شبیه سازی دیود نورگسیل آلی سفید با ساختار معکوس و برپایه نقاط کوانتومی و فوتونیک کریستال

ندا حیدری*[۱]، سید محمد باقر قرشی[۲]

۱-پژوهشکده نانوالکترونیک، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

۲-گروه اتمی مولکولی، دانشکده فیزیک، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

چکیده - در این تحقیق دیود نورگسیل آلی *(OLED)* با نور سفید و ساختار معکوس و برپایه نقاط کوانتومی و فوتونیک کریستال پیشنهاد شده است. مشخصه های لومینسانس و بازده کوانتومی خارجی بهبود قابل توجهی داشتند، در حالیکه ولتاژ آستانه این دیود مقدار ۵.۵ ولت است. در ساختار پیشنهادی از سه لایه نقاط کوانتومی با اندازه های متفاوت برای تولید نور سفید و برای بهینه سازی ساختار از شبیه سازی با روش المان محدود حوزه زمانی استفاده شده است.

کلید واژه- دیود نورگسیل آلی سفید، ساختار معکوس، فوتونیک کریستال، نقاط کوانتومی

Simulation of an inverted white light emitting diode with quantum dots and photonic crystal

Neda Heydari*[1], Seyed Mohammad Bagher Ghorashi[2]

1 Institute of Nanoscience and Nanotechnology, University of Kashan, Kashan, Iran

2 Department of Physics, Faculty of Physics, University of Kashan, Kashan, Iran

Abstract- In this paper, an inverted hybrid quantum dot/organic white light emitting diode with transparent conducting oxide photonic crystal structure is proposed. We try to describe our theoretical results. The luminance and external quantum efficiency were considerably increased, although the turn-on voltage is 5.5V. In addition, three layers of different sizes of CdSe were utilized in proposed structure to extract white light from the device and the simulation based on finite difference time domain (FDTD) method was performed to optimize the characteristics of the device.

Keywords: white organic light emitting diode, inverted structure, photonic crystal, quantum dot

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

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

۱- مقدمه

در سال های اخیر صنعت نمایشگرها به طور گسترده ای مورد مطالعه قرار گرفته و تلاش شده مشخصات آنها با استفاده از ساختارهای مختلف بهبود بخشیده شوند.

از زمانی که تانگ و وان اولین گزارش انتشار نور الکترولومینسانس از فیلم های نازک آلی را منتشر کردند، دیودهای نورگسیل آلی (OLEDs) به عنوان یکی از تکنولوژی های پیشگام در این زمینه مطرح شدند [۱]. اخیرا Meyer و همکارانش OLED بسیار کارآمدی را گزارش کرده اند که فقط توسط دو لایه آلی ساخته شده است [۲]. بازده کوانتومی خارجی، پایداری و انعطاف پذیری از مهمترین ویژگی های OLED ها است که در دهه های گذشته، دانشمندان تلاش زیادی برای افزایش این ویژگی ها اختصاص داده اند. با این حال، هنوز مسیر طولانی برای بهبود عملکرد OLED ها وجود دارد.

یکی از جدیدترین راهبردهای افزایش بهره وری دیودهای نوری، استفاده از نانوذرات کلوئیدی در ساختار است. در سال ۱۹۹۴ اولین ساختار دیودهای نورگسیل آلی نقاط کوانتومی (QDOLED) شامل نقاط کوانتومی CdSe معرفی شد [۱۵].

توجه به این نکته ضروری است که طیف الکترولومینسانس (EL) و شاخص تفکیک رنگ (CRI) (QDOLED) به ابعاد و ترکیب QD ها وابسته است. بنابراین می توان با کنترل ابعاد نقاط کوانتومی، طیف EL را برای پوشش تقریبا کل محدوده نور مرئی تنظیم نمود و نور سفید از دستگاه استخراج کرد. اولین QDOLED با نور سفید توسط Park و گروهش ساخته شد که در آن از نانو ذرات CdSe برای تولید نور سفید استفاده شده بود [۱۹].

ساختارهای معکوس یکی از ساختارهای پیشنهادی برای دستیابی به کارایی بالاتر بوده اند که امکان تولید نمایشگرهای منعطف را نیز فراهم می کنند.

با وجود همه پیشرفت های انجام شده، افزایش بهره وری نور استخراجی OLED ها هنوز هم نیاز به بهبود دارد. تفاوت ضرایب شکست آند و بستر شیشه ای باعث می شود که بیش از ۴۰ درصد از میزان نور منتشر شده در لایه ITO تسخیر شود [۲۲]. تا کنون، یکی از بهترین راه حل ها برای غلبه بر این مشکل، استفاده از کریستال های فوتونی (PhCs) بوده است. در اینجا یک ساختار معکوس دیود نورگسیل آلی نقاط کوانتومی و کریستال فوتونی پیشنهاد شده که کارایی لومینسانس بالا دارد و برای کاربردهای LED مناسب است.

۲- ساختار IH-QDOLED و نتایج

ساختار ارائه شده یک led سفید هیبریدی با استفاده از نقاط کوانتومی و مواد ارگانیک می باشد که دارای ساختار وارون می باشد. برای بهبود بازدهی از ساختار فوتونیک کریستال در سمت کاتد استفاده شده است.

این شبیه سازی با استفاده از نرم افزار سیلواکو انجام شده که در آن میدان الکتریکی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$E(x)=\frac{\rho}{\varepsilon}(\int_0^x[n(x)-N_0]dx)$$

نرخ بازترکیب حاملها نیز با حل معادله پیوستگی جریان بدست می آید:

$$\frac{dn}{dt}-\frac{1}{q}\frac{dJ_n}{dx}-G+R=0$$

$$\frac{dp}{dt}+\frac{1}{q}\frac{dJ_p}{dx}-G+R=0$$

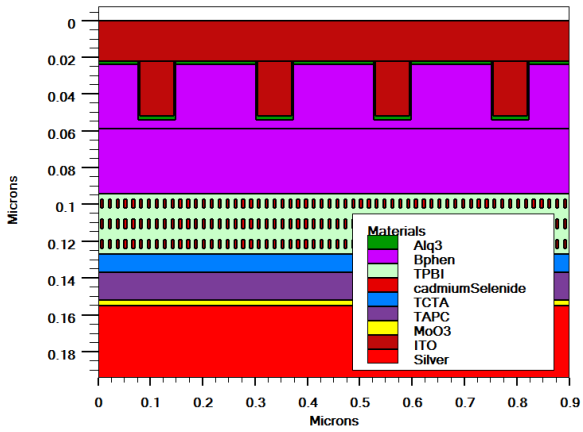
در اینجا nو p به ترتیب غلظت الکترون ها حفره ها، G و R نرخ تولید و بازترکیب حاملها و J_n و J_p چگالی جریان الکترون و حفره می باشند.

در ساختار led به ترتیب از مواد Alq3 (4nm)/Bphen (60nm)/TPBI (35nm)/TCTA (10nm)/TAPC (15nm)/MoO3 (3nm) و از ITO و نقره به ترتیب به عنوان کاتد و آند استفاده شده است. برای گرفتن نور سفید سه لایه نقطه کوانتومی با اندازه های مختلف (۳, ۴ و۶ نانومتر) به کار گرفته شده که در شکل زیر نشان داده شده است.

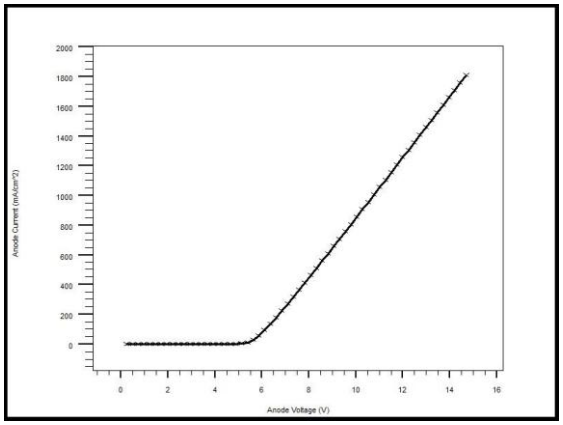
برای بررسی عملکرد این ساختار, مشخصه های مختلف محاسبه شد. در شکل ۲ مشخصه ی جریان-ولتاژ نشان داده شده است که ساختار پیشنهادی ولتاژ آستانه ای حدود ۵/۵ ولت دارد که دلیل آن استفاده از سه لایه نقاط کوانتومی و افزایش سطح مقطع کاتد با لایه انتقال الکترون و افزایش مقاومت معادل سری led می باشد.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]



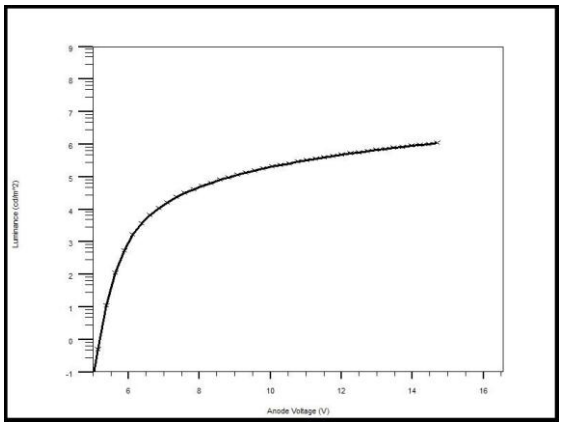
شکل ۱: ساختار OLED (a) معمول، IH-QDOLED (b)



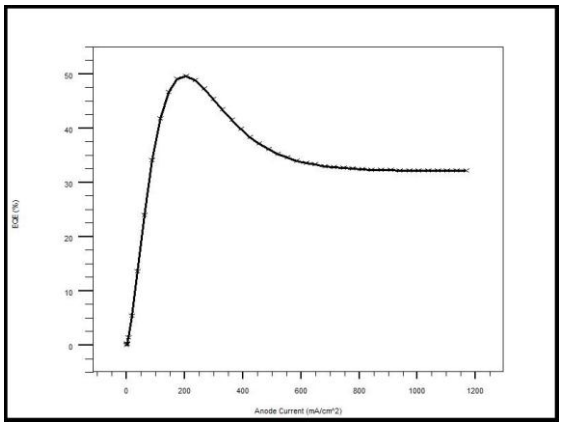
شکل 2: مشخصه ی جریان-ولتاژ

مشخصه ی بعدی لومینسانس بر حسب ولتاژ می باشد و مطابق نمودار در ولتاژ ۱۰ ولت دارای مقداری از مرتبه ی 1e5 می باشد که بسیار عدد قابل ملاحظه ای می باشد. این مقدار به خاطر حضور نقاط کوانتومی و مشخصه ی عالی تابش این مواد می باشد.

مشخصه ی بعدی, مشخصه ی بازدهی کوانتومی خارجی بر حسب جریان می باشد. ماکزیمم مقدار این مشخصه ۵۰٪ می باشد که مقدار قابل توجهی می باشد. این مقدار نتیجه ی مستقیم استفاده از ساختار فوتونیک کریستال می باشد.



شکل 3: لومینسانس بر حسب ولتاژ

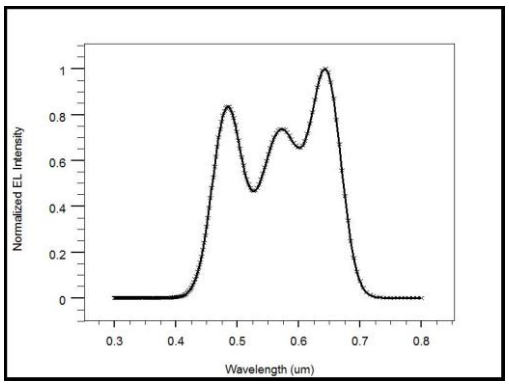


شکل ۴: بازدهی کوانتومی خارجی بر حسب جریان آند

در شکل ۵ طیف خروجی نرمال شده led برحسب طول موج را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود, طیف دارای ۳ پیک در محدوده ی نور آبی, سبز و قرمز می باشد که نهایتا سبب می شود تا خروجی دیده شده به صورت نوری به رنگ سفید باشد که این موضوع نتیجه استفاده از نقاط کوانتومی با ابعاد مختلف در ساختار می باشد، زیرا خواص تابشی نقاط کوانتومی به اندازه آنها وابسته است.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]



شکل ۵: طیف خروجی نرمال شده led برحسب طول موج

۳- نتیجه‌گیری

در اینجا ساختار IH-QDOLED برای بهبود ویژگی های الکتریکی و اپتیکی OLED ها معرفی شده است که کارایی بالایی دارد. مشخصه های ساختار IH-QDOLED به روش تجزیه و تحلیل FDTD، با نرم افزار سیلواکو محاسبه گردید. نتایج، بازدهی کوانتومی خارجی ۵۰٪ را برای ساختار پیشنهادی نشان می دهد که مقدار قابل توجهی می باشد. علاوه بر این، با توجه به حضور نقاط کوانتومی با اندازه های متفاوت نور سفید از این ساختار استخراج می شود. نتیجه گیری می شود که حضور همزمان QD ها و بلورهای فوتونی در یک ساختار می تواند عملکرد دستگاه را به میزان قابل توجهی بهبود بخشد.

مراجع

[1] C.W. Tang, S.A. Vanslyke, C.H. Chen,"Electroluminescence of doped organic thin films", J. Appl. Phys., Vol. 65, No. 9, pp. 3610-3616, 1989.

[2] X. Y. Jiang, Z. L. Zhang, J. Cao, M. A. Khan, Khizar-ul-Haq, and W. Q. Zhu, "White OLED with high stability and low driving voltage based on a novel buffer layer MoOx", J. Phys. D, Vol. 40, No. 18, pp.5553-5557, 2007.

[3] V. L. Colvin, M. C. Schamp, and A. P. Alivisatos," Light-emitting diodes made from cadmium selenide nanocrystals and a semiconducting polymer", Nature, Vol. 370, No. 6488, pp. 354-357, 1994.

[4] J.H.P ark, J.Y .Kim, B.D.Chin, Y.C.Kim, J.K.Kim, and O.O. Park," White emission from polymer/quantum dot ternary nanocomposites by incomplete energy transfer", Nanotechnology, Vol. 15, No. 9, pp. 1217-1220, 2004.

[5] A. Chutinan, K. Ishihara, T. Asano, M. Fujita, and S. Noda," Theoretical analysis on light-extraction efficiency of organic light-emitting diodes using FDTD and mode-expansion methods", Organic Electronics, Vol. 6, No. 1, pp. 3-9, 2005.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]