بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و سیزدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران.
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

کد مقاله : ۱-۱۹۵۴-۱۰-A

بررسی خواص اپتیکی نانوذرات نورتاب CdS، CdS:Sn و CdS:Al تولیدشده با روش برهمکنش پلاسما-مایع

مهدی شریعت

گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ولی‌عصر(عج)، رفسنجان، m.shariat@vru.ac.ir

چکیده - در این پژوهش خواص اپتیکی از جمله نورتابی و جذب نقاط کوانتمی کادمیوم سولفید (CdS) خالص و کادمیوم سولفید آلاییده شده به قلع وآلومینیوم مورد بررسی قرار گرفت. این نانوساختارها با روش برهمکنش پلاسما با مایع در دمای اتاق تولید شده‌اند. با استفاده از آنالیزهای فوتولومینسانس (PL)، جذب (UV-Vis) و میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی مشخصات اپتیکی و ریخت‌شناسی نانو مواد تولیدشده با پلاسما بررسی شد. دریافت شد که نانو ساختارهای CdS آلاینده شده به مقدار مشخصی از ناخالصی آلومینیوم و قلع به‌مراتب نورتابی بهتری دارند و همچنین نانو ساختارهای تولیدشده با روش پلاسما با این در صد ناخالصی کمترین لبه جذب را دارند.

.کلید واژه- نقاط کوانتمی ، فوتولومینسانس ، کادمیوم سولفید ، برهمکنش پلاسما با مایع

Investigation of optical properties of CdS, CdS:Sn and CdS:Al nanoparticles produced by plasma-liquid interactions

Mahdi Shariat

Department of Physics, Faculty of Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran

Abstract- In this work, optical properties of Undoped, doped Sn and doped Al CdS quantum dots (QDs) were studied. These nanostructures successfully prepared with plasma-liquid interactions (PLI) in room temperature. The fabricated CdS, CdS:Sn and CdS:Al QDs were characterized by field emission scanning electron microscopy(FESEM), photoluminescence (PL) and UV-Vis absorption spectroscopy. Increasing the Sn and Al concentration, PL analysis confirmed that the optimal PL intensity took place at 0.75% and 1% concentration, respectively. In these impurity concentrations, the absorption edge both is moved to its maximum red shift comparing with undoped CdS QDs, henceforth absorption spectra are blue shifted.

Keywords: quantum dots, photoluminescence, CdS, plasma-liquid interactions

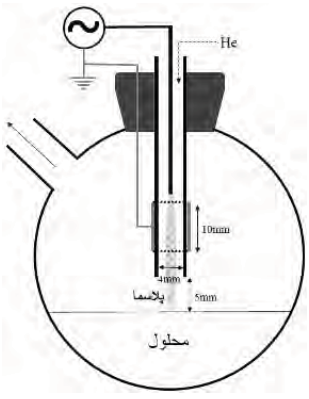
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

مقدمه

نیم‌رساناها با دارا بودن پهنای گاف انرژی بین ۰.۵ تا ۳ev مواد ایده‌الی برای استفاده در زمینه‌های مختلف اپتیک می‌باشند. کادمیوم سولفید (CdS) یکی از مهم‌ترین نیم‌رساناهای گروه II-VI است و دارای پهنای گاف مستقیم در حدود ۲.۴۲ev در دمای اتاق می‌باشد. نانومواد CdS به دلیل خواص الکتریکی و اپتیکی منحصر به فرد شانبه طور گسترده در حسگرهای نوری، دستگاه‌های الکتریکی نور تاب، سلول‌های خورشیدی و دیودهای نور گسیل مورد استفاده قرار می‌گیرد.[۱-۲] وارد کردن یک سری ناخالصی‌های فلزی از جمله قلع و آلومینیوم در نانوذرات نیم‌رسانایCdS باعث بهبود خواص اپتیکی این نانوذرات می‌شود. در سال‌های اخیر از روش برهمکنش پلاسما با مایع (PLI) برای سنتز نانومواد رسانا و نیم‌رسانا استفاده شده است. [۳] در این روش پلاسما درتماس با مایع قرار می‌گیرد. و گونه‌های فعال پلاسما واکنش‌های داخل مایع را برای تشکیل نانوساختارها مورد نظر پیش می‌برد. در این کار، نانو مواد نورتاب شامل کادمیوم سولفید، کادمیوم سولفید آلاییده شده با قلع (CdS:Sn) و کادمیوم سولفید آلاییده شده با آلومینیوم (CdS:Al) با روش PLI تولید شد. و مشخصات اپتیکی آنها بررسی شد.

مواد و روش کار

شکل ۱، راکتور پلاسمایی که شامل جت پلاسمایی غیرحرارتی، منبع تغذیه و محفظه محلول پیش ماده است را نشان می‌دهد. جت پلاسمایی از دو الکترود و یک لوله کوارتزتشکیل می‌شود. الکترود ولتاژ، یک میله استیل با قطر ۱mm که در مرکز لوله کوارتز قرار دارد، می‌باشد. در نزدیک انتهای لوله یک نوار مسی به عرض ۱۰ mm به‌عنوان الکترود گراند، آن را احاطه می‌کند. یک منبع تغذیه AC با فرکانس ۱۸ kHz و ولتاژ ۶kV جت پلاسما را تغذیه می‌کند. از گاز هلیوم با نرخ شار ۲SLPM برای تولید پلاسما در فشار اتمسفری استفاده می‌شود. این جت در محفظه شیشه‌ای همراه با محلول به طوری قرار می‌گیرد که پلاسما در تماس با سطح محلول باشد. این محلول آبکی شامل ۳۵mgr از$CdSO_4$،۱۲۸mgrاز $Na_2S_2O_3$، ۱۰۰۰ lμ تری‌گلیکولیکاسید(TGA)، ۲۰ cc آب دیونیزه و غلظت‌های مختلف $SnCl_4$یا$Al(NO_3)_3$ به عنوان ناخالصی می‌باشد. این غلظت‌ها مختلف از درصد وزنی مختلف پیش ماده ناخالصی به منبع کادمیوم$CdSO_4$ حاصل می‌شود. در کار قبلی نانو ذرات خالص CdS به تنهایی در مدت زمان‌ها مختلف تولید شد و مشاهده شد که نانو ذرات تولید شده در زمان پلاسماتابی ۴۰ دقیقه بیشترین نورتابی را دارند و همچنین با استفاه از دوربین مادون قرمز دمای محلول بعد از ۴۰ دقیقه پلاسما تابی ۳۰ °C(نزدیک دمای اتاق) اندازه گیری شد[۳]. بنابراین در پژوهش حاضر از این زمان بهینه برای تمام نمونه‌ها استفاده شد. تصویربرداری میکروسکوپ الکترونیروبشی گسیل میدانی(FESEM) با دستگاه MIRA3 TESCNصورت می‌گیرد. و آنالیز فوتولومینسانس(PL) نانو ذرات تحریک شده با نور طول‌موج۲۵۴nm و جذب UV-Visآنها با طیف نگار AvaSpec-2048 TEC انجام شد.



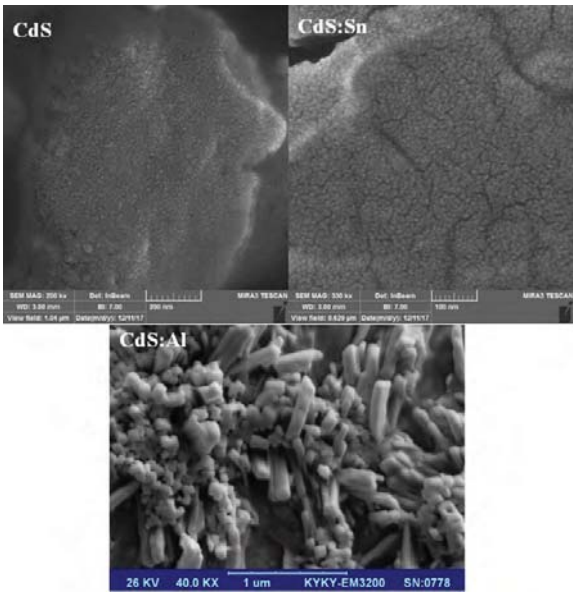
شکل۱: راکتور پلاسمایی

بحث و نتایج

شکل ۲ تصاویرFESEM از نانو مواد کادمیوم سولفید خالص و آلاییده شده به قلع (۰/۷۵٪) و آلومینیوم (۱٪) در

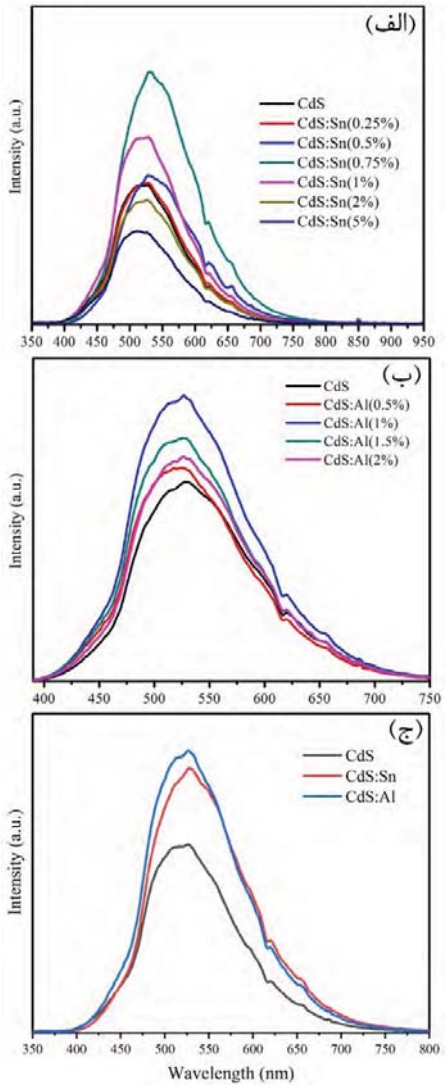
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

غلظت بهینه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشهود است ساختارهای تولیدشده با روش PLI نانومتر هستند. و همچنین مشاهده می‌شود نانو ذراتCdSو CdS:Sn سنتز شده با پلاسما تقریباً کروی شکل هستند. اما تصویر مربوط به CdS:Alتولیدشده با پلاسما ساختارهای نانو میله‌ای را نشان می‌دهند. که این بیان کننده این مطلب است که ناخالصی می‌تواند ساختار مواد تولیدشده در روش PLIرا تغییر دهد.



شکل۲: آنالیز FESEM از نانو ساختارهای تولیدشده با پلاسما

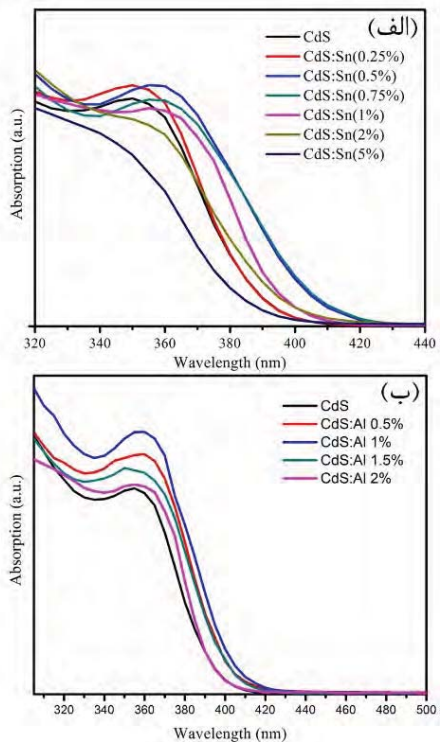
نانوذرات تولیدشده با پلاسما توسط غلظت‌های مختلفی از ناخالصی قلع و آلومینیوم آلاییده شده‌اند. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود طیف نورتابی این نانوساختارها شامل طیف گسترده در محدوده نور مرئی از ۴۰۰ تا ۷۵۰ nm می‌باشد.این طیف گسترده ممکن است ناشی از نقص‌ها، تله‌های سطحی و یا جای خالی گوگرد باشد. همچنین شدت طیفPLقویاً تحت تأثیر افزایش مقدار ماده ناخالصی قرار دارد. شدت طیفPL نمونه‌های تهیه شده با PLI برای هر دو ناخالصی قلع و آلومینیوم تا درصد مشخص، به ترتیب٪۰٫۷۵ و ۱٪ افزایش می یابد. و با افزایش ناخالصی از این مقدار مشخص، نورتابی کاهش می‌یابد که این کاهش می‌تواند مربوط به افزایش تله‌های غیر تابشی باشد. علاوه بر این مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت ناخالصی‌ها مکان قله‌ها کمی تغییر می‌کند که این نشان‌دهنده ماهیت استوکیومتری نقاط کوانتومی ناخالصی‌ها است که بر حضور یون‌های ناخالصی بر ساختار شبکه CdSتأکید دارد. علاوه بر این، مشاهده می‌شود که تاثیر ناخالصی فلز آلومینیوم نسبت به قلع بر نورتابی نانومواد CdS بیشتر است (شکل ۳ج).



شکل۳: طیف نورتابی نانو مواد (الف) CdS:Sn ، (ب) CdS:Al و (ج) مقایسه آنها

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

شکل ۴ طیف جذب نانوذرات CdS آلاییده شده با درصدهای مختلف از ناخالصی‌های قلع و آلومینیوم را نشان می‌دهد. در ابتدا با افزایش غلظت هر دو ناخالصی قلع و آلومینیوم تا مقدار بهینه،لبه جذب به سمت طول‌موج‌های قرمز جابه‌جامی‌شود. این می‌تواند مربوط به رشد نقاط کوانتومی با افزایش غلظت ناخالصی باشد. سپس برای غلظت‌های ناخالصی بیش از مقدار بهینه جذب نانو ذرات به‌تدریج به سمت طول‌موج‌های آبی جابه‌جامی‌شود. این حقیقت می‌تواند ناشی از عناصر ناخالصی باشد که معمولاً منجر به افزایش غلظت الکترون آزاد می‌شود. و نشان می‌دهد که یون‌های ناخالصی Sn^{+4}و Al^{+3}به‌جای یون‌های کاتیون Cd^{+2}جایگزین شده است.



شکل۴: طیف جذب نانو ساختار (الف) CdS:Sn و (ب) CdS:Al

نتیجه‌گیری

با روش تزریق پلاسما در مایع نانو ذرات نورتاب کادمیوم سولفید خالص، کادمیوم سولفید آلاییده شده با قلع و نانو میله‌های CdS:Al در دمای اتاق سنتز شد. با بررسی مشخصه نورتابی نانو ساختارهای تولیدشده دریافت می‌شود که وجود درصد مشخصی از ناخالصی‌های فلزی قلع (۰٫۷۵٪) و آلومینیوم (۱٪) می‌تواند شدت نورتابی را افزایش دهد. حضور این ناخالصی‌ها در ساختار CdS لبه جذب این ترکیب را به‌شدت تغییر می‌دهد.

سپاسگزاری

این کار با پشتیبانی همکاران جناب آقای دکتر مسعود کریمی‌پور و دکتر مهدی ملایی و خانم ریحانه شیدا در پژوهشکده نانو دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان انجام شد.

مرجع‌ها

[1] Alivisatos, A.P., Semiconductor clusters, nanocrystals, and quantum dots. science, 1996. 271(5251): p. 933-937

[2] Kortshagen, U., Nonthermal plasma synthesis of semiconductor nanocrystals. Journal of Physics D: Applied Physics, 2009. 42(11): p. 113001

[3] Shariat, M., M. Karimipour, and M. Molaei, Synthesis of CdS QuantumDots Using Direct Plasma Injection in Liquid Phase. Plasma Chemistryand Plasma Processing, 2017. 37(4): p. 1133-1147.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.