

ساخت و مشخصه‌یابی نقاط کوآنتومی سلنید کادمیوم (CdSe) به‌منظور

افزایش بهره سلول‌های خورشیدی

گیتا رضایی^۱، سیده زهرا مرتضوی^{۱*}، صغری میرارشادی^۲، علی ریحانی^۱

^۱ گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

^۲ دانشکده مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده

نقاط کوآنتومی سلنید کادمیوم به‌روش شیمیایی در اندازه‌های مختلف تولید شدند که بدین ترتیب نقاط مذکور می‌توانند برای جذب ناحیه گسترده‌ای از طیف خورشید مورد استفاده قرار گیرند. ویژگی‌های نوری این نقاط با استفاده از طیف سنج‌های فرابنفش مرئی (UV-Vis) و فوتولومینسانس بررسی شدند. نتایج طیف‌های جذب و گسیل، یک جابجایی قرمز را با افزایش اندازه نقاط نشان می‌دهد. همچنین برای بررسی مورفولوژی نانوذرات تولید شده از میکروسکوپ الکترونی عبوری استفاده گردید. سپس برای بررسی تغییرات جریان-ولتاژ (I-V)، این نقاط به‌روش قطره چکانی بر روی یک سلول فوتولتائی سیلیکونی با بهره مشخص لایه‌نشانی شدند. نقاط کوآنتومی سلنید کادمیوم بهره سلول‌های فوتولتائی سیلیکونی را بسته به اندازه قطرشان افزایش دادند. بررسی‌های انجام شده نشان داد که این نقاط می‌توانند بهره سلول خورشیدی را تا اندازه ۱۸/۷۸٪ نسبت به قبل افزایش دهد.

کلیدواژگان: نقاط کوآنتومی سلنید کادمیوم، سلول‌های فوتولتائی، متمرکز کننده‌های خورشیدی نورزا.

مقدمه

کادمیوم به‌این خاطر که با تغییر اندازه ذره، اندازه نوار انرژی آنها تغییر می‌کند و تمام طیف نور مرئی را در بر بگیرد و همچنین به‌خاطر پیشرفت‌هایی که در روش سنتز این نقاط به‌دست آمده است، یکی از مهم‌ترین گزینه‌ها در حوزه کاربرد نانو ذرات نیم‌رسانای کلئیدی گروه II-VI می‌باشند. ارتفاع بین سطوح انرژی به‌طور معکوس با اندازه نقاط تغییر می‌کند [۲]. این نقاط می‌توانند برای بسیاری از اهداف نوری و الکتریکی همچون متمرکز کننده‌های خورشیدی نورزا (LSCs)

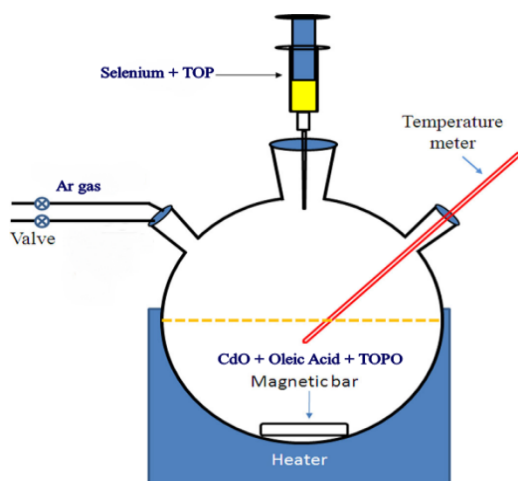
در سال‌های اخیر نقاط کوآنتومی نیم‌رسانای کلئیدی توجه زیادی را برای کاربرد در زمینه‌های مختلف فناوری به‌خود جلب کرده است. گسیل وابسته به اندازه نقاط کوآنتومی از مهم‌ترین ویژگی‌های این نیم‌رساناست [۱]. به‌خاطر وجود اثر انحصار کوآنتومی، این نقاط ویژگی‌های نوری منحصر به‌فردی از خود نشان می‌دهند که برای استفاده در تجهیزات فوتولتائی، دیودهای نور-گسیل، تصویر برداری‌ها و تشخیص‌های پزشکی سودمند می‌باشند. نقاط کوآنتومی سلنید

* نویسنده مسئول: z.mortazavi@sci.ikiu.ac.ir

با ابعاد مختلف به دست آورد و بدین ترتیب ناحیه جذب گسترده‌ای از طیف خورشید را فراهم نمود و بهره سلول‌های خورشیدی را افزایش داد. بررسی طیف‌های فرابنفش-مرئی و فوتولومینسانس نقاط کوانتومی سلنید کادمیوم نشان داد که با افزایش اندازه ذرات یک جابجایی قرمز در ناحیه مرئی رخ می‌دهد. سپس برای بررسی تأثیر نقاط کوانتومی مذکور بر بازده سلول‌های خورشیدی، این نقاط به روش قطره چکانی بر روی یک سلول فوتولتائی سیلیکونی با بهره مشخص لایه‌نشانی شدند و نمودار جریان-ولتاژ (I-V) آنها ثبت گردید. نقاط کوانتومی سلنید کادمیوم بهره سلول‌های فوتولتائی سیلیکونی را بسته به اندازه قطرشان افزایش دادند.

سنتز نقاط کوانتومی سلنید کادمیوم به روش شیمیایی

نقاط کوانتومی سلنید کادمیوم به روش شیمیایی سنتز شده‌اند. طرح‌واره از روش فوق جهت سنتز نقاط کوانتومی سلنید کادمیوم در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱. طرح‌واره روش سنتز نقاط کوانتومی سلنید کادمیوم.

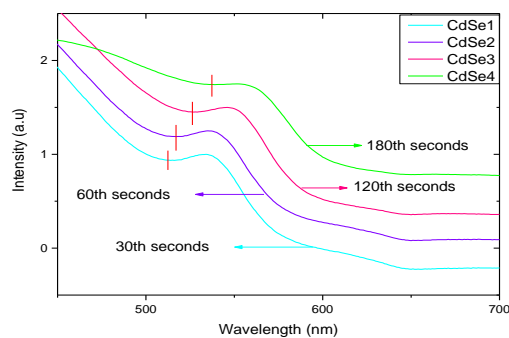
استفاده شوند. متمرکز کننده‌های خورشیدی لومینسانس شامل یک فیلم شفاف هستند که مراکز نوری فعالی را در بر می‌گیرد به طوری که با قرار گرفتن در معرض نور خورشید، قسمتی از پرتو جذب شده را به یک طول موج گسیلی مشخص تبدیل می‌کنند. LSCها مکمل‌های مقرون به صرفه سلول‌های نیم‌رسانای فوتولتائی‌اند که می‌توانند بهره سلول‌های خورشیدی را افزایش دهند [۳و۴]. یکی از ماده‌های امید بخش در بین نیم‌رساناها نقاط کوانتومی سلنید کادمیوم است که گزینه‌ای مناسب برای کاربردهای گسیل وابسته به اندازه می‌باشد. با یک مرحله سنتز ساده می‌توان نقاط کوانتومی CdSe را در اندازه‌های مختلف به دست آورد. نقاط کوانتومی سلنید کادمیوم (CdSe) به خاطر ویژگی‌های منحصر به فرد نوری و الکتریکی وابسته به اندازه تا کنون توجه زیادی را به خود جلب کرده است. تا کنون افراد زیادی به ساخت نقاط کوانتومی سلنید کادمیوم و بررسی ویژگی‌های نوری و ساختاری و همچنین تأثیر نوع پیش ماده بر این ویژگی‌ها پرداخته‌اند [۵-۸]. همچنین ویژگی‌های وابسته به اندازه و تأثیرات محیط و روش سنتز بر روی عملکرد کوانتومی طیف فوتولومینسانس نقاط کوانتومی سلنید کادمیوم مورد بررسی قرار گرفته است [۹-۱۳]. در این گزارش علاوه بر سنتز نقاط کوانتومی CdSe به روش شیمیایی در اندازه‌های مختلف و مطالعه ویژگی‌های طیف جذب و گسیل، افزودن این نقاط بر سطح سلول‌های خورشیدی سیلیکونی و تأثیر آن بر بهره سلول‌های مذکور پرداخته شده است که تاکنون گزارش مشابهی در این زمینه دیده نشده است. مزیت این روش سنتز به کار رفته این است که می‌توان در یک مرحله با کنترل زمان، نقاط کوانتومی

ویژگی‌های نوری و مشخصه‌یابی نقاط کوآنتومی سلنید کادمیوم

طیف‌های فوتولومینسانس و جذب فرابنفش-مرئی از هر نمونه در دمای اتاق تهیه شده است. طیف‌های جذب نوری با طیف سنج فرابنفش-مرئی Shimadzu UV-2450 در بازه طیفی ۲۰۰-۸۰۰ نانومتر تهیه شده است. بررسی‌های لومینسانس با استفاده از طیف‌سنج JASCO FP 6200 انجام شده است. در ادامه سلول‌های خورشیدی سیلیکونی تجاری موجود در بازار، با حضور نقاط کوآنتومی سنتز شده به‌عنوان متمرکز کننده و عدم حضور آنها، تحت تابش یک نوع لامپ رشته‌ای با طیفی نزدیک به طیف خورشید قرار گرفته و منحنی‌های جریان-ولتاژ آنها ثبت گردید.

طیف سنجی فرابنفش-مرئی (UV-Vis)

شکل ۲ طیف جذب فرابنفش-مرئی محلول‌های نقاط کوآنتومی سلنید کادمیوم با اندازه‌های مختلف را نشان می‌دهد که در زمان‌های متفاوت در یک مرحله آزمایش انجام شده است.



شکل ۲. طیف جذب فرابنفش مرئی نقاط کوآنتومی سلنید کادمیوم برحسب زمان نمونه‌گیری بعد از اضافه کردن محلول سلنیوم-تری اکتیل فسفین به مخلوط کادمیوم.

موادی که برای سنتز این نقاط مورد استفاده قرار گرفته است عبارتند از:

سلنیوم (Selenium black > 99% , Se)، تری اکتیل فسفین اکساید (TOPO, OP(C₈H₁₇)₃)، کلوروفرم (CHCl₃)، اسید اولئیک (C₁₈H₃₄O₂)، تری اکتیل فسفین (TOP, P(C₈H₁₇)₃) و کادمیوم اکسید (CdO) (brown, >98%) که به‌ترتیب زیر سنتز شده‌اند: مخلوط CdO (۰/۰۶۲ گرم)، اسید اولئیک (۰/۳۱ میلی مول) و تری اکتیل فسفین اکسید (۳/۶۷۸ گرم) در یک فلاسک سه دهانه تا دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد تحت گاز آرگون گرم شده است. زمانی که یک محلول شفاف به‌دست آمد، دمای محلول تا ۲۰۰ درجه کاهش یافته و محلولی از سلنیوم-تری اکتیل فسفین (۰/۰۱۴ گرم سلنیوم در ۳ml تری اکتیل فسفین) که تا دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد گرم شده است، به همان فلاسک اضافه شده و هنگامی که رنگ محلول داخل فلاسک تغییر کرد، نمونه برداری هر ۳۰ تا ۶۰ ثانیه، بسته به سرعت واکنش انجام شده است. نانو ذرات به‌دست آمده با استفاده از کلوروفرم با نسبت ۱ به ۳ رقیق شده‌اند و چهار نمونه زیر به‌دست آمده است: (4) CdSe و (1) CdSe (2) CdSe (3) که به‌ترتیب مربوط به زمان‌های ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ ثانیه بعد از اضافه کردن محلول سلنیوم می‌باشند. برای بررسی مورفولوژی نانوذرات تولید شده از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) مدل Philips, CM30 با ولتاژ ۱۵۰ کیلو ولت استفاده شده است.

سلنیوم تری اکسید فسفین به مخلوط کادمیوم ۵۱۲ نانومتر، در ۶۰ آمین ثانیه ۵۱۷ نانومتر، در ۱۲۰ آمین ثانیه ۵۲۷ نانومتر و برای ۱۸۰ آمین ثانیه ۵۳۹ نانومتر می باشد. با محاسبه انرژی مورد نیاز برای ایجاد اولین قله بیشینه در این طول موج ها و همچنین حل معادله ۱ و معادله ۲ برای نقاط کوانتومی سلنید کادمیوم سنتز شده، اندازه این نقاط مطابق جدول ۱- می باشد. همان طور که در جدول ۱- دیده می شود، اندازه تقریبی این ذرات در رده شعاع اکسیتون بوهر سلنید کادمیوم (۶ نانومتر) و حتی کوچکتر از آن می باشد. از این رو این نانوذرات نقاط کوانتومی با رژیم انحصار قوی می باشند. [۱۱]

جدول ۱. اندازه نقاط سنتز شده با استفاده از طیف های فرابنفش -

مرئی

نام نمونه ها	اندازه شعاع نمونه ها بر حسب نانومتر
CdSe 1	۲,۳۰۷
CdSe 2	۲,۳۲۹
CdSe 3	۲,۴۱۱
CdSe 4	۲,۵۱۳

با

گذشت زمان واکنش، اندازه نقاط افزایش یافته است و قله های بیشینه جذب به سمت قرمز طیف نور فرابنفش - مرئی جابجا شده اند، که نشان از جذب وابسته به اندازه این نقاط می باشد.

می توان دید که نقاطی که در زمان های مختلف در یک مرحله آزمایش به دست آمده اند، رده جذب متفاوتی دارند. این به این معنی است که نقاط کوانتومی با اندازه های متفاوت دارای طول موج جذب متفاوتی هستند. نقاط کوانتومی بزرگتر سطوح انرژی بیشتری دارند که از نظر فضایی به هم نزدیک ترند. این به نقطه کوانتومی اجازه می دهد تا فوتون هایی با انرژی پایین تر، یعنی آنهایی که به انتهای قرمز طیف نزدیک ترند را جذب کنند.

با استفاده از طیف جذب نقاط سنتز شده در طیف سنجی فرابنفش - مرئی و حل معادله شرودینگر کروی برای انرژی اکسیتون جفت الکترون و حفره مطابق با معادله ۱ که توسط E. L. Brus پیشنهاد شده است، می توان اندازه تقریبی نانوذرات را به دست آورد [۱۴].

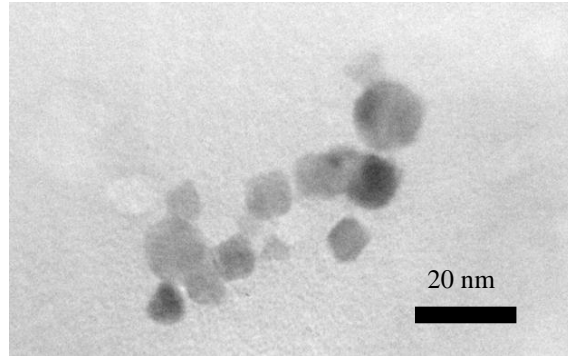
$$E_{ex} = \frac{h^2}{8R^2} \left(\frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_h} \right) \quad ۱$$

که در آن E_{ex} انرژی اکسیتون نقاط می باشد و از رابطه زیر به دست می آید.

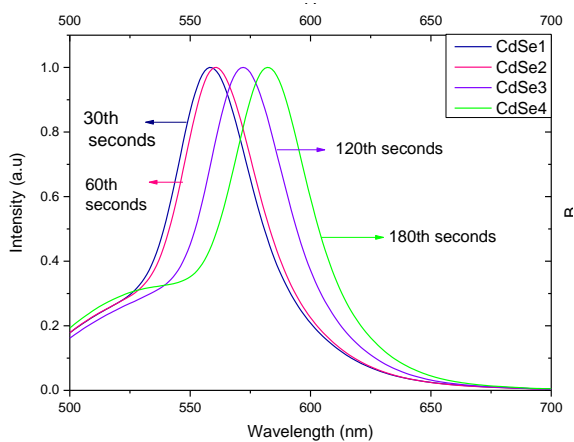
$$E_u = E_{ex} + E_g \quad ۲$$

E_g مقدار گاف انرژی سلنید کادمیوم در حالت توده ای است و مقدار آن ۱٫۷ الکترون ولت می باشد [۱۵]. همچنین E_u انرژی مورد نیاز برای ایجاد اولین قله بیشینه در طیف جذبی فرابنفش - مرئی این نقاط است. خطوط قرمز بر روی نمودارهای شکل ۲ طول موج هایی را نشان می دهد که در آنها نمونه آغاز به ایجاد اولین قله جذب بیشینه کرده است که این طول موج ها برای سی امین ثانیه بعد از اضافه کردن محلول

به سطوح انرژی نقاط کوآنتومی مربوط می‌شود. نوار انرژی که انرژی نور فلورسانس را اندازه می‌گیرد با انرژی نقطه کوآنتومی نسبت عکس دارد. با مقایسه قله‌های بیشینه این نقاط می‌توان دید با افزایش اندازه یک جابجایی قرمز در گسیل انرژی این نقاط اتفاق می‌افتد.



شکل ۳. تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نمونه CdSe 4.



شکل ۴. طیف فوتولومینسانس نقاط کوآنتومی سلنید کادمیوم با اکسیتون ۴۸۰ نانومتر.

همچنین با مقایسه طیف جذب نقاط کوآنتومی سلنید کادمیوم با طیف نورزایی این نقاط می‌توان دید این نقاط به‌عنوان مراکز فعال در متمرکزکننده‌های خورشیدی نورزا علاوه بر جذب نواحی مختلفی از طیف نور مرئی می‌توانند بخشی از نور مرئی را با طول موجی بزرگتر ساطع کرده و به جذب نور توسط زیر لایه‌های این نوع از سلول‌های خورشیدی کمک کنند.

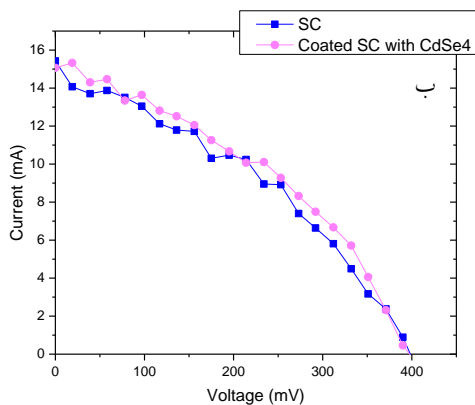
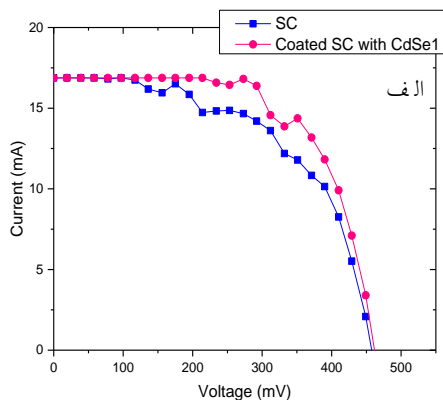
بررسی نمودارهای ولتاژ-جریان متمرکز کننده‌های خورشیدی نورزای نقاط کوآنتومی سلنید کادمیوم

با تاباندن نور بر متمرکز کننده‌های خورشیدی نورزای نقاط کوآنتومی سلنید کادمیوم با استفاده از یک لامپ رشته‌ای با طیفی مشابه به نور خورشید،

در ضمن جهت بررسی‌های بیشتر، به‌طور نوعی تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نمونه CdSe 4 در شکل ۳ آورده شده است که با مقادیر به‌دست آمده هم‌خوانی مناسبی دارد و می‌توان دید اندازه این ذرات در رده قطر اکسیتون بوهر سلنید کادمیوم (۱۲ نانومتر) می‌باشد که دلیل بر نقاط کوآنتومی بودن این نانو ذرات است [۱۱].

طیف سنجی فوتولومینسانس PL

طیف‌های فوتولومینسانس نقاط کوآنتومی CdSe1 تا CdSe 4، در شکل ۴ نشان داده شده‌اند. همان‌طور که از شکل برمی‌آید نقاطی که در زمان‌های مختلف نمونه برداری شده‌اند، دارای طول موج‌های نورزایی وابسته به اندازه‌اند. قله‌های بیشینه نورزایی (PL) این نقاط نشان می‌دهد که نقاط کوآنتومی از یک ماده با اندازه‌های متفاوت می‌توانند رنگ‌های مختلف نور را گسیل کنند. دلیل فیزیکی این اثر "انحصار کوآنتومی" این نقاط می‌باشد. طیف فلورسانس نقاط کوآنتومی بزرگتر گسیل انرژی پایینی را نشان می‌دهد. برعکس، نقاط کوآنتومی کوچکتر، نور آبی‌تری گسیل می‌کنند. رنگ نور مستقیماً



شکل ۵. نمودارهای ولتاژ-جریان سلول‌های پوشیده شده با الف) نقاط کوآنتومی CdSe1، ب) نقاط کوآنتومی CdSe4. منحنی‌های آبی مربوط به سلول خورشیدی سیلیکونی قبل از لایه‌نشانی است.

با محاسبه فاکتور پرشدگی و بهره متمرکزکننده‌ها مطابق جدول ۲ می‌توان دید که بهره سلول‌ها بعد از لایه‌نشانی با نقاط کوآنتومی CdSe افزایش می‌یابد. نقاط کوآنتومی CdSe 1 می‌توانند بازده سلول فوتوولتائی را حدود ۱۸٫۷۸٪ افزایش دهند. این مقدار برای سلولی که با CdSe 4 لایه‌نشانی شده است، حدود ۴٫۸۲٪ است. می‌توان این‌طور نتیجه گرفت که نقاط کوچکتر تأثیر بیشتری بر افزایش بهره سلول‌ها نسبت به نقاط بزرگتر دارند.

نمودارهای جریان-ولتاژ سلول‌های فوتوولتائی سیلیکونی و سلول‌های لایه‌نشانی شده با استفاده از نقاط کوآنتومی CdSe اندازه‌گیری شده است. زیر لایه‌های مورد استفاده که سلول‌های خورشیدی سیلیکونی می‌باشند با استفاده از نقاط کوآنتومی CdSe 4 و CdSe1 به‌روش قطره چکانی لایه‌نشانی شده‌اند. هر دو سلول با حدود ۰٫۲ میلی‌لیتر از محلول‌های نقاط کوآنتومی CdSe پوشیده شده است. شکل‌های ۵الف و ۵ب نمودارهای ولتاژ جریان دو سلول لایه‌نشانی شده با CdSe1 و CdSe2 را قبل و بعد از لایه‌نشانی را نشان می‌دهند.

فاکتور پرشدگی (FF) یک سلول خورشیدی نسبت بهره توان بیشینه واقعی سلول ($I_{mp} \times V_{mp}$) بر ($V_{oc} \times I_{sc}$) می‌باشد. فاکتور پرشدگی (FF) پارامتری کلیدی برای ارزیابی عملکرد سلول‌های خورشیدی است. از نظر نموداری، FF ناحیه‌ای از بزرگترین مستطیلی است که نمودار I-V را پر می‌کند. معادله ۳ یکی از روش‌های محاسبه فاکتور پرشدگی را نشان می‌دهد.

$$FF = \frac{I_{mp} \times V_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (3)$$

که در آن V_{oc} ولتاژ مدار باز و I_{sc} جریان مدار کوتاه می‌باشد. [۳]

دارند، یعنی $CdSe$ 4 حدود ۴/۸۲ درصد به دست آمده است. این مقایسه نشان می‌دهد نقاط کوچکتر تأثیر بیشتری بر بهره سلول‌های خورشیدی نسبت به نقاط بزرگتر دارند. نقاط کوآنتومی سلنید کادمیوم با پایداری نوری مناسب و ویژگی‌های جذبی وابسته به اندازه دارای رده جذب گسترده و شدت نورتایی بالایی می‌باشند. تنها با تغییر اندازه این نقاط می‌توان با بخش زیادی از طیف نور خورشید همپوشانی داشت و بخش‌هایی از طیف خورشید را که سلول‌های سیلیکونی قادر به جذب آن نیستند را نیز جذب کرد. در حقیقت با افزایش اندازه نقاط کوآنتومی یک جابه‌جایی قرمز در طول موج جذب دیده می‌شود. اگر اندازه بلور کوچک باشد، گاف نواری بین بلندترین تراز ظرفیت و پایین‌ترین تراز رسانش افزایش می‌یابد و انرژی بیشتری برای برانگیختن نقاط مورد نیاز است و در نتیجه هنگامی که بلور به حالت پایه برمی‌گردد، انرژی بیشتری آزاد می‌گردد. مزیت اساسی این نقاط این است که با کنترل اندازه توانستیم ویژگی‌های نوری و رسانایی آنها را نیز کنترل کنیم.

مراجع

- [1] X. Peng, L. Qu, Control of photoluminescence properties of CdSe nanocrystals in growth, *Journal of the American Chemical Society* 124 (2002) 2049–2055.
- [2] S. Mahajan, M. Rani, R.B. Dubey, J. Mahajan, Synthesize of CdSe crystals using hot injection method, *International journal of latest research in science and technology* 2 (2013) 518-521.
- [3] S. Mirershad, S. Ahmadi kandjani, Efficient thin luminescent solar concentrator based on

جدول ۲. نتایج بررسی‌های ولتاژ-جریان متمرکزکننده‌های خورشیدی نورزای نقاط کوآنتومی سلنید کادمیوم.

Samples	Fill Factor	$\eta_{relative}$
SC 1	۲۱,۲۲۸۴	۱,۱۸۷۸
LSC 1: SC1 Coated with CdSe 1	۲۵,۲۱۱۵	
SC 2	۱۱,۲۸۱۲	۱,۰۴۸۲
LSC 2: SC2 coated with CdSe 4	۱۱,۸۲۵۱	

بحث و نتیجه‌گیری

نقاط کوآنتومی سلنید کادمیوم به‌روش شیمیایی و در اندازه‌های مختلف با موفقیت سنتز شدند. چهار نمونه با ویژگی‌های نوری متفاوت و ناحیه طیف جذبی فرابنفش-مرئی و طیف فوتولومینسانس وابسته به اندازه به دست آمده است. مزیت این روش این است که با هزینه کم و در یک مرحله سنتز می‌توان اندازه‌های مختلف را با کنترل زمان نمونه‌گیری به دست آورد. مزیت استفاده از اندازه‌های مختلف نقاط کوآنتومی سلنید کادمیوم این است که می‌توان بخش وسیعی از طیف جذب نور خورشید را با تغییر اندازه نقاط به دست آورد. با لایه‌نشانی اولین نقطه کوآنتومی (کوچکترین نقطه) و آخرین نمونه (بزرگترین نقطه کوآنتومی) به‌روش قطره چکانی بر روی سلول‌های فوتولتایی سیلیکونی با توان مشخص در یافتیم که نقاط کوآنتومی CdSe بهره سلول‌های خورشیدی را افزایش می‌دهند. این افزایش بهره برای نقاط کوچکتر یعنی CdSe 1 حدود ۱۸/۷۸ درصد و برای نقاطی که زمان بیشتری در واکنش شرکت داشته‌اند و در نتیجه اندازه بزرگتری

- [12] X. Luo, P. Liu, N.T.N. Truong, U. Farva, Ch. Park, Photoluminescence blue-shift of CdSe nanoparticles caused by exchange of surface capping layer, *The Journal of Physical Chemistry C* 115 (2011) 20817-20823.
- [13] B. Xing, W. Li, H. Dou, P. Zhang, K. Sun, Systematic study of the properties of CdSe quantum dots synthesized in Paraffin liquid with potential application in multiplex bio assays, *The Journal of Physical Chemistry C* 112 (2008) 14318-14323.
- [14] L. Brus, Electronic wave function in semiconductor clusters: experiment and theory, *The Journal of Physical Chemistry* 90 (1986) 2555-2560.
- [15] P. Kwizera A. Angela, M. Wekesa, Md. J. Uddin, M. M. Shaikh, Synthesis and characterization of CdSe quantum dots by UV-Vis spectroscopy, Macro to nano spectroscopy, InTech, Croatia, (2012).
- organometal halid perovskite, *Dyes and Pigments* 120 (2015) 15-21.
- [4] F. Meinardi, A. Colombo, K.A. Velizhanin, R. Simonutti, M. Lorenzon, L. Beverina, R. Viswanatha, V.I. Klimov, S. Brovelli, Large-area luminescent solar concentrators based on 'Stokes-shift-engineered' nanocrystals in a mass-polymerized PMMA matrix, *Nature photonics* (2014) 392-399.
- [5] Gh.R. Amiri, S. Fatahian, S. Mahmoudi, Preparation and optical properties assessment of CdSe quantum dots. *Material Science and Application* 4 (2013) 134-137.
- [6] S. Mahajan, M. Rani, R.B. Dubey, J. Mahajan, Characterization and properties of CdSe Quantum Dots. *International Journal of Research in Science and Technology* 2 (2013) 457-459.
- [7] K. Yu, B. Zaman, Sh. Singh, D. Wang, J.A. Ripmeester, The effect of dispersion media on photoluminescence of colloidal CdSe nanocrystals synthesized from TOP, *Chemistry of Materials* 17 (2005) 2552-2561.
- [8] K. Yu, Sh. Singh, N. Patrito, V. Chu, Effect of reaction media on the growth and photoluminescence of colloidal CdSe nanocrystals, *Langmuir* 20 (2004) 11161-11168.
- [9] J.B. Hoffman, H. Choi, P.V. Kamat, Size-dependent energy transfer pathways in CdSe quantum dot-squaraine light-harvesting assemblies: Förster versus Dexter, *The Journal of Physical Chemistry C* 118 (2014) 18453-18461.
- [10] C.d.M. Donegá, S.G. Hickey, S.F. Wuister, D. Vanmaekelbergh, A. Meijerink Single step synthesis to control the photoluminescence quantum yield and size dispersion CdSe nanocrystals, *The Journal of Physical Chemistry B* 107 (2003) 489-496.
- [11] C. Landes, C. Burda, M. Braun, M.A. El-Sayed, Photoluminescence of cdse nanoparticles in the presence of a hole acceptor: n-Butylamine, *The Journal of Physical Chemistry B* 105 (2001) 2981-2986.

Synthesis and characterization of CdSe QDs for enhancing solar cell efficiency

Gita Rezaee¹, Seyedeh Zahra Mortazavi^{1,*}, Soghra Mirershadi², Ali Reyhani¹

¹ Department of Physics, Faculty of science, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

²Engineering Department, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Abstract

Cadmium Selenide quantum dots are synthesized by a chemical method in various sizes. These CdSe quantum dots can be used in adsorption of wide range of solar spectrum. The optical properties of these QDs are characterized by ultraviolet-visible and photoluminescence (PL) spectroscopies. The results of absorption and emission spectroscopies show a red shift by increasing the size of QDs. Moreover, transmission electron microscopy (TEM) is applied for investigating morphology of the nanoparticles. Then CdSe QDs are coated on a Si PV cell with a specific efficiency by drop casting method for I-V characterization. It is found that the CdSe QDs can enhance the efficiency of Si PV cells depending on the nanoparticle size. Studies show that these QDs can increase the efficiency of solar cells about 18.78 % compared to uncoated cell.

Keywords: Cadmium Selenide quantum dots, Photo voltaic cell, luminescent solar concentrator

* Corresponding Author: z.mortazavi@sci.ikiu.ac.ir