



بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران  
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران  
۸ تا ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز



## اثر ماده $MOO_3$ بر طول عمر دیود نورگسیل آلی کپسوله شده

مهناز آقایی<sup>۱</sup>، حمیدرضا فلاح<sup>۱،۲</sup> و مرتضی حاجی محمودزاده<sup>۱،۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه فیزیک دانشگاه اصفهان، اصفهان

<sup>۲</sup>گروه پژوهشی اپتیک کوانتومی، اصفهان

چکیده- در این مقاله با ساخت دو دیود نورگسیل آلی سبز با استفاده از  $Alq_3$  به عنوان ماده گسیلنده از طریق روش لایه نشانی تبخیری و  $MOO_3$  و  $PEDOT:PSS$  به عنوان لایه تزریق کننده حفره، و سپس کپسوله کردن آن ها در برابر نفوذ بخار آب و اکسیژن با استفاده از ماده پلیمری اپوکسی و شیشه باعث افزایش طول عمر دیودها شده ایم. دیودهای ساخته شده دارای بیشترین طول موج تابشی در طول موج  $525/7 \text{ nm}$  می باشند. با گذشت ۱۹۲ ساعت از ساخت و کپسوله کردن آنها دیودی که دارای لایه  $MOO_3$  می باشد نسبت به دیودی که دارای لایه  $PEDOT:PSS$  می باشد شدت بهتری از خود به نمایش می گذارد. کلید واژه- اپوکسی، دیود نورگسیل آلی، کپسوله کردن

## Effect of $MOO_3$ on encapsulated organic light emission diodes lifetime

mahnaz Aghaei<sup>1</sup>, hamidreza Falah<sup>1,2</sup> and mortza Hajimahmodzadeh<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics, University of Isfahan. Isfahan

<sup>2</sup>Quantum Optics Research Group. Isfahan

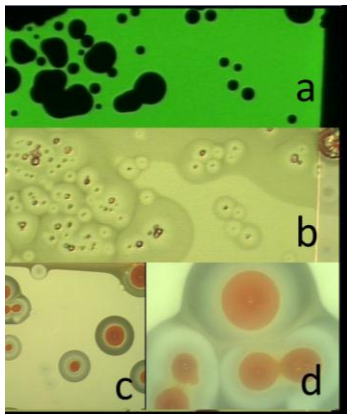
Abstract-In this paper, we construct two Green Organic Light Emission Diode (OLED) and used  $Alq_3$  as emission material and used  $PEDOT:PSS$  and  $MOO_3$  as Hole injection layer with evaporation coating method. Then we encapsulate it against water steam and Oxygen with use of material such as Epoxy and Glass that caused increase in lifetime of light emission diode. after 192 hours passed from construction and encapsulation diode with  $MOO_3$  layer in comparison with diode with  $PEDOT:PSS$  had better intensity.

Keywords: epoxy, Organic Light Emitting Diode, Encapsulation

**مقدمه**

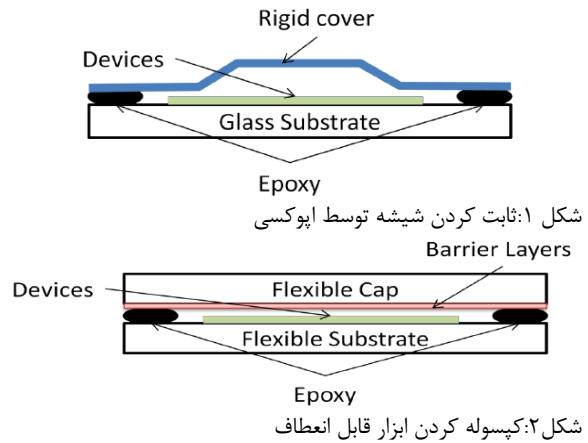
امر نیازمند آن است که لایه های غیر آلی که برای کپسوله کردن مستقیماً بر روی ابزار قرار می گیرد بایستی در دمای پایین لایه نشانی شوند. با این حال فرآیند در دمای پایین ممکن است که نواقصی را در فیلم ایجاد کند و همچنین باعث می شود که خصوصیات سد کننده محدود شود [۴]. برای یک ابزار کپسوله شده که به صورت تجاری قابل استفاده باشد، باید نرخ نفوذ بخار آب و نرخ انتقال اکسیژن به داخل ابزار به ترتیب کمتر  $10^{-6} \text{ g/m}^2 \cdot \text{day}$  و

$10^{-5} \text{ cm}^3 (\text{STP})/\text{m}^2 \cdot \text{day}$  باشد [۵]. رطوبت باعث کاهش عملکرد کاند شده و موجب لایه لایه شدن کاند از مواد آلی می شود. تاثیر اکسایش بر روی کاند های آلی از مهم ترین تغییرات مضر بر روی خصوصیات OLED می باشد. همچنین در ابزار OLED نقاط سیاه غیر تابش کننده آشکار می شوند. این نقاط تاریک بازده پیکسل ها و همچنین چگالی انتشار و طول عمر ابزار را به شدت کاهش می دهند. می توان گفت که ایجاد نقاط تاریک و رشد آنها توسط اکسیژن و نم پراکنده شده در سوراخ های میکروسکوپی الکترودها می باشد. شکل شماره سه تاثیرات اکسایش بر روی یک انتشار دهنده سبز را نشان می دهد [۵، ۶].



شکل ۳: رشد نقاط تاریک از اکسایش و لایه لایه شدن کاند a- نمایش نقاط تاریک در حالی که دستگاه روشن است (b) نمایش سوراخ ها در حالی که دستگاه خاموش است c- نمایش سوراخ ها با بزرگ نمایی ۵۰ برابر d- نمایش سوراخ با بزرگ نمایی ۱۰۰ برابر در این مقاله برای کپسوله کردن از یک لایه پلیمری اپوکسی به همراه شیشه ای که بر روی آن قرار می گیرد استفاده شده است. برای ساخت دیودنورگسیل روش لایه نشانی تبخیری را به کار برده ایم. در این مقاله برای ساخت دیود نور گسیل سبز از دو ساختار متفاوت استفاده کرده ایم.

به طور کلی، توسعه تکنولوژی کپسوله کردن عامل مهمی در بهبود طول عمر و قابلیت عملکرد ابزار های الکتریکی آلی می باشد. تعدادی از روش های کپسوله کردن که برای فیلم های نازک استفاده می شود شامل قراردادن پوشش های فلزی، شیشه ای و یا قراردادن دستگاه بین دو بستره شیشه ای یا بستره پلاستیکی می باشد [۱، ۲]. پوشش های فلزی یا شیشه ای توسط چسب اپوکسی بر روی ابزار به صورتی که در شکل شماره یک نمایش داده شده است ثابت می شوند. از گازهای غیرفعال مانند نیتروژن و آرگون برای پر کردن ناحیه خالی محافظ استفاده می شود. علاوه بر این از فلزات فعال مانند کلسیم و باریوم جهت جذب کردن هرگونه آب باقی مانده در محفظه یا بخار آب پراکنده شده در داخل محفظه استفاده می شود [۲، ۳]. با این حال، این مواد سخت و قابل استفاده برای الکترودهای قابل انعطاف نمی باشند. از این رو بایستی روش های کپسوله قابل انعطاف به کار گرفته شود. مانند کلاهک های قابل انعطاف، شیشه های فوق نازک و لایه های لایه نشانی شده در خلاء که در شکل شماره دو نمایش داده شده است [۲، ۳].



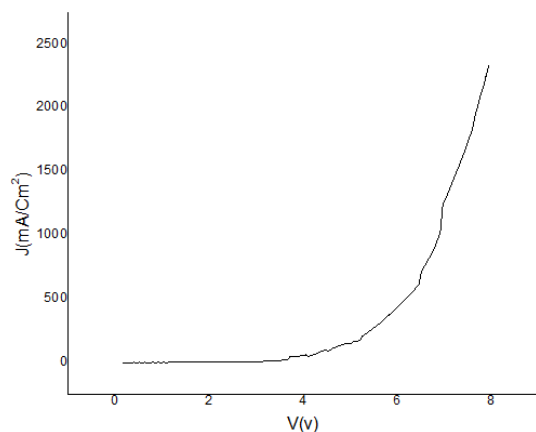
شکل ۱: ثابت کردن شیشه توسط اپوکسی  
شکل ۲: کپسوله کردن ابزار قابل انعطاف

در حالی که بیشترین تحقیقات در توسعه مواد کپسوله شده برای الکترودهای آلی متمرکز روی خصوصیت مانع و سد بودن آنها می باشد، دیگر جنبه های مهم، همچنین در توسعه این تکنولوژی دخیل می باشند. نه تنها توسعه و پیشرفت کپسوله کردن برای کاهش نفوذ بخار آب واجب است، اما فرآیند کپسوله باید همساز با الکترودهای آلی باشد. برای لایه های فعال و بستره ها با دمای شیشه ی پایین و پایداری حرارتی، فرآیند دمایی که در آنها لایه های سدکننده می تواند لایه نشانی شود محدود است. این

اکسید شدن لایه‌ی کاتدی می‌شود که همین امر سبب افزایش طول عمر دیود نورگسیل می‌شود. همچنین به دلیل محلول بودن PEDOT:PSS و داشتن رطوبت بالا، با گذشت زمان رطوبت داخل ماده تبخیر شده و خود باعث از بین رفتن لایه‌های آلی می‌شود برای جلوگیری از این امر به جای PEDOT:PSS از ماده  $\text{MOO}_3$  به عنوان لایه‌ی تزریق کننده حفره استفاده شده است.

### نتایج:

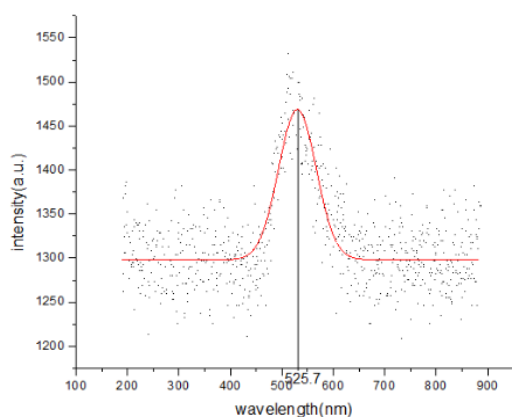
ساختار دیودی که با PEDOT:PSS ساخته شده و توسط اپوکسی کپسوله شده است به صورت زیر می‌باشد:  
ITO/PEDOT:PSS/NPB(40nm)/ALq<sub>3</sub>(55nm)/Lif(6A<sup>-</sup>)/AL(140nm)/epoxy/glass  
نمودار ولتاژ-چگالی جریان این دیود در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۴: نمودار ولتاژ-جریان دیود نورگسیل سبز

ولتاژ راه اندازی آن حدود  $4/5V$  می‌باشد.

طیف الکترومینیسانس مشخص می‌کند که دیود در چه بازه‌ی طول موجی قابلیت انتشار را دارد. طیف نور تابشی از دیود در شکل زیر نمایش داده شده است



شکل ۵: طیف الکترومینیسانس دیود نورگسیل سبز

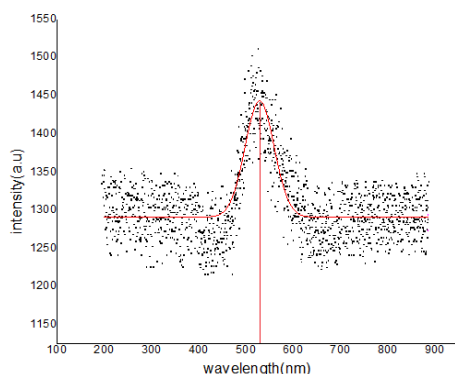
ITO/PEDOT:PSS/NPB(40nm)/ALq<sub>3</sub>(55nm)/Lif(6A<sup>-</sup>)/AL(140nm)  
ITO/MOO<sub>3</sub>(35nm)/NPB(50nm)/ALq<sub>3</sub>(40nm)/Lif(6A<sup>-</sup>)/AL(150nm)

روش تجربی :

مرحله‌ی اول سونش ITO که دارای مقاومت سطحی ۱۲ اهم است می‌باشد. بعد از آن مرحله‌ی شستشوی ITOها به صورت زیر انجام می‌گیرد. ۱- شستشو با آب و صابون ۲- به ترتیب در حلال‌های ایزوپروپیل، دی‌کلرومتان، اتانول و استون خالص و آب دی‌یونیزه شستشو داده می‌شود و برای خشک کردن در معرض گاز نیتروژن قرار می‌گیرد و سپس به مدت ده دقیقه تحت تابش نور UV قرار می‌گیرد سپس مراحل لایه‌نشانی آغاز می‌شود. اولین لایه بر روی ITO، لایه PEDOT:PSS می‌باشد که از طریق لایه‌نشانی چرخشی صورت می‌گیرد. این لایه به عنوان لایه تزریق کننده حفره می‌باشد. محفظه توسط دو پمپ توربور و روتاری به خلاء  $5 \times 10^{-5}$  mb خواهد رسید. لایه بعدی ماده NPB با ضخامت 40nm است. این ماده به عنوان لایه‌ی انتقال دهنده‌ی حفره به کار برده می‌شود و سپس ماده نورگسیل ALq<sub>3</sub> با ضخامت ۵۵nm لایه‌نشانی می‌شود. این ماده به عنوان لایه‌ی انتقال دهنده‌ی الکترون و همچنین به عنوان گسیلنده خوب در ناحیه طول موج سبز به عنوان گسیلنده دیودالی به کار می‌رود. برای کاهش سدپتانسیل در فرآیند تزریق حامل‌های الکترون از الکتروکاتد به ناحیه فعال و همچنین جلوگیری از برخی فعل و انفعالات شیمیایی در فصل مشترک کاتد فلزی لایه‌ای از Lif با ضخامت ۶ آنگستروم استفاده می‌شود و در آخر لایه‌ی AL با ضخامت ۱۴۰ nm به عنوان لایه‌ی کاتدی تحت فشار  $5 \times 10^{-5}$  mb لایه‌نشانی می‌شود. تمامی ضخامت‌ها توسط بلور کوارتز که در داخل دستگاه لایه‌نشانی شده تعبیه شده است اندازه‌گیری می‌شود.

بعد از خروج دیودهای نورگسیل از داخل دستگاه سطح کاتد آن را توسط ماده پلیمری اپوکسی خریداری شده از شرکت اوسیلا پوشاننده و شیشه‌ای ساده بر روی آن قرار می‌دهیم و سپس آن را به مدت ۱۵ دقیقه تحت نور UV برای خشک شدن ماده اپوکسی قرار می‌دهیم. این ماده به عنوان یک لایه‌ی محافظ بر روی کاتد قرار گرفته و مانع از نفوذ بخار آب و اکسیژن به سطح اولیه دیود نورگسیل و

با گذشت ۱۹۲ ساعت از کپسوله کردن OLED ساخته شده، مجدد طیف تابشی آن را اندازه گرفته ایم.



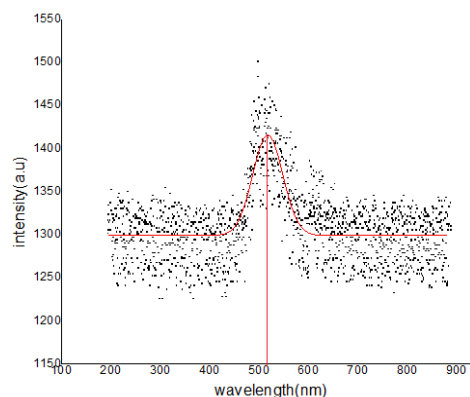
شکل ۹: کپسوله شده بعد از گذشت ۱۹۲ ساعت از ساخت آن

هر دو دیود در شرایط یکسان لایه نشانی و کپسوله شده است همانطور که از مشاهدات می توان نتیجه گرفت ساختار دیودی که در آن از  $\text{MOO}_3$  به عنوان لایه تزریق کننده حفره استفاده شده است بعد از گذشت ۱۹۲ ساعت از ساخت آن نسبت به دیودی که در آن از PEDOT:PSS استفاده شده است شدت بهتری نمایش می دهد که می توان به تبخیر رطوبت موجود در PEDOT:PSS در داخل کپسوله اشاره کرد.

مراجع:

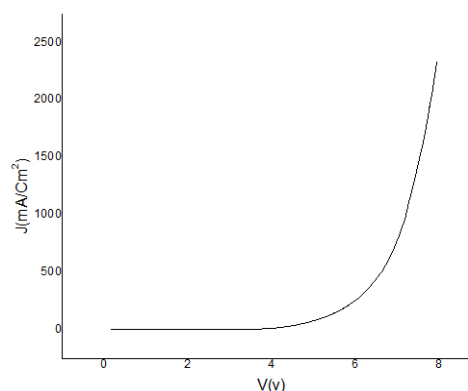
1. P. E. Burrows, V. Bulovic, S. R. Forrest, L. S. Sapochak, D. M. McCarty, and M. E. Thompson, "Reliability and degradation of organic light emitting devices," *Applied Physics Letters* **65**, 2922-2924 (1994).
2. M. S. Weaver, L. A. Michalski, K. Rajan, M. A. Rothman, J. A. Silvernail, J. J. Brown, P. E. Burrows, G. L. Graff, M. E. Gross, P. M. Martin, M. Hall, E. Mast, C. Bonham, W. Bennett, and M. Zumhoff, "Organic light-emitting devices with extended operating lifetimes on plastic substrates," *Applied Physics Letters* **81**, 2929-2931 (2002).
3. B. M. Henry, F. Dinelli, K. Y. Zhao, C. R. M. Grovenor, O. V. Kolosov, G. A. D. Briggs, A. P. Roberts, R. S. Kumar, and R. P. Howson, "A microstructural study of transparent metal oxide gas barrier films," *Thin Solid Films* **355-356**, 500-505 (1999).
4. K. Horiuchi, K. Nakada, S. Uchino, S. Hashii, A. Hashimoto, N. Aoki, Y. Ochiai, and M. Shimizu, "Passivation effects of alumina insulating layer on C60 thin-film field-effect transistors," *Applied Physics Letters* **81**, 1911-1912 (2002).
5. M. Schaer, F. Nüesch, D. Berner, W. Leo, and L. Zuppiroli, "Water Vapor and Oxygen Degradation Mechanisms in Organic Light Emitting Diodes," *Advanced Functional Materials* **11**, 116-121 (2001).
6. G. L. Graff, R. E. Williford, and P. E. Burrows, "Mechanisms of vapor permeation through multilayer barrier films: Lag time versus equilibrium permeation," *Journal of Applied Physics* **96**, 1840-1849 (2004).

طول موج بیشترین تابش این OLED متناظر با تابش در رنگ سبز می باشد. با گذشت ۱۹۲ ساعت از کپسوله کردن OLED ساخته شده، مجدد طیف تابشی آن را اندازه گرفته ایم.



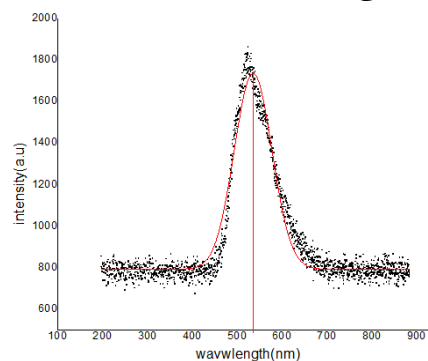
شکل ۶: کپسوله شده بعد از گذشت ۱۹۲ ساعت از ساخت آن

ساختار دیودی که با  $\text{MOO}_3$  ساخته شده و توسط اپوکسی کپسوله شده است به صورت زیر می باشد:  
 $\text{ITO}/\text{MOO}_3(35\text{nm})/\text{NPB}(50\text{nm})/\text{ALq}_3(40\text{nm})/\text{LiF}(6\text{Å})/\text{AL}(150\text{nm})/\text{epoxy}/\text{glass}$   
 نمودار ولتاژ-چگالی جریان این دیود در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۷: نمودار ولتاژ- جریان دیود نورگسیل سبز

طیف نور تابشی از دیود در شکل زیر نمایش داده شده است



شکل ۸: طیف الکترو لومینسانس دیود نورگسیل سبز