

ஒளி மின்னணுவியல் சாதனத்திற்குப் பயன்படுத்தப்படும் காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகள்களின் தொகுப்பு மற்றும் பண்பாராய்தல்

சு. முனியப்பன், கொ. சுதாகர், ப. முருகசுத்தன்

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 குவையமாக்கினால் ஏற்படும் ஆற்றல் இடைவெளி மாற்றத்தை அறிவதற்கு புற ஊதா கட்டபுல அருகு அகச்சிவப்பு எதிரொளிர்வு அலைமாலை ஆய்வு மேற் கொள்ளப்பட்டது. காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகள்களின் ஒளியுமிழ்வு செயல்பாடு கதிர்த்தூண்டு ஒளிர்வு பகுப்பாய்வின் மூலம் அறியப்பட்டது. காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகள்களுள் ஆதிக்கம் செலுத்தும் உமிழ்வு ஆய்வு செய்ய செயற்படல் சர்வதேச டி '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]. குறைக்கடத்தி மீநுண்படிகங்கள் தொகுதி கட்டுப்பாடு விளைவுகளை வெளிப்படுத்துகின்றன [2]. கடந்த இரண்டு தசாப்தங்

களில் II - VI தனிம சேர்ம குறைக்கடத்திகளான CdS, CdSe மற்றும் CdTe ஆகிய வற்றின் தனித்துவமான ஒளியியல் பண்பு காரணமாக அவை ஒளிமின்னணுவியல், ஒளி நிலைமாற்றி, ஒளி உமிழும் சாதனங்களில் பயன்படுத்த அதிக கவனம் செலுத்தப்பட்டு வருகிறது. காட்மியம் சல்பைடு குறைக்கடத்தி நேரடி அகல ஆற்றல் இடை வெளி (2.42 eV) மற்றும் சிறந்த ஊடுகடத்துத்திறன் ஆகியவற்றை உடையது [3]. குறைக்கடத்தி மீநுண் மூலப்பொருளின் கூட்டிணைவுக்கு, கரைசல்/வெப்ப நீராற்றல், வெப்ப ஆவியாதல், உயிர்மத்தின் ஊன்மக் கூறு

முறை, கரைசல் அடிப்படையிலான வேதிமுறைகள் 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 பயன்பாடுகளில் சிறந்து பங்காற்றுகிறது [5]. தற்போதைய ஆராய்ச்சித் திட்டத்தில் காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகள்களின் கட்டமைப்பு மற்றும் ஒளியியல் பண்புகள் பற்றிய ஆய்வு மேற்கொள்ளப்பட்டது.

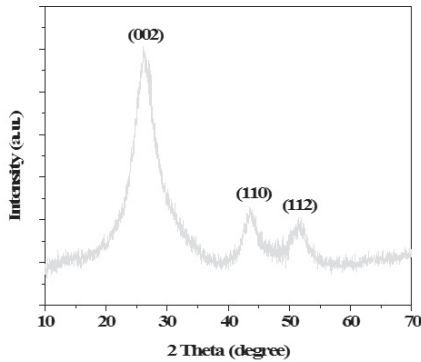
2. செயல்முறை

2.1 மூலப்பொருட்கள்

காட்மியம் நைட்ரேட், பாலிவினால பைரோலிடேன், சோடியம் சல்பைடு, மெத்தனால் மற்றும் எத்தனால் ஆகியவை.

2.2 தொகுப்பு அல்லது கூட்டிணைப்பு

காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகள்கள் நீர்மம் அல்லாத ஊடகத்தைப் பயன்படுத்தி எளிய வேதிவீழ்ப்படிவாக்கல் உத்தியுடன் உருவாக்கப்பட்டது. பொதுவாக 0.1 மோல் காட்மியம் நைட்ரேட் சரியான அளவு மெத்தனாலால் கரைக்கப்பட்டது.

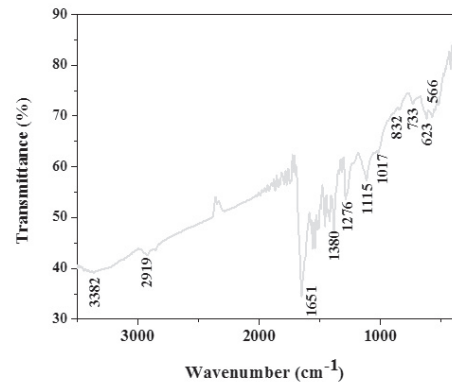


வரைபடம் 1 பாலிவினால பைரோலிடேனினால் மூடிய காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகளின் துகள் X-கதிர் விளிம்பு விளைவு

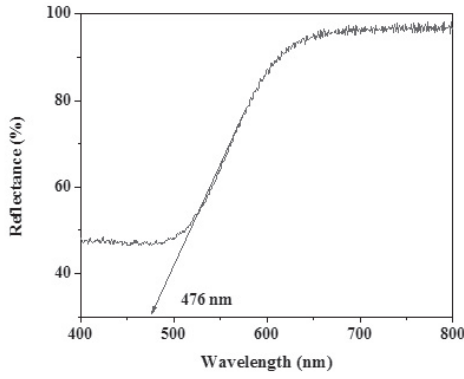
பின்னர் 0.3 மோல் பாலிவினால பைரோலிடேன் மெதுவாக மேற்கண்ட கரைசலில் சேர்க்கப்பட்டது. உகந்த நேரத்தில் 0.1 மோல் சோடியம் சல்பைடு செதுக்கு கள் தனியாக மெத்தனாலில் கரைக்கப்பட்டது. பிறகு தனியே கரைத்து முடிந்த சோடியம் சல்பைடு கரைசலை எடுத்து முன்பு உருவாக்கிய கரைசலில் ஊற்றப்பட்டது. இக்கரைசல் முழுமைநிலை அடைவதற்கு போதுமான காலத்திற்கு காந்த சுழற்சி முறைக்கு உட்படுத்தப்பட்டது. இறுதியாக இக் கரைசல் மஞ்சள் நிற வீழ்படிவாக்கம் பெற்றது. இவ்வீழ்ப்படிவாக்கலை நீர் மற்றும் எத்தனால் ஊடகத்தின் உதவியுடன் மைய விலக்கியைப் பயன்படுத்தி மாசு அகற்றப்பட்டது. இதனை உலர செய் வதற்கு ஒரு இருட்டு அறையினுள் வைக்கப்பட்டது. இறுதியாக உலர்ந்த துகள்களை சுமார் 2 மணி நேரம் 200°C வெப்பநிலையில் பதப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

2.3 பண்பாய்வு

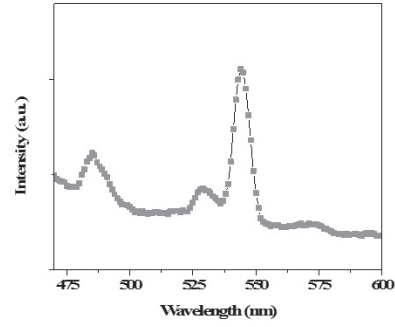
துகள் X-கதிர் விளிம்பு விளைவு முறை மூலமாக CdS மீநுண்துகள்களின் கட்டமைப்பு பற்றிய பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டது. இதற்கு CuK α (அலை நீளம் = 1.5406 Å) பயன்படுத்தப்பட்டது. உருவாக்கப்பட்ட CdS மீநுண்துகள்களில் உள்ள செயல்பாட்டுக் குழுக்களை அடையாளம் காண 1.0 செ.மீ⁻¹ தீர்மானம் கொண்ட shimadzu ஃபூரியர் கட்டமாற்றி அகச்சிவப்புக் கருவி பயன்



வரைபடம் 2 பாலிவினால பைரோலிடேனினால் மூடிய காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகளின் ஃபூரியர் கட்ட மாற்று அகச்சிவப்பு நிறமாலை



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



வரைபடம் 4 பாலிவினைல்பைரோலிடோனினால் மூடிய காட்மியம் சல்பைடு மீநுண்துகளின் கதிர் தூண்டு ஒளிர்வு நிறமாலை

படுத்தப்பட்டது. புறஊதா-கட்டில்- அருகு அகச்சிவப்பு பிரதிபலிப்பு நிறமாலை 190 முதல் 900 nm வரையிலான அலைநீள அகலத்தில் LABINDIA UV 3092 நிறமாலை ஒளிமானியை பயன்படுத்தி பகுப் பாய்வு செய்யப்பட்டது. கதிர் தூண்டு 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 செய்யப்பட்டது.

3. முடிவுகள் மற்றும் விவாதங்கள்

3.1 துகள் X-கதிர் விளிம்பு விலகல் பகுப்பாய்வு

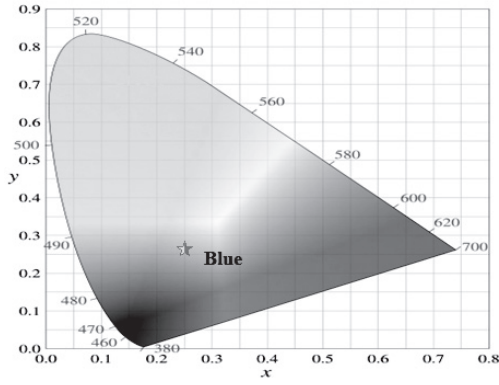
செயற்கை CdS மாதிரியானது 200°C வெப்ப நிலையில் நீற்றுதல் செய்த துகள் X - கதிர் விளிம்பு விளைவு படம் 1 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. (002), (110) மற்றும் (112) ஆகியவற்றின் உச்ச சிகரங்கள் முறையே 26.19, 43.52 மற்றும் 51.34 என்ற 2 கோணங்களில் தோன்றியதன் மூலம் CdS மீநுண் படிகத்தின் அறுகோண வெர்சைட் அமைப்பானது உறுதி செய்யப்பட்டுள்ளது.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

$$D = 0.94 \lambda / \beta \cos (\theta)$$

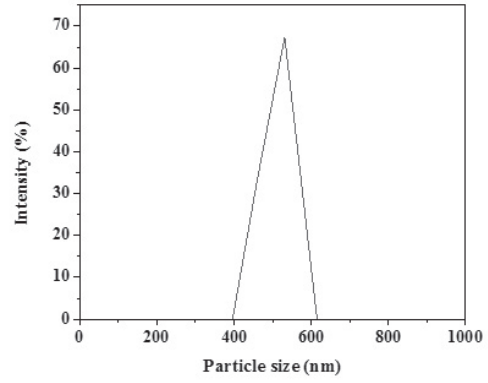
இங்கே D என்பது துகள் விட்டம், 0.94 கோள துகளுக்கான வடிவ காரணி, β என்பது விளிம்பு விலகல் சிகர முழு உச்சத்தின் அரை உயர அகல அதிகபட்சமாகும். λ என்பது அலைநீளம் மற்றும் என்பது விலகல் கோணம் ஆகும். CdS மீநுண்துகள் களின் படிக அளவு செரரின் தொடர்பு மூலம் தீர்மானிக்கப்பட்டு மற்றும் அதன் அளவு தோராயமாக 3.5 nm ஆக காட்டப்பட்டுள்ளது.

3.2 ஃபூரியர் கட்டவேறுபாடு அகச்சிவப்பு பகுப்பாய்வு

பாலிவினைல் பைரோலிடோனினால் மூடிய CdS மீநுண்துகள்களின் ஃபூரியர் கட்ட வேறுபாடு அகச்சிவப்பு அலைமாலை படம் 2 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. 3437 செ.மீ⁻¹ ஐ மையமாகக் கொண்ட சிகரம் H₂O 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 ஏற்படையவை. இது மேலும் பாலிவினைல் பைரோலிடோனி னானில் உள்ள நைட்ரோஜன் 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 குழுகளினால் பெறப் பட்டவையாகும் [9]. CdS மீநுண்துகள்களுடன் பாலிவினைல் பைரோலிடோன் 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 சல்பைடன் 2.42 eV -லிருந்து நீல நகர்வு பெற்றதை காட்டுகிறது [10]. இந்த பகுப்பாய்வு தயாரிக்கப்பட்ட பாலிவினைல் பைரோலிடோனினால் மூடிய CdS துகள்கள் மீநுண் அளவியில் அமைந்துள்ளது என்பதை குறிக்கிறது.

3.4 கதிர் தூண்டு ஒளிர்வு பகுப்பாய்வு

பாலிவினைல் பைரோலிடோனினால் மூடிய CdS மீநுண்துகள்களின் கதிர் தூண்டு ஒளிர்வு நிறமலை 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 சல்பைடன் 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 ஒளி உமிழ்வு 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 ஆகியவற்றிற்கு பயன்படுத்தலாம்.

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 வரையிலான சிறப்பினங்கள் உட்பட பல அமைப்பு களுக்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது. இருப்பினும் இயக்க ஒளிச்சிதறலின் மூலம் அளவிடப்பட்ட விட்டமானது நீர்ம இயக்கவியலால் ஆகும்.

இதன் விளைவாக முதன்மை நிலை அளவை விட இரண்டாம் நிலை துகள்களின் அளவு அதிகமாகிறது. பாலிவினைல் பைரோலிடோனினால் மூடிய CdS மீநுண்துகள்களின் இயக்க ஒளிச் சிதறலின் அலைமாலையானது படம் 6-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. 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. ஏனென்றால் மீநுண்துகள்களின் கூட்டமைப்பு தனி மீநுண் துகள்களை விட மெதுவாக பரவுவதால் ஏற்படுகிறது. இது திரவ ஊடகத்தினால் பெரிய துகள் களாக காட்டப்படுகிறது. இயக்க ஒளிச் 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 தொகுக்கப்பட்டது. துகள் X-கதிர் விளிம்பு விலகலின் முடிவுகள் CdS மீநுண்துகள்கள் அறுகோண வெர்சைட் அமைப்பை வெளிப்படுத்தியது மற்றும் படிக அளவு தோராயமாக 3.5 nm என்று செரரின் சூத்திரத்தைப் பயன்படுத்தி கண்டறியப்பட்டுள்ளது. ஃபூரியர் கட்ட வேறுபாடு அகச்சிவப்பு பகுப்பாய்வு மூலம் பாலிவினைல் பைரோலிடோனினுடன் காட்மியம் சல்பைடு இணைந்த அமைப்பை உறுதிப்படுத்தி யுள்ளது. புறஊதா கட்டபுல அருகு அகச்சிவப்பு எதிரொளிப்பு நிறமாலை மூலமாக ஒருங்கிணைக்கப்பட்ட CdS மீநுண்துகள்களின் நீல மாற்ற இயல்பையும் மற்றும் அதன் ஆற்றல் இடைவெளி 2.59 eV என நிரூபித்துள்ளது.

கதிர் தூண்டு ஒளிர்வு பகுப்பாய்வு மூலம் மின் துளை கட்டுறுநிலை மற்றும் குறைபாடு தொடர் பான உமிழ்வுகள் கண்டறியப்பட்டது. CIE வண்ண நிறமூர்த்த நிலைமைகளின் ஆதிக்கம் நீல உமிழ்வை காட்டுகிறது. ஆகவே, CdS மீநுண்துகள்கள் இயல் பான நீலநிற அடிப்படையிலான கருவி பயன்பாடு களுக்கு ஏற்றவாறு அமைகிறது. இயக்க ஒளிச் சிதறல் பகுப்பாய்வு CdS துகளின் அளவு 532 nm என்றும் ஒற்றை விரவிய இயல்பை கொண்டுள்ளது 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