடேஸ் TiO_2– இன் ஒளி விலகல் எண்ணே (refractive index of TiO_2 is 2.52) காரணமாகும் [22].

வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் மற்றும் Ag:TiO2 மீநுண்துகள் கலவையின் புறத்தோற்றவியல் ஆனது புலஉமிழ்வு மின்னணுக் கற்றை பரப்பு நுண்ணோக்கி மூலம் கண்டறியப்படது. படம் 4(a)ல் வெள்ளி மீநுண்துகள்களின் தோற்ற மானது கோள வடிவத்திலும் சீரான அளவிலும் உள்ளது என்பது உறுதிபடுத்தப்பட்டுள்ளது. சராசரி கோள வடிவத்தின் மதிப்பு 35 nm . படம் 4(b)ல் Ag:TiO_2 மீநுண்துகள் கலவையின் தோற்றம் காட்டப்பட்டுள்ளது. வெள்ளி மீநுண் துகள்கள் TiO_2 –உடன் சேர்க்கப்பட்ட பிறகு கலவையில் எந்தவொரு தோற்ற மாறுபாடும் ஏற்படவில்லை என கண்டறியப்பட்டது. எதிர் சிதறல் கதிர்வீச்சு மூலம் எடுக்கப்பட்ட தனிமங் களின் நிறவரை படம் 5(ல்) காட்டப்பட்டுள்ளது. எதிர்சிதறல் கதிர்வீச்சுக்கு விரைவூட்டு மின்னழுத்தம் 15 kV ஆனது கொடுக்கப்படு கிறது. உயர் மற்றும் குறைந்த அணு எண்களின் அடிப்படையில் வெள்ளை மற்றும் சாம்பல் நிறங்கள் முறையே Ag மற்றும் TiO_2– வை குறிக்கினறன.

மேலும் இப்பகுப்பாய்வானது Ag மீநுண் துகள்கள் TiO_2 –உடன் சீறாக கலந் துள்ளதை உறுதி செய்கிறது [23, 24]. இதே போல் ஆற்றல்– சிதறல் X கதிர் முடிவும் Ti, O மற்றும் Ag இருப்பதை உறுதி செய்தது.

ஊடுருவுமின்னணுநுண்ணோக்கியின் (TEM) மூலம் Ag:TiO_2 மீநுண்துகள் கலவையின் தோற்றமானது கோள வடிவம் என படம் 6(a)ல் உறுதி செய்யப்பட்டது. சராசரி துகள்களின் அளவு 26.28 ± 1.28 nm என துகள்கள் பரவல் செவ்வகப் படம் மூலம் (படம் 6(b)) கண்டறியப்பட்டது. அடர்ந்த கருமை நிறமானது வெள்ளி மீநுண்

அட்டவணை 1:

வெள்ளி மீநுண் துகள்கள் மற்றும் Ag: TiO2 மீநுண்துகள் கலவையின் ஃபூரியார் மாற்று அகச்சிவப்பு நிறமாலையியல் தரவுகள்

வெள்ளிமீநுண் துகள்கள்	Ag: TiO_2மீநுண்துகள்கலவை	வகுப்பீடு
அலையெண் (செ.மீ$^{-1}$)		
3357	3424	ஹைட்ராக்சில்தொகுதியின் (- OH) நீட்டல்அதிர்வு (stretching vibration)[11]
2924	2935	அல்கைல்தொகுதியின் (-CH) நீட்டல்அதிர்வு (stretching vibration) [12]
1636	1624	புரதத்தின்பெப்டைட்பிணைப்பின் கார்போனைல்மற்றும்கார்பாக்சிலிக்தொகுதியின் (-C=O) நீட்டல்அதிர்வு[13]
1370	1381	அரோமேட்டிக்அமீன்தொகுதியின் (C-N)நீட்டல்அதிர்வு [14]
1025	1080	அலிபேட்டிக்அமீன்தொகுதியின் (C-N)நீட்டல்அதிர்வு [15]
574	567	பீனாலிக்தொகுதியின் (OH) வளைவுஅதிர்வு[16]
---	459	Ti-O நீட்டல்அதிர்வு [[17]

துகள்களாக இருக்கலாம் என அறியப்படுகிறது. உயர் தெளிவு ஊடுருவு மின்னணு நுண்ணோக்கியின் (HRTEM) படம் 6(c)ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அணிக்கோவைத் தளங்களுக்கிடையே உள்ள தொலைவு (d) ஆனது 0.35 nm மற்றும் 0.24 nm ஆகியன முறையே அனடேஸ் TiO_2–வின் தளங்களான (101) மற்றும் (004) ஆகும். ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பளவு மின்னணு விளிம்பு விளைவானது (SAED) படம்6(d)ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வெள்ளை நிற வளையமானது முறையே Ag, ரூட்டைல் மற்றும் அனடேஸ் TiO_2–வின் (200), (101) மற்றும் (101) தளங்களாகும்.

முடிவுரை

வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் எளிய மற்றும் இயற்கையான முறையில் மிளகு தூளின் சாறிலிருந்து தயாரிக்கப்படுகிறது. இந்த வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் TiO_2 மீநுண்துகள் கலவைவுடன் கலக்கப்பட்டு Ag:TiO_2 மீநுண்துகள் கலவை தயாரிக்கப்படுகிறது. இத்தயாரிப்பு முறையானது மிகவும் குறைந்த பொருட்செலவிலும், குறைந்த நேரத்திலும் குறிப்பாக சுற்றுச்சூழல் மாசுபடாத வகையிலும் தயாரிக்கப்படுவதால் மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாக கருதப்படுகிறது. தயாரிக்கப்பட்டகலவையானது XRD, FTIR, UV-vis-NIR absorbance, FESEM, BSE and TEM போன்ற இயல்பாய்வுக்கு உட்படுத்தப்பட்டது. மேற்கொண்ட ஆய்வுகளின் அடிப்படையில் இப்புதிய தயாரிப்பு முறையானது சாய உணர்திறன் மின்கல தொழில்நுட்ப வளர்ச்சிக்கு மேலும் உறுதுணையாக அமையும் என நம்பப் படுகிறது.

மேற்கோள்கள் :

1. C. Luna, V.H.G. Chavez, E. D. Barriga-Castro, N. O. Nunez, R. Mendoza-Resendez, Spectrochim. Acta Part A Mol. Biomol. Spectrosc. 141 (2015) 43.
2. R. Rajan, K. Chandran, S. L. Harper, Soon-Il Yun, P. T. Kalaichelvan, Industrial Crops and Products 70 (2015) 356.
3. B. Ajitha, Y. A. K. Reddy, P. S. Reddy, Mater. Sci. Eng.C 49 (2015) 373.
4. K.S. Kavitha, S. Baker, D. Rakshith, H.U. Kavitha, H.C. Y. Rao, B.P. Harini, S. Satish, , Int. Res. J. Biological Sci. 2 (2013) 66.
5. M. Karuppiah, R. Rajmohan, Mater. Lett. 97 (2013) 141.
6. P. Kouvaris, A. Delimitis, V. Zaspalis, D. Papadopoulos, S. A. Tsipas, N.Michailidis, Mater. Lett. 76 (2012) 18.
7. J. Li, X. Chen, N. Ai, J. Hao, Q. Chen, S. Strauf, Y. Shi, Chem. Phy. Lett. 514, 141 (2011)
8. K. Gopinath, K.S. Venkatesha, R. Ilangovana, K. Sankaranarayananb, A.Arumugam, Ind. Crop. Prod. 50, 737 (2013)
9. M. Ahamed, M. A.M. Khan, M.K.J. Siddiqui, M.S. AlSalhi, S.A. Alrokayan, Physica E 43, 1266 (2011)
10. D. Philip, Spectrochimica Acta Part A 73, 374 (2009)
11. B. K. Bindhani, A.K Panigrahi, J. Nanomed. Nanotechnol. S6 (2015)
12. T.Y. Suman, S.R. R. Rajasree, R. Ramkumar, C. Rajthilak, P. Perumal, Spectrochim. Acta A: Mol. Biomol. Spec. 118, 11 (2014)
13. M.S. Akhtar, J. Panwar, Y.-S. Yun, ACS Sustainable Chem. Eng. 1, 591 (2013)
14. M. Vanaja, G. Annadurai, Appl. Nanosci. 3, 217 (2013)
15. M.J. Ahmed, G. Murtaza, A. Mehmood, T.M. Bhatti, Mater. Lett.153, 10 (2015)
16. P.S. Ramesh, T. Kokila, D. Geetha, Spectrochim. Acta A: Mol. Biomol. Spec. 142, 339 (2015)
17. P. Praveen, G. Viruthagiri, S. Mugundan, N. Shanmugam, Spectrochim. Acta A: Mol. Biomol. Spec. 117, 622 (2014)
18. U.B. Jagtap, V.A. Bapat, Ind. Crop. Prod. 46, 132 (2013)
19. L. Rastogi, J. Arunachalam, Mater. Chem. Phy. 129, 558 (2011)
20. H. Dong, Z. Wu, A. El-Shafei, B. Xia, J. Xi, S. Ning, B. Jiaoa, X. Hou, J. Mater. Chem. A 3, 4659 (2015)
21. S.P. Lim, A. Pandikumar, N.M. Huang, H.N. Lim, RSC Adv. 5, 44398 (2015)
22. Y. Li, H. Wang, Q. Feng, G. Zhou, Z.-S. Wang, Energy Environ. Sci. 6, 2156 (2013)
23. R. Mendoza-Reséndez, N.O. Núñez, E.D. Barriga-Castro, C. Luna, RSC Adv. 3, 20765 (2013)
24. K. Guo, M. Li, X. Fang, X. Liu, B. Sebo, Y. Zhu, Z. Hu, X. Zhao, J. Power Sources 230, 155 (2013)

ஒளி மின்னணுவியல் சாதனத்திற்குப் பயன்படுத்தப்படும் காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகள்களின் தொகுப்பு மற்றும் பண்பாராய்தல்

சு. முனியப்பன், கொ. சுதாகர், ப. முருககூத்தன்

முதுஅறிவியல் மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை, பச்சையப்பன் கல்லூரி, சென்னை-30

murugakoothan03@yahoo.co.in

ஆய்வுச்சுருக்கம்

தற்போதைய பணியில் பாலிவினைல் பைரோலிடோனினால் மூடிய காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகள்கள் அறை வெப்பநிலையில் மெத்தனோலிக் ஊடகத்தின் மூலமாக துரிதமான வேதிவீழ்படிவாக்கல் நுட்பம் மூலமாக பெறப்பட்டது. துகள் X–கதிர் விளிம்பு விளைவு பகுப்பாய்வின் மூலம் அறுகோண வெர்சைட் கட்டமைப்பு உறுதியாகிறது. ஃபூரியர் கட்ட வேறுபாடு அகச்சிவப்பு அலை மாலையியலின் மூலமாக செயல்பாட்டு குழுக்கள் உறுதி செய்யப்பட்டது. அளவு குவையமாக்களினால் ஏற்படும் ஆற்றல் இடைவெளி மாற்றத்தை அறிவதற்கு புற ஊதா கட்புல அருகு அகச்சிவப்பு எதிரொளிர்வு அலைமாலை ஆய்வு மேற் கொள்ளப்பட்டது. காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகள்களின் ஒளியுமிழ்வு செயல்பாடு கதிர்த்தூண்டு ஒளிர்வு பகுப்பாய்வின் மூலம் அறியப்பட்டது. காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகள்களுள் ஆதிக்கம் செலுத்தும் உமிழ்வை ஆய்வு செய்ய செயற்படல் சர்வதேச டி l'Eclairage 1931 நிறமூர்த்த உமிழ்வு நிறமாலை பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டது. இயக்க ஒளிசிதறல் பகுப்பாய்வின் மூலமாக காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகள்களின் நீர்ம இயக்கவியல் விட்டம் கணக்கிடப்பட்டது.

குறிப்புச்சொற்கள்: உறை முகவர், அறுகோண வெர்சைட், அளவு அல்லது தொகுதி கட்டுப்பாடு, கதிர்த்தூண்டு ஒளிர்வு, இயக்க ஒளிசிதறல்.

1. முன்னுரை

அடிப்படை ஆராய்ச்சி மற்றும் தொழில்துறை வளர்ச்சி ஆகிய இரண்டிற்கும் குறைக்கடத்தி மீநுண்படிகங்கள் பெரும் பயனாற்றுகின்றன. இவை தனிப்பட்ட அளவு சார்ந்த ஒளியியல், மின்னணு பண்புகள் மற்றும் ஒளிஉமிழ் இரு முனைகள், மின்வேதிக்கலம், கிளர்கதிர் ஒளிமி, ஹைட்ரஜன் உற்பத்தி வினையூக்கி, உயிரியல் முகப்பு உறை ஆகிய பல்வேறு துறைகளில் பயன் படுகிறது [1]. குரைகடத்தி மீநுண்படிகங்கள் தொகுதி கட்டுப்பாடு விளைவுகளை வெளிப் படுத்துகின்றன [2]. கடந்த இரண்டு தசாப்தங் களில் II - VI தனிம சேர்ம குறைக் கடத்திகளான CdS, CdSe மற்றும் CdTe ஆகிய வற்றின் தனித்துவமான ஒளியியல் பண்பு காரண மாக அவை ஒளிமின்னணுவியல், ஒளி நிலைமாற்றி, ஒளி உமிழும் சாதனங்களில் பயன்படுத்த அதிக கவனம் செலுத்தப்பட்டு வருகிறது. காட்மியம் சல்பைடு குறைக்கடத்தி நேரடி அகல ஆற்றல் இடை வெளி (2.42 cV) மற்றும் சிறந்த ஊடுகடத்துத்திறன் ஆகியவற்றை உடையது [3]. குறைக்கடத்தி மீநுண் மூலப்பொருளின் கூட்டிணைவுக்கு, கரைசல்/வெப்ப நீராற்றல், வெப்ப ஆவியாதல், உயிர்மத்தின் ஊன்மக் கூறு

முறை, கரைசல் அடிப்படையிலான வேதிமுறை கள் மற்றும் ஒலி வேதிமுறை போன்ற செயற்கை நுட்பங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

மலிவான மூலப்பொருட்கள், எளிமையான கையாடல் மற்றும் பெரிய அளவிலான உற்பத்தி தொழில்துறை பயன்பாடுகளில் பயன்படுத்த மிகவும் பிரபலமான நுட்பம் கூட்டு வீழ்படிவாக்கல் முறை யாகும் [4]. தனித்துவமான மின்னணு ஒளியியல் பண்புகளின் காரணமாக காட்மியம் சல்பைடு குறைக்கடத்தி உயிர் தோற்றுவாக்கல், சூரிய மின் கலங்கள், ஒளிர்வு வினையூக்கி போன்ற பயன்பாடு களில் சிறந்து பங்காற்றுகிறது [5]. தற்போதைய ஆராய்ச்சித் திட்டத்தில் காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகள்களின் கட்டமைப்பு மற்றும் ஒளியியல் பண்புகள் பற்றிய ஆய்வு மேற்கொள்ளப்பட்டது.

2. செயல்முறை

2.1 மூலப்பொருட்கள்

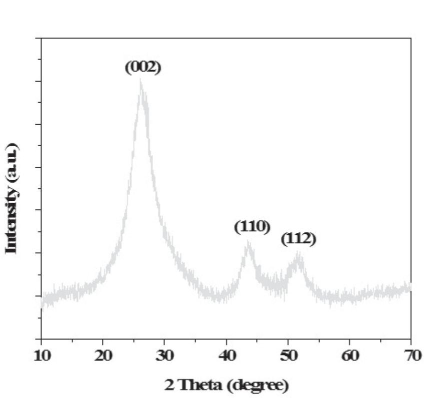
காட்மியம் நைட்ரேட், பாலிவினால் பைரோலிடைன், சோடியம் சல்பைடு, மெத்தனால் மற்றும் எத்தனால் ஆகியவை.

2.2 தொகுப்பு அல்லது கூட்டிணைப்பு

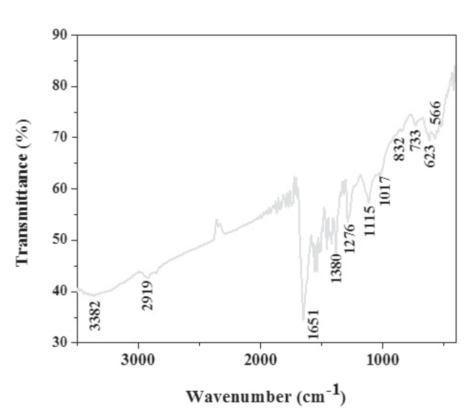
காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகள்கள் நீர்மம் அல்லாத ஊடகத்தைப் பயன்படுத்தி எளிய வேதிவீழ் படிவாக்கல் உத்தியுடன் உருவாக்கப் பட்டது. பொதுவாக 0.1 மோல் காட்மியம் நைட்ரேட் சரியான அளவு மெத்தனாலால் கரைக்கப்பட்டது. பின்னர் 0.3 மோல் பாலிவினால் பைரோலிடின் மெதுவாக மேற்கண்ட கரைசலில் சேர்க்கப் பட்டது. உகந்த நேரத்தில் 0.1 மோல் சோடியம் சல்பைடு செதுக்கு கள் தனியாக மெத்தனாலில் கரைக்கப்பட்டது. பிறகு தனியே கரைத்து முடிந்த சோடியம் சல்பைடு கரைசலை எடுத்து முன்பு உருவாக்கிய கரைசலில் ஊற்றப்பட்டது. இக்கரைசல் முழுமைநிலை அடை வதற்கு போதுமான காலத்திற்கு காந்த சுழற்சி முறைக்கு உட்படுத்தப்பட்டது. இறுதியாக இக் கரைசல் மஞ்சள் நிற வீழ்படிவாக்கம் பெற்றது. இவ்வீழ்படிவாக்கலை நீர் மற்றும் எத்தனால் ஊடகத்தின் உதவியுடன் மைய விலக்கியைப் பயன் படுத்தி மாசு அகற்றப்பட்டது. இதனை உலர செய் வதற்கு ஒரு இருட்டு அறையினுள் வைக்கப்பட்டது. இறுதியாக உலர்ந்த துகள்களை சுமார் 2 மணி நேரம் 200°C வெப்பநிலையில் பதப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

2.3 பண்பாய்வு

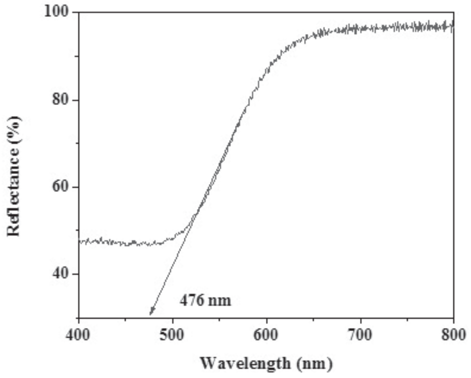
துகள் X–கதிர் விளிம்பு விளைவு முறை மூலமாக CdS மீநுண்துகள்களின் கட்டமைப்பு பற்றிய பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டது. இதற்கு CuKα (அலை நீளம் = 1.5406 Å) பயன்படுத்தப்பட்டது. உருவாக்கப் பட்ட CdS மீநுண்துகள்களில் உள்ள செயல்பாட்டுக் குழுக்களை அடையாளம் காண 1.0 செ.மீ$^{-1}$ தீர்மானம் கொண்ட shimadzu ஃபூரியர் கட்டமாற்றி அகச்சிவப்புக் கருவி பயன்



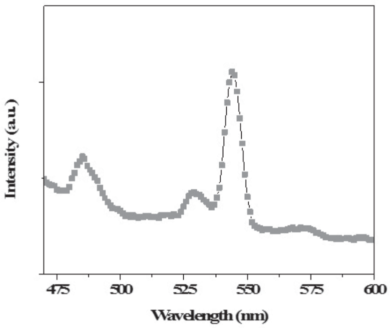
வரைபடம் 1 பாலிவினைல் பைரோலிடோனினால் மூடிய காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகளின் துகள் X–கதிர் விளிம்பு விளைவு



வரைபடம் 2 பாலிவினைல்பைரோலிடோனி னால் மூடிய காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகளின் ஃபூரியர் கட்ட மாற்று அகச்சிவப்பு நிறமாலை



வரைபடம் 3 பாலிவினைல்பைரோலிடோனினால் மூடிய காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகளின் புறஊதா கட்புல அருகு அகச்சிவப்பு எதிரொளிப்பு நிறமாலை



வரைபடம் 4 பாலிவினைல்பைரோலிடோனினால் மூடிய காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகளின் கதிர் தூண்டு ஒளிர்வு நிறமாலை

படுத்தப்பட்டது. புறஊதா–கட்புல– அருகு அகச் சிவப்பு பிரதிபலிப்பு நிறமாலை 190 முதல் 900 nm வரையிலான அலைநீள அகலத்தில் LABINDIA UV 3092 நிறமாலை ஒளிமானியை பயன்படுத்தி பகுப் பாய்வு செய்யப்பட்டது. கதிர்தூண்டு ஒளியுமிழ்வு பண்பானது Cary Eclipse நிறமாலை ஒளிமானியைப் பயன்படுத்தி 450 W செனான் ஆர்க் விளக்கின் தூண்டுதல் மூலம் பதிவு செய்யப்பட்டது. இரண்டாம் நிலை அளவை Zetasizer Nano-ZS கருவியைப் பயன்படுத்தி நீர் ஊடக முகவரின் உதவியுடன் இயக்க ஒளிச் சிதறல் பகுப்பாய்வு செய்யயப்பட்டது.

3. முடிவுகள் மற்றும் விவாதங்கள்

3.1 துகள் X–கதிர் விளிம்பு விலகல் பகுப்பாய்வு

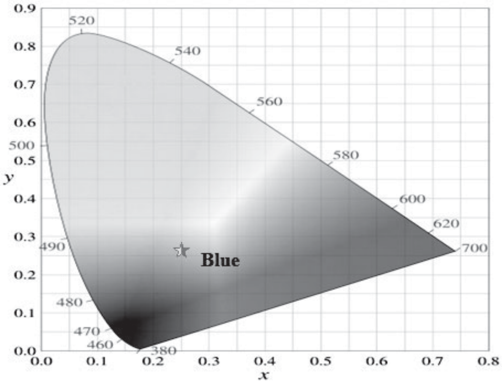
செயற்கை CdS மாதிரியானது 200°C வெப்ப நிலையில் நீற்றுதல் செய்த துகள் X – கதிர் விளிம்பு விளைவு படம் 1 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. (002), (110) மற்றும் (112) ஆகியவற்றின் உச்ச சிகரங்கள் முறையே 26.19, 43.52 மற்றும் 51.34 என்ற 2 கோணங்களில் தோன்றியதன் மூலம் CdS மீநுண் படிகத்தின் அறுகோண வெர்சைட் அமைப்பானது உறுதி செய்யப்பட்டுள்ளது. பரந்த பண்பு வேறுபாடு X–கதிர் சிகரங்கள் சிறிய CdS துகள்களாக உரு வாகியுள்ளது என்று எடுத்துக் காட்டுகிறது. பின்வரும் செரரின் சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி படிகத்தின் அளவு பெறப்பட்டது [6],

D = 0.94 ë / â cos (è)

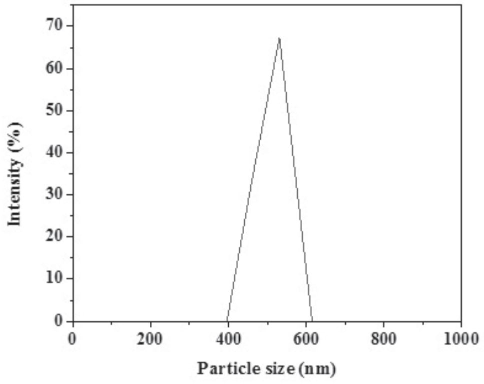
இங்கே D என்பது துகள் விட்டம், 0.94 கோள துகளுக்கான வடிவ காரணி, ß என்பது விளிம்பு விலகல் சிகர முழு உச்சத்தின் அரை உயர அகல அதிகபட்சமாகும். ë என்பது அலைநீளம் மற்றும் என்பது விலகல் கோணம் ஆகும். CdS மீநுண்துகள் களின் படிக அளவு செரரின் தொடர்பு மூலம் தீர்மானிக்கப்பட்டு மற்றும் அதன் அளவு தோராய மாக 3.5 nm ஆக காட்டப்பட்டுள்ளது.

3.2 ஃபூரியர் கட்டவேறுபாடு அகச்சிவப்பு பகுப்பாய்வு

பாலிவினைல் பைரோலிடோனினால் மூடிய CdS மீநுண்துகள்களின் ஃபூரியர் கட்ட வேறுபாடு அகச்சிவப்பு அலைமாலை படம் 2 ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. 3437 செ.மீ$^{-1}$ ஐ மையமாகக் கொண்ட சிகரம் H_2O மூலக்கூறின் O-H குழு நீட்டிப்புத் தன்மையால் ஏற்பட்டது. 1276 மற்றும் 1651 செ.மீ$^{-1}$ ஆகிய சிகரங்கள் முறையே C-H மற்றும் C=O பிணைப்பின் நீட்டல் அதிர்வுகளுக்கு பாலிவினைல் பைரோலிடோனினாலுக்கான ஒத்ததாக அமைந்துள்ளது [7]. 1380 மற்றும் 2919 செ.மீ$^{-1}$ அலை எண்களை மையமாகக் கொண்ட சிகரங்கள் பாலிவினைல் பைரோலிடோனி னாலுக்கு ஏற்புடையவை. இது மேலும் பாலிவினைல் பைரோலிடோனினானில் உள்ள நைட்ரோஜென் அணுவிற்கும் மற்றும் காட்மியம் 2^+ அயனிக்கும் இடையேயான ஒருங்கிணைந்த



வரைபடம் 5 பாலிவினைல் பைரோலிடோனினால் மூடிய காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகளின் வண்ண நிற மூர்த்த படம்



படம் 6 பாலிவினைல்பைரோலிடோனினால் மூடிய காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகளின் இயக்க ஒளிச்சிதறல்

பிணைப்பை உருவாக்கியதாக இருக்கலாம் [8]. 721 மற்றும் 674 செ.மீ$^{-1}$ ஆகிய அலை எண்களில் வெளிவந்த சிகரங்கள் CdS நீட்டல் குழுக் களினால் பெறப் பட்டவையாகும் [9]. CdS மீநுண்துகள்களுடன் பாலிவினைல் பைரோலி டோன் மூலக்கூறு தொடர்பு கொள்வதை இந்த கூர்நோக்கு உறுதிப்படுத்துகிறது.

3.3 புறஊதா–கட்புல–அருகு அகச்சிவப்பு எதிரொளிப்பு பகுப்பாய்வு

புறஊதா–கட்புல– அருகு அகச்சிவப்பு நிறமாலையானது பாலிவினைல் பைரோலிடோனி னால் மூடிய CdS மீநுண்துகள்களின் படம் 3ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒருங்கிணைந்த பாலி வினைல் பைரோலிடோனினால் மூடிய CdS மீநுண் துகள்களின் உட்கொள்ளல் விளிம்பானது 477 nm அளவில் தோன்றுகிறது. இது 2.59 eV ஆற்றல் இடைவெளியை குறிக்கிறது. இது பேரளவு காட்மியம் சல்பைடின் 2.42 eV –லிருந்து நீல நகர்வு பெற்றதை காட்டுகிறது [10]. இந்த பகுப்பாய்வு தயாரிக்கப்பட்ட பாலிவினைல் பைரோலி டோனினால் மூடிய CdS துகள்கள் மீநுண் அளவியில் அமைந்துள்ளது என்பதை குறிக்கிறது.

3.4 கதிர்தூண்டு ஒளிர்வு பகுப்பாய்வு

பாலிவினைல் பைரோலிடோனினால் மூடிய CdS மீநுண்துகள்களின் கதிர்தூண்டு ஒளிர்வு நிறமாலை படம் 4 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது 485 nm காணப்படும் பரந்த சிகரமானது மின்னணு– துளை மறுசேர்க்கை பட்டை விளிம்பிற்கு அருகே ஏற்படுகிறது என்பதை காட்டுகிறது. 528 nm–ஐ மையமாக கொண்ட சிகரமானது, தூண்டுதலினால் சல்பர் இடைச்செருகல் கடத்து பட்டையை அடைவ தால் பச்சை உமிழ்வாக வெளிப்பட்டுள்ளது மற்றும் 544 nm மையமாக கொண்ட மற்றொரு சிகரமானது காட்மியம் தளத்தின் வழியாக மஞ்சள் நிறத்தை உமிழ்கிறது [11]. காட்மியம் மற்றும் சல்பர் காலியிடங்கள் குறைபாடு அமைப்புடன் தொடர்பு உடையது [3]. CdS மீநுண்துகள்களின் உமிழ்வு நிறத்தை ஆராய்வதற்காக CIE 1931 நிறமூர்த்த வரைபடம் உமிழ்வு நிறமாலையிலிருந்து பயன் படுத்தப்பட்டது. தற்போதைய ஆய்வில் காட்மியம் சல்பைடின் வண்ண நிற மூர்த்த நிலைமைகள் (x,y) CIE அமைப்பை பயன்படுத்துவதன் மூலம் கணக் கிடப்படுகிறது.

வெள்ளை ஒளி உமிழ்வுக்கான நிலைமை, x மற்றும் y ன் ஆயத்தொலைவுகள் x = 0.33, y = 0.33 எனவும் CIE வரைபடத்தின் மையத்தில் வைக்கப் படுகின்றன [12]. CIE நிறமூர்த்த வரைபடமானது அலைநீளம் 400 nm ஆல் ஏற்பட்டுள்ள காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகள்கள் படம் 5–ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. நீல ஒளிஉமிழ்வு நடந்துள்ளது என்பதை CdS மீநுண்துகள்களுக்கான x மற்றும் y ஆயத் தொலைவுகள் (0.2285 & 0.2329) காட்டுகின்றன. ஆகவே CdS மீநுண் துகள்கள் நீல நிற ஒளி வண்ணமயமான பொருட்கள் மற்றும் ஒளி உமிழ்

இருமுனை பொருட்கள் ஆகியவற்றிக்கு பயன் படுத்தலாம்.

3.5 இயக்க ஒளிச்சிதறல் பகுப்பாய்வு

இயக்க ஒளிச்சிதறல் முறை மூலமாக நீர்ம கரைசலின் உதவியுடன் இரண்டாம் நிலை துகள் அளவு அளவிடப்படுகிறது. இயக்க ஒளிச்சிதறல் முறையானது கரிம கனிம மீநுண்துகள்கள் மீநுண்ணளவிலிருந்து நீள நுண்ணலகு வரை யிலான சிறப்பினங்கள் உட்பட பல அமைப்பு களுக்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது. இருப்பினும் இயக்க ஒளிசிதறலின் மூலம் அளவிடப்பட்ட விட்டமானது நீர்ம இயக்கவியலால் ஆகும்.

இதன் விளைவாக முதன்மை நிலை அளவை விட இரண்டாம் நிலை துகள்களின் அளவு அதிக மாகிறது. பாலிவினைல் பைரோலி டோனினால் மூடிய CdS மீநுண்துகள்களின் இயக்க ஒளிச் சிதறலின் அலைமாலையானது படம் 6–ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. CdS மீநுண்துகள்களின் இரண்டாம் நிலை துகள் அளவு 532 nm ஆக காணப்படுகிறது. இதை ஊடுருவும் மின்னணு நுண்ணோக்கி மதிப்புடன் ஒப்பிடுகையில் மிகவும் அதிகமாக உள்ளது. ஊடுருவும் மின்னணு நுண்ணோக்கிக்கும் மற்றும் இயக்க ஒளிச் சிதறலுக்கும் இடையே துகள் அளவு முரண்பாடாக அனுசரிக்கப்பட்டது. ஏனென் றால் மீநுண்துகள்களின் கூட்டமைப்பு தனி மீநுண் துகள்களை விட மெதுவாக பரவுவதால் ஏற்படு கிறது. இது திரவ ஊடகத்தினால் பெரிய துகள் களாக காட்டப்படுகிறது. இயக்க ஒளி சிதறலின் அளவீடு கரிம மற்றும் தீர்த்தல் அடுக்குகளால் சூழப்பட்ட CdS துகளின் சராசரி நீர்ம இயக்க விட்டத்தை கொடுக்கிறது. மேலும் துகளின் நீர்ம இயக்கத்தின் விட்டம் பாகுத் தன்மை மற்றும் செறிவை பொறுத்து அமைகிறது [13,14]. மறுபுறம் ஊடுருவும் மின்னணு நுண்ணோக்கி துகள் மையத்தின் விட்டத்தை மட்டுமே கொடுக்கிறது. CdS மீநுண்துகள்களின் ஒற்றை இயக்க ஒளிச் சிதறல் சிகரமானது அதன் தரத்தை காட்டுகிறது மற்றும் அவை இயற்கையில் ஒற்றை விரவல் தன்மையை பெற்றுள்ளது என்பதையும் காட்டுகிறது.

4. முடிவுரை

பாலிவினைல் பைரோலிடோனினால் மூடிய CdS மீநுண்துகள்கள் வெற்றிகரமாக எளிய வேதி வீழ்ப்படிவாக்கல் உத்தியின் மூலம் தொகுக்கப் பட்டது. துகள் X–கதிர் விளிம்பு விலகலின் முடிவுகள் CdS மீநுண்துகள்கள் அறுகோண வெர்சைட் அமைப்பை வெளிப்படுத்தியது மற்றும் படிக அளவு தோராயமாக 3.5 nm என்று செரரின் சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி கண்டறியப்பட்டுள் ளது. ஃபூரியர் கட்ட வேறுபாடு அகச்சிவப்பு பகுப்பாய்வு மூலம் பாலிவினைல் பைரோலி டோனினுடன் காட்மியம் சல்பைடு இணைந்த அமைப்பை உறுதிப்படுத்தி யுள்ளது. புறஊதா கட்புல அருகு அகச்சிவப்பு எதிரொளிப்பு நிறமாலை மூலமாக ஒருங் கிணைக்கப்பட்ட CdS மீநுண்துகள்களின் நீல மாற்ற இயல்பையும் மற்றும் அதன் ஆற்றல் இடைவெளி 2.59 eV என நிரூபித்துள்ளது.

கதிர்தூண்டு ஒளிர்வு பகுப்பாய்வு மூலம் மின் துளை கட்டுறுநிலை மற்றும் குறைபாடு தொடர் பான உமிழ்வுகள் கண்டறியப்பட்டது. CIE வண்ண நிறமூர்த்த நிலைமைகளின் ஆதிக்கம் நீல உமிழ்வை காட்டுகிறது. ஆகவே, CdS மீநுண் துகள்கள் இயல் பான நீலநிற அடிப்படையிலான கருவி பயன்பாடு களுக்கு ஏற்றவாறு அமைகிறது. இயக்க ஒளிச் சிதறல் பகுப்பாய்வு CdS துகளின் அளவு 532 nm என்றும் ஒற்றை விரவிய இயல்பை கொண் டுள்ளது என்றும் உறுதிப்படுத்துகிறது. இந்த மதிப்புமிக்க விவாதங்களின் அடிப்படையில் காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகள்கள் ஒளி மின்னணு வியல் சாதன கட்டமைப்பிற்கு பயனுள்ளதாக அமையும் என அறிவுறுத்தப்படுகிறது.

மேற்கோள்கள் :

[1] N. Ghows, M.H. Entezari, Ultrason. Sonochem., 18 (2011) 269-275.

[2] K. Suresh Babu, C. Vijayan, Prathap Haridoss, Mater. Res. Bull., 42 (2007) 1251-1261.

[3] Daifeng Fang, Ran Chen, Hewen Liu, Zengming Zhang, Zejun Ding, J. Nanosci. Nanotech., 10 (2010) 7600-7602.

[4] Sonika Khajuria, Sumit Sanotra, Jigmet Ladol, Haq Nawaz Sheikh, J. Mater. Sci. Mater. Electron. 26, (2015)7073-7080.

[5] S. Q. Sun, T. Li, Crystal Growth & Design 7, (2007)11.

[6] S. Ananth, P. Vivek, G. Saravana Kumar, P. Murugakoothan, Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 137, (2015)345-350.

[7] I.S. Elashmawi, A.M. Abdelghany, N. A. Hakeem, J. Mater. Sci. Mater. Electron. 24 (2013) 2956-2961.

[8] L. Saravanan, S. Diwakar, R. Mohankumar, A. Pandurangan, R. Jayavel, Nanomater. nanotechnol. 1 (2011) 42-48.

[9] M.F. Kotkata, A.E. Masoud, M.B. Mohamed, E.A. Mahmoud, Physica E 41 (2009) 1457-1465.

[10] Abdelhay Aboulaich, Denis Billaud, Mouhammad Abyan, Lavinia Balan, Jean-Jacques Gaumet, Ghouti Medjadhi, Jaafar Ghanbaja, Raphael Schneider, Appl. Mater. Interfaces 4 (2012) 2561-2569.

[11] Vineet Singh, Pratima Chauhan, J. Phys. Chem. Solids 70, (2009)1074-1079.

[12] R. Vijayakumar, K. Marimuthu, J. Alloys Compd. 665 (2016) 294-303.

[13] Dasari Ayodhya, M. Venkatesham, A. Santoshi kumara, G. Bhagavanth Reddy G. Veerabhadram, Int. J. Ind. Chem. 6, (2015)261-271.

[14] Bernard Lorber, Frederic Fischer, Marc Bailly, Herve Roy, Daniel Kern, Biochem. Mol. Biol. Educ. 40, (2012)372-382

பென்சோட்ரியோசோல் சாலிசிக் அமிலத்தின் (BSA) தனிப் படிகம் வளர்த்தல் மற்றும் மூலக்கூறு மாதிரி மூலம் பண்பாய்வு செய்தல்

ப. சத்யா, என். கார்த்திகேயன்

இயற்பியல் துறை, அண்ணா பல்கலைக்கழகம், சென்னை – 600 025.

sathyam.chawla@gmail.com

தமிழாக்கம் : **ஆர். ராஜேஸ்வரி** காயிதேமில்லத் அரசு மகளிர் கல்லூரி,

ஆய்வுச் சுருக்கம்

பென்சோட்ரியோசோல் சாலிசிலிக் அமிலம் (BSA) தனிபடிகம் நீராவியாகுதல் கரைசல் வளர்ப்பு முறை மூலம் வளர்க்கப்பட்டது. வளர்ந்த படிகமானது தனி துகள் X–கதிர் விளைவு விளிம்பு மூலம் உறுதிபடுத்தப்பட்ட BSA சேர்மம் மோனோகிளினிக் அமைப்பில் வெளி தொகுதி **$P2_1/n$** கொண்டு மத்திய – சமசீர் இயல்புடன் படிகமானது அதன் அளவீடு பண்புகளாகிய **a=13.80(7)Å,b=5.41(1) Å,c=16.66(2)Å,** á=90º, ß**=102.27(3)°,** ã**=90°, V=1216(4)Å** கிடைத்தன. BSA சேர்மத்தின் அதிர்வு நிறப்பிரிகை (FTIR) மற்றும் இராமன் பிரிகை கோட்பாடு ரீதியாகவும் பரிசோதனையிலும் ஆய்வு செய்யப்பட்டது. **B3LYP/6-3/g(d,p)** அடர்த்தியான செயல்பாடுகளால் BSA உகந்த வடிவியல் அளவுருக்கள் கிடைத்தன. HOMO மற்றும் LUMO ஆற்றல் மதிப்புகள் அவற்றின் அளவீடுகளுடன் கணக்கிடப்பட்டு அவற்றுள் நடக்கும் ஆற்றல் பரிமாற்றம் அறியபட்டது. மூலக்கூறு மின்நிலையான ஆற்றல் (MEP) மேற்பரப்பு வரைபடம், அதிக விளைவு மற்றும் இருமுனை இயக்கம் ஆகியவை கணக்கிடப்பட்டன. 1HNMR கற்றையின் மூலம் புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை அறியப்பட்டது. இந்த சேர்மம் 134°C வெப்ப நிலை வரை நிலையானதாகவும் 216°C முதல் சிதையவும் தொடங்கு கிறது. மூலக்கூறுகளின் உயிரியல் நடவடிக்கைகள் பேசில்லஸ் செரிஸஸ் பாக்டீரியாவிற்கு ஒரு சிறந்த தடுப்பூசியாக அறியப்பட்டது. இந்த கண்டுபிடிப்புகள் சிறந்த கற்றையின் மூலம் உயிரியல் செயல்பாடுகளுடன் புதிய டிரைசுசோல் சேர்மம் அமைய வழிகாட்டுகின்றன.

1. அறிமுகம்

ஆன்டிமைக்ரோபியல் காரணிகள் தேவை மற்றும் புதிய வளர்ச்சி மருத்துவ கரிம வேதியியலில் முதன்மை இடத்தை வகிக்கிறது. (பாண்டே மற்றும் பலர் **1999**). சமீப ஆண்டுகளில் பல்வேறு வகையான நோய்களுக்கு சிகிச்சை அளிப்பதற்காக மருத்துவ பயன்பாடுகளில் ª°µ²³¾• அசோ பல்வகை வளைய சேர்மங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன (டியூவா மற்றும் பலர் **2011**). மேலும் அவற்றின் வழிமுறைகள் வளைய சேர்மங்கள் தயாரிப்பிலும் பல புதிய ஆன்டி பாக்டிரியா பொருட்களை அறியவும் உதவுவதால் ஆராய்ச்சி சமூகத்திற்கு முக்கிய சவலாக உள்ளது. ஆன்டிமைக்ரோபியல், ஆன்டி கேன்சர் மற்றும் ஆன்டிவைரஸ் போன்ற உயிரியல் செயல்பாடுகளில் இவை முக்கியப்பங்கு

வகிக்கின்றன (கேல் மற்றும் பலர் 2010).

சாலிசிலிக் அமிலம் (SA) 2–ஹைட்ராக்சி பென்சோயிக் அமிலம் என்று அறியப்படுகிறது. இது உணவு தயாரிப்பு நுண்ணுயிர் எதிர்ப்பு பொருட்கள் மற்றும் கரிம தயாரிப்பில் பரவலாக பயன்படுகிறது. மேலும் புதிய காய்கறிகள் மற்றும் பூஞ்சை எதிர்க்கும் பொருட்களிலும் ஆன்டி மைக்ரோபியல் கழுவும் பொருட்களில் பயன் படுகிறது. (காராக்கா மற்றும் பலர் 2015).

சாலிசிலிக் அமிலத்தின் வழிமுறைகள் அதன் இயற்வேதிபண்புகளால் ஆராயப்பட்டு, அதன் உயிரியல் மற்றும் மருத்துவ பண்புகளால் மிகவும் துல்லியமாக ஆய்வாளர்களால் கவனிக்கப்படுகிறது.

இதனால் தலைப்பில் உள்ள சேர்மமும் நைட்ரஜன் உள்ள ஹைட்ரஜன் பிணைப்புள்ள மூலக்கூறு கொண்டிருப்பதால், அதுவும் அதன் சிறந்த ஆன்டிமைக்ரோபியல், பண்புகளால் கவனிக்கப்படுகிறது.

BSA சேர்மம் மோனோகிளினிக் அமைப்பில் $P2_1/R$ வெளிவகை கொண்டு படிகமாகிறது. மேலும் அதன் பிறிகை பண்புகளையும் மருத்துவ வினை வழிமுறைகளையும் அறிய விரிவான பரிசோதனை மற்றும் கோட்பாடு ஆய்வுகள் தேவைப்படுகின்றன. காஸீயன் 09 மென்பொருள் தொகுப்பைக் கொண்டு அதன் பிறிகை ஆய்வுகள் கணிணி ஆய்வுகள் மூலமாகவும் பரிசோதனை மூலமாகவும் அறியப்பட்டது.

முதல் வரிசையில் மிக உயர்ந்த அளவிலான உயர்நிலைப் பண்பேற்றம் என்பது இரண்டாவது நிலை தணிக்கை ஆகும். BSAன் வேதி வினை திறன் மூலக்கூறு மின்சக்தி சார்ந்த மேற்பரப்பு மற்றும் பல்வேறு மின்ணணு அளவுறுக்கள் ஆகியவற்றால் விவாதிக்கப் பட்டது. HOMO மற்றும் LUMO ஆற்றலை பற்றி ஆய்வு சாதாரண நிலையில் மூலக்கூறின் நடக்கும் ஆற்றல் பரிமாற்றத்தை அறிய உதவுகிறது. ஆற்றல் இடைவெளி மற்றும் வேதி கடினத் தன்மை மூலக்கூறில் மருந்து செயல்படும் இடத்தை நிலைப்படுத்த உதவுகிறது. சேர்மங்களுக்கு இடையே உள்ள ஒருங்கினைப்பு (நியூக்ளியோபிலிக் அல்லது எலக்ட்ரோபிலிக்) வகைகள் உருவாக்குவதற்கு மின்னணு பரிமாற்றம் மற்றும் எலக்ட்ரோபிலிசிட்டி அலைவு உடன் இணைந்து பயன்படுத்தபடலாம்.

BSA சேர்மத்தின் உயிரியல் நடவடிக்கைகள் ஆராயப்பட்டு அவை பேசில்லஸ் சீரிஸ் பாக்டீரியா மற்றும் ஹைட்ராக்சில் சல்பைட் என்சைம் ஆகியவற்றை தடுக்க சிறந்து விளங்குகின்றன. இந்த கண்டுபிடிப்புகள் புதிய ட்ரைஅசோல் சேர்மங்களை சிறந்த உயிரியியல் செயல்பாடு களுடன் வடிவமைக்க வழிகாட்டுகிறது. இதன் படி இந்த ஆய்வு BSA படிகத்தின் வடிவு அதிர்வு மற்றும் ஒளியியல் பண்புகளை தருகிறது.

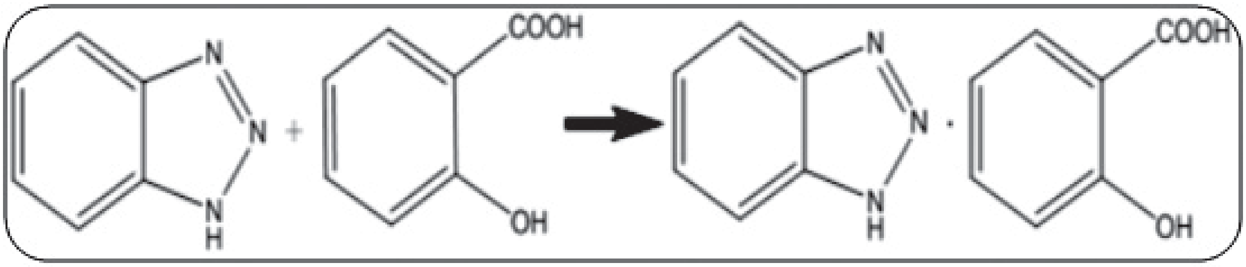
2. தயாரிப்பு மற்றும் படிக வளர்ச்சி

சரிவிகித பென்சோடிரை அசோல் மற்றும் சாலிசிலிக் அமிலத்தை நீர் மற்றும் எத்தனால் கரைசலில் அறை வெப்பநிலையில் கலப்பதன் மூலம் BSA சேர்மம் தயாரிக்கப்படுகிறது. இந்த கரைசல் இரண்டு நாட்கள் தொடர்ச்சியாக கலப்பதன் மூலம் ஒருமித்த கலவையாக கிடைக்கப் பெற்று வாட்மேன் வடிப்பான் காகிதத்தை கொண்டு (11µm) வடிகட்டப்படுகிறது மெதுவான நீராவியாக்கும் முறைமூலம் வடிகட்டப்பட்ட கரைசல் ஒரே வெப்பநிலையில் 30°c ல் வைக்கப்படுகிறது. இரண்டு முறை மறுமுறை பதங்கமாக்குதல் முறைமூலம் தயாரிக் கப்பட்ட உப்பின் தூய்மை மேம்படுத்தப்பட்டது.

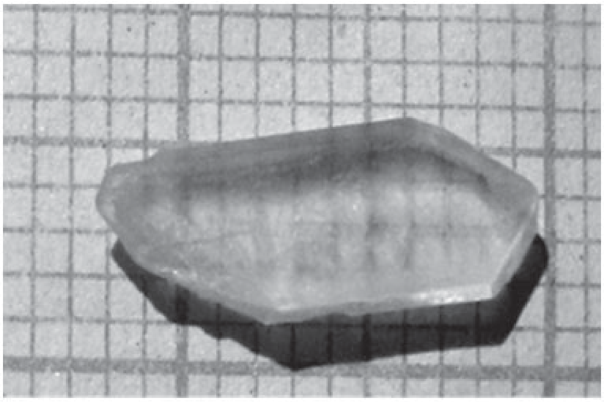
முதன்மை கரைசலில் இருந்து வளர்க்கப் பட்ட படிகம் 15 நாட்கள் கழித்து எடுக்கப்பட்டது. படங்கள் 1 மற்றும் 2 முறையே வளர்ந்த BSA படிகங்களின் படிக உருவாக்க வேதிவினை புகைப் படத்தையும் காட்டுகின்றன. இந்த படிகங்கள் ஹைக்ரோஸ்கோபிக் இல்லாத ஒளியியல் வெளிப்படையான தன்மை கொண்டவை.

3. முடிவுகள் மற்றும் விவாதம்

BSA படிகத்தின் ஒற்றை படிக எக்ஸ்– விளிம்பு பகுப்பாய்வு கட்டமைப்பை உறுதிப் படுத்தவும் கூட்டமைப்பு அளவுநிலை மதிப்பிடவும்



படம் – 1 : பென்சோட்ரியோசோலின் உருவ வரைபடம்



படம் – 2 : பென்சோட்ரியோ சோல்சாலிசிலிக் அமிலத்தின் ஒற்றை படிகம்

செய்யப்பட்டடது. மோனோகிளினிக் படிக அமைப்பில் இந்த சேர்மம் $P2_{1}/_{N}$ வெளி தொகுதியுடன் மையம்–சமச்சீர் கொண்டு அறியப்பட்டது. கூட்டமைப்பின் அளவுருக்கள் a=13.80(7)Å, b=5.41(1)Å,c=16.66(2)Å, á= 90º, â=102.27(3)°, ã=90°V=1216(4)Å. இது முந்தைய மதிப்புகளுடன் உடன்பட்டு இருந்தது (வாங் மற்றும் 2012).

இந்த படிக அமைப்பில் மூலக்கூறு களுக்கிடையே உள்ள பலகீனமான N-H…N, O-H…N, N-H…O-ல் இடையே உள்ள தொடர்பு மூலம் நிலைப்படுத்தபட்டு ஒரு முப்பரிமான வலைப்பின்னலை ஏற்படுத்துகிறது.

3.1. அதிர்வு பகுப்பாய்வு

தலைப்பு சேர்மத்தின் சோதனை மற்றும் கணக்கிடப்பட்ட FT-IR மற்றும் FT–இராமன் கற்றை முறையே படம் 3 மற்றும் 4ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. IR மாலை 1605 செமீ$^{-1}$ மற்றும் FT இராமன் மாலை 1589 செமீ$^{-1}$ ஆகியவற்றால் காணப்பட்ட எண் C-C நீட்டிப்பு அதிர்வெண் களை குறிக்கிறது. கோட்பாட்டளவில் கணக் கிடப்பட்ட FTIR மற்றும் இராமன் அளவுகளான 1634 செமீ$^{-1}$ மற்றும் 1550 செமீ$^{-1}$ சோதனை அளவுகளுடன் சிறப்பாக ஒத்துச் செல்கின்றன.

FTIR கற்றையில் கார்பனைல் (C=O) சீரான நீட்சி அதிர்வு 1659 செமீ$^{-1}$ல் கூர்மையான அளவுகள் மூலமும் கணக்கிடப்பட்ட B3LYP/6-31G(d,p) அளவுகள் 1709 செமீ–$_{1}$ மூலம் காட்டப் பட்டுள்ளது. கண்டறியப்பட்ட FT இராமன் கற்றை கணக்கிடப்பட்ட கற்றையுடன் ஒத்துள்ளதை அறியப்பட்டது. அமிலத் தொகுதி யில் மின்னணு மற்றும் ஸ்டிரிக் விளைவுகளால் சேர்மத்தில் உள்ள நைட்ரோ தொகுதிகளால் C=Oன் அதிர்வு பாதிக்கப்பட்டு, அதிர்வு கற்றைகள் குறைந்த மதிப்பிற்கு மாறுகின்றன. FTIR மாலையில் N-H சீரான நீட்சி அதிர்வு 3240 செமீ$^{-1}$ல் அறியப்பட்டது. இதே அதிர்வு FT இராமன் மாலையில் 3191 செமீ$^{-1}$ ல் அறியப்பட்டது. கோட்பாட்டில் உள்ள மாலை பகுப்பாய்வுகளுடன் இந்த அதிர்வு வளைவுகள் ஏறக்குறைய ஒத்து இருந்தன.

பொதுவாக O-H நீட்சி அதிர்வு 3400– 3600 செமீ$^{-1}$ ல் தோன்றும் மிக பெரிய கற்றையின் மூலம் பண்பறியப்படுகிறது. தலைப்பு சேர்மத்தின் சாலிசிலிக்அமிலத் தொகுதியில் உள்ள O-H நீட்சி அதிர்வு 2885 செமீ$^{-1}$ 3054 செமீ$^{-1}$ ஆக FT-IR மாலையிலும், பலகீனமான கற்றைகளாக இதே அதிர்வுகள் 3238 செமீ $^{-1}$ல் இராமன் மாலையில் தோன்றின. பலகீனமான ஹைட்ரஜன் பிணைப்பு OH மற்றும் கார்பாக்சிலிக் தொகுதிகளுக்கு இடையே இருப்பதை இந்த பரந்த உச்சங்கள்

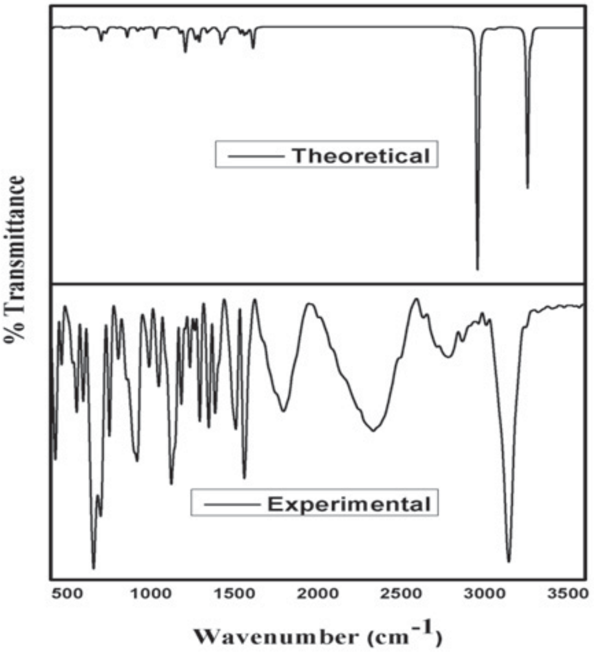
காட்டுகின்றன. OH தொகுதி யின் தளத்தில் உள்ள அதிர்வு வளைவுகள்1400 செமீ$^{-1}$ பங்கேற்கிறது. OH தொகுதியின் தளத்தில் உள்ள அதிர்வு வளைவுகள் 1481 செமீ$^{-1}$ மற்றும் 1443 செமீ$^{-1}$ ல் மற்றும் 1499 செமீ$^{-1}$ ல் FT இராமனில் குறிக்கப்படுகின்றன. O-Hன் தளத்தில் இல்லாத வளைவுகள் FT-IR 848 மற்றும் 756 செமீ$^{-1}$ லும் காணப்பட்டது. அனைத்து மதிப்புகளும் கோட்பாட்டில் உள்ள மதிப்புகளுடன் ஒத்துப் போகின்றன.

கார்பாக்சில் அமிலங்கள் ஹைட்ரஜன் பிணைப்புடன்கூட வலுவான போக்கு இருப்பதால் இவை திட, திரவ நிலைகளில் மற்றும் செறிவு கரைசகலில் டைமர்களாகவும் காணப் படுகின்றன. C-N நீட்சி அதிர்வு எப்போதும் மற்ற கற்றைகளுடன் கலந்து இருப்பதால் பொதுவாக 1266 – 1382 செமீ$^{-1}$ பகுதியில் இருக்கிறது.

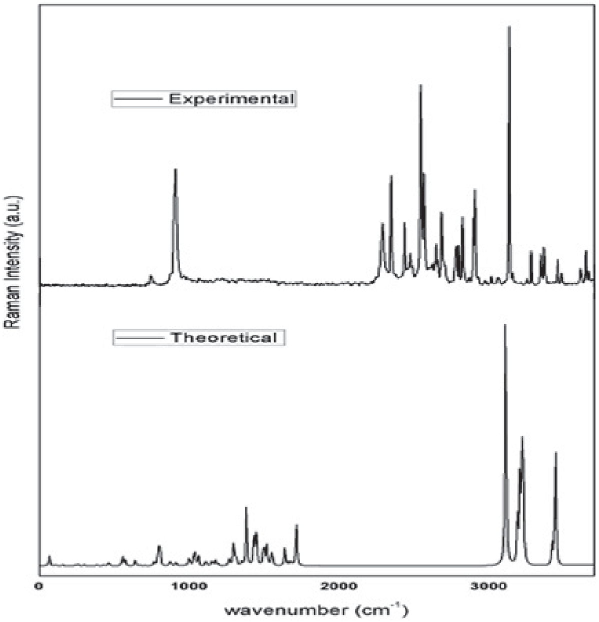
இதற்கேற்ப IR மாலையில் 1280 செமீ$^{-1}$ மற்றும் FT இராமன் மாலையில் 1247 செமீ$^{-1}$ ஏற்பட்ட சிறிய உச்சம் C-N ல் நீட்சி அலைவரிசை என்பதனை கோட்பாட்டில் உள்ள மதிப்புகளுடன் ஒத்துள்ளது என்பதனை அறிய முடிகிறது.

C-H நீட்சி அதிர்வு 1443 – 1484 செமீ–1 மற்றும் 1382– 1651 செமீ$^{-1}$ல் அகச் சிவப்பு மற்றும் இராமன் மாலையில் உருவாகிறது. எனவே, சோதனை மற்றும் கணக்கிடப்பட்ட அலை வரிசைகளுக் கிடையே நன்கு ஒத்து போகின்றன. C-H தளத்தில் இல்லாத அதிர்வுகள் வலுவான பிணைந்த அதிர்வுகளாகவும் அகச்சிவப்பு அலை வரிசையில் 902– 654 செமீ$^{-1}$ லும் 1013 –544 செமீ$^{-1}$ல் FT இராமன் மாலையிலும் காணப் படுகின்றன.

C-H தளத்தில் உள்ள அதிர்வு வளைவுகள் C-H நீட்சி அதிர்வுகளுடன் பிணைந்து 1300–1000 செமீ$^{-1}$ பகுதியில் காணப்படுகிறது. பென்சோ டிரைசுசோல் பங்கில் கரிம C-H வளைவு அதிர்வு IR ல் 1219 செமீ$^{-1}$ லும், FT–இராமனில் 1235 செமீ$^{-1}$ லும் காணப்படுகிறது.



படம் – 3: பென்சோட்ரியோசோல் மற்றும் அகச்சிவப்பு நிறமாலை நோக்கப்பட்ட சாலிசிலிக் அமிலத்தின் கோட்பாட்டு



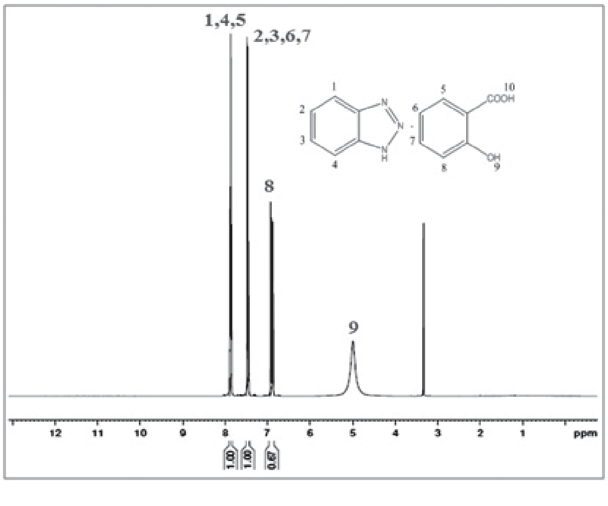
படம்–4 : நோக்கப்பட்ட மற்றும் இராமன் தத்துவத்தின் நிறமாலை

3.2 NMR நிறமாலை பகுப்பாய்வு

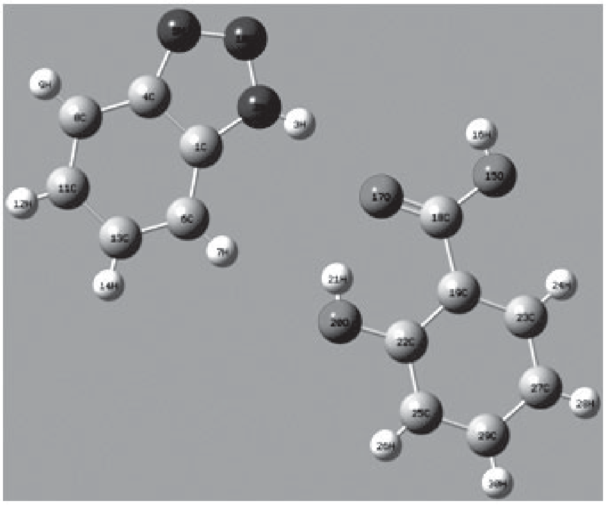
BSA சேர்மத்தின் வடிவமைப்பையும் மூலக்கூறு அமைப்பையும் வரைவதற்கு NMR நிறபிரிகை ஒருசிறந்த கருவியாக நிருபிக்கப் பட்டுள்ளது. MeOD–ஐ கரைசலாக கொண்டு HNMR பகுப்பாய்வு நடத்தப்பட்டது. BSA‹HNMR நிறமாலை (படம் 5)ல் ã=5.1PPMல் உள்ள ஒற்றை P–ஹைட்ராக்சி பென்சோயின் அமிலத் தில் உள்ள ஹைட்ராக்சில் புரோட்டானுக்கு ஒதுக்கப்படுகிறது. ã=7.44PPM TO ã=7.50PPMல் உள்ள பலகற்றைகள் சேர்மத்தில் 2, 3, 7, 8ல் உள்ள கரிம புரோட்டானால் ஏற் படுகிறது. ã=7.8 PPM ல் உள்ள பலகற்றை 1, 4, 6 பகுதியில் உள்ள கரிம புரோட்டானால் ஏற்படுகின்றது. ã=6.9 PPMல் உள்ள பலகற்றை P–ஹைட்ராக்சிபென்சோயிக் அமிலத்தில் 10ம் இடத்தில் உள்ள புரோட்டானை குறிக்கிறது.

3.3 மூலக்கூறு வடிவியல்

BSA சேர்மத்தின் மேம்படுத்தப்பட்ட பிணைப்பு நீளம் மற்றும் பிணைப்பு கோணங் களை B3LYP/6-31G (d,p) மூலம் அட்ட வணை1ல் தரப்பட்டுள்ளது. மேலும் மொத்த குறைந்த ஆற்றல் அளவு 891.971a.u என அறியப்பட்டது. மூலக்கூறின் அமைப்பில் உள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை மற்றும் பெயர்களோடு படம் –6ல் தரப்பட்டுள்ளது. வேங் மற்றும் பலர் (2012) எக்ஸ்–ரே விளிம்பு தகவல்கள் வடிவமைப்பை மேம்படுத்த தொடக்க புள்ளியாக எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டது. மேம்படுத்தப்பட்ட அமைப்பில் உள்ள பிணைப்பு கோணம் மற்றும் பிணைப்பு நீளத்திற்கும் உள்ள சோதனைத் தகவல்களும் கணக்கிடப்பட்ட மதிப்புகளும் இரண்டிற்கும் ஒரு தொடர்பு இருப்பதை அறிய வைக்கின்றது.



படம் – 5: பென்சோட்ரியோசோல் சாலிசிலிக் அமிலத்தின் 1H NMR நிறமாலை



படம் – 6 : மேம்படுத்தப்பட்ட பிஎஸ்ஏ அமைப்பு

அட்டவணை 1: B3LYP / 6-31 g (d, p)

அடர்த்தியான பென்சோட்ரியோசோல்சாலிசிலிக் அமிலத்திற்கு உகந்ததாக இருக்கும்.

பிணைப்புநீளம்	மதிப்புகள்(Å)	பிணைப்புகோணங்கள்	மதிப்பு(°)
C1-N2	1.35949	C1-N2-10N	111.2764
1C-4C	1.39252	1C-4C-8C	120.8470
2N-10N	1.32865	6C-13C-11C	121.981
5N-10N	1.3090	2N-10N-5N	108.5894
22C-20O	1.3456	19C-22C-25C	120.080
C19-18C	1.4647	25C-29C-27C	120.904
18C-15O	1.30792	19C-23C-27C	120.9688
18C-17O	1.22111	19C-22C-20O	122.0902
19C-22C	1.3977	22C-19C-18C	118.6956
22C-25C	1.3831	17O-18C-15O	124.199
25C-29C	1.3723		
29C-27C	1.3803		
23C-19C	1.39781		

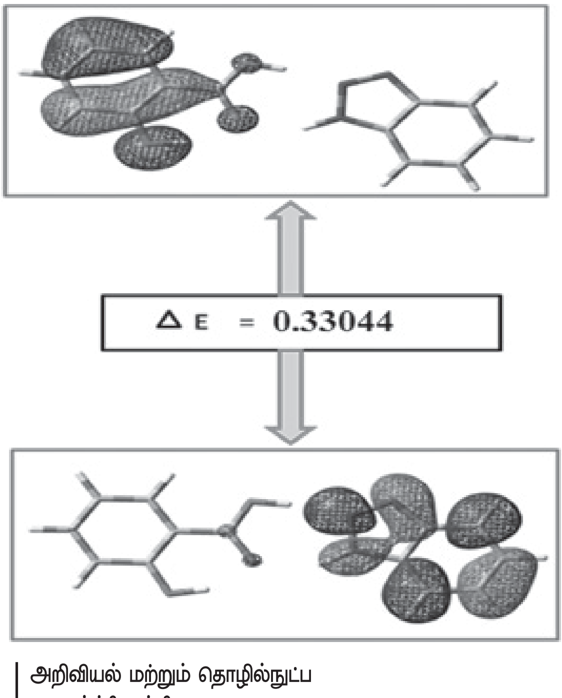
3.4 HOMO மற்றும் LUMO ஆய்வுகள்

முன்னணியில் உள்ள மூலக்கூறு ஆர்ப்பிட்டால்களில் மிகுந்த நிரம்பிய மூலக்கூறு ஆர்பிடால் (HOMO) எலக்ட்ரான் கொடுப்பவை களாகவும் குறைந்த நிரம்பாத மூலக்கூறு ஆர்பிடால் (LUMO) எலக்ட்ரான் ஏற்பவையாக நடக்கின்றன. மூலக்கூறின் நிலைப்புத்தன்மை மற்றும் வினைகளை HOMO மற்றும் LUMO ஆற்றல் நிர்ணயிப்பதில் முக்கிய பங்கு வசிக்கின்றன. கனிம மற்றும் கரிம மூலக்கூறு களுக்கடையே உள்ள மின் பரிமாற்ற பண்புகளை HOMO மற்றும் LUMO ஆற்றல் வித்தியாசம் கண்டறிகிறது. பொதுவாக கடினமான மூலக்கூறு அதிகமான E_{LUMO} - E_{HOMO} ஆற்றல் இடை வெளியும், மிருதுவான மூலக்கூறு குறைந்த E_{LUMO} - E_{HOMO} இடைவெளியும் கொண் டுள்ளது. மூலக்கூறின் நிலைப்புத்தன்மை மற்றும் வினைத் தன்மையை கடினத்தன்மையுடன் தொடர்பு படுத்த இயலும். வேதி கடினத் தன்மை ç=(I-A)/2 எனவும் I மற்றும் A அயனிசேவின் ஆற்றல் மற்றும் எலக்ட்ரான் நாட்டம் எனப் படுகிறது, ($I=-E_{HoMO}$ மற்றும் $A=-E_{LUMO}$). கொடுக் கப்பட்டுள்ள தலைப்பு சேர்மத்தின் கணக்கிடப் பட்ட HOMO மற்றும் LUMO ஆற்றல் மற்றும் வேதிவினை விளக்கின் அட்டவனை 2– ல் தரப் பட்டுள்ளது. BSA சேர்மத்தின் HOMO மற்றும் LUMO வரைபடம் 6 ல்தரப்பட்டுள்ளது. நேர்மறை மற்றும் எதிர்மறை பகுதிகள் முறையே சிவப்பு மற்றும் பச்சை நிறங்களில் காட்டப் பட்டுள்ளது. ஆற்றல் இடைவெளி மூலக்கூறுகளுக்கு இடையே உள்ள ஆற்றல் பரிமாற்ற இணைப்பை யும் உயிரியில் நடவடிக்கைகளையும் பிரதி பலிக்கிறது. கணக்கிடப்பட்ட HOMO மற்றும் LUMO ஆற்றல் மதிப்புகள் –0.22646 மற்றும் –0.05569 ஆகும். ஆற்றல் இடைவெளி

சிறியதெனின் சிறிய கிளர்வு ஆற்றலைக் குறிக்கிறது. எனவே, கடின மூலக்கூறுகள் பெரிய இடைவெளியும் அதன் எலக்ட்ரான் அடர்த்தி மிருதுவான மூலக் கூறைவிட அதிகமான கடினத்தன்மையும் கொண்டதாக மாறிவிட்டது. வெவ்வேறு வினைத் தன்மை மற்றும் தேர்ந்தெடுப்பு தன்மைக் கொண்டு வேதி கடினத்தன்மை, வேதி ஆற்றல், மிருதுதன்மை, எலக்ட்ரான் கவர் தன்மை உட்கரு கவர் தன்மை, ஆகியவை கணக்கிடப்பட்டன. மூலக்சுறுகளின் நிலைப்புத்தன்மை மற்றும் வேதித்தன்மை புரிந்துக் கொள்ள வேதிகடினத் தன்மை (ç) சிறந்த கருவியாக பயன்பட்டது. மின்னணு வேதி ஆற்றல் (µ)(µ=E_{LUMO}+E_{HOMO}/2) என்பது மூலக்கூறின் எலக்ட்ரான் கவர்த் தன்மைக்கு எதிர்மறை ஆகும். குளோபல் எலக்ட்ரோ ஃபிலிசிட்டி இன்டெக்ஸ்(ì),ì = $µ^2$=/2ç வேதி மிருதுதன்மை (Õ) (Õ=1/2ç) தலைப்பு மூலக்கூறுக்கு எடுக்கப்பட்டது. குறைந்த E_{LUMO}-E_{HOMO} ஆற்றல் இடைவெளி உள்ள மூலக்கூறு (மிருதுவான மூலக்கூறு) மிகுந்த வினைத்திறன் கொண்டது.

அட்டவணை**2 :** கணக்கிடப்பட்டஆற்றல்கள், எல்லைப்புற சுற்றுப்பாதை ஆற்றல் மற்றும் இதன் இரசாயன எதிர்வினை விளக்கங்கள்.

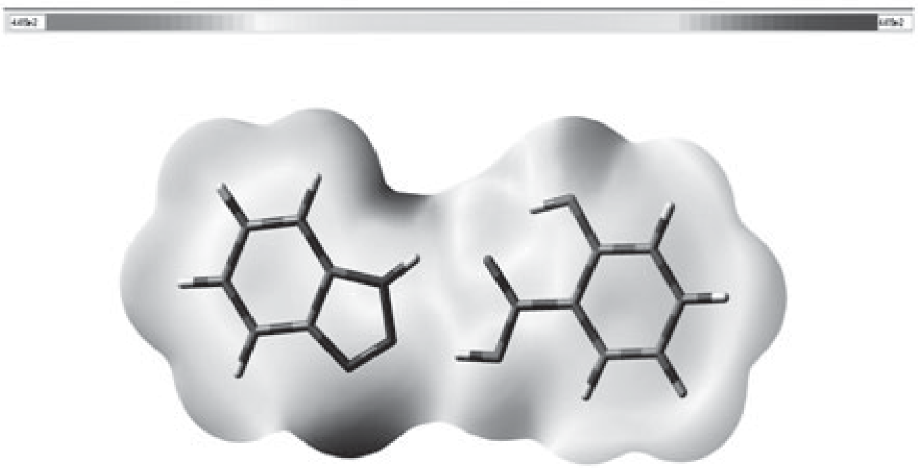
Parameters	B3LYP/6-31G(d,p)
E_{HOMO} (eV)	-0.22646
E_{LUMO} (eV)	-0.05569
ΔE (eV)	0.33044
Hardness η (eV)	0.085385
Chemical potential µ (eV)	-0.141075
Electrophilicity ω (eV)	0.11654
Softness (ζ)	5.85582



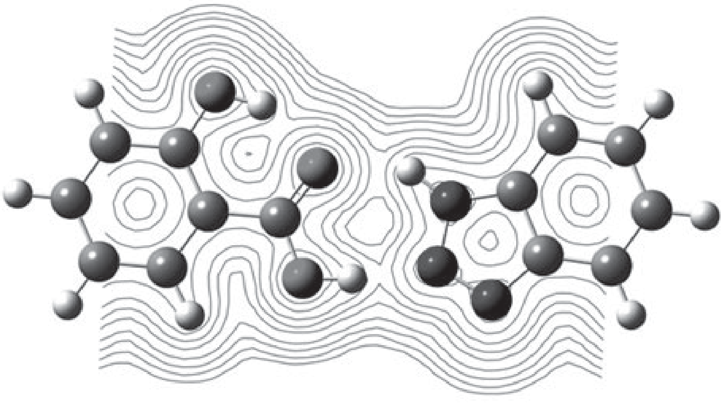
படம்–7:
பென்சோட்ரியோசோல் சாலிசிலிக் அமிலத்தின் HOMO - LUMO

3.5 மூலக்கூறு மின்னியல் ஆற்றல்

மூலக்கூறு மின்னியல் ஆற்றல் (MEP) எலக்ட்ரானிக் அடர்த்தி வரைபடத்துடன் தொடர்பு படுத்தப்பட்டு, எலக்ரோஃபிலிக் மற்றும் நியூக்ரோஃபிலிக் வினைகளுக்கிடையே உள்ள பண்பறி ஆய்வுக்கு உதவுகிறது. எலக்ட்ரான் அடர்த்தி மேற்பரப்பு வரைபடம் மின்னியல் ஆற்றல் மேற்பரப்புடன் சேர்ந்து மூலக்கூறின் அமைப்பு, அளவு ஆற்றல் அடர்த்தி பரிமாற்றம் மற்றும் வினைத்திறனை அறிய உதவுகிறது. MEP வரைபடம் உயிரி மூலக்கூறு மற்றும் மருந்து களுக்கு இடையே உள்ள ஹைட்ரஜன் பிணைப்பு, வினைத்திறன் மற்றும் அமைப்புதிறன் தொடர் பினை விளக்குகிறது. படம் 7 மற்றும் 8 மூலக் கூறு மேற்பரப்பில் மின்னியல் ஆற்றலை கான் டோர் வரைபடம் கொண்டு காட்டப்பட்டுள்ளது. MEP வரைபடத்தில் எதிர்மறை (சிவப்பு மற்றும் மஞ்சள்) பகுதிகள் எலக்ட்ரோ பிலிசிட்டி வினைத்திறனுக்கும் நீலநிற பகுதி நேர்மறை நியூக்ளியோபிலிசிட்டி வினைத் திறனுக்கும் தொடர்புபடுத்தப்பட்டுள்ளது. எதிர்மறை பகுதிகள் எலக்ட்ரான்கவர் அணுக் களுடன் பொதுவாக சேர்ந்துள்ளன. நேர்மறை பகுதிகள் MEP வரைபடத்தில் கார்பாக்சில் தொகுதியில் உள்ள ஆக்ஸீஜன் அணுக்களை சுற்றியுள்ள ஹைட்ரஜன் அணுக்களை பிரதிபலித்து எலக்ட்ரோபிலிக் தாக்குகுலை குறிக்கிறது. நைட்ரஜன் அணுக்கள் உள்ள டிரைஅசோல் பகுதியில் மிகுந்த நேர்மறை பகுதி சேர்ந்திருப்பது நியூக்ளியோபிலிக் தாக்குதல் இடத்தையும் மற்றும் எலக்ட்ரான் இல்லா திருப்பதை குறிக்கிறது. மூலக்கூறின் இந்த பகுதி மூலக்கூறுக்கிடையே உள்ள தொடர்பினை உறுதிப்படுத்துகிறது.



படம்– 8 (அ) : மூலக்கூறு மின்னியல் திறனைக் கொண்ட மொத்த எலக்ட்ரான் அடர்த்தி ஐசோ அமைப்பு மேற்பரப்பில் வரைபடம்.



படம்– 8 (ஆ) : பென்சோட்ரியோசோல் சாலிசிலிக் அமிலத்தின்மின்னியல் நிலைத்தன்மையின் மேலோட்ட வரைபடம்

3.6 மிகஉயர்ந்த தளவிளைவு மற்றும் இருமுனை இயக்கம்

மோதல்தூண்டப்பட்ட நிறமாலையின் அடிப் படை ஆய்வுகளை புரிந்து கொள்வதற்கும் விளக்கத்திற்கும் மின்னணு துருவப்படுத்துதல் மற்றும் மிகஉயர்ந்த விளைவு முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது (பிர்னாம்பம் மற்றும் பலர் 1985). காசியன் 09 வெளியீட்டைப் பயன்படுத்தி முதல் வரிசையில் மிக உயர்ந்த அளவுகோல் கணக்கீடு 10 கூறுகளை முறையே **Bxxx, Bxxy, Bxyy, Byyy, Bxxz, Bxyz, Byyz, Bxzz, Byzz,** மற்றும் **Bzzz** வழங்குகிறது. முதல்நிலை உயர்ந்த தள விளைவு ß மூன்றாம் நிலையில் 3x3x3 அணியாக விவரிக்கப்படுகிறது.

முதல் நிலை தளவிளைவு மற்றும் இருமுனை இயக்கம் ஆகியன கொடுக்கப்பட்ட தலைப்பு சேர்மத்திற்கு DFT கணக்கீடுகள் மூலம் வரையறுக்கப்பட்டு அட்டவணை 3ல் தரப் பட்டுள்ளது அட்டவணை மதிப்புகளிலிருந்து Byyy திசையில் உயர்தளவினைவு டிலோக் கலைஷேனினால் அதிகமாக உள்ளதை அறிய முடிகிறது. ßஏன் அதிகமான மதிப்பு மூலக்கூறு களுக்கிடையே உள்ள ஹைட்ரஜன் இணைப்பி னால் இருக்கலாம்.

மிக உயர்ந்த தளவிளைவு கணக்கீட்டிற்கான முதல் வரிசை சமன்பாடு காஸியன்09 வெளி யிலிருந்து பெறப்பட்டது. ßவின் தனி மதிப்பை கூறும்பொழுது, பொதுவாக 3 தனி ßமதிப்புகளை பிதகோரியன் முறையில் தந்து சராசரியை சமன்செய்து அறியப்பட்டது.

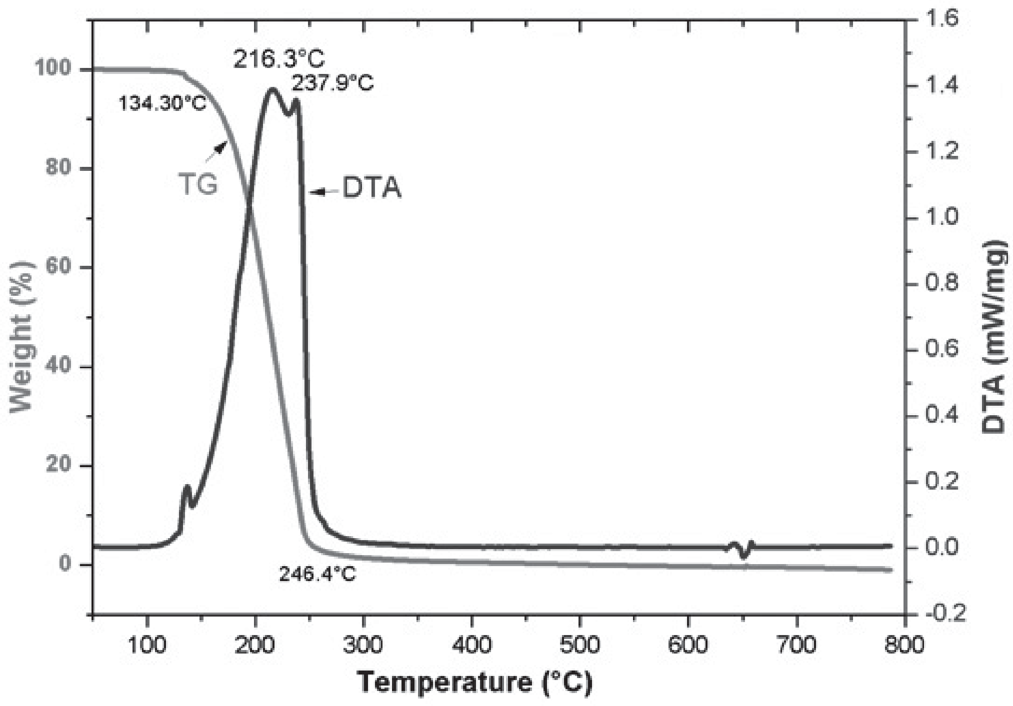
இருமுனை இயக்கம் பண்பினை மூலக்கூறு களின் துருவமுண்டு தீர்மானிக்கிறது. இரு முனை இயக்கம் மூலக்கூறின் வடிவத்தை பற்றிய தீர்வை அளிக்கிறது ஏனெனில் இரு முனை இயக்கம் மூலக்கூறின் வடிவமைப்பை சார்ந்த தாகும். மொத்த நிலையான இருமுனை *மீ* இயக்கம் கணக்கிட முடியும்.

அட்டவணை –3 : பென்சோட்ரியோசோல் சாலிசிலிக் அமிலத்தின் மிக உயர்ந்த அளவு கோல் மற்றும் இருமுனை மாறும் மதிப்புகள்

β_{xxx}	-22.4960
β_{xyy}	-7.3267
β_{xzz}	4.3077
β_{yyy}	11.8066
β_{yzz}	0.5303
β_{yxx}	1.9269
β_{zzz}	0.0019
β_{zxx}	-0.0468
β_{zyy}	0.0215
β_{total}	29.07
μ_x	-1.6236
μ_y	1.4656
μ_z	0.0007
μ_{total}	2.18

3.7 வெப்ப ஆய்வு

BSA சேர்மத்தின் வெப்பநிலைப்புதன்மை தெர்மோகிராலிமேட்ரிக் ஆய்வு மூலமும் கூழு மற்றும் டிப்பெரென்சியல் தெர்மல் ஆய்வு (DTA) மூலம் அறியப்பட்டு படம் 9ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. TG வளைவு அந்த பொருள் 35 முதல் 800°C வரை வெப்பபடுத்துவதன் மூலம் ஏற்படும் ஏடை குறைவினைக் காட்டுகிது. அந்தப்பொருள் 134°C வரை நிலையாகவும் ஒரு நிலை எடை குறைவு கொண்டு கொண்டிருப்பதையும் TG வளைவு காட்டுகிறது. சேர்மம் 134°C ல் சிதையத் தொடங்குகிறது. TG வளைவு காண்பித்த மாற்றங்களையே DTA வளைவும் காட்டுகிறது. தெர்மோகிராமிலிருந்து 216°Cல் வெப்ப உமிழ் உச்சம் சேர்மத்தின் சிதைவுப்புள்ளியை ஒத்துள்ளது.

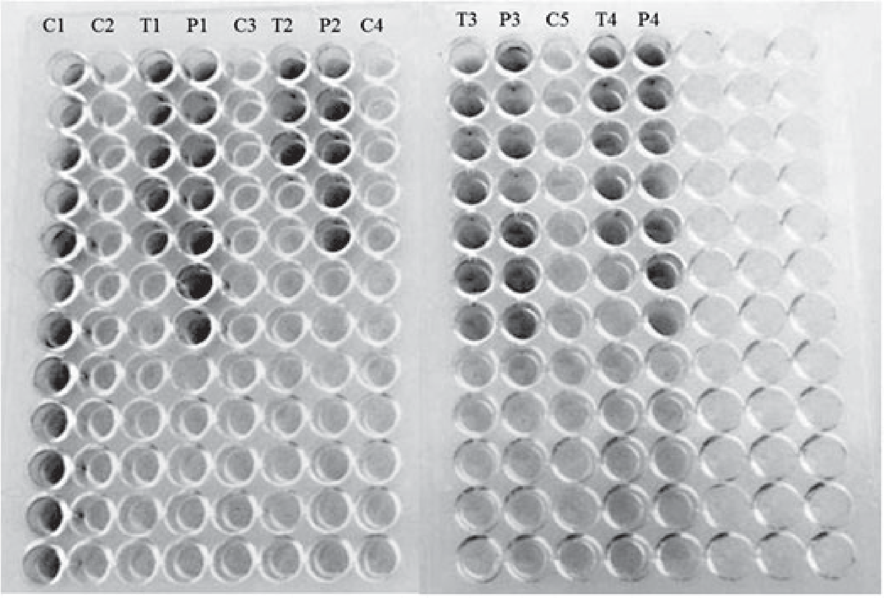


படம்– **9 :** பென்சோட்ரியோசோல்சாலிசிலிக் அமிலத்தின் கலவை TG DTA வளைவு

3.8 பாக்டீரியா எதிர்ப்பு செயல்திறன் :

படம் 10 சேர்மத்தின் பாக்டிரியா எதிர்ப்பு செயல்திறனையும் அதனை சேர்ந்த குறைந்த தடுக்கும் செறிவினையும் (MIC) காட்டுகிறது. சேர்மத்தின் மதிப்புகள் அட்டவணை 4–ல் தரப்பட்டுள்ளது. BSA சேர்மத்தின் குறைந்தபட்ச தடுப்பு செறிவு (MIC) தீர்மானிக்க ஒரு புதிய ரெசசுரீன் ஒடுக்க மதிப்பீடு முறை உரு வாக்கப்பட்டது. கொடுக்கப்பட்டுள்ள சேர்மத்தின் MIC கண்டறிய ரெசசுரின் சாயம் கொண்டு கிராம் பாஸிட்டில் மற்றும் கிராம் நெகட்டிவ் மாதிரியோடு பயன்படுத்தப்பட்டது. நுண்ணுயிர் செல்கள் பயன்பாட்டில் இருப்பதை ரெசசுரின்கரைசல் நீலத்திலுருந்து இளஞ்சிவப்பு நிறத்திற்கு மாறுவதிலுருந்து அறியப்படுகிறது. நுண்ணுயிர் செல்களில் உள்ள என்சைம் ஆக்ஸிடோ–ரிடக்டேல்ரெசசுரின்–ஐ இளஞ்சிவப்பு ரெசசுருவின் ஆக மாற்றுகிறது. தேக்கப்பட்ட நிலையில் சேர்மம் பாக்டீரியில் செல்களை கொல்கிறது. இதனை நீல அல்லது இளஞ்சிவப்பு நிற சாயச் தொட்டிகளில் இருந்து அறியலாம். தொட்டிகளில் இளஞ்சிவப்பு நிறத்திலுருந்து B SA சேர்மம் சேர்ந்ததிலுருந்து சாத்தியமான செல்கள் இருப்பதை குறிக்கிறது. எனவே அந்த சேர்மத்தின் MIC மதிப்பு குறைந்த நீர்த்த நிலையில் நீல நிறம் தங்கி இருப்பதனை எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இந்த பரிசோதனையில் பரிசோதிக்கப்பட்ட கலவை பாக்டீரியா நோய் கிருமிகளுக்கு எதிராக செயல்படுகிறது.

டெஸ்ட்டிக் பொருட்களின் MIC மதிப்புகள் எஸ் கெரிச்சியா கோவைக்கு எதிராக ஸ்டே ஹைலோக்ஸ்அர்ஸ் 25µg/ml–ற்கு எதிராக **6.25µg/ml,1.56µg/ml** அட செரிஸிற்கு எதிராகவும் **625µg/ml** அட கல்ப்சியெல்லாநிமோனியாவுக்கு எதிராகவும் உள்ளன. கொடுக்கப்பட்ட சேர்மம் பேஸிலஸ் செரிஸிக்கு எதிராக மிகச் சிறந்த செயல்பாடுகளை காட்டியது. இந்த சோதனை கலவை குறிப்பாக கிராம் நேர்மறை பாக்டீரியா விற்கு எதிராக சிறந்த பாக்டீரியா எதிர்ப்பு நடவடிக்கைகளை மேற்கொண்டது மற்றும் இந்த வகைப்பாடு மேலும் ஆராய்ச்சியை மேம்படுத்த வழிவகுக்கிறது.



படம்– 10 : ரெசழூரின் குறைப்பு மதிப்பீட்டின் மூலம் பாக்டீரியாவின் BSA இன் MIC

C1- control - Compound + dye + without bacteria
C2- control - dye + Staphylococcus aureus + without compound
C3 – control – dye + Escherichia coli + without compound
C4 – control – dye + Bacillus cereus + without compound
C5 – control – dye + Klebsiella pneumonia + without compound
T1 – Compound + dye + Staphylococcus aureus
T2 – Compound + dye + Escherichia coli
T3 – Compound + dye + Bacillus cereus
T4 – compound + dye + Klebsiellapneumoniae
P1 – Streptomycin + dye + Staphylococcus aureus
P2– Streptomycin + dye + Escherichia coli
P3 – Streptomycin + dye + Bacillus cereus
P4 – Streptomycin + dye + Klebsiella pneumonia

அட்டவணை –4 : Resazurin குறைப்பு மதிப்பீடு மூலம் சோதனை கலவைகள் குறைந்தபட்ச தடுப்பு செறிவு:

MIC µg/mL				
Test material	Bacterial pathogens			
	Staphylococcus aureus	Escherichia coli	Bacillus cereus	Klebsiellapneumoniae
Test material	6.25	25	1.56	6.25
Streptomycin	1.56	6.25	1.56	1.56

4. முடிவு

BSA தனிபடிகம் மெதுவாக நீராவியாக்குதல் கரைசல் வளர்ச்சி முறை மூலம் வளர்க்கப்பட்டது. கொடுக்கப்பட்டுள்ள தனி சேர்மத்தின் அதிர்வு நிறமலை (FTIR) மற்றும் இராமன் கற்றை சோதனை மூலமும் கோட்பாடு கணக்கீடு (DFT/ B3LYP)கீழ் ஆய்வு செய்யப்பட்டுள்ளது. சேர்மத்தினுள் நடைபெறும் ஆற்றல் பரிமாற்றத்தை கணக்கிடப்பட்ட HOMO மற்றும் LUMO வரைபடங்களை கொண்டு காட்டப்பட்டுள்ளது. மூலக்கூறு மின்னியல் திறன் மூலம் மேற்பரப்பு கணக்கிடப்படுகிறது. HNMR மூலம் புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை ஆராயப்படுகிறது. வெப்ப ஆய்வுகள் BSA சேர்மம் 134°C வரை நிலையாக உள்ளதை காட்டுகிறது. BSA மூலக்கூறுகளின் உயிரியல் நடவடிக்கை பேஸில்லஸ் சீரீஸ் பாக்டீரியாவின் மிகச்சிறந்த சாத்தியமுள்ள தடுப்பானாக உள்ளது. இந்த கண்டுபிடிப்புகள் புதிய டிரையோசோல் சேர்மங்களை சுவாராசியமான உயிரியல் செயல்பாடுகளுடன் வடிவமைக்க வழி வகுக்கிறது.

மேற்கோள்கள் :

[1] Pandeya, S.N, Sriram, D, Nath, G & DeClercq, E 1999, 'Synthesis, antibacterial, antifungal and anti-HIV activities of Schiff and Mannich bases derived from isatin derivatives and N-[4-(4?-chlorophenyl)thiazol-2-yl] thiosemicarbazide', European Journal of Pharmaceutical Sciences, Vol. 9, no. 1, pp. 25 - 31.

[2] Dua, R, Shrivastava, S, Sonwane S.K & Srivastava, S.K 2011, 'Pharmacological Significance of Synthetic Heterocycles Scaffold: A Review', Advances in Biological Research, Vol. 5 no. 3 pp. 120-144.

[3] Srivastavaa, A.K, Kumara, A, Misraa, N, Manjulab, P.S, Sarojinic, B.K & Narayanac, B 2016, 'Synthesis, spectral (FT-IR, UV-visible, NMR) features, biological activity prediction and theoretical studies of 4-Amino-3-(4-hydroxybenzyl)-1H-1,2,4-triazole-5(4H)-thione and its tautomer', Journal of Molecular Structure ,Vol.1107, no. 5, pp. 137-144.

[4] Kale, R.R, Prasad, V, Mohapatra, P.P & Tiwari, V.K 2010, 'Recent developments in benzotriazole methodology for construction of pharmacologically important heterocyclic skeletons, Monatshefte für Chemie, Vol. 141, no. 11, pp. 1159-1182.

[5]. Karaca, C, Atac, A & Karabacak, M 2015, 'Conformational analysis, spectroscopic study (FT-IR, FT-Raman, UV,1H and 13C NMR), molecular orbital energy and NLO properties of 5-iodosalicylic acid', Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy Vol. 136, pp. 295-305.

[6]. Guo, Z.H, Yin, Y, Wang, C, Fei Wang, P, Tao Zhang, X, Chang Wang & Liang Zhu, Z.H 2015, 'Design, synthesis and molecular docking of salicylic acid derivatives containing metronidazole as a new class of antimicrobial agents', Bioorganic & Medicinal Chemistry, Vol. 23, no.18, pp. 6148-6156.

[7]. Wang, L Zhao, L, RuiYu Xue, XiFeng Lu, YongHong Wen, Yang, Y 2012, 'Construction of interesting organic supramolecular structures with synthons cooperation in the cocrystals of 1H-benzotriazole and hydroxybenzoic acids', Science China Chemistry, Vol. 55, pp. 2515-2522.

[8]. Birnbaum G 1985, Phenomena Induced by Intermolecular Interactions, Plenum, New York.

கார்பன் மீநுண் குழாய்கள் மற்றும் கலவைகளின் ஹைட்ரஜன் சேமிப்புத் திறன்

அ. கார்த்திகேயன், வெ. லதாப்ரியா,
க.ராமமூர்த்தி, கொ.ஐய்யாக்குட்டி
இயற்பியல் மற்றும் நானோ தொழில்நுட்பத்துறை
திரு. இராமசாமி நினைவு அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப நிறுவனம்,
காட்டாங்குளத்தூர், சென்னை.

சுருக்கம்

ஒற்றை சுவர் மீநுண் குழாய்கள் மற்றும் பல சுவர் மீநுண் குழாய்களின் மேற்பரப்பில் டின்ஆக்சைடானது எளிய வேதியல் முறையின் மூலம் படிய வைக்கப்பட்டது. மேலும், தயாரிக்கப்பட்ட MW CNT/SnO_2 மற்றும் SWCNT/SnO_2 மீநுண் கலவைகளின் வடிவ மற்றும் இரசாயன மாற்றம் ஊடுகதிர் விளிம்பு வளைவு பகுப்பாய்வு (XRD), புலவீச்சு அலகீட்டு மின்துகள் நுண்ணோக்கி (FESEM), ஊடுகதிர் ஆற்றல் சிதறல் நிறமாலையியல் (EDX) மற்றும் வெப்ப பரும அளவியல் (TG) பகுப்பாய்வு ஆகியவற்றின் மூலம் ஆய்வு செய்யப்பட்டது.

மீநுண் கலவையானது அதன் ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு / புறந்தள்ளுதல் திறன் ஹைட்ரஜனேற்ற அமைப்பு மற்றும் வெப்ப பரும அளவியல் (TG) பகுப்பாய்வின் மூலம் சோதிக்கப்பட்டது. ஊடுகதிர் விளிம்பு பகுப்பாய்வின் மூலம் மீநுண் கலவைகளின் உரு அமைவானது ஆராயப்பட்டது. மேலும், தயாரிக்கப்பட்ட மீநுண் கலவைகளில், மீநுண் குழாய்களின் மேற் பரப்பானது டின்ஆக்ஸைடால் முற்றிலுமாக கவரப்பட்டிருப்பது உருவியல் பகுப்பாய்வின் உதவியோடு உறுதி செய்யப்பட்டது. மற்றும் மீநுண் கலவைகளில் கார்பன், டின் மற்றும் ஆக்ஸிஜன் இருப்பதை EDX நிறமாலையியல் காட்டுகிறது. கூடுதலாக, MWCNT/SnO_2 மீநுண் கலவையானது 100°C வெப்பநிலையில் 5 bar நிலையான ஹைட்ரஜன் அழுத்தத்தில் 0.75 wt % ஹைட்ரஜனை சேமித்துள்ளது என்பது வெப்பப் பகுப்பாய்வு சோதனையின் மூலம் கண்டு பிடிக்கபட்டது.

முக்கிய வார்த்தைகள் : ஒற்றை சுவர் கார்பன் மீநுண் குழாய்கள்; SnO_2; பல சுவர் கார்பன் மீநுண் குழாய்கள்; ஹைட்ரஜன்சேமிப்புதிறன்

1. அறிமுகம் :

மக்கள் தொகையில், விரைவான வளர்ச்சி மற்றும் தொழில் மயமாக்கல், உலகளாவிய போக்குவரத்து தேவைகளுக்கு அதிக அளவு படிம எரிபொருட்களை நுகர்வு, CO_2 உமிழ்வு, புவி வெப்பமடைதல் மற்றும் சுற்றுச்சூழல் பேரழிவு ஆகியவற்றிற்கான பிரதான காரணம்.

வருங்கால ஆற்றல் தேவையைப் பூர்த்தி செய்ய, விரிவான ஆராய்ச்சி, மாற்று மற்றும் நிலையான எரிபொருள் மீது கவனம் செலுத்தப் படுகிறது. எதிர்காலத்தின் சுத்தமான மற்றும் பசுமை எரிபொருளாக ஹைட்ரஜன் பல்வேறு சாத்தியமான பயன்பாடு களைக் கொண்டுள்ளது. லேசான எடை, ஆற்றல் (143MJ / kg), அதாவது பெட்ரோலை (46.4MJ / kg) விட மூன்று மடங்கு அதிகமான ஆற்றல் கொண்டது, ஆனால் மிகக்குறைந்த ஆற்றல் அடர்த்தி (~ 5.5 MJ / L)) அதாவது, பெட்ரோலை [34.2MJ/L] விட நான்கு மடங்கு குறைவாக உள்ளது என்றாலும், இன்னும் நவீன வாகன எரிபொருள்களின் ஒரு பாது காப்பான, திறமையான மற்றும் வசதியான முறையில் ஹைட்ரஜனை சேமிப்பதில் சவால்கள் உள்ளன.

கார்பன் மீநுண்குழாய்கள் (CNT) இயற்பியல், இயந்திர மற்றும் வெப்ப பண்புகள் கொண்ட பல்வேறு பயன்பாடுகளுக்கு நல்ல பொருள் களாக அமைந்துள்ளது. பெரிய மேற்பரப்புப் பகுதி மற்றும் மிக உயர்ந்த ஸ்திரத்தன்மை கொண்ட இந்த லேசான எடைபொருள், லித்தியம் பேட்டரிகள், இரசாயன எரிவாயு உணரிகள், மின்தேக்கிகள், சூரிய மின்கலங்கள் மற்றும் ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு போன்ற குறிப்பிடத்தக்க பயன்பாடுகளைக் கொண்டுள்ளன.

இந்த ஆராய்ச்சியில் ஒற்றை சுவர் கார்பன் மீநுண் குழாய்கள் (SWCNT) மற்றும் SnO_2, உடன் செயல்படும் பல சுவர் கார்பன் மீநுண் குழாய்கள் (MWCNT) போன்ற பல்வேறு கலவைகள், செய்முறை மற்றும் SnO-MWCNT ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு திறன் பற்றி குறிப்பாக விவாதிக்கப் படுகிறது.

சோதனை பகுதி

டின்குளோரைடுடைஹைட்ரேட் (SnCl2. 2H2O) (தூய்மை 99% மெர்க்), SWCNT (1-2 nm விட்டம்) மற்றும் MWCNT (110–170 nm விட்டம் மற்றும் நீளம் 5–9 மைக்ரோ மீட்டர்) சிக்மா அல்ட்ரிச்லிருந்து வாங்கப்பட்டது. மேலும் சுத்தி கரிப்பு இல்லாமல் பொருட்கள் பயன்படுத்தப் பட்டன.

MW CNT/ SnO_2 மீநுண் கலவைகள் செய்முறை

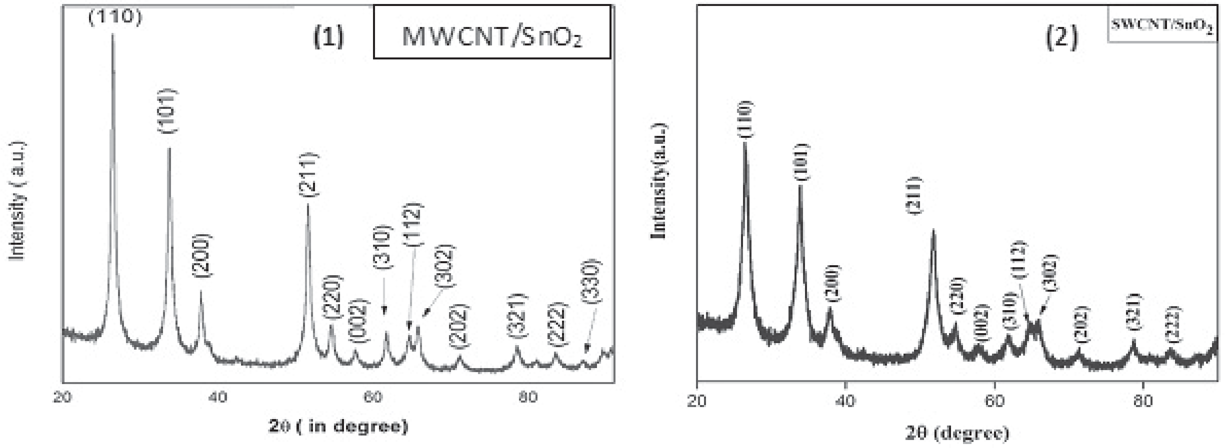
MWCNT–ன் மேற்பரப்பில் SnO_2 படிதல், எளிய வேதியியல் முறை பயன்படுத்தப்பட்டது. 50 mg பல சுவர் மீநுண் குழாய்களானது 75 ml வடிகட்டிய நீரில் ஒரு மணி நேரம் செவியுணரா ஒலியின் (Ultrosound) மூலம் பரவ செய்யபட்டது. அதேசமயம் , குறிப்பிட்ட அளவு டின் குளோரைடு ஆனது வடிகட்டிய நீரில் கரைக்கபட்டது. மேலும் டின்குளோரைடு கரைசலானது முற்றிலும் கரைவதற்காக காந்த அலைகள் மூலம் வேகமாக அரை மணி நேரம் சுற்றப்பட்டது (கரைசல் B). கூடுதலாக, வடிகட்டிய நீரில் கரைக்கப்பட்ட டின்குளோரைடு கரைசலானது (கரைசல் B) சொட்டு சொட்டாக பல சுவர் மீநுண் குழாய் கலவையோடு (கரைசல் A) சேர்க்கப்பட்டது. மேலும், இக்கலவையானது கரைப்பான் ஆவியாவதற்காக 90°C வெப்பநிலையில் பராமரிக்கப்பட்டது. கரைப்பான் அகற்றப்பட்ட பிறகு பெறப்பட்ட கருப்புநிறதூள் 24 மணி நேரத்திற்கு 120°C யில் உலர்த்தப்பட்டது மற்றும் MWCNT / SnO_2 மீநுண் கலவைகள் என பெயரிடப்பட்டது. இதேபோல், SWCNT / SnO_2 கலவைகளும் தயாரிக்கப்பட்டன. இறுதியாக, தயாரிக்கப்பட்ட கலப்புக்கள் 350°C யில் காற்று மண்டலத்தில் வெப்பப்படுத்தபட்டது. இக் கூற்றுகளின் வடிவ மற்றும் இரசாயன மாற்றம் ஊடுகதிர் விளிம்பு பகுப்பாய்வு (XRD), எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (FESEM), ஊடுகதிர் ஆற்றல் சிதறல் நிறமாலையியல் (EDX) மற்றும் வெப்ப பரும அளவியல் (TG) பகுப்பாய்வு ஆகியவற்றின் மூலம் ஆய்வு செய்யப்பட்டது.

மேலும், மீநுண் கலவையானது அதன் ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு/புறந்தள்ளுதல் திறன் ஹைட்ரஜனேற்ற அமைப்பு மற்றும் வெப்ப பரும அளவியல் (TG) பகுப்பாய்வின் மூலம் சோதிக்கப் பட்டது.

முடிவுகள் மற்றும் விவாதம்

ஊடுகதிர் விளிம்பு பகுப்பாய்வு

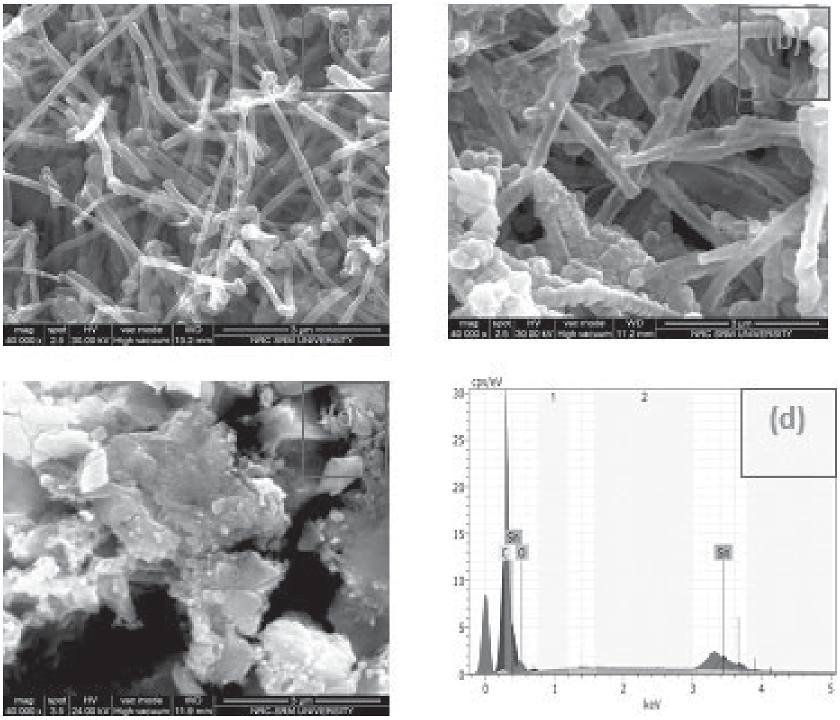
ஊடுகதிர் விளிம்பு பகுப்பாய்வின் மூலம் கலவை உறுதி செய்யப்பட்டது. படம் 1 மற்றும் 2 ஆகியவை முறையே MWCNT / SnO_2 மற்றும் SWCNT/SnO_2 கலவைகளின் ஊடுகதிர் விளிம்பு விளைவுகளைக் காட்டுகிறது. 2Θ = 26.6°, 33.9°, 37.7°, 51.6°, 54.5°, 61.6°, 64.6° மற்றும் 65.9°ல் இருக்கும் கூர்மையான உச்சங் கள் டின் ஆக்ஸைடின் அலை வளைவுதளங் களான (110), (101), (200), (211), (220), (002), (310), (112) மற்றும் (302) தளங்களின் பிரதிபளிப்பு (JCPDS கார்டு எண் 41–1445). இது டின் ஆக்ஸைடின் நாற்கோண வடிவ அமைப்பினை உறுதி செய்கிறது. மேலும், MWCNT / SWCNT (002) படிக தளம், MWCNT / SnO_2 மற்றும் SWCNT / SnO_2ன் தொடர்புடைய ஊடுகதிர் விளிம்பு விளைவுகளில் காணப்படவில்லை. இது MWCNT (002) மற்றும் (110) SO_2 படிக தளங் களின் மேற்குவிப்பினை காட்டுகிறது. [9, 10]



படம். 1 மற்றும் படம்.2 MWCNT/SnO_2 மற்றும் SWCNT/SnO_2 கலவைகளின் ஊடுகதிர் விளிம்பு பகுப்பாய்வு நிறமாலைகள்

உருவியல் பகுப்பாய்வு

MWCNT (படம்.3a), MWCNT / SnO_2 (படம்.3b) மற்றும் SWCNT / SnO_2 (படம்.3c) ஆகியவற்றின் மேற்பரப்பு தோற்றம் படம் 3ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. நுண்ணிய MWCNT–கள் சராசரியாக 110 முதல் 170 nm (படம் 3a) வரையிலான சராசரி விட்டம் கொண்டதாக இருப்பதை மேற்பரப்புத் தோற்றம் தெளிவாகக் காட்டுகிறது. படம் 3b மற்றும் படம் 3cல் இருந்து பல சுவர் கார்பன் மீநுண் குழாய்களின் மேற்பரப்பானது டின் ஆக்ஸைடால் முற்றிலுமாக சுற்றபட்டிருக்கிறது என்பது உறுதி ஆகிறது. படம் 3dல் இருந்து கார்பன், தகரம் (tin) மற்றும் ஆக்ஸிஜன், மீநுண் கலவைகளில் உள்ளது உறுதிப்படுத்துகிறது.



படம். 3(a) MWCNT (b) MWCNT / SnO_2; (c) SWWNT / SnO2
மற்றும் (d) MWCNT / SnO_2-EDS

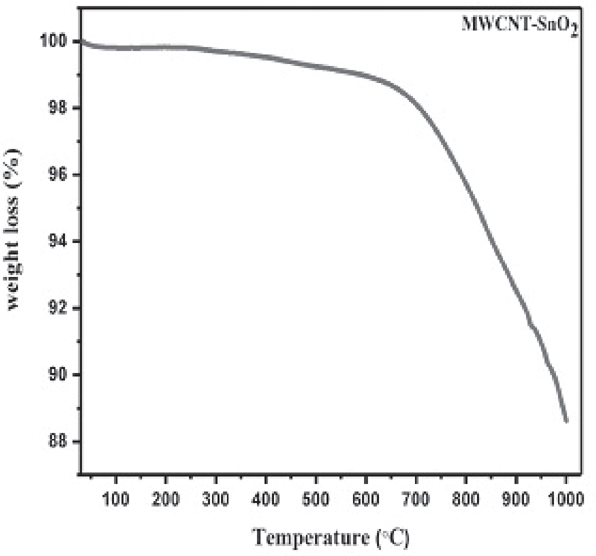
வெப்ப பரும அளவியல் (THERMO GRAVIMETRIC ANALYSIS)

நைட்ரஜன் வளி மண்டலத்தில் MWCNT/ SnO_2 வடிவ மற்றும் இரசாயன பண்புகளின் மாற்றத்தை அறை வெப்பநிலையிலிருந்து 1000°C வரை எடுக்கப்பட்ட வெப்ப எடை அளவறி வரை படம் விளக்குகிறது (படம் 4). அறை வெப்பநிலைமுதல் 635°C வரம்பில் காணப்படும் ~1wt% எடை இழப்பானது MWCNT இன் மேற்பரப்பில் ஒட்டி இருக்கும் நீர்மூலக் கூறுகள் மற்றும் Sn-OH குழுக்களின் சிதைவு காரணமாக வெப்ப எடை அளவறிவரை படம் காட்டுகிறது. 635°C க்கு பிறகு காணப்படும் எடை இழப்பு ~11 wt% MWCNT–ன் ஆக்சிஜ னேற்றம் காரணமாக ஏற்பட்டது.

ஹைட்ரஜன்சேமிப்பு / புறந்தள்ளுதல்ஆய்வுகள்

ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு சோதனைக்காக 20mg MWCNT/SnO2 மீநுண் கலவையானது ஒரு நிலையான ஹைட்ரஜன் அழுத்தத்தின்கீழ் 100°Cஇல் இயக்கப்படும் ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு அமைப்பில் வைக்கப்பட்டது. ஹைட்ரஜன் ஏற்றத் திற்குமுன், ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு அமைப்பானது காற்று வெளியேற்றம் செய்யபட்டது. பின்னர் 10 நிமிடத்திற்கு ஹைட்ரஜன் வாயு ஓட்டமானது நிலையான ஹைட்ரஜன் அழுத்தத்தின் கீழ் ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு அமைப்புக்குள் அனுப்பப் பட்டது.

மேலும், MWCNT/SnO_2 மீநுண் கலவை யானது 100°C வெப்பநிலையில் ஒரு மணி நேரம் பராமரிக்கப்பட்டது மற்றும் MWCNT/SnO_2 மீநுண் கலவையானது ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு சோதனைக்காக நிலையான H_2 அழுத்தத்தின் கீழ் சுமார் 15 நிமிடம்வைக்கபட்டது. பின்னர், ஹைட்ரஜன் புறந்தள்ளுதல் ஆய்வுக்காக TGA கருவியில் மூடப்பட்ட கண்ணாடி குப்பியை பயன்படுத்தி மாற்றப்பட்டது. 5°C / min என்ற நிலையானவெப்பவிகிதத்தில் 30-600 °C வெப்ப நிலை வரம்பில், நைட்ரஜன் சூழலில் ஹைட்ரஜன் புறந்தள்ளுதல் ஆய்வுகள் நடத்தப்பட்டன



படம்.4 நைட்ரஜன் வளிமண்டலத்தில் எடுக்கப்பட்ட MWCNT/SnO_2 நானோ கலவையின் வெப்பஎடை அளவறிவரை படம்.

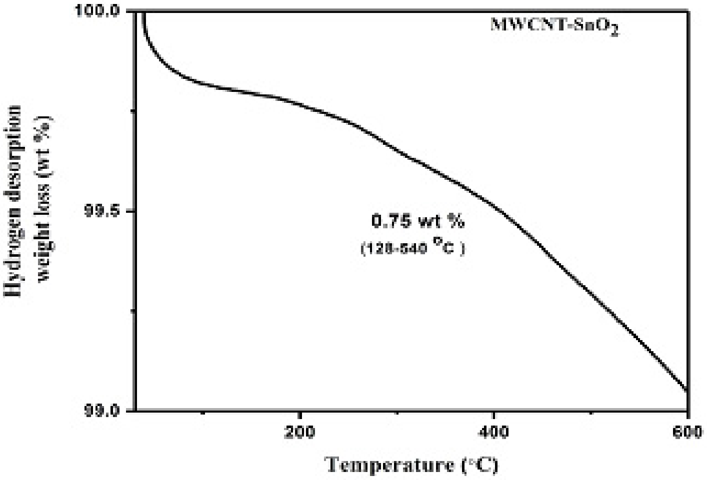
MWCNT / SnO_2 மீநுண் கலவையின் ஹைட்ரஜன் புறந்தள்ளுதல் 30-600°C. வரம்பில், படம் 5–ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. 600°C க்கும் குறைவான முதல் கட்ட எடை இழப்பு, வடிவ ரீதியாக மேற்பரப்பில் ஒட்டியுள்ள நீர் மூலக்கூறுகள் காரணமாக உள்ளது. வெப்பநிலைவரம்பில் 128 முதல் 540 டிகிரி செல்சியஸ் வரையிலான இரண்டாம் கட்டஎடைஇழப்பு, வேதியியல் ரீதியாக ஏராளமான H_2 அணுக்களை புறந்தள்ளுதலால் [6-10] ஏற்படுகிறது. MWCNT / SnO_2 கலவையின் ஹைட்ரஜன் சேமிப்பு திறன் மேலே குறிப்பிட்டுள்ள வளிமண்டலத்தில் 0.75 wt% ஆக காணப்படுகிறது. இது சுத்தமான MWCNT– உடன் ஒப்பிடுகையில், மீநுண் கலவையின் ஹைட்ரஜன் சேமிப்புதிறன் அதிகரிக்கிறது. இது MWCNT மற்றும் SnO_2 ஆகியவற்றின் ஒட்டு மொத்த இணக்கத்தன்மையின் காரணமாகும்.

முடிவுரை:

MWCNT மற்றும் SWCNT ஆகியவற்றின் மேற்பரப்பில் SnO_2 செயல்படுத்துவதற்கு எளிமையான பரிசோதிப்பு முறை பயன்படுத்தப் பட்டது. ஊடுகதிர் விளிம்பு மற்றும் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி பகுப்பாய்வின் மூலம் மீநுண் கலவைகளின் உருவாக்கம் உறுதிப்படுத்தப் பட்டது. C, Sn, O ஆகியவை இருப்பதை EDX மூலம் உறுதிப்படுத்தப்பட்டது. SnO2 மற்றும் MWCNT ஆகியவற்றின் கூட்டிணைப்புச் சேர்க்கை காரணமாக கலவைகளின் ஹைட்ரஜன் சேமிப்புதிறன் அதிகரிக்கப்பட்டது.

ஒப்புகை

ஆசிரியர்கள் நிதி உதவிக்காக டி.எஸ்.டி – எஸ்இஆர்பி (DST-SERB -SB / S2 / CMP-073/ 2013) – துறைக்கு நன்றி தெரிவிக்கின்றனர். மேலும் நிலையான ஆதரவு மற்றும் ஊக்கு விப்புக்காக ஸ்ரீஇராமசாமி நினைவு அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்பம நிறுவனம், காட்டங் குளத்தூர், சென்னை, இயற்பியல் மற்றும் மீநுண் தொழில்நுட்ப துறைக்கு நன்றி தெரிவிக் கின்றனர்.



படம்.5 நைட்ரஜன் வளிமண்டலத்தில் எடுக்கப்பட்ட MWCNT/SnO2 நானோகலவையின் ஹைட்ரஜன் புறந்தள்ளுதல் வெப்ப எடை அளவறிவரை படம்.

மேற்கோள்கள் :

[1] Hirscher M. esd., Handbook of hydrogen storage: new materials for future energy storage. John Wiley & Sons 2010.

[2] Zhou L, Progress and problems in hydrogen storage methods. Renew Sust Energ Rev 2005; 9:395-408.

[3] Durbin DJ, Malardier-Jugroot C. Review of hydrogen storage techniques for on board vehicle applications. Int J Hydrogen Energy 2013; 38:14595-14617.

[4] Züttel A, Materials for hydrogen storage. Mater Today 2003; 6:24-33.

[5] Ye Y, Ahn CC, Witham C, Fultz B, Liu J, Rinzler AG, et al. Hydrogen adsorption and cohesive energy of single -walled carbon nanotubes. Appl Phys Lett 1999; 74: 2307-2309.

[6] Rather SU, Zacharia R, Hwang SW, Kim AR, Nahm KS. Hydrogen storage of nanostructured TiO2-impregnated carbon nanotubes. Int J Hydrogen Energy 2009; 34: 961-966.

[7] Noroozi AH, Safa S. Increasing the hydrogen storage capacity of single-walled carbon nanotube (SWNT) through facile impregnation by TiO2, ZrO2 and ZnO nanocatalysts. J of Adv Mater Process 2014; 2: 31-38.

[8] Silambarasan D, Surya VJ, Vasu V, Iyakutti K. Single Walled Carbon Nanotube- Metal oxide nanocomposites for Reversible and Reproducible Storage of Hydrogen. ACS Appl Mater Inter 2013; 5: 11419-11426.

[9] Silambarasan D, Surya VJ, Vasu V, Iyakutti K. One-step process of hydrogen storage in single walled carbon nanotubes-tin oxide nano composite. Int J Hydrogen Energy 2013; 38: 4011-4016.

[10] V. Lathapriya, A. Karthigeyan, K.Ramamurthi, K. Iyakutti, Synthesis and characterization of MWCNT impregnated with different loadings of SnO2 nanoparticles for hydrogen storage applications, Int J Hydrogen Energy. 43 (2017) 848-860.

நேர்ச்சார்பிலா ஒளியியல் அமோனியம் பெண்டாபோரேட் படிகங்கள் மீதான ஆய்வுகள்

அ.நா. விக்னேஷ்வரன், சி.இராமச்சந்திர ராஜா

இயற்பியல் துறை, அரசு கலைக்கல்லூரி (தன்னாட்சி), கும்பகோணம் – 612 002.

crrajaphy@gmail.com

சுருக்கம்

இந்த கட்டுரையில், நேர்ச்சார்பிலா ஒளியியல் அமோனியம் பெண்டாபோரேட் (அ.பெ.) படிகங்களின் பண்புகள் விவாதிக்கப் பட்டுள்ளன. அ.பெ. படிகங்களானது அமோனியம் கார்போனேட் மற்றும் போரிக் அமிலம் ஆகியவற்றை 1:10 மோலார் விகிதத்தில் வினைபுரிய செய்வதின் மூலம் பெறப்பட்டது. அ.பெ. படிகங்கள் 37°C– ல் திரவப் படிக மாக்கல் நுட்ப முறையில் படிகமாக்கப் பட்டுள்ளது. படிகங்களின் நுண் உருவமைப்பு தனிப்படிக X- கதிர் விளிம்பு, துகள் X- கதிர் விளிம்பு விளைவுகளைக் கொண்டு கண்டறியப்பட்டது. புற ஊதா–கண்ணுறு–அகச்சிவப்பு நிறமாலை ஆய்வு படிமங்கள் ஒளியியல் பண்புகளை ஆராய பயன்படுத்தப்பட்டது. படிகங்கள் வழியாக ஊடுருவி செல்ல கூடிய ஒளியின் அலை நீளமானது 230 – 900 nm என இந்த ஆய்வின் அறியப்பட்டது. படிகங்களில் இடம்பெற்றுள்ள வேதியியல் மூலக்கூறிகள் மற்றும் அவற்றின் அதிர்வுகள் பூரியர் மாற்று அகச்சிவப்பு (FT-IR) மற்றும் பூரியர் மாற்று ராமன் (FT-Raman) நிறமாலை ஆய்வுகள் மூலம் கண்டறியப்பட்டன. படிகங்கள் வெவ்வேறு நிறைகளுக்கு உட்படுத்தப்பட்டு விக்கர்ஸ் நுண்கடினத்தன்மை கணக்கிடப்பட்டது. 1000°C – வெப்பநிலை வரையிலான படிகங்களின் வெப்பவியல் பண்புகள் வெப்ப பரும அளவியல் (TGA), வகையீட்டு வெப்ப பகுப்பாய்வு (DTA) மூலம் ஆய்வு செய்யப்பட்டன. படிகங்களின் ஈரிசைவியக்கம் குர்ட்ஸ்–பெர்ரி நுட்பத்தின் மூலம் உறுதிபடுத்தப்பட்டது. படிகத்தின் மூன்றாம் விசைவியக்க நேர்ச்சார்பிலா ஒளியியல் பண்புகள் Z–ஆய்வு அளவீடு முறையில் 632.8 nm அலைநீளம் கொண்ட He-Ne லேசர் கொண்டு கணக்கிடப்பட்டன. லேசர் பாதிப்பு தொடக்கநிலை மதிப்பு 10.29 GW-cm^2 என கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

1. முன்னுரை

1961–ல் முதல் லேசர் உருவாக்கப்பட்ட பிறகு, நடைமுறை வாழ்வில் அதன் தாக்கமானது அளப்பரியது. இன்று பல்வேறு துறைகளில் இதன் பயன்பாடுகள் அதிக அளவில் இருப்பினும், சாதகமான மூலப்பொருட்களின் தட்டுப்பாட்டால் இன்றுவரை குறைந்த அள விலான லேசர் கருவிகளே கட்டமைக்கப் பட்டுள்ளன. நேர்ச்சார்பிலா ஒளியியல் படிமங் களின் அதிர்வெண் மாற்றும் பண்பை கொண்டு

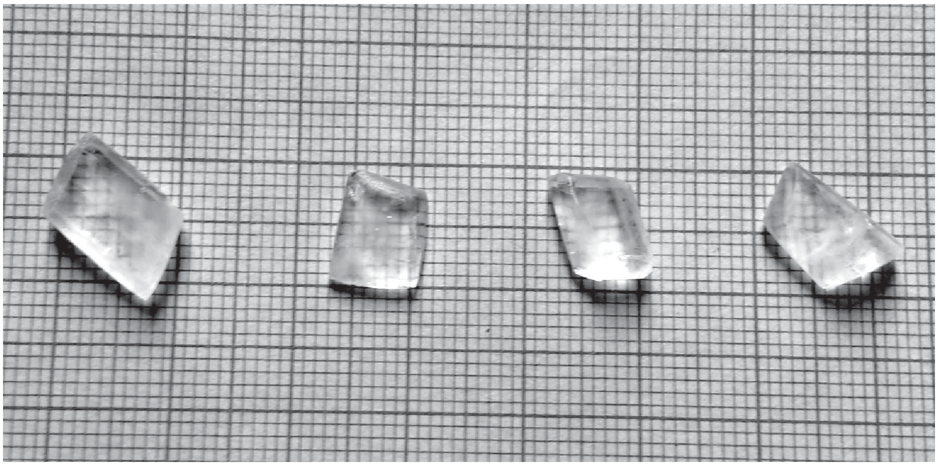
இந்த குறைப்பாட்டை நீக்க இயலும் (1,2). அதிர்வெண் மாற்றும் பண்பின் திறன் படிகங் களின் சில பண்புகளைச் சார்ந்தது (3,4). கரிம படிகங்கள் அதிக நேர்ச்சார்பிலா ஒளியை உள்வாங்கும் திறன் மற்றும் வேகமான நேர்ச் சார்பிலா ஒளி விளைவை கொண்டிருப்பினும், குறைந்த கடினத்தன்மை மற்றும் வேதியியல் உறுதித்தன்மை கொண்டிருக்கின்றன. கனிம படிகங்கள் அதிதிறன் லேசர் தாங்கும் தன்மை கொண்டவை. கனிம போரேட் படிகங்கள் முக்கியமான நேர்ச்சார்பிலா ஒளியியல் படிகங்கள் ஆகும் (5,18). இதுவரை கண்டறியப்பட்டுள்ள போரேட் படிகங்களில் 36% படிகங்கள் நடுசமச்சீர் அற்ற நுண்அமைப்பு கொண்டவையாகும் (19). இந்த கட்டுரையில் அ.பெ. படிகங்களின் திரவ வளர்த்தெடுப்பு, கட்டமைப்பு, கடினத்தன்மை, வெப்பவியல், நேரியல், நேர்ச்சார்பிலா ஒளி பண்புகள் மற்றும் அதிதிறன் லேசர் தாங்கும் திறன் ஆகியவை தொகுத்து வழங்கப்பட் டுள்ளன.

2. படிகமாக்கல் செயல்முறை

அ.பெ. படிகங்களானது அமோனியம் கார்போனேட் மற்றும் போரிக் அமிலம் ஆகிய வற்றை 1:10 மோலார் விகிதத்தில் வினைபுரிய செய்வதின் மூலம் பெறப்பட்டது.

$$(NH_4)_2CO_3+10(H_3BO_3) \longrightarrow 2[NH_4(H_4B_5O_{10}).2H_2O]+7H_2O+CO_2\uparrow$$

5 மணி நேரம் கரைசல் நன்றாக கரைக்கப் படுகிறது. பின்னர் கரைசல் வாத்மன் வடிகட்டி கொண்டு நன்று வடிகட்டப்படுகிறது. பிறகு கரைசல் 37°C வெப்பநிலையில் பராமரிக்கப்படுகிறது. 40 நாட்களில் நல்ல தன்மை உடைய அ.பெ. படிகங்கள் பெறப்பட்டன. வளர்க்கப்பட்ட அ.பெ. படிகங்கள் படம் எண் – 1– இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் எண் – 1: வளர்க்கப்பட்ட m.bg. படிகங்கள்

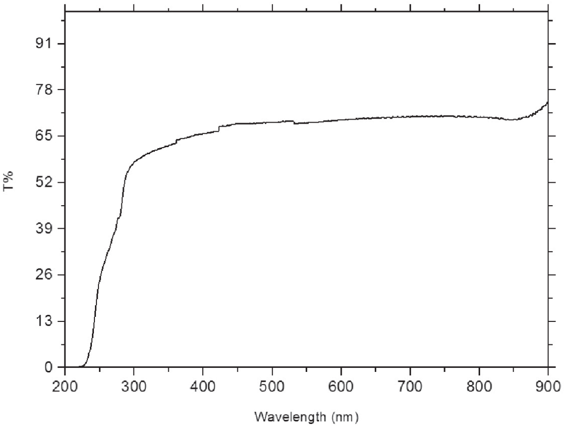
3.1 தனிப்படிக X–கதிர் விளிம்பு விளைவு

அ.பெ. கட்டமைப்பு பகுப்பாய்வு புருக்கர் நோனியஸ் கேட்4 தனிப் படிக X– கதிர் விளிம்பு கருவி பயன்படுத்தி செய்யப்பட்டது. இதில் அ.பெ.–ஆனது செஞ்சாய் சதுரம் வகையை சார்ந்தது என கண்டறியப்பட்டது.

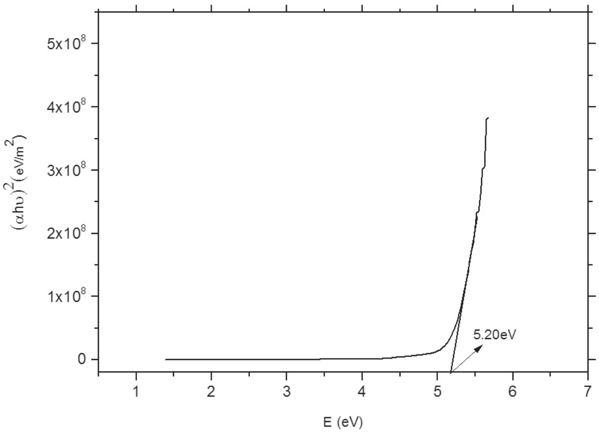
அலகுகூறு அளவுருக்கள் a = 9.274 ± 0.012 Å, b = 11.090 ± 0.014 Å, c = 11.346 ± 0.014 Å மற்றும் V =1167 ± 4 $Å_3$ என கண்டறியப்பட்டது. கண்டறியப்பட்ட மதிப்புகள் மதிப்பிடப்பட்ட மதிப்புகள் (20, 21) உடன் பொருந்துகின்றன.

3.2 புறஊதா–கண்ணுறு– அகச்சிவப்பு நிறமாலை பகுப்பாய்வு

அ.பெ. படிகத்தில் புறஊதா–கண்ணுறு– அகச்சிவப்பு நிறமாலை, 190–900 nm வரை லேப் இந்தியா மாடல் UV 3092 இன் உதவியுடன் பதிவு செய்யப்பட்டது. 1 மி.மீ தடிமன் கொண்ட பளபளப்பான படிகம் பகுப்பாய்வுக்கு உட்படுத்தப் பட்டது. பதிவு செய்யப்பட்ட ஒளி ஊடுருவும் நிறமாலை படம் எண்–2 இல் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது. இதில் அ.பெ. படிகத்தின் குறைந்த ஊடுருவல் அலைநீளத்தின் மதிப்பானது, புறஊதா பிராந்தியத்தில் 230 nm என கண்டறியப் பட்டது. அ.பெ. படிகத்தின் குறைந்த ஊடுருவல் அலைநீளத்தின் மதிப்பானது, சில நன்கு அறியப்பட்ட படிகங்கள் $LiNbO_3$ (350 nm), KTP (350 nm) மற்றும் $LiIO_3$ (310 nm) [1] ஆகிய வற்றைக் காட்டிலும் மிகக் குறைவாக உள்ளது என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. இது கிட்டத்தட்ட 70% செலுத்தும் தன்மையை 230 முதல் 900 nm வரை கொண்டுள்ளது. இந்த படிகத்தை கொண்டு புறஊதா பிராந்தியத்தில் ஒத்திசைவான புற ஊதா ஒளியை 230 nm வரை உருவாக்கலாம் என்பதை இந்த ஆய்வு வெளிப்படுத்துகிறது. படம் எண் 3– இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ள வரைபடத்தை கொண்டு படிகத்தின் பட்டை இடைவெளியானது 5.20 eV என கண்டறியப்பட்டது.



படம் எண் – 2: அ.பெ.–வின் ஒளி செலுத்தும் நிறமாலை வரைபடம்



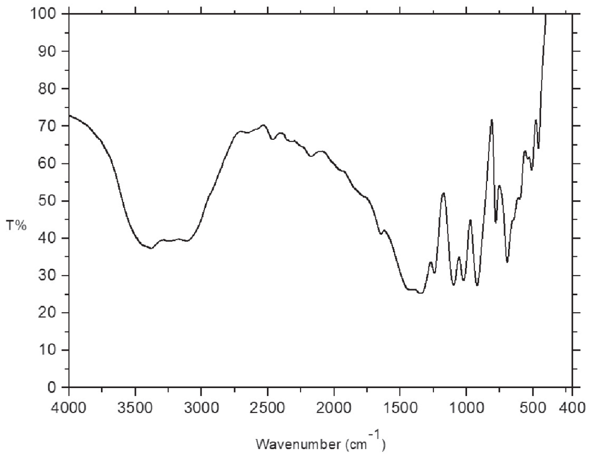
டாக்ஸ் வரைபடம்

3.3 ஃபூரியர் மாற்றம் –அகச்சிவப்பு மற்றும் ஃபூரியர் மாற்றம் –ராமன் பாகுபாய்வு

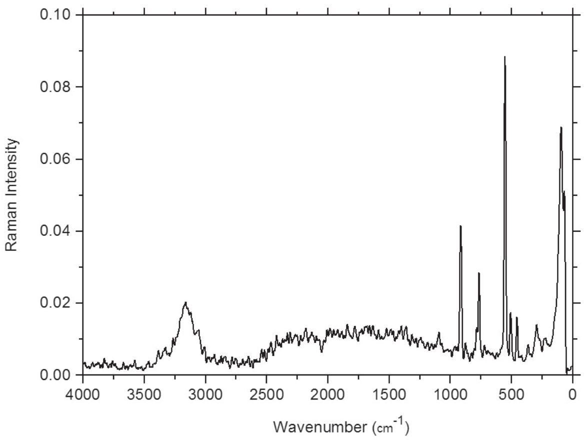
பெர்கின்–எல்மர் ஸ்பெக்ட்ரோமீட்டர் மூலம் புரியர் மாற்றம்–அகச்சிவப்பு நிறமாலை ஆய்வு நடத்தப்பட்டது. ஃபூரியர் மாற்றம்– ராமன் நிறமாலை பகுப்பாய்வு புருக்கர் ஆர்ப்ஸ் 27 புரியர் மாற்றம் ராமன் நிறமாலை கருவி பயன்படுத்தி Nd: YAG லேசர் (1064 nm) உடன் செய்யப்பட்டது.

பதிவு செய்யப்பட்ட புரியர் மாற்றம் –அகச்சிவப்பு மற்றும் ஃபூரியர் மாற்றம் –ராமன் நிறமாலை ஆகியவை முறையே படம் எண் 4 மற்றும் படம் எண் 5 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. படிகத்தில் இடம்பெற்றுள்ள மூலக்கூறுகளின் பல்வேறு அதிர்வுகள் கண்டறியப்பட்டு அவற்றிற்கான அலைஎண் ஒதுக்கீடு செய்யப் பட்டுள்ளது.

மூலக்கூறுகளின் ஒதுக்கீடு செய்யப்பட்ட அலைஎண்கள் அட்டவணை எண் 1– இல் தொகுத்து வழங்கப்பட்டுள்ளது [22,23]. குறிப்பாக படிகத்தில் இடம்பெற்றுள்ள அம்மோனியம் மூலக்கூறின் அதிர்வுகள் ஃபூரியர் மாற்றம் –அகச்சிவப்பில் 1447 செ.மீ.$^{-1,}$ 3111–3381 செ.மீ.$^{-1}$ இல் கண்டறியப்பட்டுள்ளது [24] ஃபூரியர் மாற்றம்– ராமனில் 1400 செ.மீ.$^{-1}$– இல் கண்டறியப்பட்டுள்ளது [25].



படம் எண் – 4: அ.பெ.– வின் புரியர் மாற்றம் – அகச்சிவப்பு நிறமாலை வரைபடம்



படம் எண்–5: அ.பெ.– வின் புரியர் மாற்றம் – ராமன் நிறமாலை வரைபடம்

அட்டவணை எண் 1– படிகமூலக்கூறுகளின் அலைஎண் ஒதுக்கீடு :

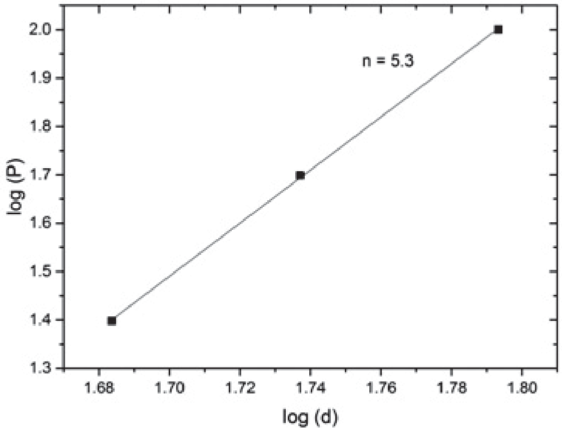
புரியர் மாற்றம் - அகச்சிவப்பு (cm^{-1})	புரியர் மாற்றம் -ராமன் (cm^{-1})	அதிர்வுகள்
456 மற்றும் 506	456 மற்றும் 507	OBO வளைவு
	553	BO சமச்சீரற்ற வளைவு
599	-	OBO முனைய வளைவு
691	-	OBO வளைய சமச்சீ ர் வளைவு
778	722, 765	BO நீட்சி
920	915	BO வளைவு நீட்சி
1022, 1097 மற்றும் 1242	1093 மற்றும் 1360	BO சமச்சீரற்ற நீட்சி
1346-1447	1493	BO சமச்சீரற்ற நீட்சி , NH_4 சிதைவு
3111-3381	3162	NH_4 நீட்சி , OH சமச்சீர் நீட்சி

3.4 கடினத்தன்மை சோதனை

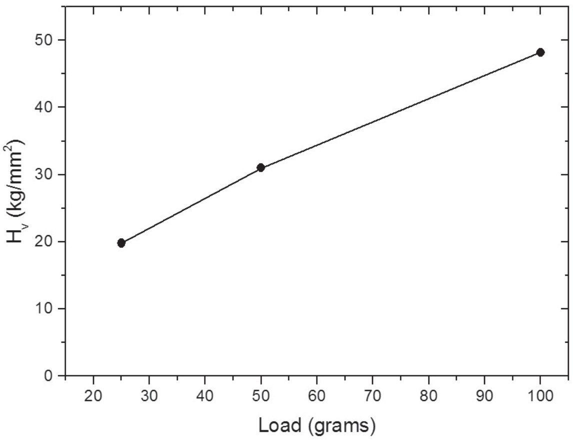
படிகத்தின் கடினதன்மை பண்புகள் ஷிமாடு எச்எம்வி–டி விக்கொர்ஸ் நுண்தகடினத் தன்மை சோதனை மூலம் ஆராயப்பட்டுள்ளது. பளபளப்பான மற்றும் சமதள மேற்பரப்பு கொண்ட படிகம் ஆய்வுக்கு எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டது. படிகத்தின் மீது நிறை 25 கிராம் முதல் 100 கிராம் வரை கொடுக்கப்படுகிறது. மற்றும் அதனால் உருவாகும் பிரமிடு தோற்றத்தின் மூலைவிட்ட நீளங்கள் அளவிடப்பட்டன. படிக மேற்பரப்பில் குறிப்பிடத்தக்க விரிசல்கள் தொடங்கியதால் அளவீடு 100 கிராம் மேலே நடத்தப்பட இயலாது. நிறை, குறுக்குவெட்டு நீளம் மற்றும் கடினத்தன்மை எண் (H_v) இடையேயான உறவை நிர்வகிக்கும் சமன்பாடு (26),

$$H_V = 1.8544 \times \frac{\text{நிறை}}{\text{குறுக்குவெட்டு நீளம்}^2}\ kg/mm^2 \qquad \text{.........} \quad (1)$$

H_v மற்றும் நிறைகளுக்கு இடையிலான வரைபடம் (படம் 6), நிறை அதிகரிக்கும் பொழுது H_v அதிகரிக்கிறது என்பதை காட்டுகிறது. இந்த வகை H_v ஆனது படிகத்தில் தலைகீழ் உள் தள்ளிய அளவு விளைவு (RISE) உருவாகியுள்ளதை காட்டுகிறது. மடக்கை (P) மற்றும் மடக்கை (d) மதிப்புகளுக்கு இடையில் வரையப்பட்ட படத்தில் (படம் 7) நேர் வரிசையின் சரிவு பொருளின் கடின உழைப்பு குணகம் (n) கொடுக்கிறது. n இன் மதிப்பானது 5.3 ஆக காணப்பட்டது. n இன் மதிப்பானது படிகம் மென்மையான பொருளாக வகைப்படுத்தப் படுவதைக் குறிக்கிறது.



படம் எண் – 7: அ.பெ.– வின் மடக்கை (P) மற்றும் மடக்கை (d)

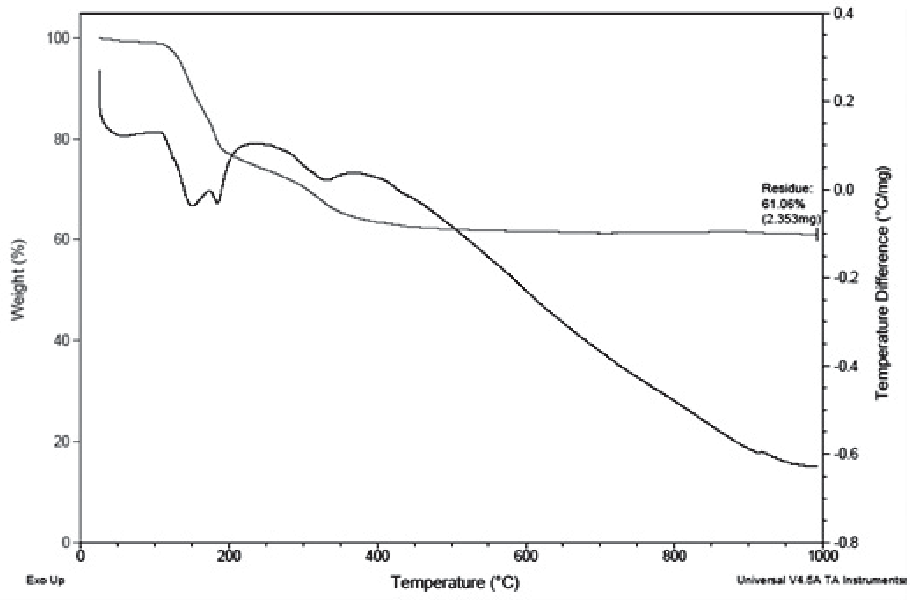


படம் எண் – 6: அ.பெ.– வின் H_v மற்றும் சுமைகளுக்கு இடையிலான வரைபடம்

3.5. வெப்பவியல் சோதனை

அ.பெ. படிகங்களின் வெப்ப பரும அளவியல் (TGA), வகையீட்டு வெப்ப பகுப்பாய்வு (DTA) ஆகியவற்றை ஒரே நேரத்தில் SDT Q600 பகுப்பாய்வு கருவியைப் பயன்படுத்தி அளவிடப் படுகிறது. வெப்பநிலை 25°C இலிருந்து 1000°C வரை 20°C/min வெப்ப வீதத்துடன் நைட்ரஜன் வளிமண்டலத்தில் உயர்த்தப்படுகிறது. ஆரம்பத்தில் 3.8527 மி.கி. அ.பெ.படிகம் சோதனைக்கு எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டது. படம் எண் 8 இல் காட்டப்பட்டுள்ள TGA மற்றும் DTA வளைவுகள் 135°C வரை படிகத்தில் நிறை இழப்பு இல்லை என்பதை காட்டுகிறது. இது படிகத்தை 135°C வரை பயன்படுத்தப்படலாம் என்பதை இது

காட்டுகிறது. அதற்குப் பிறகு, படிகமானது சிதைவுற தொடங்கியது. இறுதியாக 1000°Cஇல் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட ஆரம்ப நிறையில் 61.06% (2.53 மி.கி.) தக்கவைக்கப்பட்டது. இந்த நிறை இழப்பு படிகத்தில் இடம்பெற்றுள்ள நீர் மற்றும் அம்மோனியம் மூலக்கூறுகள் ஆகியவை வெளியேறுதல் காரணமாக அமைந்தது [25].



படம் எண் – 8: அ.பெ.– வின் டிஜிஏ மற்றும் டி.டி.ஏ வளைவுகள்

3.6. ஈரிசைவியக்க உற்பத்தி

குர்ட்ஸ் மற்றும் பெர்ரி நுட்பம், ஈரிசைவியக்க உற்பத்தி (SHG); நேர்ச்சார்பிலா ஒளியியல் படிகங்களின் திறனை அளவிடுவதற்கு மிகவும் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட நுட்பமாகும் [27]. படிக மானது நன்கு தூள் செய்யப்பட்டு, இறுக்கமாக மிக நுண்ணிய குழாயில் நிரப்பப்பட்டு, 10 ns துடிப்பு அகலமும் 10 H_z துடிப்பு வீதமும் 1.6 mJ/ துடிப்பு ஆற்றல் கொண்ட 1064 nm அலைநீளம் Q-switched Nd-YAG லேசர் பாதையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. படிகத்தில் இருந்து வெளி வரும் அலைக்கற்றை, ஒரு ஒற்றை அலைநீள வடிகட்டியை பயன்படுத்தி வடிகட்டப்பட்டது. ஒரு புகைப்பட பெருக்கி குழாய் (பிலிப்ஸ் ஃபோட்டோனிக்ஸ்), வெளியீட்டு சமிக்ஞைகளை தொடர்புடைய மின்சார துடிப்புகளாக மாற்றி யமைக்கும் கண்டுணர்வானாக பயன்படுத்தப் பட்டது. SHG செயல்திறன் பொருள் மூலக்கூறு கட்டமைப்புடன் நெருக்கமாக தொடர்புடையது [28]. KDP படிகத்தின் SHG வெளியீடு 150 mV அளவிடப்படுகிறது மற்றும் தற்போதைய ஆய்விற்கான குறிப்பு பொருளாக KDP பயன் படுத்தப்படுகிறது. அ.பெ. படிகத்தின் SHG வெளியீடு 117 mV என கணக்கிடப்பட்டது, இது KDP இன் 0.78 மடங்கு ஆகும்.

3.7. Z –ஆய்வு அளவீடு

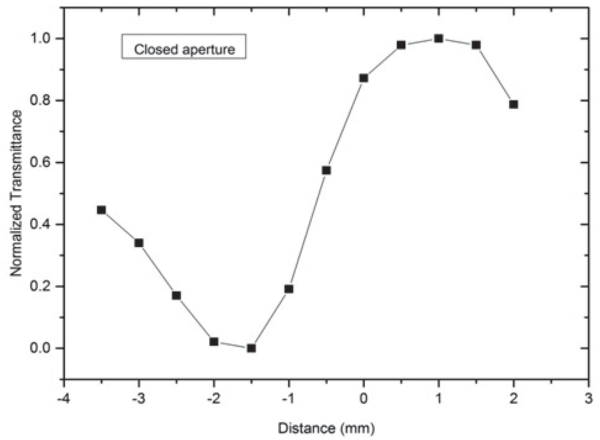
Z– ஆய்வு நுட்பம் என்பது மூன்றாம் இசைவியக்க உற்பத்தி அளவுருக்கள் அள வீட்டுக்கான மிகுந்த உணர்திறன் மற்றும் ஏற்றுக் கொள்ளக் கூடிய உத்தியாகும் [29]. 1 மிமீ தடிமன் கொண்ட நன்கு பளபளப்பான AB5 படிகமானது படிக வைத் திருப்பில் ஏற்றப்பட்டிருந்தது, பின்னர் 632.8nm அலைநீளம் உடைய He–Ne லேசர் வழியாக அனுப்ப அனுமதிக்கப்பட்டது. இந்த ஆய்வு முறையில் படிகம் கௌசியன் அலை கற்றை பாதையில் நகர்ந்தது. இறுக்கமாக லேசர் கற்றை

படிகத்தின் மேற்பரப்பில் வெப்பநிலை மாறு பாட்டை ஏற்படுத்துகிறது. கதிரியக்க குறியீட்டின் இடஞ்சார்ந்த மாறுபாட்டின் விளைவாக, படிகமானது வெப்ப வில்லை ஆக செயல்படுகிறது. இந்த நிகழ்வுகள் கற்றைகளில் கட்ட உருக் குலைவை ஏற்படுத்துகிறது.

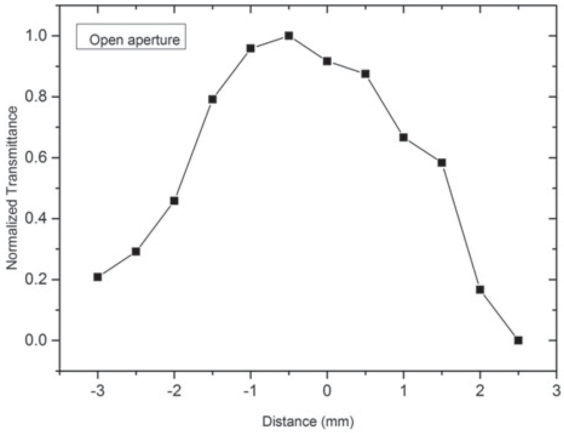
கணக்கிடப்பட்ட மூன்றாம் இசைவியக்க உற்பத்தி அளவுருக்கள் அட்டவணை 2 இல் பட்டியலிடப்பட்டுள்ளன. மூடப்பட்ட துளை Z– ஆய்வு வளைவு படம் 9 இல் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது. மையப் புள்ளியின் பின்னணியில் உள்ள பள்ளத்தாக்கு பொருளின் நேர்மறை அலைவரிசை ஒளிவிலகல் குறியீட்டை குறிக்கிறது. நேர்மறையான ஒளி விலகல் குறிப்பான் என்பது பொருள்வரிசை களின் சுய– குணாம்ச நடத்தைக்கு காரணம், இது ஒளியியல் உணர்கருவிகளின் பாதுகாப்பிற்கான பயன்பாட் டிற்கான ஒரு அடிப்படை அளவு கோலாகும் [30]. படம் 10, திறந்த துளை Z– ஆய்வு வளைவு, மையப்புள்ளிஅருகில் மேம்பட்ட ஒளி பரப்பை சித் தரிக்கிறது. இந்த நிகழ்வானது பொருள் நிறைந்த உறிஞ்சுதலின் காரணமாக உள்ளது. பளபளப் பான லேசர் அமைப்புகளில் செயலற்ற Q– சுவிட்ச் ஆகப் பயன்படுத்தப்படலாம் என்று படிகத்தின் செறிவான உறிஞ்சுதல் தன்மை கூறுகிறது [31].

அட்டவணை 2: கணக்கிடப்பட்ட மூன்றாம் ஒழுங்கு அளவுருக்கள்

நேரியலற்ற ஒளிவிலகல் குறிப்பான், n_2 (cm^2/ W)	நேரியலற்ற உறிஞ்சுதல் குணகம், β(cm/W)	ஏற்புத்தன்மையின் உண்மையான பகுதி Re $\chi^{(3)}$ (esu)	ஏற்புத்தன்மையின் கற்பனை பகுதி Im $\chi^{(3)}$ (esu)	மூன்றாம் ஒழுங்கு ஏற்புத்தன்மை $\chi^{(3)}$ (esu)
0.0760335×10^{-9}	$-0.0631257 \times 10^{-4}$	3.781929×10^{-5}	0.125909×10^{-2}	1.259459×10^{-3}



டம் எண் 9: அ.பெ.– வின் மூடப்பட்ட துளை – ஆய்வு வளைவு



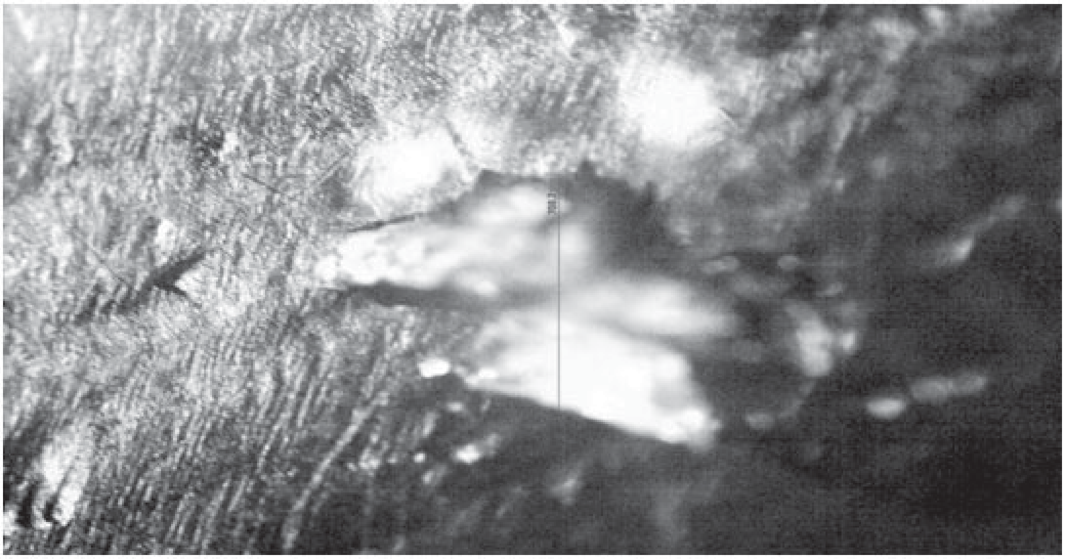
படம் எண் 10: அ.பெ.– வின் திறந்த துளை Z– ஆய்வு வளைவு

3.8. லேசர் சேத மதிப்பீடு

லேசர் சேத மதிப்பீடு (எல்.டி.டீ.)மதிப்பு என்பது நோயீயலற்ற படிகத்தின் முக்கியமான அளவுருவாகும். LDG ஐ தீர்மானிக்க, 10 ns துடிப்பு அகலமும் 1064 nm அலைநீளமும் கொண்ட Nd:YAG லேசரின் பாதையில் படிகம் வைக்கப்படுகிறது. இந்த அளவிற்காக,1 மி.மீ விட்டம் கொண்ட கற்றை, 35 செ.மீ குவியத்தி லான வில்லை வழியாக படிகம் மீது செலுத்தப் பட்டது. எல்.டி.டீ கீழ்கண்ட சமன் பாட்டின் மூலம் கணக்கிடப்படுகிறது,

$$E = P/ (_0A) \qquad ...... (2)$$

P என்பது படிகம் மீது சேதப்படுத்தும் லேசர் ஆற்றல் (407 mJ), $_0$ என்பது துடிப்பு அகலம் (10 ns) மற்றும் A என்பது பாதிக்கப்பட்ட பகுதியின் அளவு (விட்டம் – 708.7 m) ஆகும். LDT இன் கணக்கிடப்பட்ட மதிப்பானது 10.29 GM/cm^2 ஆகும். லேசர் சேதமடைந்த படிகத்தின் மேற்பரப்பில் உள்ள ஒளியியல் நுண்ணோக்கியின் படம் 11 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. லேசர் சேதத்திற்கு பின்னால் நிகழ்ந்த செயல்முறை மிகவும் சிக்கலானது என்றாலும், லேசர் சேதத்தின் இந்த வகைக்கான மேலாதிக்க இயக்கம் வெப்ப சிதைவு காரணமாக ஏற்படு கிறது[2].



படம் எண் 11: லேசர் சேதமடைந்த அ.பெ.– வின் மேற்பரப்பில் உள்ள ஒளியியல் நுண்ணோக்கியம்

4. முடிவுரை

அம்மோனியம் பெண்டாபோரேட் படிகங்கள் 37°C அளவில் திரவப் படிகமாக்கல் நுட்ப முறையில் படிகமாக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு அடுக்கல் அடுக்கின் நீளம் a = 9.274 ± 0.012 Å, b = 11.090 ± 0.014 Å, c = 11.346 ± 0.014 Å மற்றும் V =1167 ± 4 Å ^{3} என கண்டறியப்பட்டது. புறஊதா–கண்ணுறு–அகச்சிவப்பு நிறமாலை ஆய்வின் மூலம் படிமங்கள் வழியாக ஊடுருவி செல்ல கூடிய ஒளியின் அலைநீளமானது 230 – 900 nm எனவும் பட்டை இடைவெளியானது 5.20 eV எனவும் அறியப்பட்டது. பூரியர் மாற்று அகச்சிவப்பு மற்றும் பூரியர் மாற்று ராமன் பகுப்பாய்வுகள் படிகங்களில் இடம்பெற்றுள்ள வேதியியல் மூலக்கூறுகள் மற்றும் அவற்றின் அதிர்வுகள் அறியப்பட்டன. கடினத்தன்மை சோதனை தலைகீழ் உள்தள்ளிய அளவு விளைவு (RISE) படிகத்தில் ஏற்பட்டதையும் மற்றும் படிகம் மென்மையான பொருள் வகையை சார்ந்தது என்பதையும் வெளிக்கொணர்ந்தது. வெப்ப பரும

அளவியல் (TGA), வகையீட்டு வெப்ப பகுப்பாய்வு (DTA) 135 °C வரை லேசர் பயன்பாடுகளுக்கு படிகத்தை பயன்படுத்தலாம் என்று காட்டு கிறது. குர்ட்ஸ்–பெர்ரி தொழில்நுட்பம் மூலம் படிமங்களின் ஈரிசைவியக்கம் உறுதி படுத்தப் பட்டது மேலும் அதன் செயல்திறன் KDP- யை போல் 0.78 முறை என அறியப்பட்டது. Z– ஆய்வு அளவீடுகள் மூன்றாம் நிறை நேர்ச்சார்பிலா ஒளியியல் பண்புகள் கணக்கிடப் பட்டன (n_2 = 1.916147×10^{-10} செ.மீ ^{2}/W,= -0.10079×10^{-4} செ.மீ/W), மற்றும் மூன்றாம் இசைவியக்க உற்பத்தி ($\chi^{(3)}$ = 1.374577 X10^{-6}esu) கணக்கிடப்பட்டது. லேசர் பாதிப்பு தொடக்கநிலை மதிப்பு 10.29 GW/cm^2 என கணக்கிடப் பட்டுள்ளது.

மேற்கோள்கள் :

[1] P.F. Bordui, M.M. Fejer, Annu. Rev. Mater. Sci. 23, 321-379 (1993)

[2] D.A. Keszler, Curr. Opin. Solid State Mater. Sci. 1, 204-211 (1996)

[3] T. Sasaki, Y. Mori, M. Yoshimura, Y.K. Yap, T. Kamimura, Mater. Sci. Eng. 30, 1-54 (2000)

[4] C. Chen, T. Sasaki, R. Li, Y. Wu, Z. Lin, Y. Mori, Z. Hu, J. Wang, S. Uda, M. Yoshimura, Y. Kaneda, Nonlinear Optical Borate Crystals: Principles and Applications, 1st edn. (Wiley,Weinheim, Germany, 2012)

[5] T. Thao Tran, N.Z. Koocher, J.M. Rondinelli, P. Shiv Halasyamani, Angew. Chem. Int. Ed. 56, 1-6 (2017)

[6] W. Chao, J. Song, L. Longhua, G. Mark, H. Chi Zhang, J. Mater. Chem. C 4, 8189-8196 (2016)

[7] X. Jiang, M.S. Molokeev, P. Gong, Y. Yang, W. Wang, S. Wang, W. Shaofan, Y. Wang, R. Huang, L. Laifeng, W. Yicheng, X. Xing, Z. Lin, Adv. Mater. 28, 7936-7940 (2016)

[8] G. Zou, C. Lin, J. Hongil, G. Nam, T. You, O. Kang Min, Angew. Chem. 128, 12257-12261 (2016)

[9] H. WenjiaoYao, H. Ran, X. Wang, Z. Lin, C. Chen, Adv. Opt. Mater. 2, 411-417 (2014)

[10] C. Qua, M. Yoshimuraa, J. Tsunodaa, M. YushiKanedaa, Y. Imadea T. Sasakia, Y. Mori, Opt. Mater. 36, 1970-1972 (2014)

[11] Y. Liu, F. Zhang, Z. Wang, F. Yu, L. Wei, X. Xu, X. Zhao J. Mater. Chem. C 3, 10687-10694 (2015)

[12] S. Zhao, P. Gong, S. Luo, S. Liu, L. Lina, M. Asghar, Tariq Khan, M. Hong, Z. Lin, J. Luo, J. Am. Chem. Soc. 137, 2207-2210 (2015)

[13] X. Jiang, S. Luo, L. Kang, P. Gong, W. Yao, H. Huang, L. Wei, R. Huang, W. Wang, L. Yanchun, L. Xiaodong, W. Xiang, L. Peixiang, L. Laifeng, C. Chen, Z. Lin, Adv. Mater. 27, 4851-4857 (2015)

[14] A. Majchrowski, I.V. Kityk, E. Mandowska, A. Mandowski, J. Ebothé, T. Lukasiewicz, J. Appl. Phys. 100, 053101 (2006)

[15] A. Majchrowski, M. Chrunik, I.V. Kityk, K. Ozga, K. Michalski, P. Morawiak, L.R. Jaroszewicz, Mater. Lett. 122, 114-116 (2014)

[16] M. Maczka, L. Macalik, A. Majchrowski, J. Alloy Compd. 575, 86-89 (2013)

[17] A. Hussain Reshak, S. Auluck, I.V. Kityk, Phys. Rev. B 75, 245120-245126 (2007)

[18] A. Hussain Reshak, S. Auluck, I.V. Kityk, J. Solid State Chem. 181, 789-795 (2008)

[19] R. Arun Kumar, M. Arivanandhan, Y. Hayakawa, Prog. Cryst. Growth Charact. Mater. 59, 113-132 (2013)

[20] W.R. Cook, H. Jaffe, Acta Cryst. 10, 705 (1957)

[21] R. Joan Clark, C.L. Christ, Am. Miner. 44, 1150-1158 (1959)

[22] V. Joseph, V. Santhanam, S. Gunasekaran, P. Sagayaraj, S. Ponnusamy, Indian J. Pure Appl. Phy. 41, 161-166 (2003)

[23] T. Balakrishnan, G. Bhagavannarayana, K. Ramamurthi, Spectrochim. Acta A 71, 578-589 (2008)

[24] S. Stella Mary, S. ShahilKirupavathy, P. Mythili, P. Srinivasan, T. Kanagasekaran, R. Gopalakrishnan, Spectrochim. Acta A 71, 10-16 (2008)

[25] R.S. Katiyar, Proc. Indian Acad. Sci. 63, 20-25 (1966)

[26] C. Ramachadra Raja, R. Gobinathan, F.D. Gnanam, Mater. Chem. Phys. 36, 39-41 (1993)

[27] S.K. Kurtz, T.T. Perry, J. Appl. Phys. 39, 3798 (1968)

[28] T. Uma Devi, N. Lawrence, R. Ramesh Babu, R. Ramamurthi, J. Cryst. Growth 310, 116-123 (2008)

[29] M. Sheik-Bahae, A.A. Said, T.H. Wei, D.J. Hagan, E.W. Van Stryland, IEEE J. Quant. Electron. 26, 760-769 (1990)

[30] S. Manikandan, T.C. SabariGirisun, R. Mohandoss, S. Dhanuskodi, S. Manivannan, Opt. Spectrosc. 117, 469-473 (2014)

[31] T. Pritchett, Models for saturable and reverse saturable absorption in materials for optical limiting. (Senors and Electron Devices Directorate, ARL, 2002). http://www.dtic.mil/get-tr-doc pdf?AD=ADA410148 & Location=U2&doc=Get%20TR Doc.pdf. Accessed 15 Dec 2016

[32] S. Manivannan, S. Dhanuskodi, S.K. Tiwari, J. Philip, Appl. Phys. B 90, 489-496 (2008)

2-அமினோ பைரிடீனியம் செம்பு அசிட்டேட் தனிப் படிகத்தின் வளர்ச்சி, நிறமாலை, ஒளி மற்றும் மின் பண்புகள் ஆராய்தல்

ஐ.எம்.பி.ஜாகித், ஏ.மலர்கொடி, கே.எஸ்.ஜோசப்வில்சன், பாண்டி, மோகன்குமார்

இயற்பியல் துறை, மாநிலக் கல்லூரி, சென்னை
mohan66@hotmail.com

தமிழாக்கம் : **ஜி. பூங்கொடி** காயிதேமில்லத் அரசு மகளிர் கல்லூரி,

ஆய்வுச்சுருக்கம்

பகுதி–கரிம2–அமினோபைரிடீனியம் செம்பு அசிட்டேட் (2–APC) தனிப்படிகம் மெதுவான ஆவியாதல் முறையில் நீர்ம கரைசலில் வளர்க்கப்பட்டது. தனிப்படிக X–கதிர்விளிம்பு விளைவு ஆய்வு 2–Apc ஒரு சரிவச்சுப் படிக அமைபுடன் மையச் சமச்சீரான இடக்குழு P_2Y_C ஆக படிகமாக்கப்பட்டது உறுதிசெய்யப்பட்டது. துகள் X–கதிர் விளிம்புபாய்வு 2–APC படிகத்தின் படிக இயல் தன்மையை காட்டுகிறது என்பதை FTIR நிறமாலை பகுப்பாய்வானது 2APC கூட்டின் வினைபடு தொகுதிகளை உறுதிசெய்தது. புற ஊதா கட்புலன் மற்றும் ஒளி முறை ஒளிர்வு ஒளி ஆய்வுகள் வளர்ந்த 2–APC படிகத்திற்கு செய்யப்பட்டது. மின்காப்பு ஆய்வுகள் வளர்ந்த படிகங்கள் குறைந்த மின்காப்பு மாறிலி மற்றும் மின்காப்பு இழப்பு மதிப்புகளை உயர் அதிர்வெண் பகுதியில் காட்டுகிறது. இதுவளர்ந்த 2–APC படிகம் நல்ல ஒளி தரம் மற்றும் குறைந்த குறைபாடு கொண்டதை காட்டுகிறது.

முக்கிய வார்த்தைகள் : படிக வளர்ச்சி, X–கதிர் விளிம்பு, ஒளி முறை ஒளிர்வு மின்ஆய்வுகள்.

1. முன்னுரை

பொருட்களின் சேர்க்கை வீதம், கட்டமைப்பு மற்றும் பண்புகளுக்கும், புதிய பொருட்களை மேம்படுத்துவதர்க்கும் இடையே உள்ள தொடர்பு ஓர் முக்கிய வெளியீடாக அறிவியலில் உள்ளது தெளிவாகிறது. இதனால் விலை குறைந்த, எளிதில் தாயாரிக்க கூடிய புதிய பொருட்களை மேம்படுத்தவும் அதனை வளர்க்கும் செயல்முறை தொழில் நுட்பத்திற்கும் தொடர் தேவையுள்ளது [1]. கரிம பொருட்கள் நறுமண வளையத்துடன் கவனத்தை ஈர்த்தாலும் அதனுடைய உயர் நேரிலாமை, விரைவு ஏற்புத் தன்மை மற்றும் உயர் ஒளி தொடர்நிலை இழப்புகள் அதன் செயல்முறை பயன்பாடுகளை குறைந்த இயக்கமுறை,

வெப்பநிலைப்புத் தன்மைகள் மற்றும் பெரிய படிகங்களை உருவாக்கவும் மற்றும் செயலாக்க இயலாமை போன்றவற்றால் வரம்புக்குட் படுத்துகிறது.

பகுதி கரிம படிகங்கள் அதிக உருகுநிலை, மிகசிறந்த இயக்குதிறன் வெப்ப பண்புகள் மற்றும் உயர் இராசாயன செயலாற்ற தன்மை கொண்டுள்ளது. ஆனால் எதிர்பாராத விதமாக அவை அதன் ஒத்தகளி பகுதியை ஒப்பிடும் பொழுது சாதாரன நேரிலாமையை கொண் டுள்ளது. இந்த பார்வையில் கரிம மற்றும் கனிம பொருட்களின் சிறப்புகளை கொண்டுள்ள அரை கரிம கூட்டு ஆராய்ச்சியாளர்களிடையே அதிர்வெண் மாற்று பயன்பாட்டிற்கான புதிய பொருட்களை மேம்படுத்த ஆர்வத்தை தோற்று விக்கறது [2-4].

கரிம, கனிம உப்புக்கள் மற்றும் உலோக கரிம ஒருங்கினைந்த கூட்டுக்கள் உள்ளடக்கிய அரை கரிம பொருட்கள் ஆராயப்பட்டு வருகிறது. இந்த ஆராயிச்சியில், பகுதி கரிம 2–அமினோ பைரிடீனியம் செம்பு அசிட்டேட் படிகம் நீர்ம கரைசலில் இருந்து மெதுவான ஆவியாதல் முறையில் வெற்றிகரமாக வளர்க்கப்பட்டது. மேலும் அந்த படிகத்தின் கட்டமைப்பு, ஒளி மற்றும் மின்பண்புகள் ஆராயப்பட்டது.

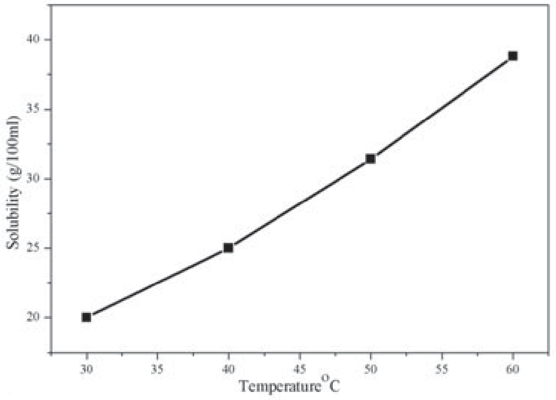
2. செய்முறை

2.1.பொருளின் தொகுப்பு, கரைதிறன் மற்றும் படிக வளர்ச்சி

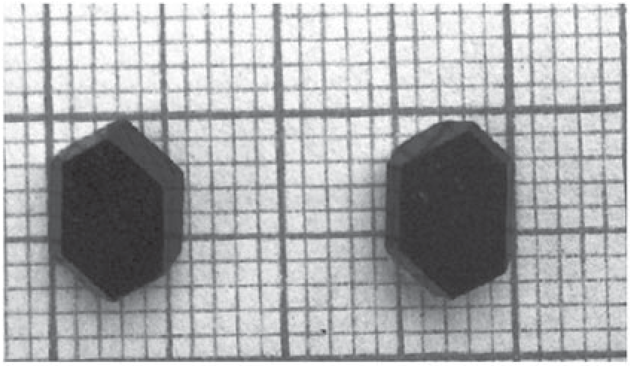
வணிக ரீதியாக கிடைக்க கூடிய 2அமினோ பிரிடினின் (Lobachemie-98%) மற்றும் செம்பு அசிடேட் (மெர்க்–99%) வேதினைகள் கூறு விகிதப்படி மில்லி போர் நீரில் கரைக்கப்பட்டது. கரைசல் 4 மணி நேரம் கலக்கப்பட்டு சமநிலை அடைந்தவுடன் கரைசல் வடிகட்டப்பட்டு சுத்தமான சூழ்நிலையில் வைக்கப்பட்டது. நான்கு நாட்களுக்கு பிறகு படிகங்கள் தன்னிச்சையான அணுக்கருவாக்கத்தால் கிடைக்கப்பட்டது. பொருளின் கரைதிறன் ஓர் நல்ல வடிவ படிகங்கள் ஈட்ட முக்கிய பங்கு வகிப்பதால் பொருளின் சரியான கரைப்பான் தேர்ந்தெடுக்கப் பட்டு அங்கே சாதாரணமாக கரைக்கப்படுகிறது. 2–APCன் கரைதிறன் மில்லி போர் நீரில் வெப்பநிலைச் சார்பாக 30°C முதல் 60°C வரை மாற்றி கண்டறியப்பட்டது. தெவிட்டு நிலையை அடைந்த பிறகு கரைப்பானின் சமநிலை செறிவு எடை அளவறியின் மூலம் ஆய்வு செய்யப்பட்டது. அதன் கரைதிறன் வளைவானது படம்–1ல் வரைந்து காட்டப்பட்டுள்ளது. மேலும் கரைதிறன் குறிப்பிடத் தக்க வகையில் வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்பொழுது அதிகரிப்பது பெரிய படிகங்கள் வளர்க்க ஏதுவாகிறது.

தயாரிக்கப்பட்ட கரைசல் தொடர்சியாக 5 மணி நேரம் மாறா வெப்பநிலையில் வெப்பநிலை கட்டுபடுத்தப்பட் ட காந்த கலக்கியின் மூலம் ஒரு படித்தான கலவை கரைசல் பெற கலக்கப் படுகிறது. பிறகு கரைசலானது 2 APC படிக பொருளின் வீழ்படி தலை ஈட்டுகிறது. தொகுத்த பொருளானது தொடர் மறு படிகமாக்கல் மூலம் தூய்மையாக்கப்படுகிறது. தெவிட்டு நிலை கரைசல் 35°Cல் கரைதிறன் தகவலின் படி தயாரிக்கப்படிகிறது.

பின் தயாரிக்கப்பட்ட கரைசல் வடிகட்டி துளையிட்ட பாலிதின் தாள் மூலம் மூடப்பட்டு கரைப்பான் விரைவாக ஆவியாதல் தடுக்கப் பட்டது. தயாரிக்கப்பட்ட வளர் கரைசல் மாறா வெப்பநிலைத் தொட்டியில் கட்டுபடுத்தப்பட்ட துல்லியம் ±0.01°Cல் வைக்கப்படுகிறது. மெதுவான ஆவியாதல் முறை தேர்ந்தெடுக்கப் பட்டு 2–அமினோபைரீடினியம் செம்பு அசிடேட் தனி படிவம் 7x6x4 மிமி^{3} பரிமாணத்தில் வளர்ந்தது. மேலும் வளர்ந்த படிகம் 3–4 வரை வளர்ந்த 2 AP படிகத்தின் புகைப்படம்–2 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம்–1: 2 APC நீரில் கரைத்தன்மை



படம்–2: வளர்ந்த 2 APC தனிப் படிகத்தின் புகைப்படம்

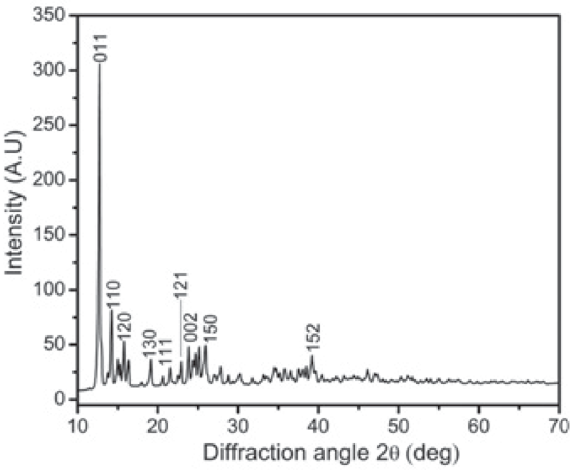
3. முடிவு மற்றும் விவாதங்கள்

3.1 X – கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வு

தனி படிக X–கதிர் விளைவு ஆய்வானது ஃப்ருக்கர் நோரியஸ் (AD–4/$MACH_3$) தனி படிக X–கதிர் விளிம்பு விளைவுமானி மூலம் செய்யப்பட்டது. அணிக்கோவையின் மாறிகளின் மதிப்பு a = 7.523Å, b =1.9.74Å, c = 8.23Å, B=114.32, V=1083.82 ஆக கண்டறியப்பட்டது. மேலும் வளர்ந்த படிகங்கள் ஒரு சரிவச்சுப் படிக அமைப்புடன் மையச் சீரான இடக்குழு P21/3 உடையதாகிறது. மற்றும் அவை அறிவித்த விவரங்களுடன் நெருக்கமாக உடன்படுகிறது. துகள் X–கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வு ஃப்ருக்கர் AXSCAD4 விளிம்பு விளைவுமானி cuka (ë=1.5405Å) கதிர்வீச்சுடன் படிகத்தின் தரம் பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டது.

படிகமானது நன்கு பொடியாக்கப்பட்டு துகள் X–கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வுக்கு உட் படுத்தப்பட்டது. பேன்அனாலிட்டிகள் துகள் XRD அமைப்பானது வெவ்வேறு தனி எதிரொளிப்பு களை பதித்து hkl மதிப்புகள் வைரஸ் கோர்ப்ள்ஸ் செயநிரல் மூலம் கண்டறியப்பட்டது. வளர்ந்த படிக மாதிரியின் பதிக்கப்பட்ட துகள் X–கதிர் விளிம்பு விளைவு உருப்படிவம் படம்–3ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

கூரான செறிவு உச்சி 2e =13ன் முழு அகல அரை உச்சத்தின் hkl மதிப்புகள் (011) 0.4 டிகிரி ஆக கண்டறியப்பட்டது. இது நல்ல படிகமாக 2–அமினோபெரிடினியம் செம்பு அசிட்டேட் வளர்ந்ததை சுட்டிக் காட்டுகிறது. நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட ப்ராக் உச்சிகள் குறிப்பிட்ட 2e மதிப்புகளுக்கு படிக தளங்கள் மற்றும் அதன் மில்லர் எண்கள் குறியிடப்பட்டது.

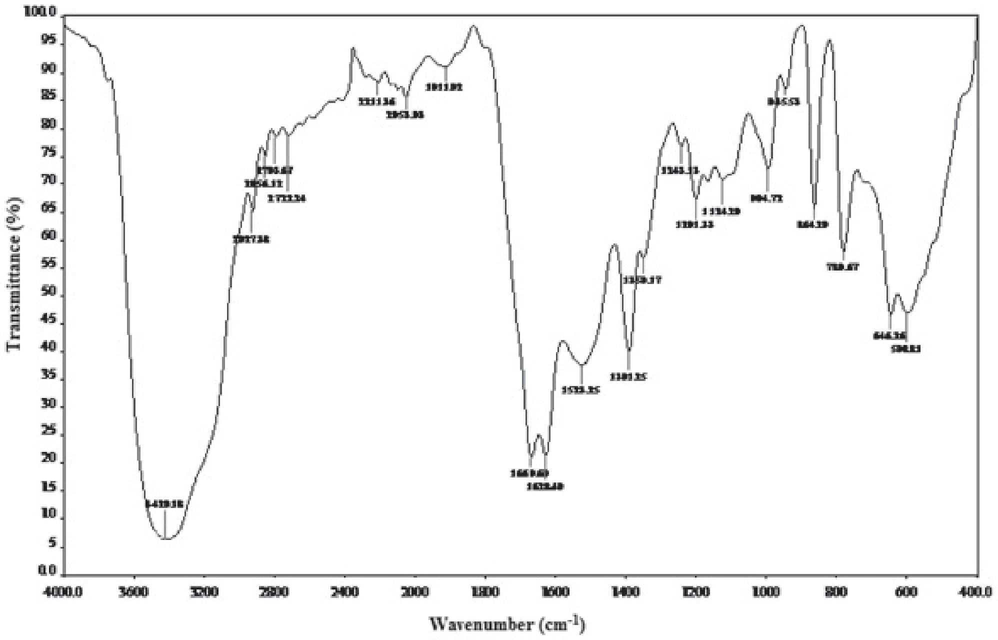


படம்–3: 2 APC படிக மாதிரியின் துகள் X–கதிர் விளிம்பு விளைவு

3.2 FTIR நிறமாலை பகுப்பாய்வு

2–அமினோபைரிடீனியம் செம்பு அசிட்டேட் FT-IR நிறமாலை 4000–400 செ.மீ$^{-1}$ நெடுக்கத்தில் KBr. பெல்லட் முறையில் நைட்ரஜன் வாயு சூழலில் பதிவாக்கப்பட்டு படம்–4ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. 3420 செ.மீ$^{-1}$அருகே உள்ள உச்சியானது OH தொகுதிக்கு ஒதுக்கப்பட்டது. எனவே பைரிடின் நைட்ரஜன் ஆனது படிகத்தில் புரோட்டானேற்ற மாகிறது. 2927.38 செ.மீ$^{-1}$ல் தோன்றும் செரிவான

உச்சி C-H நீட்சி அதிர்வானது C=O கார்பனைல் அதிர்வு நீட்சி 1669 செ.மீ$^{-1}$ல் நேரிடுகிறது. C=O நீட்சி அதிவு 1628 செ.மீ$^{-1}$ல் தோன்றுகிறது. 1523.25 செ.மீ$^{-1}$ உச்சி எட்டம் ஆனது C-C நீட்சி அதிர்வாளானது. C-N நீட்சி அதிர்வு 1350.17 செ.மீ$^{-1}$ உச்சியில் ஈட்டப்படுகிறது. 1243.13, 1201.13, மற்றும் 1124.20 செ.மீ–ல் தோன்றும் உச்சிகள் C-O நீட்டி அதிர்வுகளால் ஆனது. C-Hன் வளைந்த முகடு 994.72, 945.53 மற்றும் 780.67 செ.மீ$^{-1}$ நேரிடுகிறது. எனவே FTIR நிற மாலை 2–அமினோ பைரிடீனியம் செம்பு அசிட்டேட் படிகம் உருவாகி யதை உறுதி செய்கிறது. மேலும் அதிர்வு அதிர்வெண்களின் ஒதுக்கங்கள் அட்டவணை 1–ல் வரிசை படுத்தப்பட்டது.



படம்–4: 2 APC படிக மாதிரியின் FT-IR நிறமாலை

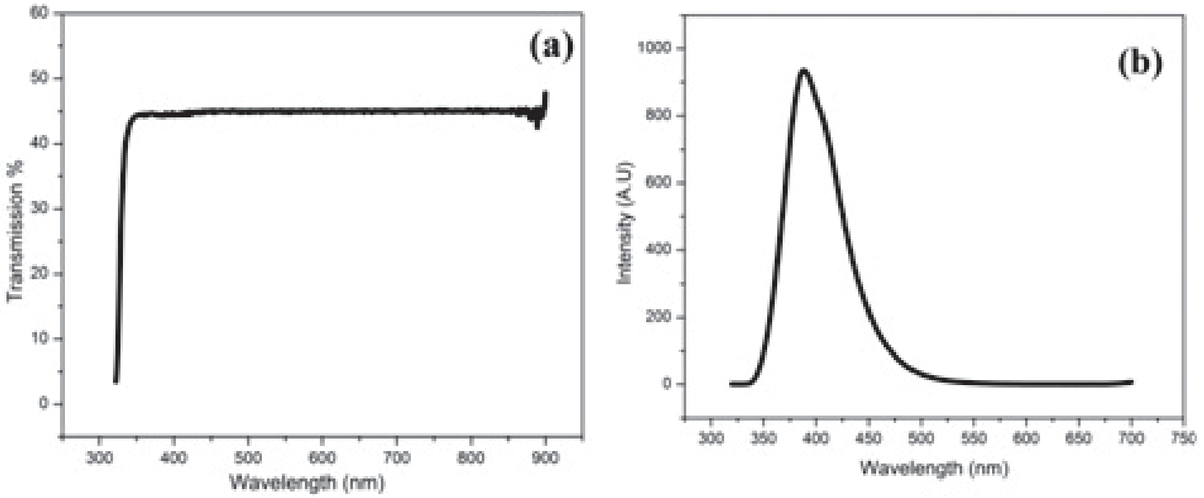
அட்டவணை 1:2 APC படிக மாதிரியின் FTIR அதிர்வு அதிர்வெண் ஒதுக்கங்கள்

Assignments	Wavenumber (cm^{-1})
OH stretching vibration	3420.18
C-H stretching vibration	2927.38
C=O carbonyl stretching	1669
C=C stretching vibration	1628
C-C aromatic stretching	1523
C-N stretching vibration	1350.17
C-O stretching vibration	1243013
C-H in-plane bending	994.72

3.3 ஒளிஆய்வு

UV-VIS செலுத்து திறன் பகுப் பாய்வு 2–APC படிகத்திற்கு 190nm மற்றும் 900nm இடையே பெர்கின் எல்மர் லேம்டா 35 UV-VIS-NR நிறமாலைமானியில் மொத்த கண்ணுறு மற்றும் அண்மை அகசிவப்பு பகுதி வரை எடுக்கப்பட்டது. வளர்ந்த படிகம் சுமார் 2 மி.மீ தடிமனுக்கு வெட்டி, தீட்டப்பட்டது. மேலும் புறஊதாகட்புலன் ஊடு கடத்துத்திறன் ஆய்வு மூலம் படிகம் எந்த வித குறைகளும் இல்லாதது தெரிய வருகிறது. படம் 5a விலுருந்து, 2–APC படிகத்திற்கு புறஉதா வெட்டுநிலை அலைநீளம் 332.51nm ஆகவும் செலுத்து திறன் 44% ஆகவும் கண்டறியப் பட்டது. அண்மை புற ஊதா பகுதியில் உண்டான ஊடுதிறன் மாதிரியின் மின்னணு மாற்றங்களால்

ஆனது. ஒளிமுறை ஒளிர்வு நுட்பத்தில், ஒளி உண்டாக்கிய சிறுபான்மை கடத்திகளின் கதரியக்க மறுசேர்க்கையால் உமிழப்பட்ட நிறமாலையானது ஆற்றல் இடை வெளிப் பட்டையை நேரடியாக அளவிடக்கூடியது. 2–APCயின் கிளர்ச்சி மற்றும் உமிழ்வு நிறமாலை RF–5301 அலைமானி உடனொளிர் அளவி மூலம் பதிக்கப்பட்டது. உமிழ் நிறமாலை 320–700 nm வீச்சில் காணப்பட்டது. மாதிரியானது 310 nmல் கிளர்ச்சியுட்டு, 387.9 nm உச்சி காணப்பட்டுள்ளது. கிளர்ச்சி நிறமாலை படம் 5bல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆட்டல் பட்டை இடைவெளி 3.1ev ஆக கண்டறியப்பட்டது.



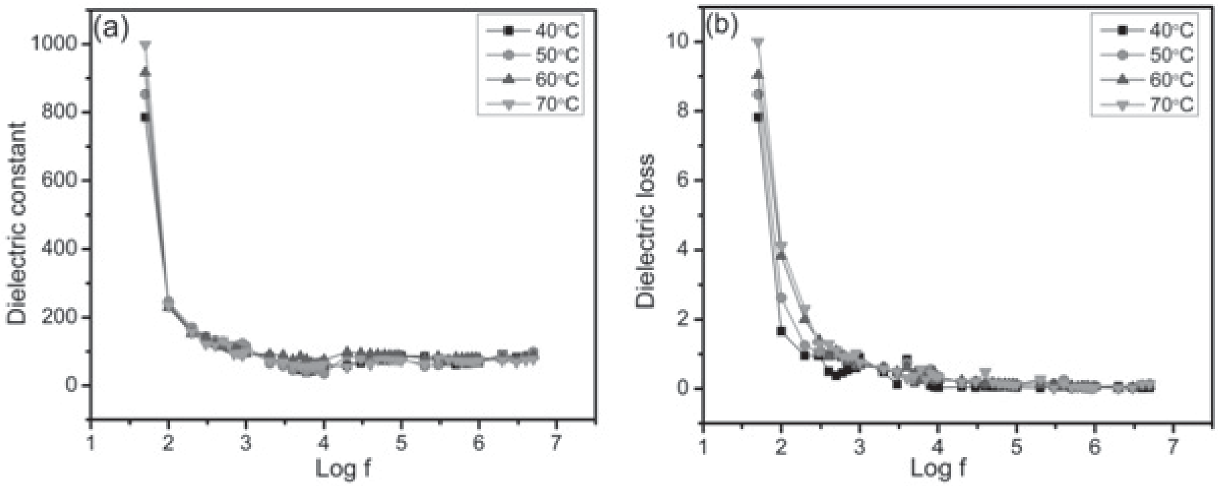
படம்–5: UV கட்புலன் செலுத்துதல் நிறமாலை மற்றும் ஒளிமுறை ஒளிர்வு நிறமாலை

3.4 மின்காப்பு ஆய்வு

படிகத்தின் மின்காப்பு அதன் மின்புல பகிர்வு மற்றும் மின்னூட்ட கடத்து இயங்கு முறையை பற்றி காண்பிக்கின்றது. படிகத்தின் மின்காப்பு ஆய்வுகள் 100Hz–6MHz அதிர்வெண் வீச்சில் 40c°-70c° வெப்பநிலை மாற்றத்தில் எடுக்கப்பட்டது. மின்காப்பு மாறிலி (år) மற்றும் மிங்காப்பிழ்ப்பு (tan) கீழ்கண்ட தொடர்பு மூலம் கணக்கிடப்பட்டது.

இங்கு C–மின்தேக்குதிறன், t–படிகத்தின் தடிமன் år–உட்புகுதிறன் D–மின் இழப்பு காரணி மற்றும் குறுக்கு பரப்பு படம் 6 (a&b) மின்காப்பு மாறிலி மற்றும் மின் இழப்பிற்கும் அதிர்வெண்ணுக்கும் வறையப்பட்டுள்ளது. மின்காப்பு மாறிலி அதிர்வெண் மற்றும் வெப்பநிலை இரண்டின் சார்பாக அளவிடப்பட்டது.

மேலும் மின்காப்பு மாறிலி அதிர்வெண் அதிகமாகும் பொழுது குறைகிறது. இது முரணிய மின்காப்பு சிதறல் என வழக்கமாக குறிப்பிடப்படுகிறது. குறைந்த அதிர்வெண்ணில் அதிக மின்காப்பு மாறிலி மதிப்பு கணக்கிடப்பட்டது. அனைத்து நான்கு தெரிந்த முனைவாக்க மூலங்கள், மின், அயனி, இரட்டை மற்றும் சூழ் மின்னோட்ட முனைவாக்கம் பொதுவாக குறைந்த அதிவெண்ணில் செயல்படும் அதிவெண்ணுடன் கூடிய år மற்றும் tan ஆனது சாதாரண மின்காப்பு பொருளின் செயலாக கருதப்படுகின்றது.



படம்–5:(a)2–APC படிக பொருள் மற்றும் மின்காப்பு மாறிலிக்கும் Log f கும் இடையேயான வரைபடம். (b) மின்காப்பு இழப்பு மற்றும் Log f இடையேயான வரைபடம்

4. முடிவுரை

தனி படிகம் 2 APC மெதுவான ஆவியாதல் முறையில் வளர்கப்பட்டது. மேலும் அதன் நீர் கரைப்பானில் கரையும் தன்மையும் கணக்கிடப் பட்டது.X–கதிர் விளைவு நிறமாலை ஆய்வு 2–APC படிகத்தை ஒரு சரிவச்சு கட்டமைப்பு , நல்ல படிக தன்மையை உறுதி செய்தது. நேர் ஒளி ஆய்வு 2–APC படிகம் மொத்த கட்புலன் பகுதியில் நல்ல ஊடுதிறனும் கீழ் வெட்டு நிலை, அலைநீளம் 332.51 nm ஐயும் காட்டுகிறது. 2–APC ஒளி செயல்பாடு ஒளிமுறை ஒளிர்தல் கிளர்ச்சி நிறமாலை பகுப்பாய்வில் சோதிக்கப் பட்டது. மின்காப்பு ஆய்வு 2–APCபடிகம் சாதாரண மின்காப்பு செயல்பாட்டை காட்டுகிறது.

மேற்கோள்கள் :

[1] M.Jose, B.Sridhar, G.Bhagavannarayana, K.Sugandhi, R.Uthrakumar, C.JustinRaj, D.Tamilvendhan, S.JeromeDas, J.Cryst. Growth 312 (2010), pp.793-799.

[2] G. Shanmugam, K. Ravi Kumar, B. Sridhar, S. Brahadeeswaran, Mat. Res. Bull. 47(2012), pp. 2315-2323.

[3] N.Vijayan, R.Ramesh babu, R.Gopalakrishnan and P.Ramasamy, J.Cryst. Growth 267 (2004), pp. 646-653.

[4] R.Mohan Kumar, D.RajanBabu, D.Jayaraman, R.Jayavel and K.Kitamura, J.Cryst. Growth 275 (2005), pp.e1935-e1939.

[5] M.Krishna Mohan, K.Jagannathan, S.Ponnusamy and C.Muthamizhchelvan, Phys.Chem. Solids, 72 (2011), pp.1273-1278.

[6] V.Venkataraman, G.Dhanaraj, V.K.Wadhwan, J.N.Sherwood and H.L.Bhat, J.Cryst. Growth, 154 (1997), pp. 92-97.

[7] K.Meera, R.Muralidharan, R. Dhanasekaran, P.Ramasamy, J.Cryst.Growth 263 (2004), pp. 510-514.

[8] L. Sieron, ActaCryst. E60 (2004),pp. m577- m578.

நேர்ச்சார்பிலா ஒளியியல் பொருளான இமினோ மெதனீடியம்மினியம் டொசிலேட் (IMT)ன் படிகம் வளர்த்தல், வெப்பச் சிதைவு மற்றும் மின்கடத்தா பண்புகளை ஆராய்தல்

இரா. பாவை, ரோ.மு.ஜாகர், ப.முருககூத்தன்

பொருட்கள் ஆராய்ச்சி மற்றும் வளர்ச்சி ஆய்வகம் (MRDL)

முதுஅறிவியல் மற்றும் ஆராய்ச்சி இயற்பியல் துறை, பச்சையப்பன் கல்லூரி, சென்னை-30

ஆய்வுச்சுருக்கம் :

கரிம நேர்சார்பிலா ஒளியியல் ஒற்றை படிகமான இமினோமெதனீடியம்மினியம் டொசிலேட் நீர்ம மெத்தனால் கரைசலில் மெதுவாக ஆவியாதல் நுட்பத்தை பயன்டுத்தி அறை வெப்பநிலையில் படிகமாக்கப் பட்டுள்ளது. வளர்ந்த படிகத்தின் கட்டுமானம், வெப்பச்சிதைவு மற்றும் மின்கடத்தா சோதனை முடிவுகள் மூலம் அதன் அத்தியாவசிய பண்புகள் ஆராயப்பட்டுள்ளன.

1. அறிமுகம்

சமீபத்திய காலங்களில், படிக வளர்ச்சியின் அறிவியலும் பொறியியலும் புதிய நேர்சார்பிலா ஒளியியல் (NLO) பொருட்களின் பரிணாம வளர்ச்சிக்கு வித்திடுகின்றன. தொலைத் தொடர்புகள், ஒளியியல் தரவு சேமிப்பு, ஒருங்கிணைந்த ஒளியியல் மற்றும் ஒளியியல் தகவல் செயலாக்கம் போன்ற பயன்பாடுகளில் இப்பொருளின் பண்புகளை பயன்படுத்துவதற் கான தேவை அதிகரித்துள்ளது. வெப்ப பரும அளவியல் (TG) மற்றும் வகையீட்டு வெப்ப பகுப்பாய்வு (DTA), பொருட்களின் வெப்ப நிலைத்தன்மையைத் தீர்மானிக்க பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படும் பகுப்பாய்வு நுட்பமாகும். சமீபத்திய ஆண்டுகளில், இப்பகுப்பாய்வின் பயன்பாடுகள் மின்சார மற்றும் தொலைதொடர்பு தகவல் சாதனங்களின் வாழ்நாளை கணிப் பதினால் ஆராய்ச்சியாளர்களிடையே பரந்த கவனத்தை ஈர்த்ததுள்ளது [1]. அமைடு மற்றும் புரதங்களுடன் தொடர்புள்ள இமினோ மெதனீடியம்மினியம் அயனி ஒப்பீட்டளவில் எளிமையான ரசாயன இனங்கள் மற்றும் அணுக் கட்டமைப்பை கொண்டுள்ளது. மேலும், இமினோ மெதனீடியம்மினியம் சார்ந்த படிகங்களின் அயனி மற்றும் ஹைட்ரஜன் பிணைப்புகள் கொண்டு ஒரு பரந்த குடும்ப அமைப்பைக் கொண்டு விளங்குகிறது [2]. இமினோ மெதனீடியம்மின் சேர்மம் ẟ - ẟ –உள்ளடங்காப் பிணைப்பு அமைப்புகளின்படி படிக பொறியியல் மற்றும் மூலக்கூறு வேதியியல் துறையில் ஒரு சுவாரஸ்யமான மூலக்கூறாக விளங்குகிறது. மேலும், இது சகப்பிணைப்பு மூலக்கூறுகளை காட்டிலும் அதீத நேர்சார்பிலா ஒளியியல் பண்புகளை வெளிப்படுத்தும் [3]. கூடுதலாக, ஹைட்ரஜன் வழங்கு மற்றும் ஏற்பியின் பிணைப்பு விளைவாக இமினோ மெதனீடியம்மினியம் (IMT) படிகங்கத்தின் புரோட்டான் ஏற்றம் நிகழ்கிறது.

நேர்சார்பிலா ஒளியியல் பண்புகளின் அடிப்படையில் கரிம படிகங்கள் அவற்றின் கனிம எதிரிணைகளை ஒப்பிடும்போது பெரும் நன்மை

யைக் கொண்டுள்ளன [4]. கருத்தியல் மதிப்பாய்வில் இருந்து, இமினோ மெதனீடியம்மினியம் டொசிலேட்– இன்(IMT) படிக கட்டமைப்பு $C_8H_{13}N_3SO_3$ என்று உறுதிபடுத்தப்பட்டுள்ளது [5].

இதனை அடிப்படையாகக் கொண்டு, இப்படிகம் (IMT) பயன்பாட்டு நோக்கங்களுக்காக கணிசமான கட்டமைப்பு அளவில், வெப்பம் மற்றும் மின்கடத்தா பண்புகளுடன் வளர்க்க ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன.

2. பரிசோதனை செயல்முறை

2.1 பொருளாக்கம் மற்றும் படிக வளர்ச்சி

இமினோமெதனீடியம்மினியம் டொசிலேட், மெதுவாக ஆவியாதல் நுட்பத்தை பயன்படுத்தி நீர்ம மெத்தனால் கரைசலில் இருந்து படிகமாக்கப் பட்டுள்ளது. சமநிலை விகிதத்திலான இமினோ மெதனீடியம்மின் ஹைட்ரோகுளோரைடு மற்றும் பி–டொலுவின் சல்போனிக் அமிலம் மோனோ ஹைட்ரேட் சமச்சீரான நீர்ம மெத்தனால் கரைசலில் தொடர்ச்சியாக ஒரே வெப்பநிலையில் பராமரிக்கப் பட்டுள்ளது. தயாரிக்கப்பட்ட கரைசல் வடிகட்டப்பட்டு தனிமைப்படுத்தப்பட்டது. பதினாறு நாட்களில் குறிப்பிடத்தக்க அளவிலான IMT படிகங்கள் பெறப்பட்டன. வளர்க்கப்பட்ட IMT படிகம் படம் 1–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. IMT படிக உருவாக்க வேதிவினை பின்வருமாறு கொடுக்கப்பட்டுள்ளது:

$$CH_5N_3.HCl + C_7H_{10}SO_3.\,H_2O \longrightarrow C_8H_{13}N_3SO_3 + 2H_2 + HCl$$

3. முடிவுகள் மற்றும் அதன் விவாதம்

3.1 ஒற்றைப் படிக X–கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வு

ஒற்றைப் படிக X–கதிர் விளிம்பு விளைவு ஆய்வு மூலம் IMT படிகம் மோனோ கிளினிக் படிக அமைப்புடன் $P2_1/c$ வகைவெளியைச் சார்ந்தது. வளர்க்கப்பட்ட படிகத்தின் செல் அளவுருக்கள் a = 12.392 (15) Å, b = 7.405 (9) Å, c = 25.680 (3) Å, â=95.587 (3) ° மற்றும் பருமனளவு, V = 2345.3 (5) $Å^3$ என கண்டறியப்பட்டன.

3.2 வெப்ப பகுப்பாய்வு

வளர்க்கப்பட்ட படிகத்தின் வெப்ப உறுதிப்பாடு வெப்ப பரும அளவியல் (TG) மற்றும் வகையீட்டு வெப்ப பகுப்பாய்வு (DTA) நைட்ரஜன் வளி மண்டலத்தில் STA 409 PL வெப்ப பகுப்பாய்வு கருவி கொண்டு 40°C-600°C–இல் பரி சோதிக்கப்பட்டது. வெப்பங்கொள் வரைவு சிதைவு, கூட்டமைப்பு உடைப்பு மற்றும் உறிஞ்சுதல் தன்மையை DTA வளைவு உறுதிப் படுத்துகிறது. கூழு வளைவு இரண்டடுக்கு எடை இழப்பு முறையைக் காட்டுகிறது. 331 °br முதல் 395 °br வரை 72% எடை இழப்பு பி–டொலுவின் சல்போனேட் நேற்மின் அயனியின் நீக்கமே காரணம். 395° செ முதல் 554°C வரை 25% எடை இழப்பு இமினோ மெதனீடியம்மினனியம் நீக்கம் காரணமாகஅமைகிறது. 600°br வெப்ப பகுப்பாய்வு வரை, வளிமண்டலப் பொருட்களின் (CO, CO2, NO மற்றும் ஹைட்ரோகார்பன்களின் கலவை) நீக்கம்நடைபெருகிறது. படம் 2–ன் மூலம் IMT படிகத்தின் வெப்ப நிலைத்தன்மை 230° செ என்பது வெளிப்படையாக உறுதியாகிறது.

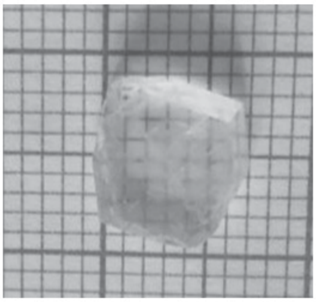
3.3 மின்கடத்தா ஆய்வு

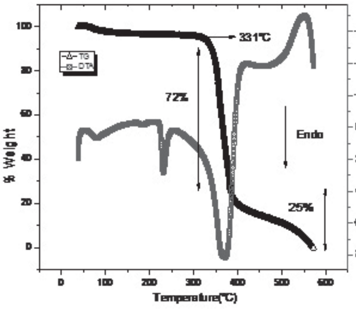
அதிர்வெண் மற்றும் வெப்பநிலை வாயிலாக மின்கடத்தா மாறிலி ஆய்வு மேற்கொள்ளப்பட்டு, திடப்பொருட்களின் பல்வேறு துருவமுனைப்பு இயக்கம் புரிந்து கொள்ளப்படுகிறது. அயனிகள், மின்னணு, உருமாற்றம் மற்றும் அயனி துருவ முனைப்பு [6], ஆகியநான்கு இயல்புகளும் அயனிகளின் உருமாற்றம் மின்கடத்தா மாறிலிக்கு முக்கிய பங்காற்றுகின்றன. IMT படிகத்தின் மின்கடத்தா மாறிலி மற்றும் மின் கடத்தா இழப்பு 50 HZ முதல் 5 MHZ வரை 313 K, 323 K, 333 K மற்றும் 343 K வெப்பநிலையில் HIOKI 3532-50 LCR HITESTER கருவியைப் பயன்படுத்தி அதிர்வெண் செயல்திறன் தீர் மானிக்கப்பட்டது. ஒப்பீட்டு மின்கடத்தா மாறிலி, ε' கீழ் கொடுக்கப்பட்டுள்ள தொடர்பு மூலமாக கணக்கிடப்பட்டது.

$$\varepsilon' = 1 / \varepsilon_o\,(Cp.d) / A$$

இங்கு, A என்பது பரப்பளவு (மி.மீ), d என்பது படிகத் தடிமன் (மி.மீ), ε' என்பது புறவெளியின் அனுமதிப்புத் தன்மை மற்றும் ε_o என்பது மின்

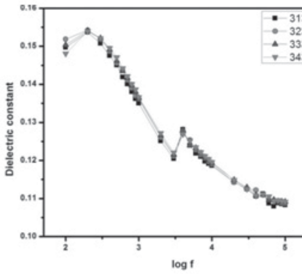
படம் 1.
வளர்க்கப்பட்ட
IMT படிகம்

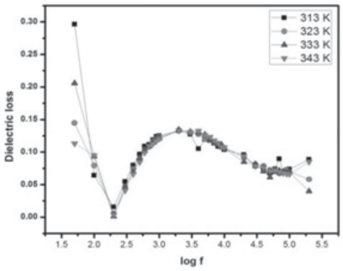




படம் 2.
IMT
படிகத்தின்
TG-DTA
வெப்பவளைவுகள்

படம் 3. IMT
படிகத்தின்
மின்கடத்தா
மாறிலி





படம் 4. I
MT படிகத்தின்
மின்கடத்தா
இழப்பு

கடத்தா மாறிலி ஆகும். அதிர்வெண்ணிற்கும் மின்கடத்தா மாறிலிக்கும் இடையேயான தொடர்பு படம் 3–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்கடத்தா மாறிலி குறைந்த அதிர்வெண்களில் அதிகமாக இருக்கிறது. பொதுவாக, குறைந்த அதிர் வெண்களில் அதிக மின்கடத்தா மாறிலி நான்கு வகையிலான துருவமுனைப்புகள் இருப்பதைக் குறிக்கிறது [7]. அதிக அதிர்வெண்ணில் உள்ள குறைந்த மின்கடத்தா மாறிலி, படிகத்தின் இருமுனை மின்னூட்டத்தின் படிப்படியான இழப்பு காரணமாக இருக்கலாம். இது குறைந்த சக்தி இழப்பைக் குறிக்கிறது. மின்கடத்தா மாறிலி போன்று மின்கடத்தா இழப்பு என்பது பயன்படுத்தப்பட்ட புலத்தின் அதிர்வெண்ணை பொறுத்து வேறுபடுகிறது. IMT படிகத்தின் மின்கடத்தா இழப்புத் தன்மை படம் 4–இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. குறைந்த அதிர்வெண்ணில் அதிக மின்கடத்தா இழப்பு வளர்ந்த படிகத்தின் குறைபாடற்ற தரத்தை உறுதிப்படுத்துகிறது. இம்முடிவின் மூலம் IMT படிகமானது ஒளியனியல் சாதனங்களை உருவாக்குவதற் கான ஒரு நம்பகமான மின்கடத்தா பொருள் என உறுதி செய்யப்பட்டுள்ளது.

4. முடிவுரை

படிகத்தின் வளர்ச்சி மற்றும் பகுப்பாய்வில் இமினோமெதனீடியம்மினியம் டொசிலேட் (IMT) படிகம் மெதுவாக ஆவியாதல் நுட்பத்தின் மூலம் வளர்க்கப்பட்டு அதன் அத்யாவசியப் பண்பு களான கட்டுமான நேரியல், வெப்ப நிலைத் தன்மை மற்றும் மின்கடத்தா மாறிலி போன்றவை கண்டறியப்பட்டுள்ளன. இதன் பண்புகளை மையமாகக் கொண்டு வளர்க்கப்பட்ட IMT படிகம் தொலை தொடர்பு தகவல் சாதனங்களின் பயன்பாட்டிற்கு நல்ல தேர்வாக இருப்பதை அறியலாம்.

மேற்கோள்கள் :

[1] V. Sangeetha, K. Gayathri, P. Krishnan, N. Sivakumar, N. Kanagathara, G. Anbalagan, J.Therm Anal Calorim., 117 (2014)307-318.

[2] M. Drozd, Mater Sci & Engg B., 136 (2007) 20-28.

[3] P. S. Latha Mageshwari, R. Priya, S. Krishnan, V. Joseph, S. Jerome Das, J. Opt. Las. Tech., 85 (2016) 66-74.

[4] J. Zyss, Molecular Nonlinear Optics: Materials, Physics, and Devices, Academic Press, New York., (1993)

[5] Victoria A. Russell, Michael D. Ward, J. Mater. Chem., (1997) 1123-1133.

[6] J. Tauc, R. Grigorovici, A. Vancu, Phys. Status Solid B., 15 (1966) 627-637.

[7] R. C. Miller, Appl. Phys. Lett 5., (1964) 17.

உயிரியளவு தொழில்நுட்பத்தின் கோட்பாடுகளும் அதன் பயன்பாடுகளும் - ஒரு பார்வை

முனைவர் **தாமோதரன் நெடுமாறன்**
மையக்கருவியாக்கம் மற்றும் சேவை ஆய்வகம்
சென்னைப் பல்கலைக்கழகம், கிண்டி வளாகம், சென்னை – 600 025.
dnmaran@gmail.com, dnmaran@yahoo.com

பொழிப்பு : இக்கட்டுரை, உயிரியளவுகள் தொழில்நுட்பத்தின் செயல்முறை, வகைகள், மேம்பாடுகள் மற்றும் பயன்பாடுகள் குறித்த அடிப்படை அறிவும், தெளிவும் வேண்டும் என்ற நோக்கில் படைக்கப்பட்டது.

1. தொடக்கம்

உயிரியளவுகள் (Biometrics) என்பது மனிதர்களின் உள்ளார்ந்த (intrinsic) உடலியல், உயிரியல், நடத்தை, தோற்றங்கள், மற்றும் பழக்கம் சார்ந்த பண்புகளை கொண்டு ஒருவரை அடையாளம் காணும் முறையாகும் [1, 2]. இதனை, திருவள்ளுவர் குறிப்பறிதல் [3] என்ற அதிகாரத்தில் பின்வருமாறு கூறுகிறார்.

கூறாமை நோக்கி குறிப்பு அறிவான் எஞ்ஞான்றும்
மாறா நீர்வையக்கு அணி. – *குறள் #701*

குறிப்பின் குறிப்பு உணர்வாரை உறுப்பினுள்
யாது கொடுத்தும் கொளல்! – *குறள் #703*

குறிப்பின் குறிப்பு உணரா ஆயின் உறுப்பினுள்
என்ன பயத்த வோகண் ? – *குறள் #705*

அடுத்தது காட்டும் பளிங்குபோல் நெஞ்சம்
கடுத்தது காட்டும் முகம். – *குறள் #706*

உயிரியளவுகள் என்பது தகவல் தொழில் நுட்ப துறையில் தொடர்ந்து மிக முக்கிய பங்காற்றி கொண்டிருக்கிறது. இருபத்தி ஒன்றாம் நூற்றாண்டில், உயரியளவிகள் ஒருவரின் அடையாளத்தை குழப்பத்திற்கு இடமின்றி, தன்னிச்சையாக, தனித்தன்மை கெடாமல், பாதுகாப்பாக மற்றும் துல்லியமாக அடையாளம் காணுவதில் பிற தொழில்நுட்பங்களை காட்டிலும் சிறந்தது என்பதை அத்துறையில் நடக்கும் ஆராய்ச்சி மற்றும் அபிவிருத்திகளில் இருந்து உணர்ந்து மற்றும் ஊகித்து கொள்ள முடிகிறது.

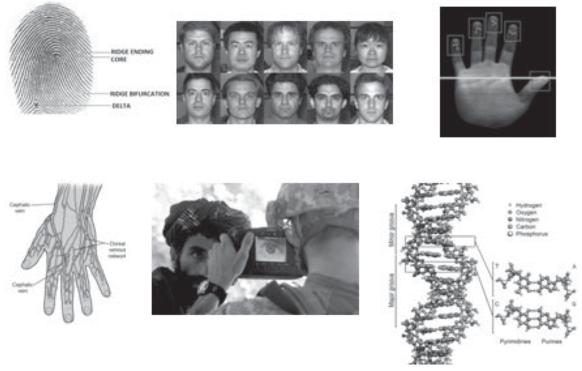
உயிரியளவுகளை இரண்டு வகைகளாக பிரிக்கலாம்:

1. உடற்கூறு பண்புகளான விரல்ரேகை, கைரேகை, உள்ளங்கை நரம்புகள், முகம், டிஎன்ஏ, கை வடிவியல், கருவிழி அடையாளம், விழித் திரை, மணம்/வாசனை மற்றும் பல முறைகள்.

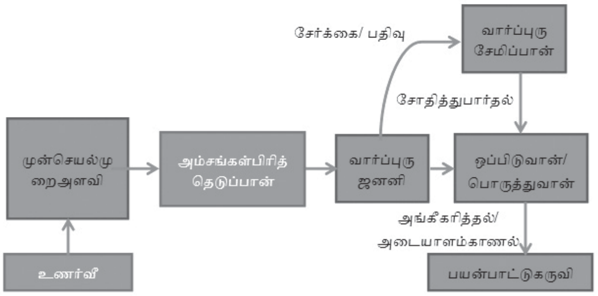
2. நடத்தை சார்ந்த பண்புகளான தட்டச்சு செய்யும்விதம், கையெழுத்துப் பாணி, நடை, குரல் மற்றும் பல முறைகள்.

சில முக்கியமான உயிரியளவு தொழில்நுட்பத்தின் வகைகளையும் அவற்றின் தன்மைகளையும் பின்வரும் அட்டவணை 1 காணலாம்.

வ. எண்	உயிரியளவு	தன்மைகள்/அம்சங்கள்
1	முகம் [4, 5]	கண்கள், மூக்கின் அகலம், தாடை எலும்பின் நிலை, தாடை வரி, கன்னம், தனித்த வடிவம், முறை முதலியவை.
2	கை வடிவியல் [6-9]	கை மற்றும் விரல்களின் பிணைப்புப் பண்புகள், கை வரியின் முடிவு, கை வரிகளின் கிளைகள்.
3	கண் / கருவிழி [10]	கண்ணில், விழித்திரை நுண்துகள்களின் வடிவத்தின் அடையாளம், வண்ண வட்டங்கள், உரோமங்கள், கண்ணீர் குழாய்களின் அமைப்பு மற்றும் திசுக்களின் மண்டலங்கள் ஆகியவை முக்கியமான அம்சங்களாகும்.
4	குரல் [11-17]	ஒரு நபரின் குரல் பல குணாதிசயங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டது, இதில் சுருதி, தொனி மற்றும் லயர்னக்ஸின் வடிவம் ஆகியவை அடங்கும்
5	பாவனைகள் [18-24]	சிலதனித்துவமானபாவனைகளின் அடையாளம்காணல், எ.கா., அடையாளம், நடையுடைய பாணி, நோயியல், ஒருங்கிணைந்தசுழற்சி இயக்கங்கள் ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் மனிதனால் ஏற்படும் இடம்பெயருதல்.
6	காது [25-29]	மனிதக் காதுகளின் வடிவங்களும், பண்புகளும் அங்கீகாரத்திற்கு பயன்படுத்தப்படுகின்றன.
7	கையெழுத்து [30-34]	கையொப்பத்தின் போது வேகம், முடுக்கம் வீதம், கீரல்நீளம் மற்றும் அழுத்தம் உள்ளிட்ட ஒரு கையெழுத்து கையேட்டின் பகுப்பாய்வு.
8	பல் [35-39]	பல் வடிவங்கள் மற்றும் அவற்றின் வரிசை நிலைகள் ஆகியவற்றை அடிப்படையாகக் கொண்ட கதிரியக்க பல்மயமான படங்களைக் கொண்டு கண்டறியும் முறையாகும்.
9	கை அச்சு[40-45]	முதன்மைக் கோடுகள் அம்சங்கள் முதன்மை கோடுகள்) (இடம் மற்றும் உருவாக்கம், சுருக்கம் அம்சங்கள் (மெல்லிய மற்றும் அதிக ஒழுங்கற்ற சுருக்கங்கள்), டெல்டா புள்ளி அம்சங்கள் விரல் வேர் உள்ள டெல்டா) புள்ளிகள் அமைந்துள்ளபகுதி மற்றும் (முக்கிய புள்ளிகளின் அம்சம்)கை அச்சுகளின் முதன்மை கோடுகள்.(
10	கை இரத்த நாளங்கள் [46, 47]	கையில் பின்னால் உள்ள இரத்த நாளங்களின் தனிப்பட்ட வகைகளை ஆராய்ந்து ஒப்பிடுதல்.
11	கைரேகை [48, 49]	விரல்களில் வரி (ரிட்ஜ்)வகைகள் தனி நபர்களை அடையாளம் காட்டுகின்றன.
12	டிஎன்ஏ [50]	டி ஏ.என்.அமைப்பு ஒரு தனிநபரின் அடையாளத்தை அங்கீகரிப்பதற்காக பயன்படுத்தப்படுகிறது.



படம் 1: உடலியல் சார்ந்த உயிரியளவுகளின் அமைப்புகள்.



படம் 1.2: உயிரியளவுகள் கருவி செயல்படும் முறை.

அடையாள நோக்கத்திற்காக பயன்படுத்தப் படும் முக்கியமான உயிரியளவுகள் சிலவற்றை படம் 1 காட்டுகிறது. இந்த உயிரியளவு தொழில் நுட்பங்களில், கைரேகை என்பது ஒரு பழைய, எளிமையான, நிறுவப்பட்ட மற்றும் பல்துறை நுட்பம் கொண்ட, ஒரு தனி நபரை அடையாளம் காண பயன்படும் உயிரியளவு தொழில்நுட்ப மாகும். உயிரியளவுகளில், விரல் ரேகை (Finger prints) நூறாண்டுக்களுக்கும் மேலாக ஒருவரை அடையாளம் காண்பதற்கு பயன்படுத்த பட்டு வருகிறது. எனவே, விரல் ரேகை அடையாளம் (Fingerprint Identification) மிகவும் நன்கு அறியப் பட்ட மற்றும் பயன்படுத்தபட்ட உயிரியளவுகளில் ஒன்றாகும். இந்தத் துறை சம்பந்தமான அடிப்படைகள், தொழில் நுட்பத் தகவல்கள், ஆராய்சிகள் மற்றும் மேம்பாடு களைத் பற்றி இந்த கட்டுரையில் கண்போமாக.

2. உயிரியளவுகள் அடையாளத்தின் அடிப்படைக் கோட்பாடு

அனைத்து உயிரியளவுகள் பயன்பாடு மற்றும் முக்கியத்துவம் அதனின் பொது தன்மை (Universality), தனித்தன்மை (Distinctiveness), விவரம் சேகரிக்கும் தன்மை (Acquisition method), செயல்திறன் (Efficiency), நிலைத் தன்மை (Permanance), ஏற்கும் தன்மை (Accep tability), துல்லியஅளவைதன்மை (Accuracy), அணுகும்தன்மை (Accessibility), நிகழ் நேர அணுகல் (real-time access) மற்றும் செலவு திறன் (cost-effectiveness) போன்ற காரணி களை பொருத்து வேறுபடுகிறது [51]. ஒரு உயிரியளவி கருவியின் செயல்படும் முறை யினை படம் 2 மூலம் நாம் அறிந்துணரலாம்.

உயிரியளவுகள் கருவியின் முதல் உறுப்பு உணர்வீ (Sensor) ஆகும். இந்த உணர்வீ, உயிரி யளவி கருவியின் செயல்முறையை பொருத்து வேறுபடுகிறது [52]. எடுத்துக்காட்டாக, விரல் ரேகை உயிரியளவி கருவியில், ஒளிவருடி (optical scanner) அல்லது அழுத்த உணர்வீ (Pressure sensor) அல்லது மின்தேக்கி உணர்வீ (Capacitance sensor) பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த உணர்வீயானதுதான் செயல்படும் முறை யினை பொறுத்து மின்னணு சமிக்ஞையை (electronic signal) உற்பத்தி செய்கிறது. இந்த சமிக்ஞை உணர்வீயிலிருந்து உற்பத்தியாகும் போது, குறைந்த அளவு வீச்சிலும் (low-amplitude), தேவையில்லாத/பயன்படாத சமிக்ஞைகளான மின்னணு சத்தங்களும் (electronic noise), தொல்லை தரும் சமிக்ஞை களும் (artifacts) மற்றும் சமிக்ஞை இழப்புகளும் (signal loss) தன்னகத்தே கொண்டுள்ளது. இதனை சரிசெய்ய முன் செயல்முறை அளவி (pre-processing unit) என்ற பகுதி பயன்படுத்தப் படுகிறது. இது தேவையான சமிக்ஞைகளின் வீச்சினை அதிகபடுத்தவும், தேவையில்லாத சமிக்ஞைகளை நீக்கவும் உதவுகிறது. இதன் பின், சமிக்ஞையிலிருந்து முக்கிய அம்சங்கள் / பண்புகள் (Features) கணிதவியல் முறைகளைப் (mathematical methods) பயன்படுத்தி பிரித் தெடுக்கப்படுகின்றன. பிரித்தெடுக்கபட்ட அம்சங்களி லிருந்து நவீன கணித முறைகளை கொண்டு ஒரு வார்ப்புரு (Template) உருவாக்கப் படுகிறது. இந்த பிரிதெடுக்கப்பட்ட வார்ப்புரு தான் ஒருவரின் அடையாளமாக தரவுத் தளத்தில் (Datebase) பதிவு செய்து (Enrolment/Regis tration) சேமித்து வைக்கப்படுகிறது. உபயோகிப்

பாளர் ஒவ்வொரு முறையும் பயன்பாட்டு கருவியை (Application Device) பயன்படுத்தும் போது, மேற்கண்ட முறையில் புதிதாக வார்ப் புருவை உருவாக்கி அதனை சேமித்து வைக்கப் பட்ட வார்ப்புருவுடன் பொருத்தி (Matching) பார்க்கப்படுகிறது. இரண்டு வார்ப்ருவும் பொருந்தும் பட்சத்தில், பயன்பாட்டு கருவி உபயோகிப்பாளரை அடையாளம் கண்டு, உறுதி செய்து அனுமதிக்கிறது. பொருந்தாத பட்சத்தில் உபயோகிப்பாளர் நிராகரிகப்படுகிறார்.

உயிரியளவுகள் கருவிகளின் அல்லது முறைகளின் செயல்திறனை பின்வரும் மூன்று விதமான முக்கிய அளவீடுகளை கொண்டு கண்டறியலாம்.

1. தவறு மறுப்பு விகிதம் (False Rejection Ratio): ஒரு உயிரியளவி கருவியின்வார்ப்புரு, தரவுத் தளத்தில் சேமித்து வைக்கப்பட்ட அதன் சரியான வார்ப்புருவுடன் பொருந்தாததின் நிகழ்தகவு ஆகும்.

2. தவறு ஏற்பு விகிதம் (False Acceptance Ratio):ஒரு உயிரியளவி கருவியின் வார்ப்புரு, தரவுத் தளத்தில் சேமித்து வைக்கப்பட்ட வேறொரு வார்ப்புருவுடன் தவறாக பொருந்து வதின் நிகழ்தகவு ஆகும்.

3. குவிதல் பகுதி (Region of Convergence): ஒரு உயிரியளவி கருவியின் தவறு மறுப்பு விகிதம் மற்றும் தவறு ஏற்பு விகிதத்தின் காட்சி வகைக் குறி ஆகும். இது அந்த கருவிக்கான உகந்த செயல் திறனை கண்டுபிடிக்க உதவு கிறது.

3. உயிரியளவுகள் அடையாளத்தின்
பன்முகத் தன்மை

உயிரியளவுகள் அடையாள அமைப்பு (Biometrics Identification System) மற்றும் அதன் செயல்திறன் பல துறை சார்ந்த தொழில்நுட்ப மேம்பாடுகளை பொருத்து அமைகிறது. அவை யாவன, கணினி தொழில்நுட்பம் (Computer technology), தகவல் தொழில்நுட்பம் (Information technology), இலக்கியல் சமிக்ஞை செயலாக்கம் (Digital Signal Processing), இலக்கியல் படிம செயலாக்கம் (Digital Image Processing), உணர்வீ தொழில்நுட்பம் (Sensor Technology), ஒளியியல் தொழில்நுட்பம் (Optical technology), மின்னணு தொழில்நுட்பம், பொருள் அறிவியல் தொழில்நுட்பம் (Material Science Technology), குறைக் கடத்தி தொழில்நுட்பம் (semiconductor technology), நினைவக தொழில்நுட்பம் (Memory technology), மீகட்டுமான தொழில்நுட்பம் (Microfabrication technology), உரையீட்டு தொழில்நுட்பம் (Packaging Technology) மற்றும் பிற தொழில்நுட்ப வளர்ச்சிகள் ஆகும் [53].உயிரியளவுகள் கருவிகளில், பல துறை சார்ந்த தொழில்நுட்ப பங்களிப்பினை பின்வரும் அட்டவணை 2 லிருந்து அறியலாம்.

அட்டவணை2:உயிரியளவுகருவிகளில்பல்துறைதொழில்நுட்பத்தின்பங்களிப்பு

வ. எண்.	உயிரியளவுகள்வகை	உணர்வீதொழில்நுட்பம்	முன்செயல்முறை தொழில்நுட்பம்	சேர்க்கைமற்றும்அங்கீகாரதொழில்நுட்பம்
1	விரல்ரேகை	ஒளியியல், குறைக்கடத்தி, கேளாஒலியலைகள்	இலக்கியல்படிமசெயலாக்கம்	சிக்கலானகணிதமுறைகள் (Complex Mathematical Methods), புள்ளியியல்முறைகள் (Statistical Methods).
2	முகஅமைப்பு	ஒளியியல், குறைக்கடத்தி, அகச்சிவப்பு	இலக்கியல்படிமசெயலாக்கம்	சிக்கலானகணிதமுறைகள், புள்ளியியல்முறைகள்
3	கருவிழி	ஒளியியல், குறைக்கடத்தி, அகச்சிவப்பு	இலக்கியல்படிமசெயலாக்கம்	சிக்கலானகணிதமுறைகள், புள்ளியியல்முறைகள்
4	கைஅச்சு	ஒளியியல், குறைக்கடத்தி	இலக்கியல்படிமசெயலாக்கம்	சிக்கலானகணிதமுறைகள், புள்ளியியல்முறைகள்
5	கைவடிவியல்	ஒளியியல், குறைக்கடத்தி	இலக்கியல்படிமசெயலாக்கம்	சிக்கலானகணிதமுறைகள், புள்ளியியல்முறைகள்
6	வாசனை	இரசாயனவாயுஉணர்	இலக்கியல்படிமசெய	சிக்கலானகணிதமுறைகள்,

நுண் மின்னணு இயந்திரவியல் ஒருங்கியம் தொழில்நுட்பம் (Microelectro Mechanical System (MEMS Technology)), மீநுண் அறிவியல் மற்றும் மீநுண் தொழில்நுட்பத்தின் (Nanoscience and Nanotechnology) பயனாக, உயிரியளவு கருவிகளின் பாகங்களை மீநுண் (Nano) அளவிற்குச் சிறியதாகவும், செயல்திறனை துல்லியமாகவும், செயல்வேகத்தை மீநுண் நொடி (Nano second) அளவிற்கும் மேம்படுத்த முடியும் என்று நிகழ்கால உயிரியளவுகள் கருவியியல் ஆராய்ச்சி தெளிவுபடுத்தி இருக்கிறது. எனவே, உயிரியளவு கருவிகளின் வளர்ச்சி மற்றும் மேம்பாடு என்பதனை பல்துறை சார்ந்த வளர்ச்சியாகவே கருத வேண்டும்.

4. உயிரியளவுகள் அடையாளத்தின் பயன்பாடு

உயிரியளவுகள் தற்போது, வணிக பரிமாற்றம், அடையாளம் அறிதல் மற்றும் கணிணி கடவுச் சொல்லாக பயன்படுத்தப் படுகிறது. தற்சமயம், உலக நாடுகள் பலவும் உயிரியளவுகள் முறைகளை பல்வேறு துறைகளில் பயன்பாட்டுக்கு கொண்டுவர முனைப்புடன் செயல்படுகின்றன என்பதை பின்வரும் உதாரணங்களிருந்து அறிந்து கொள்ளலாம்.

1. அமெரிக்கா: வணிகப் பரிமாற்றம், அடையாள அட்டை, குடியுரிமை, குடி நுழைவு மற்றும் கடவுச்சீட்டு போன்றவற்றில் உயிரியளவுகள் தொழில் நுட்பத்தை பயன்படுத்தி வருகிறது.

2. ஜெர்மனி: இ–பாஸ் என்ற உயிரியளவுகள் தொழில்நுட்பத்தை கொண்டு இயங்கும் கடவுச்சீட்டை தனது குடி மக்களுக்கு வழங்கியுள்ளது.

3. ஜெர்மனி மற்றும் அமெரிக்கா போன்ற நாடுகள் விசா என்ற குடி நுழைவு அனுமதி வழங்க கைரேகை அச்சு மற்றும் விழித்திரை பதிவுஆகியவற்றைபயன்படுத்துகிறது.

4. இந்தியா, ஆதார் அட்டை, ஓட்டுனர் உரிமம் மற்றும் கடவுசீட்டு வழங்க கைரேகை, முக அமைப்பு மற்றும் விழித்திரை பதிவு போன்ற உயிரியளவுகளை சேகரித்து, அதனைத் தரவு தளத்தில் இரகசியமாக பாதுகாத்து வருகிறது.

5. 2004 ஆம் ஆண்டு கிரீசில் நடைபெற்ற ஒலிம்பிக் விளையாட்டு போட்டியில், பார்வையாளரை அனுமதிக்க, உயிரியளவுகள் அடையாள அட்டை பயன்படுத்தப்பட்டது.

6. பிரேசில்: கையெழுத்து, புகைப்படம் மற்றும் கைரேகை போன்ற உயிரியளவுகளை சேகரித்து கடவுசீட்டு வழங்குகிறது.

7. ஜப்பான்: விரல் நரம்பு மற்றும் உள்ளங்கை நரம்பு போன்ற உயிரியளவுகளை வங்கி பரிவர்தனைக்குப் பயன்படுத்துகிறது.

8. இங்கிலாந்தில் கைரேகைகள் பள்ளிகளில் குழந்தைகளின் உணவு பரிவர்த்தனைக்குப் பயன்படுத்தபடுகிறது.

9. ஆஸ்திரேலியா, உயிரியளவுகள் சார்ந்த தனி குடியுரிமை குறியீட்டு முறையை அறிமுகபடுத்தி இருக்கிறது.

10. கனடா, குடியுரிமை மற்றும் குடி நுழைவு சேவைகளில் உயிரியளவுகள் தொழில்நுட்பத்தை பயன்படுத்தி வருகிறது.

அடையாள அட்டை, கடவுச் சொல் போன்றவை தவற விடுவதற்கோ, மறப்பதற்கோ அல்லது திருடுவதற்கோ வாய்ப்பு உள்ளது. மேலும், இவற்றை மறக்காமல் இருக்க குறிப்பு எடுக்க வேண்டிவுள்ளது. ஆனால், உயிரியளவுகள் கடவுச் சொல்லை குறிப்பு எடுக்கவோ, ஞாபகம் வைத்திருக்கவோ தேவையில்லை. உயிரியளவுகள் பயன்பாட்டில் பல நன்மைகள் இருந்த போதும், உயிரியளவுகள் சார்ந்த அனுமதி உபயோகிப்பாளரின் உயிருக்கும், உடமைக்கும் மற்றும் பாதுகாப்பிற்கும் சவாலாக அமைய வாய்பிருக்கிறது என்று உலக நாடுகள் அச்சம் அடைந்திருக்கின்றன.

5. உயிரியளவுகளின்சமீபத்தியபோக்குகள்

முகஏற்பு (Facial Recognition) உயிரியளவுகள் வங்கி பரிமாற்றங்களை அங்கீகரிப்பதற்காக மொபைல் வங்கி சேவையில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதனின் பாதுகாப்பை மேம்படுத்த முப்பரிமாண (3D-Three Dimensional) முகஏற்பு முறையை செயல்படுத்த,

சமீபத்திய வளர்சிகளான முகவடிவம், கண், கன்னம் மற்றும் மூக்கு போன்ற வரையறைகளின் தனித்துவமான பண்புகளை, உணர்வீக்களை பயன்படுத்தி தகவல்கள் சேகரிக்கப்பட்டு, அடையாளம் காண்பதை மேலும் உறுதிபடுத்தி இருக்கிறார்கள். கனடாவில், சில உயிரி யளவுகள் நிறுவனங்கள் ஒருவரின் இதயத் துடிப்பை அளக்கமணிக்கட்டில் அணியக் கூடிய கருவியை பயன்படுத்தி வங்கிகளில் பண பரி வர்த்தனைக்கு பயன்படுத்துகிறார்கள். தொடர் பற்ற உயிரியளவுகள் முறைகளை (Contactless Biometrics) அமெரிக்க, ஜெர்மனி மற்றும் ஜப்பான் போன்ற நாடுகள் பயன்படுத்த திட்ட மிட்டு இருக்கிறார்கள். இந்தமுறை உயிரியளவு கள் எடுக்கும்போது, உபயோகிப்பாளரின் சுகா தாரத்தை உறுதி செய்யும் என்று நம்பப்படுகிறது.

எதிர்காலத்தில், விரல் ஸ்கேன் மூலம் இரத்த அணுக்களை பயன்படுத்தி டிஎன்ஏ வரிசை யிலிருந்து (DNA Sequence) அடையாளம் கண்டுபிடிக்க ஒரு சாதனம் கொண்டு வரும் முயற்சியும் நடைபெற்று கொண்டிருக்கிறது. இது, பொய்யான அடையாள ஆவணங்கள், கடன் அட்டை மோசடிகள் மற்றும் திருட்டு அடையாள பிரதிகளைப் பயன்படுத்துவது சாத்தியமற்றது என்ற நிலையை அடைய உதவும் என உயிரி யளவிகள் தொழில்நுட்ப ஆராய்ச்சியாளர்கள் நம்புகிறார்கள். குரல் அச்சின் (Voice print) மூலம் அதிர்வெண் மதிப்பு (Frequency Estimation), மறைக்கப்பட்ட மார்கோவ் மாதிரிகள் (Hidden Morkov Models), பொருத்தும் மாதிரி வழிமுறைகள் (Pattern Recognition), நரம்பியல் வலையமைப்புகள் (Neural Networks) மற்றும் காஸியன் கலவை மாதிரிகளை (Gaussian Mixture Models) கணக்கிட்டு, அவை கடத்தல் கள் மற்றும் ஏனைய குற்றவாளிகளை, துரித மாகவும் மற்றும் துல்லியமாகவும் கண்டுபிடிக்க, ஆராய்ச்சியாளர்கள் முயற்சி மேற் கொண் டிருக்கிறார்கள். துல்லியம், பயன்பாடு மற்றும் தவறான பயன்பாட்டை முறியடிக்கும் தொழில் நுட்பத்தை மேம்படுத்த பன்முக உயிரியளவு களை (Multimodal Biometrics) பயன்படுத்த திட்டமிட்டு இருக்கிறார்கள் [54]. ஆகவே, 2016 ஆண்டில் உலக உயிரியளவுகள் தொழில் நுட்பத்தின் வளர்ச்சி 21.5 சதவிகிதம் ($11229.3 மில்லியன்) (கூட்டுஆண்டு வளர்ச்சிவிகிதம்– Compound Annual Growth Rate (CACR)) இருக்கும் என எதிர்பார்க்கப்படுகிறது.

6. முடிவுரை

தற்பொழுது ,உயிரியளவுகள் தொழில்நுட்பம் வணிகபரிவர்த்தனை, ஆள்அறிதல், வங்கி பரிவர்த்தனை, கடவுச்சீட்டு, ஓட்டுனர் உரிமம் மற்றும் ஆதார் அட்டை போன்ற இன்றியமையாத ஆவணங்களில் பயன்படுத்தி, நம் அன்றாட பணிகளை துரிதமாகவும், பாதுகாப்பாகவும் நிறைவேற்றி வருகிறோம். எனவே, இக்கட்டுரை உயிரியளவுகள் தொழில் நுட்பத்தின் அடிப்படை செயல்முறை, பல்துறை பயன்பாடு, மற்றும் இத் துறையில் நிகழ்ந்த சமீபத்திய மேம்பாடுகள் குறித்து அனைவரும் அறியும்வண்ணம் மேற் கொண்ட ஒரு சிறு முயற்சியாகும். எனவே, நாம் அனைவரும் இதனை படித்துணர்ந்து பயன் பெறுவோமாக.

மேற்கோள்கள் :

1. Jain A. K., Bolle R. and Pankanti S., Biometrics: Personal Identification in Networked Society, Kluwer Academic Publishers, 1999.
2. Wayman J. L., Fundamentals of Biometric Authentication Technologies, International Journal of Image and Graphics, 2001, Vol.1, No.1, pp.93-113.
3. Thirukkural, kurals:#701, #703, #705, #706.Translation in English by Rev. Dr. G. U. Pope
4. Heo J., Savvides M., Abiantum R., Xie C. and Vijayakumar B. V. K., Face Recognition with Kernel Correlations Filters on a Large Scale Database, Proceedings of the International conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 2006.
5. Ln J., Plataniotis K.N. and Venetsanopoules A.N., Face Recognition Using LDA-Based Algorithms, IEEE Transactions on Neural Networks, 2003, Vol.14, No.1, pp.195-200.

6. Gonzalez S., Travieso C. M., Alonso J. B. and Ferrer M.A., Automatic Biometric Identification System by Hand Geometry, Proceedings of the 37th Annual International Carnahan Conference on Security Technology, 2003, pp.281-284.
7. Jain A. K., Ross A., and Pankanti S., A Prototype Hand Geometry Based Verification System, Proceedings of the 2nd International Conference on Audio video based Biometric Personal Authentication (AVBPA), 1999, pp.166-171.
8. Sanchez-Reilo R., Sanchez-Avila C. and Gonzales-Marcos A., Biometric Identification Through Hand Geometry Measurements, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, October 2000, Vol.22, No.10, pp.1168-1171.
9. Vacca J. R., Biometric Technologies and Verification Systems, Elsevier, 2007.
10. Bowyer K. W., Hollingsworth K. and Flynn P. J., Image Understanding for Iris Biometrics: A Survey, Technical Report, CSE, University of Notre Dame, Computer Vision and Image Understanding, 2008, Vol.110, No.2, pp.281-307.
11. Rose P., Forensic Speaker Identification, CRC, First Edition, 2002
12. Brummer N. and Preez J. d., Application-Independent Evaluation of Speaker Detection, Computer Speech and Language, 2006, Vol.20, pp.230-275.
13. Voice Biometrics Conference, http://www.voicebiocon.com.
14. Adami A. G., Mihaescu R., Reynolds D.A. and Godfrey J. J., Modeling Prosodic Dynamics for Speaker Recognition, Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and signal Processing, 2003, pp.788-791.
15. Furui S., Cepstral Analysis Technique for Automatic Speaker Verification, IEEE Transactions on Acoustics, Speech and signal Processing, 1981, Vol.29, No.2, pp.254-272.
16. NIST speaker recognition evaluation, http://www.nist.gov/speech/tests/spk
17. Rabiner L. R. and Schafer R. W., Digital Processing of Speech Signals, Prentice Hall, 1978.
18. Boulgouries N. V., Hatzinakos D. and Plataniots K.N., Gait Recognition: A Challenging Signal Processing Technology for Biometric Identification, IEEE Signal Processing Magazine, November 2005, Vol.22, No.6, pp.78-90.
19. Collins R. T., Gross R. and Shi J., Silhouette-Based Human Identification From Body Shape and Gaits, Proceeding of fifth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 2002, pp.366-371.
20. Han J. and Bhanu B., Statistical Feature Fusion for Gait-Based Human Recognition, Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June 2004, Vol.11, pp.812-847.
21. Kale A. Rajagopalan A. N., Cuntoor N. and Kruger V., Gait-Based Recognition of Humans Using Continuous HMMs, Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FGR02), 2002, pp.366-371.
22. Foster J. P., Nixon M. S. and Prugel-Bennet A., Automatic Gait Recognition Using Ear Based Metrics, Pattern Recognition Letters, 2003, Vol.24, pp.2489-2497.
23. Hayfron-Acquah J. B., Nixon M. S. and Crter J. N., Automatic Gait Recognition by Symmetry Analysis, Pattern Recognition Letters, September 2003, Vol.24, No.1, pp.2175-2183.
24. Kale A., Sundaresan A., Rajagopalan A. N., Cuntoor N. P., Roy-Chowdhury A. K., Kruger V. and Chellappa R., Identification of Humans Using Gait, IEEE Transactions on Image Processing, September 2004, Vol.13, No.9, pp.1163-1173.
25. Lannarelli A., Ear Identification, Forensic Identification Series, Paramont Publisshing Company,1989.
26. Alvarez L., Gonzales E. and Mazorra L., Fitting Ear Contour Using An Ovoid Model, Proceedings of 39 IEEE International Carnahan Conferences on Security Technology, 2005, pp.145-148.
27. Chen H., Bhanu B. and Wang R., Performance Evaluation and Prediction for 3-D Ear Recognition, Proceedings of International conference on Audio and Video based Biometric Person Authentication, NY, 2005, pp.748-757.
28. Choras M., Ear Biometrics Based on Geometrical Feature Extraction, Electronic Letters on Computer Vision and Image analysis, 2005, Vol.5, No.3, pp.84- 95.
29. Yan P. and Bowyer K.W., Biometric Recognition Using Three-Dimensional Ear Shape, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, August 2007, Vol.29, No.8, pp.1297-1308.
30. Brault J-J. and Plamondon R., A Complexity Measure of Handwritten Curves: Modelling of Dynamic Signature Forgery, IEEE Transactions on System Man and Cybernetics, 1993, Vol.23, No.2, pp.400-413.
31. Fairhurst M., Kaplani and Guest R., Complexity Measures in Handwritten Signature Verification,

Proceedings of 1st International conference on Universal access in Human-computer Interaction, 2001, pp.305-309.

32. Faundez-Zanny. M., On-Line Signature Recognition Based on VQ-DTW, Pattern Recognition, 2007, Vol.40, pp.981-992.
33. Herbst N. and Liu C., Automatic Signature Verification Based on Accelerometry, IBM Journal of Res. Dev., 1977, Vol.21, No.3, pp.245-253.
34. Igarza J. J., Hernaez I., Goirizelaia I., Espinosa K. and Escolar J., Off-line Signature Recognition Based on Dynamic Methods, Proceedings of SPIE, 2005, Vol.5779, pp.336-343.
35. Adams B. J., The Diversity of Adult Dental Patterns in The United States and the Implications for Personal Identification, Journal of Forensic Science, 2003, Vol.48, No.3, pp.497-503.
36. Adams B. J., Establishing Personal Identification Based on Specific Patterns of Missing, Filled and Unrestored Teeth, Journal of Forensic Science, 2003, Vol. 48, No.3, pp.487-496.
37. Chen H. and Jain A. K., Dental Biometrics: Alignment and Matching of Dental Radiographs, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, Vol.27, No.8, pp.1319-1326.
38. Goldstein M., Sweet D. J. and Wood R. E, A Specimen Positioning Device for Dental Radiographic Identification, Journal of Forensic Science, 1998, Vol.43, pp.185-189.
39. McGarvey J., WinID: Dental Identification System, 2005.
40. http://www.winid.com
41. Sun Z., Tan T., Wang Y. and Li S. Z., Ordinal Palmprint Representation for Personal Identification, Proc. CVPR, 2005, Vol.1, pp.279-284.
42. Connie T., Jin A. T. B., Ong M. G. K. and Ling D. N. C., An Automated Palm Print Recognition System, Image and Vision Computing, 2005, Vol.23, No.5, pp.501-515.
43. Jing X-Y. and Zhang D., A Face And Palmprint Recognition Approach Based on Discriminant DCT Feature Extraction, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part B, Cybernetics, 2004, Vol.34, No.6, pp.2405-2415.
44. Lu G., Zhang D. and Wang K., Palmprint Recognition Using Eigenpalms Features, Pattern Recognition Letters, 2003, Vol.24, pp.1473-1477.
45. http://www.nectech.com
46. http://www.printrakinternational.com
47. Im S. K., Park H. M., Kim Y. W., Han S.C., Kim S.W., and Kang C.H., Biometric Identification System by Extracting Hand Vein Patterns, Journal of the Korean Physical Society, March 2001, Vol.38, No.3, pp.268-272.
48. Im S., Chori H. and Kim S., Design for an Application Specific Processor to Implement a Filter Bank Algorithm for Hand Vascular Pattern Verification, Journal of the Korean Physical Society, 2002, Vol.41, No.4, pp.461-467.
49. Galton F, Fingerprints, London, Macmillan, 1892.
50. Bhable S. G., Kayte S., Maher R., Kayte J., and Kayte C., DNA Biometric, IOSR Journal of VLSI and Signal Processing (IOSR-JVSP), Vol. 5, No. 5, Sep-Oct. 2015, pp.82-84.
51. Jain A. K., Prabhakar S. and Pankanti S., On the Similarity of Identical Twin Fingerprints, Pattern Recognition, 2002, Vol.35, No.8, pp.2653-2663.
52. A. K. Jain, A. Ross, and S. Prabhakar, An Introduction to Biometric Recognition, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Special Issue on Image And Video-Based Biometrics, 2004, Vol. 14, No. 1, pp. 4-20.
53. H. Narasimha-Iyer, J. M. Beach, B. Khoobehi, and B. Roysam, Automatic Identification of Retinal Arteries and Veins From Dual-Wavelength Images Using Structural and Functional Features, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2007, Vol. 54, pp. 1427-1435.
54. Ramadan Gad, Ayman El-Sayed, Nawal El-Fishawy, and M. Zorkany, Multi-Biometric Systems: A State of the Art Survey and Research Directions, International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 2015, Vol. 6, No. 6, pp.128-138.

அறிவியல் கலைச்சொற்கள்

மா. தியாகராஜன்
எஸ்.எஸ்.என். பொறியியல் கல்லூரி

Absolute	– தனி, சார்பிலா, முழுமையான.
Absolute Pressure control	– தனி அழுத்தக் கட்டுபாடு, சார்பிலா அழுத்தக்கட்டுபாடு.
Absolute Solubility	– தனிக் கரைதிறன், சார்பிலா கரைதிறன்,
Absolute Stability	– தனி நிலைப்பு தன்மை, சார்பிலா நிலைப்புதன்மை
Altitude	– படிகாரம்.
Analysis	– பகுப்பாய்வு.
Analyst	– பகுத்தாய்வாளர்.
Analytical models	– பகுப்பாய்வு மாதிரிகள்.
Annealing	– மெல்ல ஆறவிடல், சூடேற்றீ ஆறவிடல், பதனாற்றல்.
Annealing furnace	– வெம்மென் உலை.
annealing oven	– வெம்மென்அடுப்பு
annealing processes	– சூடேற்றீ ஆறவிடல் முறைகள்.
annealing technique	– சூடேற்றீ ஆறவிடல் தொழில்நுட்பம்.
Background impurities	– சுற்றுபுறமாசு.
Biconvex	– இருபுறக்குவிவு.
Bottom of crucible	– கொள்கலன் அடிப்பாகம்
Boundary	– வரம்பு, எல்லை, வரம்புநிலை.
Boundary element model	– வரம்புக் கூறுமாதிரி, எல்லைக்கூறுமாதிரி.
Bulk crystallization	– பருமப் படிகமாக்கம்.
Cool-down stage	– குளீர வைக்கும் நிலை.
Crystal grating	– படிகக் கீற்றணீ.
Crystal growth	– படிக வளர்ப்பு, படிக வளர்ச்சி.
Crystal growth face	– படிக வளர்ப்பு முகம்.
Cubical expansion	– பரும விரிவு.
Crystallographer	– படிகவியல் வல்லுநர்.
2-D nucleation	- 2-D கருவாக்கம், இரு பரிமாண கருவாக்கம்.
3–D nucleation	- 3-D கருவாக்கம், முப்பரிமாணகருவாக்கம்.
Decomposition	– சிதைவடைதல், சிதைவு, பிரிகை,
Density gradient	– அடர்வு வாட்டம், அடர்வு சாய்வு வீதம்.

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

Printed and Published by **M.Srinivasan** on behalf of **ELAVENIL ORGANIZATION** and printed at **J.M. Process,** No.29, V.N.Doss Road, Border Thottam, Mount Road, Chennai-600 002 and published at 163/69, Secretariat Colony, 8th Street, Kilpauk, Chennai-10. Editor : **M. SRINIVASAN**