

சுற்றுச்சூழலுக்கு உகந்த காட்மியம் சல்பைடு துணுக்கப்பள்ளி பொருளாக்கம்

வி.பி.தேவராஜன்^{1, 2*}, டி. நடராஜ்², பி. பெரியசாமி³, கே.வித்யா⁴,
டி.பழனிவேல்^{2, 5}, ஓய்.ஏ. சையத் காதர்¹

1. இயற்பியல் துறை, கே.எஸ்.ஆர். மகளிர் கலை மற்றும் அறிவியல் கல்லூரி திருச்செங்கோடு.
2. மென்படல மீநுண்ணிய பொருட்கள் ஆராய்ச்சி ஆய்வகம், பாரதியார் பல்கலைக்கழகம், கோவை.
3. இயற்பியல் துறை, எக்ஸல் பொறியியல் மற்றும் தொழில்நுட்ப கல்லூரி, குமாரபாளையம்.
4. இயற்பியல் துறை, ஸ்ரீ சாரதா மகளிர் கல்லூரி, சேலம் – 636 016, தமிழ்நாடு, இந்தியா.
5. இயற்பியல் துறை, பெரியார் பல்கலைக்கழகம், சேலம் – 636 011, தமிழ்நாடு, இந்தியா.

தொடர்புடைய ஆசிரியர் : vpdevarajanbu@gmail.com <mailto:vpdevarajanbu@gmail.com>

ஆய்வுச் சுருக்கம் :

இந்த ஆய்வில், காட்மியம் சல்பைடு துணுக்கப்பள்ளியானது (Quantum Dots) புதிதாக எளிமையான வேதியியல் முறையை பயன்படுத்தி அறை வெப்பநிலையில் மூடப்படாத (uncapped) மற்றும் பல்படி மூடிய (polymer capped) காட்மியம் சல்பைடு துணுக்கப்பள்ளி தயாரிக்க முயற்சி செய்யப்பட்டது. மேலும் அவைகளின் கட்டமைப்பு மற்றும் ஒளியியல் பண்புகளானது X-கதிர் விளிம்பு விளைவு (XRD), செலுத்தும் மின்னணு நுண்ணோக்கியல் (TEM), ஃபூரியர் உருமாற்று அகச்சிவப்பு நிறமாலை (FTIR), புற ஊதா பகுதி-கட்புல (UV-VIS) மற்றும் ஒலிமுறை ஒளிர்வு (PL) ஆகிய ஆய்வுகள் மூலம் ஆராயப்பட்டன. XRD பகுப்பாய்விலிருந்து கனசதுர-அறுகோண (cubic-hexagonal) படிக அமைப்பு கண்டறியப்பட்டது. செலுத்தும் மின்னணு நுண்ணோக்கி பகுப்பாய்விலிருந்து, கோள வடிவமாக (spherical shape) வளர்ந்துள்ள வடிவ மேற்பரப்பு உருமாற்றம் காணப்பட்டது, அவைகளின் அளவுகள் 3–5 nm வரை வளர்ந்துள்ளன. ஃபூரியர் உருமாற்று அகச்சிவப்பு நிறமாலை பகுப்பாய்விலிருந்து, எல்-சிஸ்டீன் (L-Cysteine) CdS மற்றும் CdS துணுக்கப்பள்ளி ஆகியவற்றுக்கு இடையேயான வேதிவினைதொடர்பு உறுதிப்படுத்தப்பட்டது. புற ஊதா பகுதி-கட்புல பகுப்பாய்விலிருந்து, துணுக்க தடுப்பு விளைவு (quantum confinement effect) காரணமாக ஒரு மேம்பட்ட உறிஞ்சுதல் இயல்பு தன்மை ஏற்பட்டுள்ளது. ஒலிமுறை ஒளிர்வு பகுப்பாய்விலிருந்து, சிறிய அளவிலான துகள்கள் வளர்ந்ததன் காரணமாக நீல உமிழ்வு நோக்கிய (blue-shift) நடத்தை மாற்றம் காணப்பட்டது. எனவே, தயாரிக்கப்பட்ட CdS துணுக்கப்பள்ளியானது ஒளி-மின்னணு (opto-electronic) மற்றும் உயிர்-படிவமாக்கல் (Bio-imaging) பயன்பாடுகளுக்கு ஏற்றதென கருதப்படுகிறது.

முக்கிய வார்த்தைகள்: CdS, உமிழும் துணுக்கப்பள்ளி, சுற்றுச்சூழல் நட்பு வழி.

1. அறிமுகம்

குறைக்கடத்திகள் (semiconductor) மீநுண்ணிய படிகங்கள் (nanocrystals) அல்லது

துணுக்கப்பள்ளி (quantum dots) அவைகளின் அளவு-சார்ந்த ஒளிசார்-இயற்பண்புகள் (photo-physical properties) மற்றும் ஒளிசார்-வேதிப்

பண்புகள் (photo-chemical properties) நடத்தை காரணமாக அதிக கவனத்தை ஈர்த்துள்ளன. இயற்கையாகவே நானோ-அளவில் துணுக்க தடுப்பு விளைவு (quantum confinement effect) காரணமாக, துணுக்கப்பள்ளிகளின் ஒளிசார்-இயற்பண்புகள் மற்றும் ஒளிசார்-வேதிப்பண்புகள் நடத்தைகளானது அவைகளின் அளவு (size), மேற்பரப்பு நிலை (surface morphology) மற்றும் குறைபாடுகள் (defects) ஆகியவற்றுடன் தொடர்புடையதாக இருக்கின்றன. எனவே இவை பல்வேறு பயன்பாடுகளுக்கு (1-4) மிகவும் ஏற்றதாக இருக்கும்.

காட்மியம் சல்பைடு (CdS) என்பது நன்கு அறியப்பட்ட பரந்தபட்டை இடைவெளி (wide bandgap) மற்றும் ஒளி உணர்திறன் (light sensitivity) கொண்ட பொருள்களில் ஒன்றாகும். மேலும் CdS துணுக்கப்பள்ளி வடிவில் இருக்கும் நேரத்தில் துணுக்க தடுப்பு விளைவு (5-6) ஏற்படுவதன் காரணமாக சுவாரசியமான ஒளியியல் (optical) நடத்தை நிகழ்கின்றது. இதனால் பட்டை இடைவெளி பரப்பு ஆற்றலானது (bandgap energy) அதிகரித்து, இது நீல நிறத்தை நோக்கிய மாற்றத்தை உண்டாக்குகிறது. உண்மையில், CdS துணுக்கப் பள்ளிகள் நீல-பச்சை ஒளித்துகள் -ஒளிர்வு தன்மையை (blue-green photoluminescence) ஆழமான சல்பர் நிலையின் காலியிடம் (deep sulphur vacancy) காரணமாக வெளிப்படுத்துகின்றன. இது வேதிப்பொருள் கலப்பு விகிதத்தில் (stoichiometry) ஏற்படும் விலகல் (deviation) காரணமாக தோன்றுகிறது. ஒருவேளை, சல்பர் நிலையில் காலியிடம் இல்லாதிருந்தால் வலுவான தூண்டுவிக்கப்பட்ட (excitonic emission) உமிழ்வுநிலை அறிக்கை பெறமுடியும். மேலும் இது உலோக மேற்பரப்புவிசைலிகள் (surfactants) மற்றும் மாசுக்கலப்பிகள் (dopants) ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் பல்வேறு வண்ண உமிழ்வுகளை (different color emissions) பெற முடியும் (7-9).

இது சம்பந்தமாக, CdS துணுக்குப் பள்ளி தயாரிப்பதற்கு பல்வேறு தொகுப்பு வழிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இருப்பினும்

அவைகளில் பெரும்பாலானவைகள் சுற்றுச் சூழலுக்கு கெடுதல் (சுற்றுச்சூழல் நட்பு அல்ல) ஏற்படுத்துபவைகளாக இருக்கின்றன. ஆகவே தற்போதைய சூழ்நிலையில் இந்த பிரச்சினைகளை தீர்க்க, நாங்கள் மூடப்படாத மற்றும் பல்படிபொருள் (polymer) மூடிய CdS துணுக்குப் பள்ளி தயாரிப்பதற்கு அறைவெப்பநிலையில் (room temperature) புதுமையான எளிய இரசாயன வழியை (chemical routes) பயன்படுத்த முயற்சி செய்துள்ளோம். இந்த தொகுப்பு வழியானது சுற்றுச்சூழல் நட்பு இயல்பு மற்றும் திறன்மிக்க உற்பத்தி (efficient production) ஆகியவற்றைக் காட்டுகிறது. மேலும், அவைகளின் கட்டமைப்பு (structural) மற்றும் ஒளியியல் (optical) பண்புகளானது விவரமாக ஆய்வு செய்யப்பட்டுள்ளன.

2. பொருட்கள் மற்றும் முறைகள்

2.1. இரசாயனங்கள் (chemicals) மற்றும் வினைப்பொருட்கள் (reagents)

காட்மியம் குளோரைடு (cadmium chloride, CdCl₂, 98%, Sigma), சோடியம் சல்பைட் (sodium sulphide, Na₂S, Fluka), பல்படிபொருள் (L-Cysteine) மற்றும் இரட்டைமுறை காய்ச்சி வடிகட்டிய நீர் (Double Distilled Water) ஆகியவை துணுக்குப் பள்ளி தயாரிக்கப் பயன்படுத்தப்பட்டன. இந்த இரசாயனங்கள் அனைத்துமே நிலையான இரசாயன நிறுவனத்திடமிருந்து வாங்கப்பட்டு, எந்தவொரு சுத்திகரிப்புமின்றி பயன்படுத்தப்பட்டன.

2.2. துணுக்குப் பள்ளி தயாரிப்பு (Quantum Dots Preparation)

மூடப்படாத CdS துணுக்குப் பள்ளி தயாரிப்பதற்கு, 0.01 மோல் (Mole) காட்மியம் குளோரைடை இரட்டைமுறை காய்ச்சி வடிகட்டிய நீரில் கரைத்து தயாரித்து, அதை அறை வெப்பநிலையில் மீயொலி கிளர்ச்சியின் (ultrasonic agitation) கீழ் சுளர்ச்சிக்கு (stirring) வைக்கப்படுகிறது. இதில், புதிதாக தயாரிக்கப்பட்ட சமநிலை செறிவான 0.01 மோல் சோடியம் சல்பைட் கரைசலானது சொட்டுசொட்டாக

படுகிறது. இதன் மூலமாக CdS துணுக்குப் புள்ளி உருவாக்கம் பெறப்படுகிறது. பெறப்பட்ட தயாரிப்பு உருவாக்கமானது ஒரு கூழ்ம இடை நீக்க நிலையில் (colloidal solution) இருக்கும். எனவே இதிலுள்ள வினைபுரியாத/அளவுக் கதிகமான (unreacted/excess) சோடியம் சல்பைடை காய்ச்சி வடிகட்டிய நீரில் பலமுறை கழுவி நீக்க வேண்டும். பல முறை கழுவின பின், அதிலிருந்து பிரிக்கப்பட்ட திரவத்துகளானது 10,000 rpm மையப்படுத்தப்பட்ட நிலைக்கு (centrifuge) உட்படுத்தப்படுகிறது, பின்னர் சில நாட்களுக்கு ஒரு சுழலும் வெற்றிட நிலைமையின் (rotary vacuum condition) கீழ் உலர வைக்கப்படுகிறது (10). இறுதியில் நன்றாக உலர்ந்த ஒரு சிவப்பு-மஞ்சள்நிற தூள் படிமானது பெறப்படுகிறது.

பல்படிபொருள் மூடிய (polymer capped) CdS துணுக்குப் புள்ளி தயாரிப்பதற்கு, மேலே குறிப்பிட்ட அதே நடைமுறையானது பின்பற்றப்பட்டது. ஆனால் எல்-சிஸ்டின் கரைசலானது சோடியம் சல்பைடு சேர்க்கப்படுவதற்கு முன்பு கூடுதலாக விடப்படுகிறது. இதற்காக, 0.01 மோல் எல்-சிஸ்டின் கரைசலானது CdS துணுக்குப் புள்ளி மேற்பரப்பை சுற்றி மூடுவதற்கு (surface cover) அறிமுகப்படுத்தப்படுகிறது. இங்கே எல்-சிஸ்டினானது CdS துணுக்குப் புள்ளி சுற்றி சல்பைடு அயனிகளின் (ions) மேற்பரப்பு மூலமாக இணைகிறது.

2.3. பண்பறிதல் ஆய்வு (Characterizations):

படிக இயல்பானது எக்ஸ்-கதிர் விளிம்பு விளைவு (X-ray diffraction) நுட்பத்தை பயன்படுத்தி உறுதிப்படுத்தப்பட்டது (மாதிரி: எக்ஸ்'பெர்டு புரோ, பான் அனலிடிக்ஸ்/XPert pro PANalytical). ஊடுரு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (Transmission electron microscopy) மூலம் மேற்பரப்பு உருவப் படங்களானது பதிவு செய்யப்பட்டது (மாதிரி: JEOL-300). இரட்டை-புனல் புறஊதா-பார்வை-அகச்சிவப்பு நிறமாலை மானியானது (double beam UV-VIS-IR spectrometer) ஒளியியல் உறிஞ்சுதல் (absorption) ஆய்வுக்கு பயன்படுத்தப்படுத்தப்பட்டது (மாதிரி: UV-VIS-IR, shimadzu-3600).

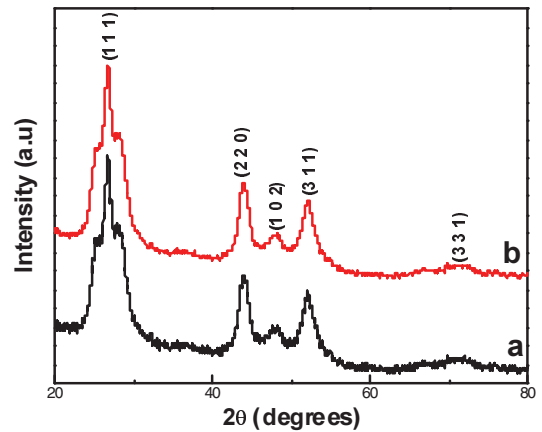
வேதிசெயல்பாட்டு குழுக்களை அறிந்து கொள்ள ஃபூரியர் மாற்று அகச்சிவப்பு நிறமாலைமானி (Fourier transform infrared spectroscopy) பயன்படுத்தப்படுத்தப்பட்டது (மாதிரி: Bruker Tensor-27). அறை வெப்பநிலை உமிழ்வு நிற மாலையானது (emission spectra) நிறமாலை ஒளிர்வுமானம் (spectrofluometer) மூலம் பதிவு செய்யப்பட்டது (மாதிரி: Fluomax-4, Hariba Jobin Yuvon).

3. முடிவுகள் & கலந்துரையாடல்

3.1 கட்டமைப்பு பகுப்பாய்வு (structural analysis):

3.1.1 எக்ஸ்-கதிர் விளிம்பு விளைவு வடிவங்கள் (X-Ray Diffraction patterns):

படம் 1 எக்ஸ்-கதிர் விளிம்பு விளைவு வடிவங்களான (XRD patterns) (A) மூடப்படாத CdS மற்றும் (B) பல்படிபொருள் மூடிய CdS துணுக்கப் புள்ளிகளை காட்டுகிறது. அதிலிருந்து பெறப்பட்ட உச்ச சிகரங்கள் (maximum peaks) நிலையான கனசதுர (cubic) மற்றும் அறுகோண (hexagonal) படிக அமைப்பு (அட்டை எண்: 10-0454 மற்றும் 41-1049) மதிப்பு களுடன் பொருந்துகின்றன. இந்த இணைந்த கனசதுர-அறுகோண படிக இயல்பு தோன்றுவதற்கு மேற்கிடைநிலை (super-position) வாய்ப்பாக இருக்கும் என நம்பப்படுகிறது, மேலும் இதுபோன்ற இயல்பு நிகழ்வானது முந்தைய அறிக்கைகளிலும் காணப்பட்டுள்ளது (11-13).



படம் 1. எக்ஸ்-கதிர் விளிம்பு விளைவு வடிவங்களான (A) மூடப்படாத CdS மற்றும் (B) பல்படிபொருள் மூடிய CdS துணுக்கப் புள்ளி.

படிக அளவு (crystal size) அல்லது சராசரி யான துகள் அளவவானது (average particle size) டிபே -ஷெரர் சூத்திரத்தை (Debye-Scherrer's formula) பயன்படுத்தி கணக்கிடப் பட்டது (14-15)

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$$

கூட்டமைப்பு மாறிலிகள் (lattice constants) பின்வரும் சூத்திரத்தை பயன்படுத்தி அளவிடப்பட்டன

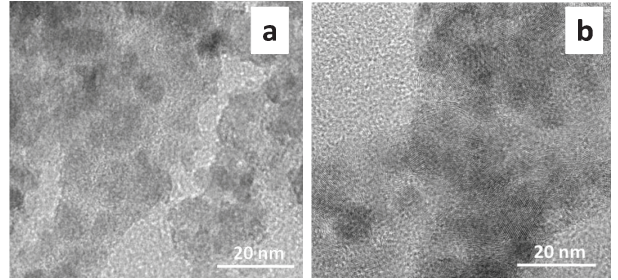
$$d(hkl) = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \text{ (or) } a = d\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

இவைகளிலிருந்து கணக்கிடப்பட்ட துணுக்கப்புள்ளி படிக அளவானது சுமார் 3 nm மற்றும் கூட்டமைப்பு அளவுரு மதிப்பானது சுமார் 0.3332 nm ஆகும். இது CdS பொருளின் நிலையான மதிப்போடு உடன்பட்டிருக்கிறது. பின்னர் விரிவடைந்த உச்சநிலை மற்றும் கண்டறியப்பட்ட முடிவுகளை கொண்டு, தயாரிக்கப்பட்ட மாதிரிகளானது துணுக்கப் புள்ளி அளவு எல்லைக்குட்பட்டு உள்ளன என்பதை உறுதிப்படுத்தியது.

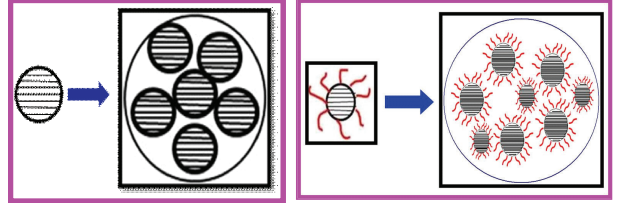
3.1.2. ஊடுரு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (Transmission Electron Microscopy):

படம் 2. ஆனது (A) மூடப்படாத CdS மற்றும் (B) பல்படிபொருள் மூடிய CdS துணுக்கப் புள்ளிகளை காட்டுகிறது. மூடப்படாத CdS துணுக்கப் புள்ளிகளிலிருந்து தெளிவாக ஒழுங்கமைக்கப்பட்ட கோளவடிவ (spherical shape) மேற்பரப்பு உருவக அமைப்பு ஏற்பட்டுள்ளது மேலும் செப்பு கட்டத்தில் (copper sheet) உட்பொதிக்கப்பட்ட (embedded) தூள் மாதிரிகள் காரணமாக சிறிய அளவிலான திரட்சைபோன்று (agglomeration) இயல்பும் ஏற்பட்டுள்ளது. இதேபோன்று பாலிமர் மூடிய CdS துணுக்கப் புள்ளிகளிலிருந்தும் கோள வடிவ மேற்பரப்பு உருவக அமைப்பு இயல்பு ஏற்பட்டுள்ளது. இருப்பினும் மேற்பரப்பு உருவக மானது கொத்து (cluster) போன்று காணப்

படுகிறது. ஏனென்றால், துணுக்கப்புள்ளி களானது பல்படிபொருள் அணி ஊடகத்தில் (polymer matrix) ஒருமையாக கலைந்து (mono-disperse) உட்பதிக்கப்பட்டுள்ளன. இது எல்-சிஸ்டன் மூடு விளைவை (capping effect) உறுதிப்படுத்துகிறது. இங்கே உருப்பெற்றுள்ள துகள்களின் அளவானது 3 nm முதல் 5 nm உள்ளது. மேலும், இவை XRD முடிவுகளிலிருந்து கணக்கிடப்பட்ட படிக அளவோடு நல்ல ஒப்புதல் ஏற்பட்டுள்ளது.



படம் 2. TEM வடிவ அமைப்பு (A) மூடப்படாத CdS மற்றும் (B) பல்படிபொருள் மூடிய CdS துணுக்கப் புள்ளிகளை காட்டுகிறது.



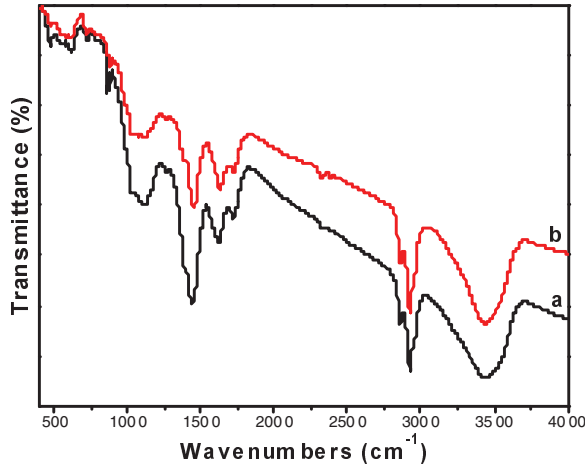
படம் 3. திட்ட பிரதிநிதித்துவமான (schematic representation) மூடப்படாத CdS (இடது பக்கம்) மற்றும் பல்படிபொருள் மூடிய CdS (வலது பக்கம்) துணுக்கப் புள்ளிகளை காட்டுகிறது.

உண்மையில், பல்படிபொருள் மூடுதன்மையானது (capped behavior) துகள்களின் கட்டுப்பாடற்ற வளர்ச்சி (uncontrolled growth) மற்றும் ஒருங்கிணைப்பு (group formation) ஆகியவற்றை தடுக்கிறது. இங்கே, துணுக்கப் புள்ளிகளானது பல்படிபொருள் அணி ஊடகத்தினுள் உட்பொதிக்கப்பட்ட நிலையில் உருவாகின்றன. எனவே துணுக்கப் புள்ளிகளின் அணுக்கருவானது பல்படிபொருள் குழாய்களுக்குள் (cavity) இடையூறுநிலையானது நிலைப்படுத்தும் வரை (steric stabilization) வளர்ந்து கொண்டே வந்துள்ளன. உறுதிப்படுத்தல் வரை பெறப்பட்ட துணுக்கப் புள்ளின் நியூக்ளியேட் வளர்ந்து

(nucleated) கொண்டே வந்தது. எனவே, குழி சுவர்களானது (cavity walls) துகள்களின் வளர்ச்சியை கட்டுப்படுத்தி பின்னர் பல்படி பொருள் அணி உடைகத்தினுள் சிறிய அளவிலான படிக்களைக் கொண்டிருக்கின்றன (16–17), என்பதை படம் 3 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

4.1.3. ஃபூரியர் மாற்று அகச்சிவப்பு நிறமாலைமானி (Fourier Transform Infrared Spectroscopy):

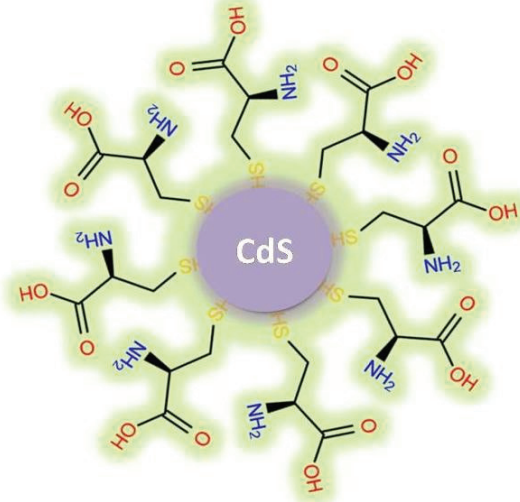
படம் 4. ஆனது FTIR நிறமாலை (A) மூடப்படாத CdS மற்றும் (B) பல்படிபொருள் மூடிய CdS துணுக்கப் புள்ளிகளை காட்டுகிறது. 500–800 cm^{-1} எல்லைநிலையில் உள்ள உச்சிகரங்களானது CdS இணைப்புநிலை (bonding) முறையை உறுதிப்படுத்துகின்றன. மேலும் 700 cm^{-1} கீழே இருக்கும் நிலைகளானது CdS இணைப்பு நீட்டிப்பு (extended bonding) முறை காட்டுகிறது (18).



படம் 4. FTIR நிறமாலை (A) மூடப்படாத CdS மற்றும் (B) பல்படிபொருள் மூடிய CdS துணுக்கப் புள்ளிகளை காட்டுகிறது.

தூய எல்-சிஸ்டீன் (pure L-Cysteine) FTIR நிறமாலையுடன் (19) ஒப்பிடுகையில், எல்-சிஸ்டீன் (பல்படிபொருள்) மூடிய CdS துணுக்கப் புள்ளிகளின் நிறமாலையில் -S-H குழு அதிர்வு (stretching vibration) 2550–2670 cm^{-1} ஆனது காட்டப்படவில்லை. எனவே, இது எல்-சிஸ்டீன் மற்றும் CdS துணுக்கப்புள்ளி ஆகியவற்றுக்கிடையேயான இணைப்பை காட்டுகிறது. இந்த

நிழ்வானது சல்பர் வழியாக பெறப்பட்ட பிணைப்பு இயல்பு (attaching nature) மற்றும் பிற நீளமுள்ள அதிர்வுமுறைகள் (20–22) ஆகியவற்றின் இடையேயான இயல்பு என நம்பப்படுகிறது

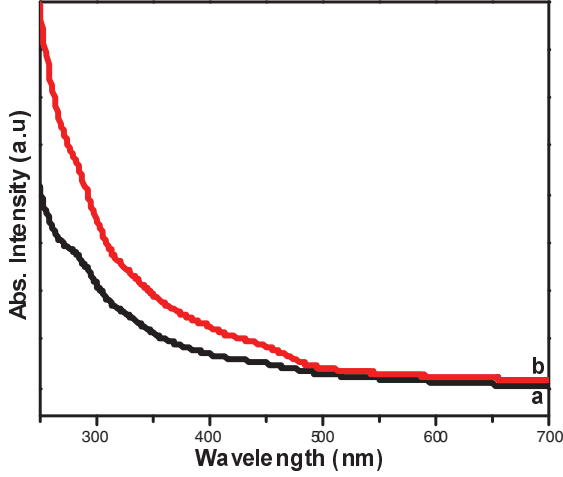


படம் 5. ஆனது திட்டமிட்ட பிரதிநிதித்துவ (schematic representation) பல்படிபொருள் மூடிய CdS துணுக்கப் புள்ளிகளை காட்டுகிறது.

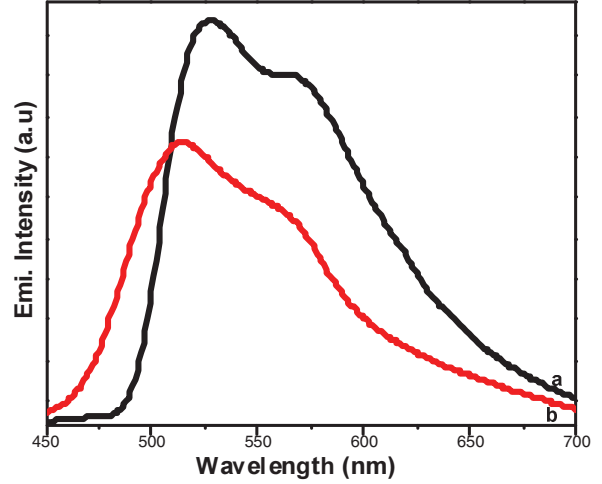
3.2. ஒளியியல் பகுப்பாய்வு (Optical analysis):

3.2.1. புறஊதா-பார்வை-அகச்சிவப்பு நிறமாலைமானி (UV-VIS-IR spectroscopy):

படம் 6. புறஊதா உறிஞ்சுதல் நிறமாலை (A) மூடப்படாத CdS மற்றும் (B) பல்படிபொருள் மூடிய CdS துணுக்கப் புள்ளிகளை காட்டுகிறது. துணுக்கத் தடுப்பு விளைவு காரணமாக நீலநிற நோக்கிய உறிஞ்சுதல் மாற்ற இயல்பு (blue-shifted absorption nature) நிலையானது, இது மொத்த கொள்ளளவு CdS ($E_g = 2.42\text{eV}$) உடன் ஒப்பிடும் போது குறைக்கப்பட்ட துகள்களின் அளவானது அதிகரிக்கப்பட்ட பட்டை ஆற்றல் (band energy) காரணமாக ஏற்பட்டுள்ளது என அறியமுடிகிறது. மேலும், பெறப்பட்ட உறிஞ்சுதல் நிறமாலையின் உறிஞ்சுதலில் உச்சநிலை/இணைதிறன் இயல்பு காணப்படவில்லை. இது துகள்களின் பரந்த விநியோகம் (wider distribution of particles) காரணமாக ஏற்பட்டிருக்கலாம் என நம்பப்படுகிறது (23).



படம் 6. புறஊதாஉறிஞ்சுதல் நிறமாலை (A) மூடப்படாத CdS மற்றும் (B) பல்படிபொருள் மூடிய CdS துணுக்கப் புள்ளிகளை காட்டுகிறது.



படம் 7. உமிழ்வு நிறமாலை நிறமாலை (A) மூடப்படாத CdS மற்றும் (B) பல்படிபொருள் மூடிய CdS துணுக்கப் புள்ளிகளை காட்டுகிறது.

பின்பு, பட்டை இடைவெளி ஆற்றல் மதிப்புகள் (bandgap energy value) கீழ்க்காணும் உறவைப் (relation) பயன்படுத்தி கணக்கிடப்பட்டது

பட்டை இடைவெளி ஆற்றல் மதிப்பானது அவற்றுடன் தொடர்புடைய உறிஞ்சுதல் விளிம்பு (absorption edge) நிலையிலிருந்து (375 nm) சுமார் 3.3 eV என கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. மேலும் ஹெலிங்கின் அனுபவ சூத்திரத்தை (Helingon embrical formula) (24) பயன்படுத்தி துகளின் விட்டமானது (particle radius, 2R) உறிஞ்சுதல் விளிம்புநிலையை பயன்படுத்தி (375 nm). அவற்றின் அளவுகள் சுமார் 5 nm ஆகும், இது XRD மற்றும் TEM முடிவுகளைப் பயன்படுத்தி கணக்கிடப்பட்ட துகள் அளவுடன் ஒத்து போகிறது.

3.2.2. நிறமாலை ஒளிர்வுமானம் (Spectro fluoro meter):

படம் 7. உமிழ்வு நிறமாலை (A) மூடப்படாத CdS மற்றும் (B) பல்படிபொருள் மூடிய CdS துணுக்கப் புள்ளிகளை காட்டுகிறது. துணுக்கப் புள்ளிகளின் உமிழ்வு நடத்தையானது (emission activity) ஒளிமின்னழுத்த அவற்றை ஒத்த பட்டை இடைவெளி ஆற்றல் மதிப்பினை பயன்படுத்தி (3.3 eV, 375 nm) கிளர்ச்சி யூட்டப்பட்டு (excited) கண்டறியப்பட்டது.

மூடப்படாத CdS துணுக்கப் புள்ளிகளிலிருந்து பரந்த பச்சைமஞ்சள் (broad greenish yellow) உமிழ்வு இயல்பு நிலையை காட்டுகிறது அதிகபட்ச உமிழ்வுதன்மையை 528 nm. இது எலக்ட்ரான்/ஹோல் இணைவு (electron-hole recombination) பொறிநிலை (trap states) அல்லது படிக்களின் மேற்பரப்பில் சல்பர் காலியிடங்களை கொண்டதன் காரணமாக உருவாகியுள்ளது. மேலும் மொத்த (bulk) CdS படி உமிழ்வு (600–650 nm. சிவப்பு உமிழ்வு) (25–27), ஒப்பிடும் போது இது நீலநிற நிலை மாற்றத்தை காட்டுகிறது. பல்படிபொருள் மூடிய CdS துணுக்கப் புள்ளிகளிலிருந்து பரந்த பச்சைமஞ்சள் உமிழ்வு இயல்பு நிலையை காட்டுகிறது, அதே நேரத்தில் அவற்றின் உமிழ்வு நடத்தை தணிக்கப்பட்டு (quenched) மாற்றப்பட்டுவிட்டது.

இது துணுக்கப் புள்ளிகளின் மேற்பரப்பு மந்தமாக்கல் விளைவு (surface passivation effect) காரணமாக ஏற்படுகிறது. மேலும், இது நீலநிற உமிழ்வுதன்மையை மேம்படுத்துகிறது. ஏனெனில், உருவான சிறிய அளவிலான துணுக்கபுள்ளிகளானது பல்படி பொருளினால் சுற்றி மூடப்பட்டுள்ளது. இங்கு குறைபாடு/காலிநிலை (defect/vacancy) தன்மையானது குறைக்கப்பட்டுள்ளது (28–29).

முடிவுரை:

சுற்றுச்சூழல் நட்பு புதிய தொகுப்பு வழி முறையைப் பயன்படுத்தி காட்மியம் சல்பைடு (CdS) துணுக்கபுள்ளிகளை அறை வெப்பநிலையில் மூடப்படாத மற்றும் பாலிமர் மூடிய CdS துணுக்கப் புள்ளிகளை வெற்றிகரமாக தயாரித்துள்ளோம். மேலும் அவைகளின் கட்டமைப்பு மற்றும் ஒளியியல் பண்புகளானது X-கதிர் விளிம்பு விளைவு (XRD), செலுத்தும் மின்னணு நுண்ணோக்கியல் (TEM), ஃபூரியர் உருமாற்று அகச்சிவப்பு நிறமாலை (FTIR), புற ஊதா பகுதி-கட்புல (UV-VIS) மற்றும் ஒலிமுறை ஒளிர்வு (PL) நுட்பங்கள் மூலம் ஆராயப்பட்டன. XRD பகுப்பாய் விலிருந்து, ஒரு கன-அறுகோண படிக அமைப்பு கண்டறியப்பட்டது. TEM பகுப்பாய்விலிருந்து, கோள வடிவமாக வளர்ந்துள்ள வடிவ மேற்பரப்பு உருமாற்றம் காணப்பட்டது. அவைகளின் அளவுகள் 3-5 nm வரை வளர்ந்துள்ளன. FTIR பகுப்பாய்விலிருந்து, எல்-சிஸ்டேன் மற்றும் CdS துணுக்கப் புள்ளிகள் ஆகியவற்றுக்கு இடையே யான வேதிவினைதொடர்பு உறுதிப்படுத்தப்

பட்டது. UV பகுப்பாய்விலிருந்து, துணுக்கதடுப்பு விளைவு காரணமாக ஒரு மேம்பட்ட உறிஞ்சுதல் இயல்பு தன்மை ஏற்பட்டுள்ளது. PL பகுப்பாய் விலிருந்து, சிறிய அளவிலான துகள்கள் வளர்ந்ததன் காரணமாக நீல உமிழ்வு நோக்கிய நடத்தை மாற்றம் காணப்பட்டது. எனவே, தயாரிக் கப்பட்ட CdS துணுக்கப் புள்ளிகளானது ஒளி-மின்னணு மற்றும் உயிர்-படிவமாக்கல் பயன்பாடு களுக்கு நன்கு ஏற்றதென கருதுகிறோம்.

ஒப்புக்கை:

முனைவர். வி. பி. தேவராஜன் அவர்கள் பேராசிரியர் முனைவர். டி. மங்கலராஜ் முன்னாள் துறைத்தலைவர், நானோ அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்பம்) மற்றும் முனைவர். கே. கதிர்வெல் (இணை இயக்குனர், DRDO-BU CLS), பாரதியார் பல்கலைக்கழகம், கோயம்புத்தூர்-641 046, தமிழ்நாடு, இந்தியா, ஆகியோருக்கு கருவி வசதிகள் பயன்படுத்த அனுமதி வழங்கியதற்காக நன்றி தெரிவித்துக் கொள்கிறார்.

மேற்கோள்கள் :

1. A. Onoda, T. Himiyama, K. Ohkubo, S. Fukuzumi, T. Hayashi Chem. Commun., 48 (2012) 8054-8056.
2. A. Eychmüller, A. L. Rogach Pure Appl. Chem., 72 (2000) 179-188.
3. P. V. Kamat J. Phys. Chem. B, 106 (2002) 7729-7744.
4. P. Alivisatos Nat. Biotechnol., 22 (2004) 47-52.
5. M. N. Kalasad, M. K. Rabinal, G. Mulimani J. Phys. D: Appl. Phys., 43 (2010) 305301 (7pp).
6. D. Wang, D. Li, L. Guo, F. F. Z. Zhang, Q. Wei J. Phys. Chem. C, 113 (2009) 5984-5990.
7. A. M. Laera, V. Resta, M. C. Ferrara, M. Schioppa, L. Tapfer J. Nanopart. Res., 13(2011) 5705-5717.
8. C. F. Wang, Y. P. Cheng, J. Y. W. D. Zhang, L. R. Hou, S. Chen Colloid. Polym. Sci., 287 (2009), 829-837.
9. M. Tamborra, M. Striccoli, R. Comparelli, M. L. Curri, A. Petrella, Nanotechnol., 15 (2004) S240-S244.
10. V. P. Devarajan, D. Nataraj, T. Pazhanivel, K. Senthil, Mater. Chem., 22 (2012) 18454-18462.
11. S. Karan, M. Majumder, B. Mallik Photochem. Photobiol. Sci., 11 (2012) 1220-1232.

12. P.Q. Zhao, S.J. Xiong, X.L. Wu, P.K. Chu Appl. Phys. Lett., 100, 171911 (2012)
13. A.K. Kole, P. Kumbhakar Results in Phys., 2 (2012)150-155
14. D.B. Cullity Elements of X-Ray Diffraction, Addison-Wesley Publishing Company, UK, 2, pp. 107, ISBN-13:
15. J.I. Langford, A.J.C. Wilson J. Appl. Cryst., 11 (1978)102-113
16. Nagarajan, Hatton, Nanoparticles: Synthesis, Stabilization, Passivation and Functionalization, ACS Symposium Series; American Chemical Society, Washington, 2008.
17. N. Faleni, M.J. Molot Inter. J. Res. Rev. Appl. Sci., 14 (2013)127-135
18. P.P. Favero, M. de Souza-Parise, J.L.R. Fernandez, R. Miotto Braz. J. Phys. 36 (2006) 1032.
19. T. Pazhanivel, D. Nataraj, V.P. Devarajan, V. Mageshwari, K. Senthil, D. Soundararajan Anal. Methods, 5 (2013) 910-916
20. A. Priyam, A. Chatterjee, S. K. Dass and A. Saha Res. Chem. Intermed., 31 (2005)691
21. S. Wang and D. Du Sensors, 2(2002) 41
22. S. K. Kailasa, and H. F. Wu Analyst, 135 (2010)1115
23. D. Kim, T. Mishima, K. Tomihira, M. Nakayama J. Phys. Chem. C, 112 (2008) 10668-10673.
24. S.S. Liji Sobhana, M. Vimala Devi, T.P. Sastry, Asit Baran Mandal J. Nanopar. Res. 3 (2011) 1747-1757.
25. N. Chestnoy, T. D. Harris, R. Hull, L. E. Brus J. Phys. Chem. 90 (1986) 3393.
26. M.P. Moloney, Y. K. Gunko, J. M. Kelly Chem. Commun., 38 (2007) 3900-3902.
27. K. T. Yong, Y. Sahoo, M. T. Swihart, P. N. Prasad J. Phys. Chem. C, 111 (2007) 2447-2458.
28. A. A. Vuyesteke, Y. T. Sihonen Phys. Rev., 113 (1959) 40.
29. S. Karan, B. Mallik J. Phys. Chem. C, 111(2007) 16734-16741.