

இயற்கை முறையில் தயாரித்த வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் (AgNPs) பதிலீடு செய்யப்பட்ட TiO₂ தொகுப்பும் அதன் சாய தூண்டுதலின் அடிப்படையிலான சூரிய மின்கல (Dye Sensitized Solar Cell) பயன்பாடுகளும்

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

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:TiO₂ மீநுண் கலவையானது பெறப்படுகிறது.

இக்கலவையானது சாய உணர் சூரிய மின்கலத்தில் (DSSC) பயன்படுத்தப்படும் நேர் மின்முனை (photoanode) உருவாக்கப் பயன்படுகிறது. தயாரிக்கப்பட்ட AgNPs மற்றும் Ag:TiO₂ 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:TiO₂ 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 பயன்படுத்தப்படுவதாலும், உலோக மீநுண்துகள்களை தயாரிப்பதில் உயிரியல் முறையில் அதிக ஆர்வம் காட்டப்படுகின்றன. 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 ஏற்படுத்தாததால் உலோக மீநுண்துகள்கள் தாவர முறையில் தயாரிக்கப் படுவது ஊக்குவிக்கப்படு கின்றன [3, 4].

தாவர பாகங்களில் ஃபிளாவனாய்டுகள், பீனால்கள், டானின்கள், டெர்பெனாய்ட்ஸ், 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 (TiO₂) பசையுடன் சேர்க்கப் பட்டு Ag:TiO₂ 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) TiO₂ 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 மின்துகளைகளுடன் விரைவாக மறுசேர்க்கையில் ஈடுபடுகிறது [7]. இவ்விரு காரணங்களால் TiO₂-வை கொண்டு தயாரிக்கப்படும் DSSC - இன் திறன் குறைவாக காணப்படுகிறது. எனவே AgNPs ஐ TiO₂- 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 வாட்மன் வடிகட்டி தாளினை பயன்படுத்தி வடிகட்டப்படுகிறது. pH மீட்டரை கொண்டு மிளகுசாறின் pH மதிப்பு 6.53 என கணக்கிடப்பட்டது. 1M சோடியம் ஹைட்ராக் டைடு (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.

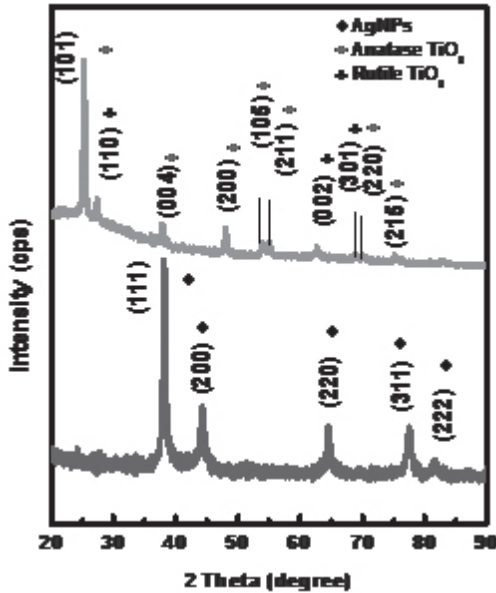
இவ்வாறு மிளகு சாறினை சேர்க்கும்போது நிறமற்ற சில்வர் நைட்ரேட் கரைசலானது இள மஞ்சள் நிறத்திலிருந்து பழுப்பு நிறத்திற்கு மாறுகிறது. இந்நிற மாற்றமானது வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் உருவானற்கு சான்றாக அமைகிறது [8]. இவ்வாறு தயாரிக்கப்பட்ட வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் மைய விலக்கு கருவியின் உதவியால் தனியாக பிரித்தெடுக்கப்

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, ஜின்கோனிய 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 காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்நிறமாலையில்

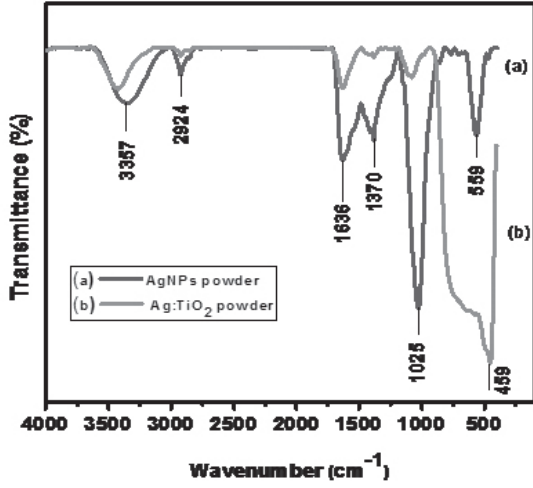


படம் 1(a) தயாரிக்கப்பட்ட வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் (b) $Ag:TiO_2$ மீநுண்துகள் கலவை ஆகியவற்றின் எக்ஸ் கதிர் விளிம்பு விளைவு நிறமாலைகள்

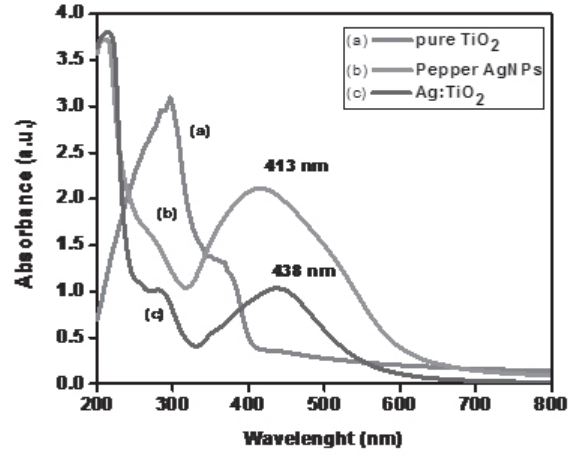
பிராக் முகடுகள் முறையே 38.06°, 44.29°, 64.60°, 77.47° and 81.66° ஆகிய கோணங்களில் (2θ) கிடைத் துள்ளது. இவைகள் முறையே வெள்ளியின் முகமைய கன சதுர (face centred cubic) படிக கட்டமைப்பின் தளங்களான (111), (200), (220), (311) மற்றும் (222) ஆகியவற்றை சார்ந்தது ஆகும் [8]. படம் 1(a) ல் X கதிர் விளிம்பு விளைவு உள்ள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

$Ag:TiO_2$ மீநுண்துகள் கலவையின் X கதிர் விளிம்பு விளைவு படம் 1(b)ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. $Ag:TiO_2$ மீநுண்துகள் கலவையில் 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° கோணங்களிலும் 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 கலந்துள்ளதால் TiO_2 தவிர வேறெந்த மூலக்கூறுகளின் முகடுகளும் இந்நிறமாலையில் கிடைக்கப் பெறவில்லை. எனவே $Ag:TiO_2$ மீநுண்துகள் கலவையானது மாசற்றதாக உறுதி செய்யப்படுகிறது [9].

$AgNPs$ மீநுண்துகள்கள் மற்றும் $Ag:TiO_2$ மீநுண்துகள் கலவையில் உள்ள உயிர் மூலக்கூறுகளின் செயல்பாட்டு தொகுதிகளை கண்டறிய ஒபுரியார் மாற்று அகச்சிவப்பு நிறமாலையின் பயன்படுத்தப்பட்டது. ஒபுரியார் 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



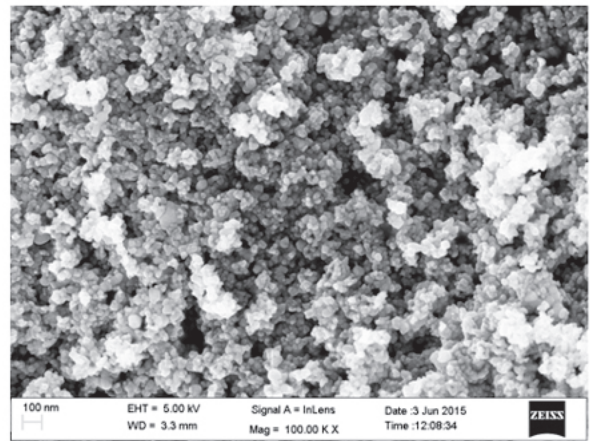
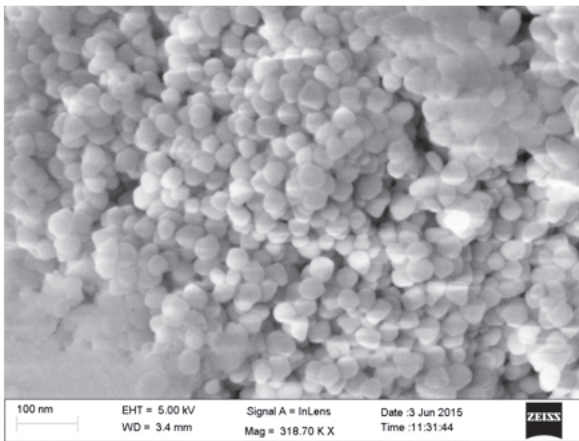
படம் 3: (a) தயாரிக்கப்பட்ட வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் (b) டைட்டானியம் டை ஆக்ஸைடு (c) Ag:TiO₂ நுண்துகள் கலவை ஆகியவற்றின் புறஊதா ஒளியியல் உறிஞ்சும் நிறமாலைகள்

முக்கிய செயல்பாட்டு தொகுதிகள் முறையே ஹைட்ராக்சில் தொகுதி (-OH), அல்கைல் தொகுதி(-CH), அமினோதொகுதி (-NH₂) மற்றும் அமைடு தொகுதிகள் (-CONH₂) 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 கண்டறியப்பட்டுள்ளது [10]. மேலும் 459 (செ.மீ)⁻¹-ல் உள்ள நிறமாலை முகடு வெள்ளி மீநுண்துகள்களுடன் TiO₂ கலந்திருப்பது உறுதி செய்யப்பட்டுள்ளது.

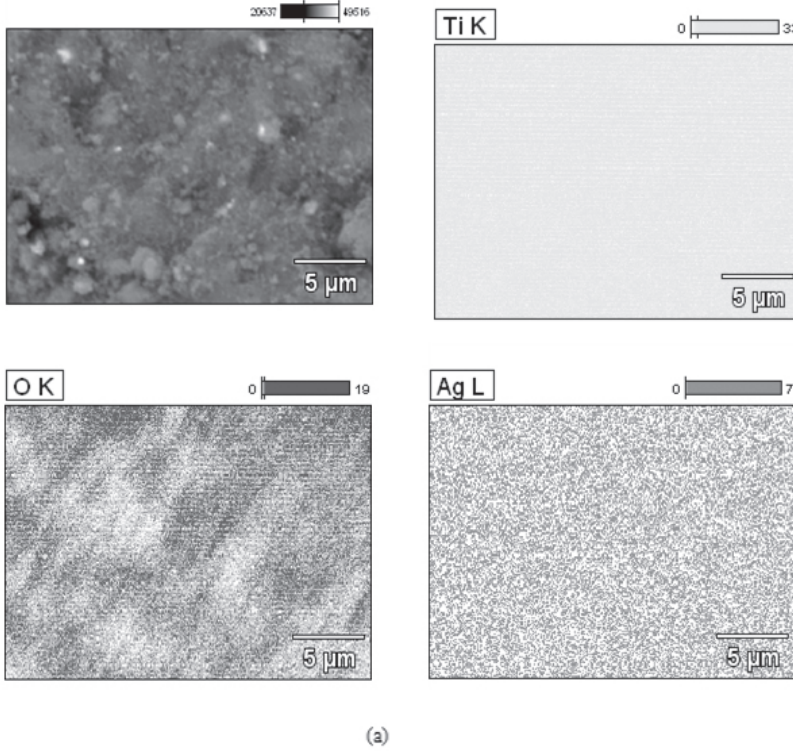
தயாரிக்கப்பட்ட வெள்ளி மீநுண்துகள் கள் மற்றும் Ag:TiO₂ மீநுண்துகள் கலவையின் புற

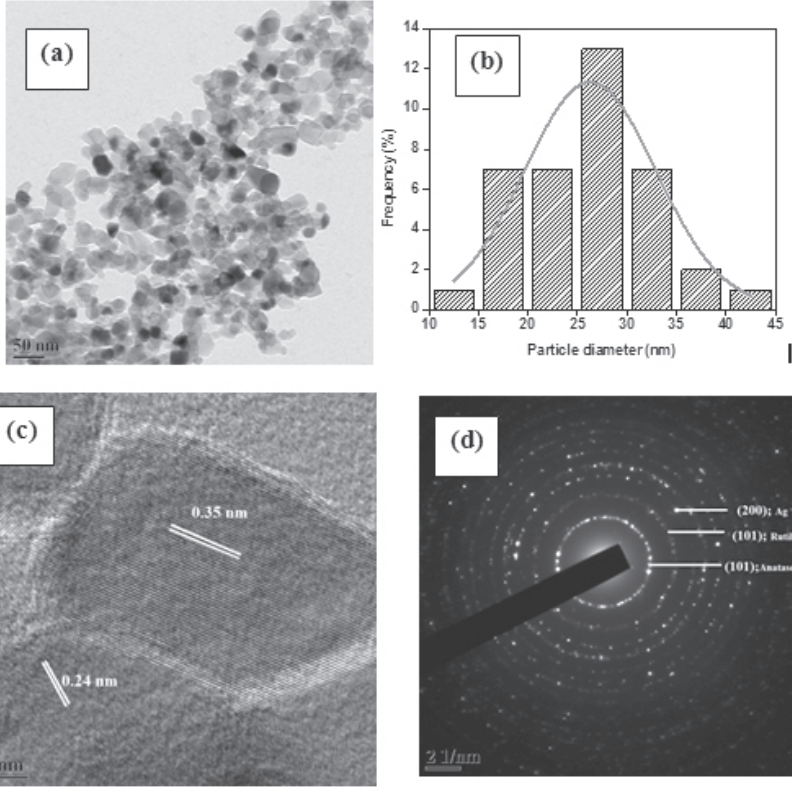


படம் 4: (a) தயாரிக்கப்பட்ட வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் (b) Ag: TiO₂ மீநுண்துகள் கலவை ஆகியவற்றின் புலஉமிழ்வு மின்னணுக் கற்றை பரப்பு நுண்ணோக்கியின் தோற்றப்படங்கள்.

ஊதா நிறமாலைகள் படம் 3 (a மற்றும் b)ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. பெரும்பாலான ஆய்வுக் கட்டுரை களின் முடிவுகளிலிருந்து, வெள்ளி மீநுண்துகள் கள் கண்ணூறு ஒளியின் அலைநீளத்தை (400 – 500 nm) உறிஞ்சும் தன்மை கொண்டது என உறுதி செய்யப்பட்டுள்ளது [18]. இக்கூற்றை மெய்பிக்கும் வகையில் படம் 3(a)ல் கண்ணூறு ஒளியின் அலைநீளமான 413nm-ல் செறிவான முகடு கிடைத்துள்ளது. இதற்கு புறப்பரப்பு பிளாஸ்மான் ஒத்ததிர்வு விளைவு காரணமாகும் [19, 20]. அதாவது வெள்ளி மீநுண்துகள்களின் புறப்பரப்பில் கடத்தும் பட்டையில் உள்ள

எலக்ட்ரான்கள் மின்காந்த அலைகளினால் தூண்டப்படும் போது அலைவு ஏற்படுகிறது, இதனால் பிளாஸ்மான் உருவாகிறது. மின்காந்த அலைகளின் அதிர்வெண்ணுக்கும் புறப்பரப்பில் கடத்தும் பட்டையில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் அதிர்வெண்ணுக்கும் ஒத்ததிர்வு ஏற்படும்போது புறப்பரப்பு பிளாஸ்மான் ஒத்ததிர்வு விளைவு ஏற்படுகிறது. TiO_2 ஆனது அகலமான பட்டை இடைவெளி உடையதால் கண்ணூறு ஒளியின் அலை நீளத்தில் எவ்வித ஒளியும் உறிஞ்சப்படாது [21]. மாறாக, $Ag:TiO_2$ மீநுண்துகள் கலவையானது கண்ணூறு ஒளியின் அலைநீளத்தில் (438 nm)





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:TiO₂ நுண்துகள் கலவையின் குறிப்பிட்ட 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:TiO₂ மீநுண்துகள்களின் அலைநீளம் சற்று தள்ளி காணப்படுகிறது இதற்கு அனடேஸ் TiO₂- இன் ஒளி விலகல் எண்ணை (refractive index of TiO₂ is 2.52) காரணமாகும் [22].

வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் மற்றும் Ag:TiO₂ மீநுண்துகள் கலவையின் புறத்தோற்றவியல் ஆனது புலஉமிழ்வு மின்னணுக் கற்றை பரப்பு நுண்ணோக்கி மூலம் கண்டறியப்பட்டது. படம் 4(a)ல் வெள்ளி மீநுண்துகள்களின் தோற்றமானது கோள வடிவத்திலும் சீரான அளவிலும் உள்ளது என்பது உறுதிபடுத்தப்பட்டுள்ளது. சராசரி கோள வடிவத்தின் மதிப்பு 35 nm . படம் 4(b)ல் Ag:TiO₂ மீநுண்துகள் கலவையின் தோற்றம் காட்டப்பட்டுள்ளது. வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் TiO₂ -உடன் சேர்க்கப்பட்ட பிறகு கலவையில் எந்தவொரு தோற்ற மாறுபாடும்

ஏற்படவில்லை என கண்டறியப்பட்டது. எதிர் சிதறல் கதிர்வீச்சு மூலம் எடுக்கப்பட்ட தனிமங் களின் நிறவரை படம் 5(ல்) காட்டப்பட்டுள்ளது. எதிர்சிதறல் கதிர்வீச்சுக்கு விரைலுட்டு மின்னழுத்தம் 15 kV ஆனது கொடுக்கப்படுகிறது. உயர் மற்றும் குறைந்த அணு எண்களின் அடிப்படையில் வெள்ளை மற்றும் சாம்பல் நிறங்கள் முறையே Ag மற்றும் TiO₂- வை குறிக்கின்றன.

மேலும் இப்பகுப்பாய்வானது Ag மீநுண்துகள்கள் TiO₂ -உடன் சீறாக கலந் துள்ளதை உறுதி செய்கிறது [23, 24]. இதே போல் ஆற்றல்-சிதறல் X கதிர் முடிவும் Ti, O மற்றும் Ag இருப்பதை உறுதி செய்தது.

ஊடுருவு மின்னணு நுண்ணோக்கியின் (TEM) மூலம் Ag:TiO₂ 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 ₂ மீநுண்துகள்கலவை அலையெண் (செ.மீ ⁻¹)	வகுப்பீடு
3357	3424	ஹைட்ராக்சில் தொகுதியின் (-OH) நீட்டல் அதிர்வு (stretching vibration)[11]
2924	2935	அல்கைல் தொகுதியின் (-CH) நீட்டல் அதிர்வு (stretching vibration) [12]
1636	1624	புரத்தின்பெப்டைட்டினைப்பின் கார்போனைல் மற்றும் கார்பாக்சிலிக் தொகுதியின் (-C=O) நீட்டல் அதிர்வு [13]
1370	1381	அரோமேட்டிக் அமின் தொகுதியின் (C-N) நீட்டல் அதிர்வு [14]
1025	1080	அலிபேட்டிக் அமின் தொகுதியின் (C-N) நீட்டல் அதிர்வு [15]
574	567	பீனாலிக் தொகுதியின் (OH) வளைவு அதிர்வு [16]
---	459	Ti-O நீட்டல் அதிர்வு [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 TiO₂-வின் தளங்களான (101) மற்றும் (004) ஆகும். ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பளவு மின்னணு விளிம்பு விளைவானது (SAED) படம் 6(d)ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வெள்ளை நிற வளையமானது முறையே Ag, ஞுட்டைல் மற்றும் அனடேஸ் TiO₂-வின் (200), (101) மற்றும் (101) தளங்களாகும்.

முடிவுரை

வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் எளிய மற்றும்

இயற்கையான முறையில் மிளகு தூளின் சாறி லிருந்து தயாரிக்கப்படுகிறது. இந்த வெள்ளி மீநுண்துகள்கள் TiO₂ மீநுண்துகள் கலவைவுடன் கலக்கப்பட்டு Ag:TiO₂ மீநுண்துகள் கலவை தயாரிக்கப்படுகிறது. இத்தயாரிப்பு முறையானது மிகவும் குறைந்த பொருட்செலவிலும், குறைந்த நேரத்திலும் குறிப்பாக சுற்றுச்சூழல் மாசுபடாத வகையிலும் தயாரிக்கப்படுவதால் மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாக கருதப்படுகிறது. தயாரிக்கப்பட்ட கலவையானது 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 நம்பப்படுகிறது.

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. Phys. 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. Phys.* 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)