بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز

استفاده از چاه کوانتومی سه گانه به عنوان لایه‌ی بافر در دیودهای نورگسیل آلی و بررسی تأثیر آن در کاهش ولتاژ آستانه

سید غلامرضا رحیمی[۱] و حمیدرضا فلاح[۱و۲]

۱-گروه فیزیک دانشگاه اصفهان

۲-گروه پژوهشی اپتیک کوانتومی، دانشگاه اصفهان

چکیده – دیودهای نورگسیل آلی از جمله قطعاتی است که در تحقیقات اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. یکی از پارامترهای مهم در عملکرد این قطعه ولتاژ آستانه کار دیود است. در این پژوهش، استفاده از چاه کوانتومی در ساختار دیودهای نورگسیل آلی مورد بررسی قرار گرفت و چاه کوانتومی سه گانه به صورت تجربی در ساختار برای کاهش ولتاژ آستانه‌ی دیود مورد استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که این ولتاژ به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است.

کلید واژه- دیودهای نورگسیل آلی، نیمرساناهای آلی، لایه‌های بافر، ولتاژ آستانه

Using a triple quantum well as buffer layer in OLED's structure and investigating its effect on reducing threshold voltage

S. Gh. Rahimi[1], H. fallah[1,2]

[1] Physics department, University of Isfahan, Isfahan, Iran

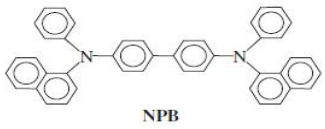
[2] Quantum Optics Research Group, University of Isfahan

Abstract - The Organic Light Emitting diode (OLED) is one of the important devices that attract many researches. One of the important parameters in relation to OLED is threshold voltage. In this research the use of quantum wells in OLED's structure was investigated and a triple quantum well was used experimentally in the structure to reduce threshold voltage. Our result show that this voltage reduced significantly.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-05]

۱- مقدمه

یکی از پارامترهایی که دیودها را برای استفاده آنها در لوازم الکترونیکی مناسب می‌سازد ولتاژ آستانه‌ی پایین آنهاست. در این پژوهش سعی شده است که ولتاژ آستانه-ی کار دیودهای نورگسیل آلی(OLED) با استفاده از چاه کوانتومی سه گانه کاهش داده شود. به این منظور با استفاده از لایه نشانی تبخیر حرارتی، دو دیود مشابه با هم ساخته شد، با این تفاوت که در یکی از آنها از لایه‌های متناوب از اکسید مولیبدن(MoO_3) و ماده‌ی آلی NPB به عنوان چاه‌های کوانتومی استفاده شد. در ساخت دیودهای نورگسیل، NPB معمولاً به عنوان یک لایه‌ی بافرِ انتقال دهنده‌ی حفره به کار گرفته می‌شود. همچنین پژوهش‌ها نشان داده است که اضافه کردن MoO_3 به NPB به عنوان آلایش، رسانندگی آن را به میزان قابل توجهی بالا می-برد[۱].



شکل ۱: مولکول آلی NPB

در پایان داده‌های حاصل از آزمایش به صورت منحنی مشخصه دیود ترسیم می‌شوند و ولتاژ آستانه‌ی دو دیود با هم مقایسه می‌شوند. از دیدگاه نظری و طبق روابط زیر، منحنی مشخصه دیود باید شکل نمایی داشته باشد[۲]:

$$j = \mathrm{env} = \mathrm{en}\mu\mathrm{E} \qquad (1)$$

$$\mu \sim e^{\beta\sqrt{E}} \qquad (2)$$

در این روابط n چگالی حاملهای بار، v سرعت انتقال بار، μ تحرک پذیری بار، E میدان الکتریکی درون نیمرسانا و β هم یک ثابت است.

۲- ساختار قطعات

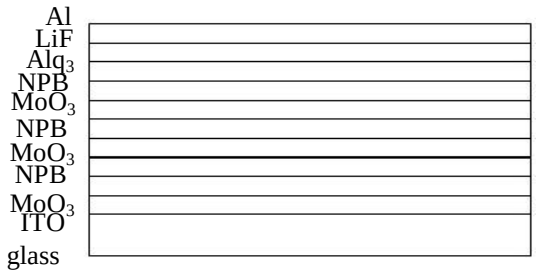
قطعات ساخته شده را با الف و ب نامگذاری می‌کنیم. در قطعه‌ی الف از چاه کوانتومی سه‌گانه استفاده شده است ولی در قطعه‌ی ب از MoO_3 فقط به عنوان تک لایه‌ی تزریق کننده‌ی حفره بهره گرفته‌ایم[۳و۴]. ساختار قطعه-ی الف به صورت زیر است:

Glass/ITO/[MoO_3(5nm)/NPB(15nm)]$_3$
/Alq3(65nm)/LiF(0.6nm)/Al(180nm)

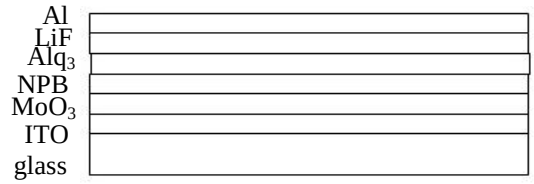
و ساختار قطعه‌ی ب به صورت زیر پیاده سازی شده است:

Glass/ITO/MoO_3(15nm)/NPB(45nm)
/Alq3(65nm)/LiF(0.6nm)/Al(180nm)

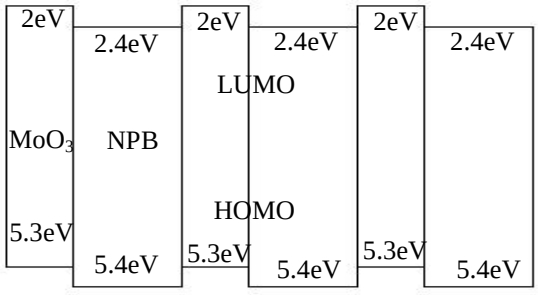
شکل ۲ و ۳ این دو ساختار را نشان می‌دهد و همچنین شکل۴ ترازهای HOMO و LUMO را برای چاه سه گانه نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در ساختار الف یک چاه کوانتومی سه‌گانه وجود دارد. برای اینکه در آزمایش تنها یک پارامتر را تغییر داده باشیم مجموع ضخامت لایه‌های MoO_3 و NPB در هر دو ساختار یکسان در نظر گرفته شده است. تمامی لایه‌ها با استفاده از لایه نشانی حرارتی و در فشار mbar 10^{-5} نشانده شده‌اند. اندازه‌گیری ضخامت لایه‌ها به وسیله‌ی بلور کوارتز تعبیه شده در دستگاه لایه‌نشانی صورت گرفت. یک نرم افزار واسط، اطلاعات ارسالی از این بلور را به صورت ضخامت و نرخ افزایش ضخامت نشان می‌داد.



شکل ۲: ساختار قطعه‌ی الف



شکل ۳:ساختار قطعه‌ی ب

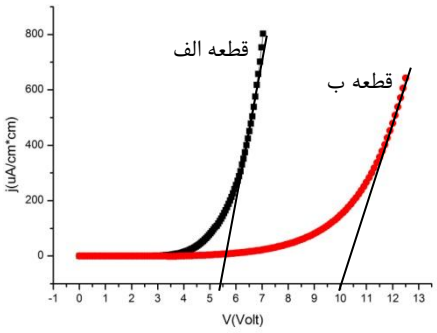


شکل ۴: ترازهای انرژی برای ساختار چاه کوانتومی

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-05]

۲-۱- مشخصه یابی دیود

پس از ساخت قطعات، از جمله مهمترین اندازه‌گیریهایی که باید روی آنها انجام شود، همان اندازه‌گیری جریان عبوری از آنها برحسب ولتاژ متصل به الکترودها می‌باشد. پس از اندازه‌گیری این جریان در ولتاژهای مختلف، منحنی مشخصه‌ی دیود یا همان منحنی V-I رسم می-شود.

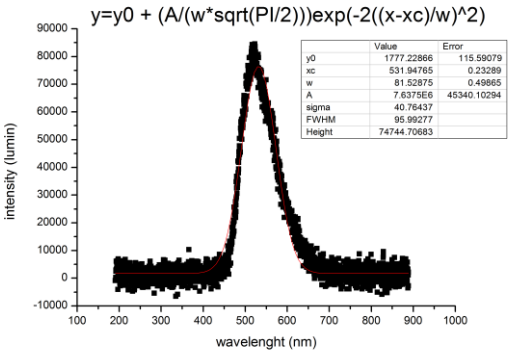


شکل ۵: منحنی مشخصه دیودهای الف و ب

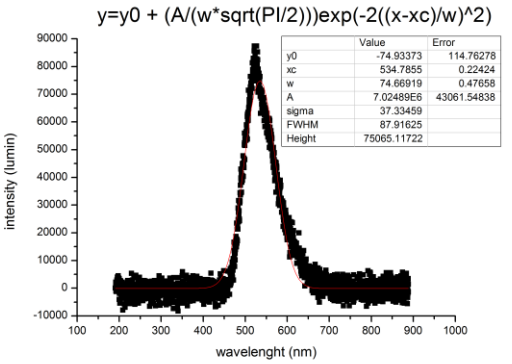
همانطور که مشاهده می‌شود، ولتاژ آستانه‌ی کار دیود برای قطعه‌ای که در آن از لایه‌های متناوب استفاده شده است به طور قابل چشمگیری کاهش یافته است. برای قطعه ب ولتاژ کار تقریباً برابر ۱۰ ولت است در صورتی که ولتاژ کار برای قطعه الف حدوداً برابر با ۵/۴ ولت می‌باشد.

۲-۲- مقایسه‌ی طیف الکترولومینسانس قطعات ساخته شده

راه دیگری که می‌توان با آن کارایی بهتر قطعه الف نسبت به قطعه‌ی ب را نشان داد، مقایسه‌ی طیف الکترولومینسانس دو قطعه است. از آنجا که در هر دو قطعه از لایه‌ی فعال Alq_3 استفاده شده است، انتظار نداریم که مرکز قله‌ی تابش برای این ساختارها جابجا شود. اما می‌توان شدت تابندگی دو قطعه را با هم مقایسه کرد. به این منظور ما طیف قطعه الف را در ولتاژ ۷ولت اندازه‌گیری نمودیم، سپس ولتاژ قطعه ب را به اندازه‌ای زیاد کردیم که شدت تابندگی آن حدوداً با قطعه الف در اندازه‌گیری قبلی برابر شود. این ولتاژ برای قطعه‌ی ب حدود ۱۲ ولت بود.



شکل ۶: طیف الکترولومینسانس برای قطعه الف متصل به ولتاژ ۷ ولت



شکل ۷: طیف الکترولومینسانس قطعه ب متصل شده به ولتاژ ۱۲ ولت

از شکل‌های ۶ و ۷ به خوبی می‌توان دید که شدت تابندگی برای هر دو شکل تقریباً یکسان است. با این تفاوت که برای قطعه‌ی ب، این شدت تابندگی در ولتاژ بالاتری نسبت به قطعه‌ی الف صورت گرفته است.

۲-۳- علت افزایش کارایی دیود برای ساختار الف

همانطور که در شکل ۴ دیده می‌شود، سطح تراز HOMO برای NPB مقداری کمتر از سطح تراز HOMO برای MoO_3 است. به همین دلیل الکترون‌های موجود در تراز مربوط به MoO_3، تمایل دارند که درون چاه پتانسیل لایه‌ی مجاور سقوط کنند. این موضوع باعث می‌شود تعداد زیادی حفره در تراز HOMO مربوط به MoO_3 باقی بمانند. بین حفره ها و الکترون‌ها در این حالت یک میدان الکتریکی داخلی برقرار می‌شود. با اتصال دیود به یک پتانسیل خارجی کافی است که میدان خارجی بر این

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-05]

میدان داخلی غلبه کند. و چون این سد پتانسیل خیلی بلند نیست فقط با اعمال ولتاژ اندکی دسترسی به جمعیت زیادی از حفره‌ها ممکن می‌شود. اما بدون چاه‌های پتانسیل، باید میدان زیادی برای جدا کردن حفره‌ها از MoO_3 به کار ببریم.

۳- نتیجه‌گیری

در این پژوهش کارایی دو نوع ساختار دیودهای نورگسیل آلی نور سبز با هم مقایسه شدند. از روی منحنی مشخصه دیود و همچنین طیف الکترولومینسانس آنها به وضوح دیده شد که کارایی دیودی که در آن از چاه کوانتومی سه‌گانه به عنوان لایه‌ی بافر استفاده شده بود بیشتر است. همچنین این دیود در ولتاژ بسیار کمتری نسبت به دیگری راه‌اندازی می‌شود.

سپاسگزاری

مؤلفین از تحصیلات تکمیلی دانشگاه اصفهان به خاطر حمایت‌هایشان قدر دانی می‌نمایند.

مراجع

[1] K. J. Reynolds, J. A. Barker, N. C. Greenham, R. H. Friend, and G. L. Frey**,** *Inorganic solution-processed hole-injecting and electron-blocking layers in polymer light-emitting diodes*, **Appl. Phys**. 92 (2002) 7556.

[2] W. Brutting, *physics of organic semiconductor*, University of Augsburg, Germany**,** 2005

[3] W. J. Shin, J. Y. Lee, J. C. Kim, T. H. Yoon, T. S. Kim, and O. K. Song, *Bulk and interface properties of molybdenum trioxide-doped hole transporting layer in organic light-emitting diodes*, **Org. Electron**. 9, 333 (2008).

[4] G. H. Xie, Y. L. Meng, F. M. Wu, C. Tao, D. D. Zhang, M. J. Liu, Q. Xue, W. Chen, and Y. Zhao, *Improved hole injection and transport of organic light-emitting devices with an efficient p-doped hole-injection layer*, **Appl. Phys. Lett.** 92, 093305 (2009)

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-05]