بیست و پنجمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و یازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شیراز،
شیراز، ایران.
۹-۱۱ بهمن ۱۳۹۷

ساخت دیود انتشار دهنده نور مبتنی بر نقاط کوانتومی

فرشته وهاب زاد[۱]، علی رستمی[۲،۱]، محبوبه دولتیاری[۲]

[۱]دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز

[۲]کمپانی ASEPE

چکیده – امروزه نقاط کوانتومی و ادوات مبتنی برآن از جمله دیود های نورگسیل به دلیل ویژگی های منحصربفردی چون قابلیت ساخت راحت، ارزان بودن، کیفت نور خروجی بالا و از همه مهمتر قابلیت مهندسی گاف انرژی به شدت مورد توجه دانشمندان حوزه اپتو الکترونیک قرار گرفته است. در این پژوهش با ساخت دیودهای نورگسیل با لایه گسیل نور نقطه کوانتومی CdSe/ZnS و CdSe/ZnO با ولتاژ روشن شدن ۲/۵ ولت به شدت نور خروجی ۵۹ lux/mm رسیده ایم. هم چنین قطعات ساخته شده ، پهنای باند ۸ مگا هرتز از خود نشان داده اند که برای استفاده در کاربردهای VLC برای انتقال دیتا مناسب می باشد.

کلید واژه- دیود انتشاردهنده نور- نقطه کوانتومی- بازترکیب الکترون و حفره-پاسخ فرکانسی

The fabrication of Quantum Dot based Light Emitting Diode

Fereshte Vahabzad[1], Ali Rostami[1,2], Mahboube Dolatyari[2]

[1]Faculty of electrical and computer engineering, Tabriz university,
f.vahabzad@gmail.com; rostami@tabrizu.ac.ir
[2]ASPE Company m.dolatyari@gmail.com

Abstract- Recently, light emitting diodes based on quantum dots (QD-LED) are significantly appealing due to their unique features in optoelectronic fields. Narrow emission spectra, the simple synthesis methods, the high output light quality and the most importantly, the ability of controlling the wavelength of the emitting photon with the size of QDs, are some of the unique properties of these devices. In this study, presented structures are based on CdSe/ZnS and CdSe/ZnO QDs. The fabricated structures have the 2.5V turn-on voltage and the output light intensity of 59 lux/mm. Also the devices have the bandwidth of 8 MhZ that can be used in the visible light communication (VLC) to transfer the data.

Keywords: light emitting diode- quantum dot- electron hole recombination-bandwidth

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

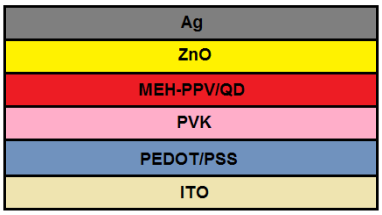
مقدمه

نقاط کوانتومی دسته ای از نانوذرات هستند که به دلیل ویژگی هایی نظیر روش ساخت راحت و ارزان و بازده لومینسانس بالا، قابلیت تولید نور در رنگ های مختلف بسته به سایز نانوذرات، در دیود های نور گسیل مورد استفاده قرار گرفته اند. ساز و کار تولید نور در این ادوات به این صورت است که با اعمال ولتاژ مناسب الکترون ها از کاتد به لایه انتقال دهنده الکترون (ETL) وارد شده و حفره ها نیز به همان طریق مشابه از طریق آند وارد لایه انتقال دهنده حفره (HTL) می شوند. حامل های بار از طریق لایه های انتقالی وارد ناحیه نقطه کوانتومی شده و در آن جا بازترکیب می شوند که منجر به تولید فوتون و گسیل نور می شود. مهمترین ویژگی نقاط کوانتومی در کنار روش تهیه ساده و کیفیت بالای نور، قابلیت تولید نور در طول موج ها و رنگ های مختلف با استفاده از یک ماده در ابعاد مختلف می باشد [۳-۱].

در این پژوهش ما ساختار هایی ارائه داده ایم که مبتنی بر نقاط کوانتومی هسته/پوسته CdSe/ZnO و CdSe/ZnS میباشد. دو قطعه تولیدی کاملا از نظر ساختار یکسان بوده و فقط از نظر همگن بودن نقاط کوانتومی متفاوت می باشند. لذا از این منظر می توان به بررسی خواص ناشی از تغییر همگن بودن نانوذرات پرداخت. قطعه سوم از نظر ساختار کمی متفاوت با دو قطعه قبلی بوده لذا می توان با مشخصه سنجی هایی نظیر جریان-ولتاژ، اندازه گیری پاسخ فرکانسی مدولاسیون و ...به بررسی خواص پرداخت.

روش تولید

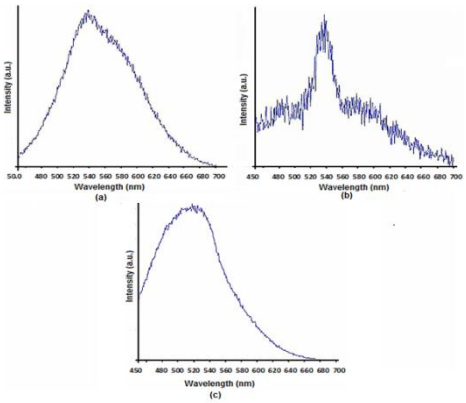
شماتیک کلی ساختار قطعات تولید شده در شکل (۱) آمده است. همانطور که مشخص است از ITO به عنوان آند استفاده شده است. یک لایه به ضخامت ۵۰ نانومتر از PEDOT:PSS به عنوان لایه انتقال دهنده حفره (HTL) به روش پوشش دهی چرخشی روی ITO لایه نشانی شده است. دو لایه QD هر کدام به ضخامت ۲۵ نانومتر نقاط کوانتومی CdSe با پوسته ZnO و یا ZnS به عنوان لایه گسیل نور ایجاد شده است. برای ساخت این دیود یک پوسته نسبتا ضخیم برای محدود کردن الکترون ها و حفره ها داخل لایه QD لازم است این در حالی است که ضخامت زیاد نیز مانع از بازده بالا می شود لذا پوسته با ابعاد متوسط حدود ۸ نانومتر سنتز شد [۳]. برای لایه انتقال دهنده الکترون (ETL) از ماده ZnO به ضخامت ۵۰ نانومتر استفاده شده است و در نهایت یک لایه Ag برای کانتکت کاتد روی لایه ETL ایجاد شده است. حامل های بار از طریق آند و کاتد وارد لایه ETL و HTL شده و از طریق آنها به لایه QD رسیده و در آنجا بازترکیب می شوند. بازترکیب الکترون ها و حفره ها منجر به تولید فوتون و گسیل نور می شود.



شکل ۱. ساختار کلی قطعات تولید شده

نتایج تجربی

نمودار فوتولومینسانس PL قطعات تولید شده در شکل (۲) مشاهده می شود. همان طور که مشاهده می شود پیک تمامی قطعات در حدود ۵۴۰ نانومتر می باشد.

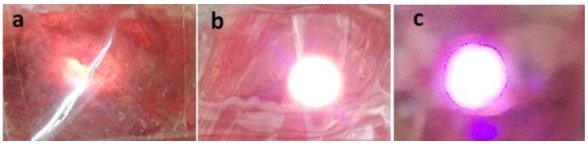


شکل ۲. نمودار فوتولومینسانس قطعات

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

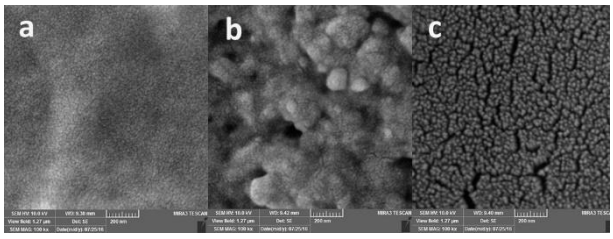
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

تصاویر مربوط به گسیل نور قطعات تولید شده در شکل (۳) آمده است. چنان چه مشاهده می شود، LED های تولید شده همگی دارای درخشندگی بالا می باشند به طوریکه بیشترین میزان درخشندگی اندازه گرفته شده ۵۹ lux/mm می باشد.



شکل ۳. نور خروجی ناشی از قطعات

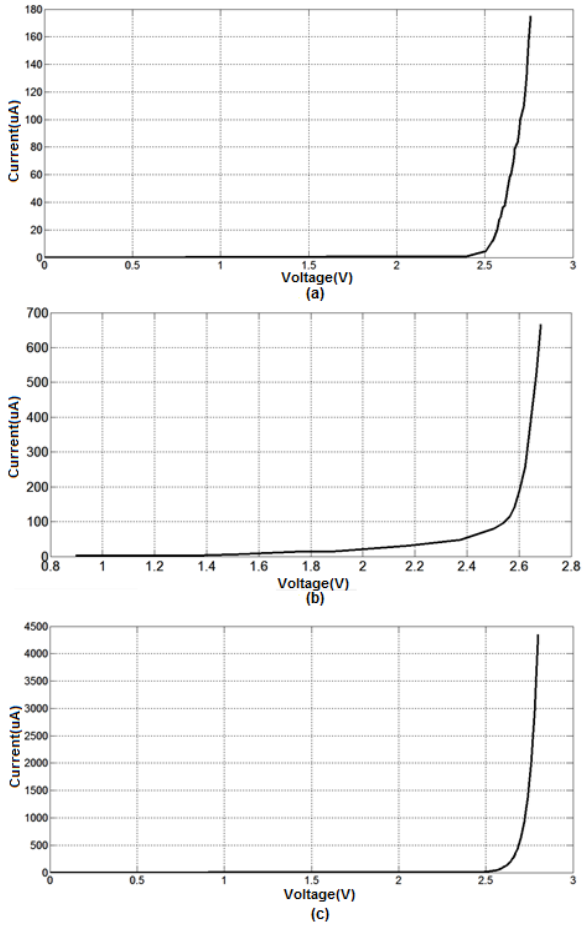
قطعه (a) مربوط به ساختار با نقاط کوانتومی CdSe/ZnS و ابعاد نقاط کوانتومی ۱۶/۱۰ نانومتر و قطعه (b) نیز با همان ساختار و ابعاد ۱۸ نانومتر می باشد. تفاوت دو ساختار با چشم پوشی از تفاوت بسیار اندک در سایز نانوذرات، در یکنواختی و توزیع همگن ذرات می باشد. این تفاوت و همچنین اندازه ابعاد از شکل (۴) که مربوط به میکروسکوپ الکترونی SEM می باشد بدست آمده است.



شکل ۴. شکل SEM برای لایه های کوانتومی

قطعه (c) نیز مربوط به ساختار با لایه نقاط کوانتومی به ضخامت ۲۰/۵۲ نانومتر و ساختار CdSe/ZnO می باشد.

مشخصه های جریان ولتاژ در شکل (۵) قابل مشاهده می باشد. ولتاژ روشن شدن و نقطه کار تمام قطعات تولید شده بین ۲/۲ تا ۲/۶ ولت می باشد. همچنین مشاهده می شود که در یک ولتاژ برابر به طور مثال در ولتاژ ۲/۷ ولت برای قطعات a و b و c میزان تقریبی جریان به ترتیب ۱۲۰، ۶۵۰ و ۱۵۰۰ میکرو آمپر می باشد. که این اختلاف به دلیل تفاوت در ساختار نانوذرات می باشد.



شکل ۵. مشخصه جریان ولتاژ

پاسخ فرکانسی

برای اندازه گیری پاسخ فرکانسی و پهنای باند مداری مطابق شکل (۶) آماده کردیم. ولتاژ DC اعمالی برای هر قطعه مربوط به نقطه کار آن می باشد. برای منبع AC نیز فرکانس اولیه روی ۵۰۰ KHz و دامنه ولتاژ پیک تو پیک ۳۰۰ mV تنظیم شده است.

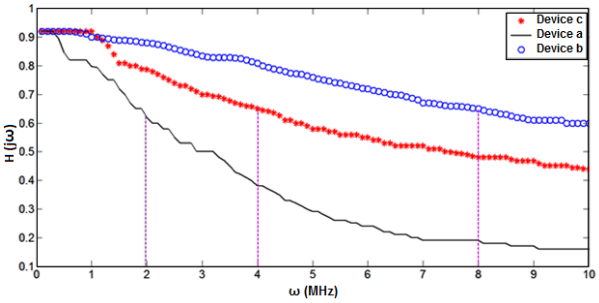
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]



شکل ۶. مدار جهت اندازه گیری پاسخ فرکانسی

با اعمال ولتاژ DC دیود ها روشن شده و هدایت آغاز می شود. با اعمال ولتاژ AC با دامنه ثابت به تدریج فرکانس آن را افزایش می دهیم. در هر افزایش یک بار ولتاژ خروجی و یکبار هم ولتاژ ورودی را اندازه گرفته و با تقسیم ولتاژ خروجی به ورودی مقدار نرمالیزه آن را بدست می آوریم. فرکانسی که در آن مقدار این نسبت برابر ۰/۷۰۷ برابر مقدار اولیه شود پهنای باند قطعه نامیده می شود. منحنی مشخصه فرکانسی قطعات ما در شکل (۷) قابل مشاهده می باشد.



شکل ۷. مشخصه فرکانسی قطعات

همانطور که مشاهده می شود قطعه (a) پهنای باند MHz ۲ و قطعه(b) با همان ساختار (CdSe/ZnS) پهنای باند MHz ۸ را از خود نشان می دهند. علت این تفاوت را می توان در میزان همگن بودن نانوذرات استفاده شده در نقاط کوانتومی جستجو کرد. چرا که نانو ذرات با پهن شدگی کمتر و توزیع یکنواخت و همگن تر پهنای باند بالاتری از خود نشان می دهند[۹]. این توزیع یکنواخت را می توان از شکل (۲) که مربوط به PL می باشد مشاهده کرد که ساختار (b) پیک تیزتر و در نتیجه توزیع همگن تر و یکنواخت تر دارد. همچنین منحنی (c) که مربوط به ساختار CdSe/ZnO می باشد پهنای باند MHz ۴ را نشان می دهد. مقادیر بدست آمده برای پهنای باند پاسخ فرکانسی قطعات ما نسبت به مقادیر گزارش شده، اعداد به نسبت بزرگتری هستند که حاکی از آن است که قطعات ما می توانند در حوزه انتقال نور مرئی (VLC) برای انتقال داده با پهنای باند و سرعت بالاتر بکار آیند.

نتیجه‌گیری

دراین پروژه ما دیود های مبتنی بر نقاط کوانتومی (QD-LED) ارائه داده ایم که مبتنی بر لایه گسیل نور نقطه کوانتومی CdSe/ZnS و CdSe/ZnO می باشند. نور گسیلی با طول موج ۵۴۰ نانومتر دارای درخشندگی ۵۹ lux/mm و ولتاژ روشن شدن ۲/۵ ولت می باشد. همچنین قطعات دارای پهنای باند بزرگ به مقدار MHz ۸ از خود نشان داده اند که برای انتقال داده در حوزه VLC کارآمد می باشد.

سپاسگزاري

از شرکت ASEPE جهت همکاری در ساخت قطعات سپاسگزاریم.

مرجع‌ها

[1] W. Chen, K. Wang, J. Hao, D. Wu, J. Qin, D. Dong, et al., "High efficiency and color rendering quantum dots white light emitting diodes optimized by luminescent microspheres incorporating," Nanophotonics, vol. 5, pp. 565-572, 2016.

[2] X. Dai, Z. Zhang, Y. Jin, Y. Niu, H. Cao, X. Liang, et al., "Solution-processed, high-performance light-emitting diodes based on quantum dots," Nature, vol. 515, p. 96, 2014.

[3] Y. Yang, Y. Zheng, W. Cao, A. Titov, J. Hyvonen, J. R. Manders, et al., "High-efficiency light-emitting devices based on quantum dots with tailored nanostructures," Nature Photonics, vol. 9, p. nphoton. 2015.36, 2015.

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]