



بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران  
و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران  
۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی



## ساخت دیود نورگسیل آلی سفید با استفاده از لایه نشانی نوین

محمد جانقوری<sup>۱،۲</sup>، عزالدین مهاجرانی<sup>۲</sup>، افسون فلاحی<sup>۲</sup>، ادريس فیض آبادی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت ایران ۵۵۳۱-۱۹۳۹۵

<sup>۲</sup>پژوهشکده لیزر و پلاسما دانشگاه شهید بهشتی ۶۹۴۱۱-۱۹۸۳۹

<sup>۲</sup>دانشکده پلیمر و رنگ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده - در این کار با استفاده از یک روش لایه نشانی نوین با حل کردن رنگینه های قرمز و سبز در حلال های مرسوم و استفاده از یک منبع تبخیری برای مخلوط  $Alq_3$  و پورفیرین دیود آلی سفیدو زردساخته شد. ساختار پایه ای دیودهای ساخته شده به صورت

$ITO/PVK: PBD (90nm)/BCP(x nm)/Alq_3: [3.4-TPP] (35nm)/Al(180nm)$

می باشد که ضخامت لایه  $BCP$  تغییر داده شد. به خاطر باز ترکیب حامل های بار در  $PVK/PBD$  پدیده اکزیپلکس مشاهده شد. آسان بودن لایه نشانی با این روش، تنظیم کردن طول موج با کنترل آسان نرخ تبخیر لایه نشانی و تشکیل فیلم با کیفیت بهتر برای مساحت-های بزرگ، هزینه پایین لایه نشانی، از مزایای این روش می باشد.

کلید واژه - لایه نشانی نوین؛ دیود آلی سفید؛ هزینه پایین؛ تبخیر لایه نشانی.

## Fabrication of White organic LED with using a novel coating method

Mohammad Janghouri<sup>۱،۲</sup>، Ezeddin Mohajerani<sup>۲</sup>، Afsoon Fallahi<sup>۲</sup>، Edris Faizabadi<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>School of Physics, Iran University of Science and Technology (IUST), Narmak, ۱۶۸۴۶, P.O. Box ۱۹۳۹۵-۵۵۳۱, Tehran, Iran

<sup>۲</sup>Laser and Plasma Research Institute, ShahidBeheshti University, G.C., Tehran ۱۹۸۳۹۶۳۱۱۳, Iran

<sup>۲</sup>Amirkabir University of Technology ۱۵۸۷۵-۴۴۱۳, Tehran, Iran

Abstract- A method for obtaining yellow and white emission from organic-light emitting diodes has been developed by dissolving red and green dyes in a common solvent and thermally evaporating the mixture in a single furnace. A device with fundamental structure of  $ITO/PVK:PBD(90nm)/BCP(xnm)/Alq_3$ :porphyrincompounds(35nm)/Al(180nm)was fabricated and its electroluminescence performance has been investigated. It is shown that this new method is promising candidate for fabrication of low cost yellow and white OLEDs with more homogeneous layer.

Keywords: novel coating method, white OLED, low cost, thermal evaporation.

## ۱- مقدمه

در سال‌های اخیر استفاده از مواد نیمه رسانای آلی در ساخت نمایشگرها و لامپ‌های فوق کم مصرف مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است. یکی از جذابیت‌های اصلی این تکنولوژی، تولید نورگسیلی مناسب در تمامی رنگ‌ها در یک ساختار OLED می‌باشد. نمایشگرهای OLED با قابلیت‌های ویژه ای همچون عدم نیاز به نور پیش زمینه، قابلیت بالای ایجاد رنگ، کاهش عمده در مصرف جریان الکتریکی، ولتاژ اعمالی پایین وزن اندک و سادگی ساخت آن از مهمترین مزیت‌های آن نسبت به دیودهای معدنی می‌باشد [۵-۱].

تاکنون مخلوط کردن مواد در دیودهای آلی با استفاده از منبع تبخیر دو بوته ای انجام می‌شد [۶]. عدم کنترل نرخ تبخیر لایه‌نشانی، ناهمگن بودن فیلم تشکیل شده برای زیرلایه‌های بزرگ، انتقال انرژی کم برای مساحت‌های بزرگ زیر لایه، دشوار بودن تبخیر همزمان بوته‌های مختلف و هزینه بالای این روش از جمله معایب این روش می‌باشد. هدف اصلی از انجام این تحقیق، بهبود روش نوین لایه‌نشانی تبخیری برای مخلوط کردن با یک بوته تبخیر برای تشکیل لایه نورگسیل آلی در ساخت دیود نورگسیل آلی و کنترل رنگ می باشد با توجه به روش آزمایش به جای استفاده از دو بوته جدا برای هر ماده، مخلوطی از این مواد با یک منبع تبخیر لایه نشانی شده اند.

## ۱. مواد و روش آزمایش

مواد PEDOT: PSS، PVK، Alq<sub>3</sub> و پورفیرین از شرکت سیکما آلدريج به منظور استفاده در ساختار دیود آلی تهیه شده‌اند.

## ۲.۲ روش آزمایش

لایه‌های مورد استفاده طبق جدول ۱-۱ لایه‌نشانی شده‌اند. مواد PEDOT: PSS، PVK به روش لایه‌نشانی چرخشی و Alq<sub>3</sub> و پورفیرین به روش لایه‌نشانی نوین لایه‌نشانی شده‌اند. در واقع مخلوط Alq<sub>3</sub> و پورفیرین از یک بوته تبخیر لایه‌نشانی شده‌اند. ساختار قطعات ساخته شده در جدول ۱ نشان داده شده است. مخلوط این دو رنگینه

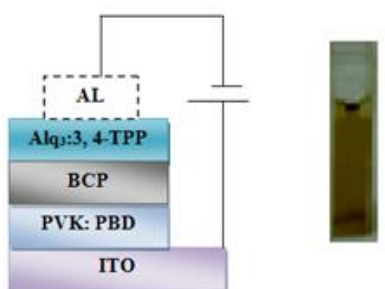
با یک منبع تبخیر به جای استفاده از دو بوته مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱. ساختار قطعات ساخته شده.

Device	Structure
قطعه ۱	ITO/PVK:PBD(90nm)/BCP(15nm)/Alq <sub>3</sub> : [3,4-TPP](35nm)/Al(180nm)
قطعه ۲	ITO/PVK:PBD(90nm)/BCP(5nm)/Alq <sub>3</sub> : [3,4-TPP](35nm)/Al(180nm)
قطعه ۳	ITO/PVK:PBD(90nm)/BCP(3nm)/Alq <sub>3</sub> : [3,4-TPP](35nm)/Al(180nm)
قطعه ۴	ITO/PVK:PBD(90nm)/BCP(2nm)/Alq <sub>3</sub> : [3,4-TPP](35nm)/Al(180nm)

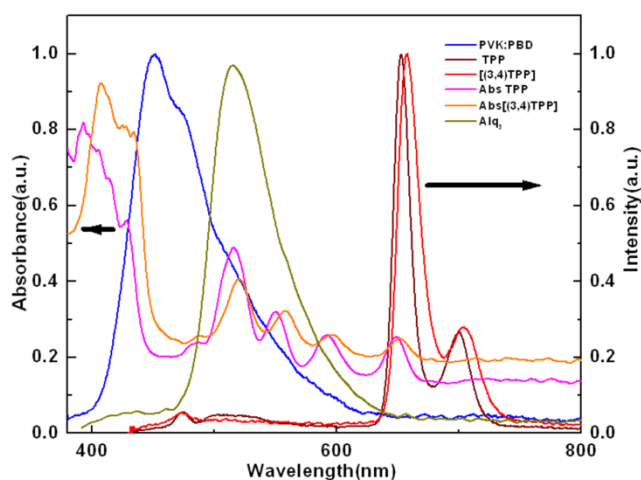
## ۲.۳ نتایج

شکل ۱ روش لایه نشانی و ساختار قطعه را نشان می دهد. برای ساخت دیود آلی را نشان می دهد.



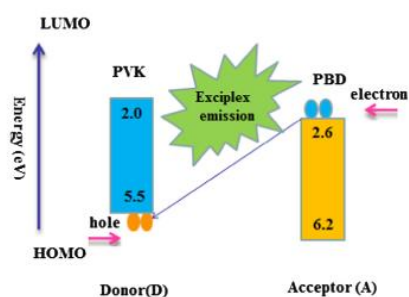
شکل ۱. دیود نورگسیل آلی فیلم ساخته شده از مخلوط Alq<sub>3</sub> و پورفیرین.

شکل ۲ همپوشانی طیفی مواد را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود انتقال انرژی از Alq<sub>3</sub> به پورفیرین به حد کافی صورت می گیرد.



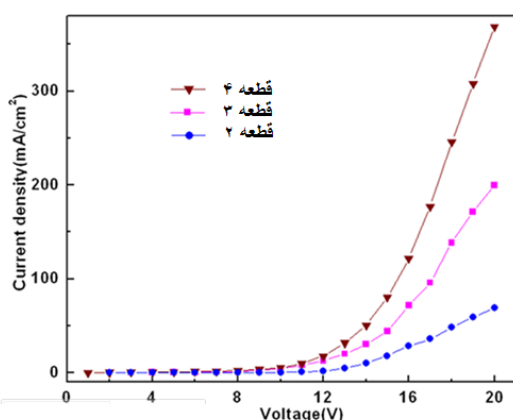
شکل ۲. طیف نشر Alq<sub>3</sub> و ترکیبات پورفیرین و طیف جذب ترکیبات پورفیرین را نشان می دهد.

همانطور که از روی شکل ۳ مشاهده می شود سه پیک اصلی در نواحی طول موجی قرمز، سبز و آبی ظاهر شده است ترکیب این سه رنگ دیود سفید را ایجاد کرده است.



شکل ۴. سطوح انرژی و پدیده اکزیپلکس.

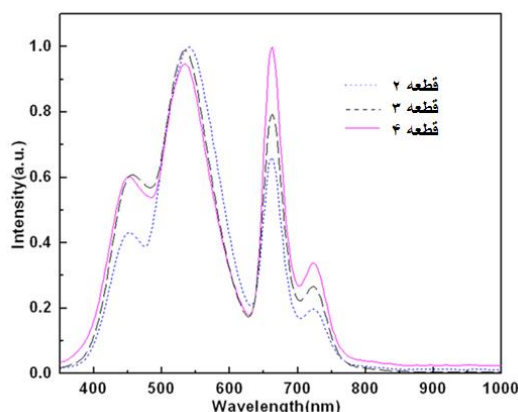
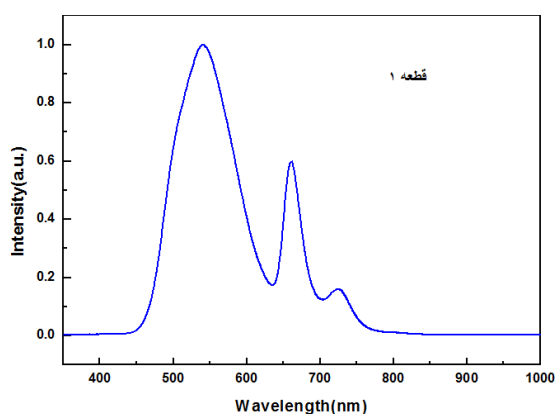
رفتار الکترواپتیکی دیودهای نورگسیل آلی تحت تاثیر ضخامت لایه BCP در فیلم لایه نشانی شده می باشد. با افزایش ضخامت لایه BCP حفره ها در لایه PVK/PBD انباشته شده و از ورود حفره های جدید از الکتروود مثبت جلوگیری می شود و رفتار بار فضایی ایجاد می شود و این به نوبه خود ولتاژ کاری قطعه را افزایش می دهد (شکل ۵).



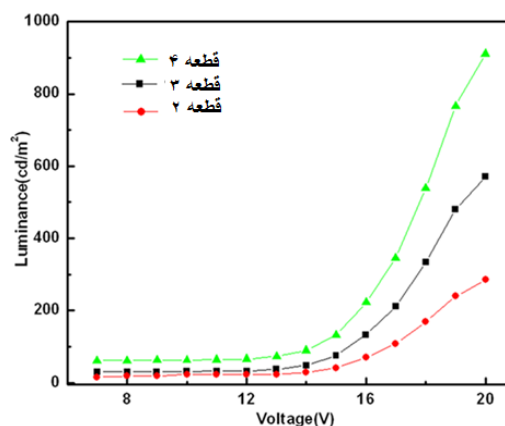
شکل ۵. چگالی جریان- ولتاژ برای سه دیود ساخته شده.

ولتاژ کاری برای این دیودها از ۸,۳ ولت تا ۱۲,۳ ولت می باشد. روشنایی-ولتاژ دیودهای ساخته شده در شکل ۶ نشان داده شده است. بیشترین روشنایی نزدیک ۹۳۵ شمع بر متر مربع می باشد.

شکل ۳ مشخصات الکترو لومینسانس را برای ضخامت های مختلف BCP را نشان می دهد. یقیناً با کاهش ضخامت BCP باز ترکیب الکترون و حفره در لایه PVK/PBD رخ داده رنگ دیود ساخته شده از زرد به سفید تغییر کرده است. چون تحرک پذیری الکترون ها کمتر از حفره هاست از لایه BCP به عنوان بلوکه کننده حفره در دیودهای آلی استفاده می شود تا حرکت حفره ها را کند و بخشی از باز ترکیب الکترون و حفره در لایه PVK/PBD باز ترکیب شوند. علاوه بر این در لایه PVK/PBD پدیده نادر اکزیپلکس مشاهده شد (شکل ۴). یعنی باز ترکیب الکترون و حفره به صورت غیر مستقیم صورت می گیرد. الکترون ها از بالاترین تراز اشغال نشده (LUMO) و حفره ها از پایین ترین تراز اشغال شده (HOMO) باز ترکیب می شوند و یک جابه جایی به سمت قرمز رخ می دهد.



شکل ۳. طیف الکترو لومینسانس مخلوط Alq<sub>3</sub> و پورفیرین بهای ضخامت های مختلف BCP.



شکل ۶. روشنایی- ولتاژ برای سه دیود ساخته شده.

## ۲- نتیجه گیری

یک روش جدید لایه نشانی در حد ضخامت‌های نانویی به منظور کنترل خلوص طیفی و طول موجی در دیودهای نورگسیل آلی با حل کردن محیط میزبان و میهمان در یک حلال مشترک و تبخیر همزمان آنها با استفاده از منبع تبخیر تک بوته‌ای توسعه داده شد. دیود نورگسیل آلی زرد و سفید با استفاده از یک روش نوین لایه نشانی ساخته شد. همچنین پدیده نادر اکزیپلکس بین PVK/PBD بخاطر باز ترکیب غیر مستقیم حامل‌های بار مشاهده شد. آسان بودن لایه نشانی با این روش، تنظیم کردن طول موج، کنترل آسان نرخ تبخیر لایه نشانی و تشکیل فیلم با کیفیت بهتر برای مساحت‌های بزرگ، هزینه پایین لایه نشانی از مزایای این روش می‌باشد.

## سپاسگزاری

از دانشکده شیمی دانشگاه شهید بهشتی به خصوص از آقای دکتر مصطفی محمدپورامینی به خاطر همکاری‌های علمی‌اشان تقدیر و تشکر می‌کنیم.

## مراجع

- [۱] B. W. D'andrade, S. R. Forrest, Adv. Mater. ۱۶ (۲۰۰۴) ۱۵۸۵.
- [۲] C. Adachi, M. A. Baldo, M. E. Thompson, S. R. Forrest, J. Appl. Phys. ۹۰ (۲۰۰۱) ۵۰۴۸.
- [۳] X. H. Yang, D. C. Muller, D. Neher, K. Meerholz, Adv. Mater. ۱۸ (۲۰۰۶) ۹۴۸.
- [۴] S. H. Eom, Y. Zheng, E. Wrzesniewski, J. Lee, N. Chopra, F. So, J. Xue, Org. Electron. ۱۰ (۲۰۰۹) ۶۸۶.
- [۵] J. S. Huang, T. Watanabe, K. Ueno, Y. Yang, Adv. Mater. ۱۹ (۲۰۰۷) ۷۳۹.
- [۶] L. J. Zhua, J. Wanga, T. G. Renga, C. Y. Li, D. C. Guoa and C. C. Guoa. J. Phys. Org. Chem. ۲۳ (۲۰۱۰) ۱۹۰.