ساخت یکسوکننده نورگسیل آلی با نور سبز با استفاده از لایه گسیلنده هیدروکسی کوئینوآلومینیوم(Alq_3)

میرنیا،سیدنورالدین[۱] ؛ بهاری پنبه چوله،علی [۱] ؛رضایی رکن آباد،محمود[۲] ؛ ایوبی،علی اصغر[۱] ؛فلاح حمیدآبادی ،وحید[۱]؛ابراهیمی، مسعود[۱]

[۱] *دانشکده علوم دانشگاه مازندران*

[۲] *دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد*

چکیده

یکسوکننده های نورگسیل آلی قطعاتی هستند که در سالهای اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. یکی از پارامترهای مهم در عملکرد این قطعات ولتاژ آستانه کار یکسوکننده می باشد. در این تحقیق یکسوکننده نورگسیل آلی با ساختار ITO/TPD/Alq_3/LiF/Al ساخته شد. برای این منظور از روش لایه نشانی تبخیر گرمایی استفاده شده است. پس از ساخت قطعه مورد نظر خواص الکتریکی و اپتیکی آن مانند ولتاژ آستانه ، منحنی جریان- ولتاژ ، منحنی روشنایی- ولتاژ ، منحنی بازده جریان-ولتاژ و طیف نور گسیل شده مورد بررسی قرار گرفت.

Fabrication of organic light emitting diode(OLED) with green light by using of hydroxyquino aluminium(Alq_3) as emission layer

Mirnya,Saydnorodyn[1];Bahripanbachola,Ali[1];Razayiroknabad,Mahmod[2];Auobi,Aliasghar[1];fallahhamidabadi,Vahid[1]; Abrahimi,Mashod[1];

1.Department of Scince,Univesity of Mazandaran
2.Department of Scince,University of Ferdosi of Mashad

Abstract

The organic light emitting diodes are devices that are more attracted in recent years. One of the important parameters in relation to OLED is threshold voltage. in this research we have fabricated organic light emitting diode with the structure of ITO/TPD/Alq_3/LiF/Al. for this purpose we have used thermal evaporation deposition procedure. After the fabrication of device we have studied its optical and electrical properties such as threshold voltage, current-voltage, electroluminance-voltage, current efficiency –voltage curves and intensity of the emitted light.

مقدمه

پس از تحقیقات انجام شده توسط تنگ اتال در سال ۱۹۸۷، در طی چند دهه گذشته یکسوکننده های نورگسیل آلی بدلیل کاربردشان در نمایشگرهای تخت و منابع نوری انعطاف پذیر دارای بازده بالا و وزن کم و امکان ساخت آسان بطور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته اند. به منظور بدست آوردن بازده کافی برای یکسوکننده های نورگسیل آلی تزریق موثر جریان از الکترودها به مواد آلی ضروری می باشد. به منظور ساخت دستگاهای آلی دارای بازده کافی در طی دو دهه گذشته تلاشهای زیادی جهت کاهش سدهای تزریق حامل از الکترودها به لایه های آلی مانند لایه های انتقال دهنده الکترون و حفره انجام شده است. در یکسوکننده های نورگسیل آلی فصل مشترکهای مواد آلی و غیرآلی مانند فصل مشرک آند/لایه انتقال دهنده حفره و کاتد/ لایه

انتقال دهنده الکترون نقش مهمی در تزریق بار و عملکرد الکترونیکی دستگاه دارند. اکسید ایندیوم قلع(ITO) بدلیل رسانندگی خوب، شفافیت بالا در ناحیه نور مرئی ، پایداری شیمیایی و امکان نقش بندی آسان اغلب به عنوان ماده آند در یکسوکننده های نورگسیل آلی و دستگاههای آلی دیگر مورد استفاده قرار می گیرد. اگرچه یکسوکننده های نورگسیل آلی دارای زیرلایه اکسید ایندیوم قلع دارای بازده رضایت بخش هستند ولی پایداری بلند مدت آنها یک موضوع بحرانی می باشد. خواص سطحی اکسید ایندیوم قلع نقش مهمی در عملکرد دستگاه دارد زیرا لایه های آلی نازک بطور مستقیم با سطح اکسید ایندیوم قلع اتصال پیدا می کنند. روشهای مختلفی مانند تمیزکاری توسط اوزن فرابنفش ، بمباردمان توسط یون آرگون، در معرض پلاسمای اکسیژن قرار دادن، بازپخت، در معرض اسید و باز قرار دادن ، رونشینی فلزات با تابع کار بالا ، اکسیدهای دی الکتریک، فتالوسیانین مس و ترکیبات آلی مختلف برای اصلاح سطح اکسید ایندیوم قلع بکار گرفته شده اند.دستیابی به تزریق موثر حفره یک موضوع اساسی در یکسوکننده های نورگسیل آلی می باشد.

بخش تجربی

یکسوکننده نورگسیل آلی با ساختار چندلایه ای (nm ITO/TPD (۴۰ nm)/Alq_3 (۳۰ nm)/LiF(0.5nm)/Al(۱۰۰ با استفاده از دستگاه لایه نشانی تبخیر فیزیکی با خلأ بالاکه در آن برای تبخیر هر یک از مواد آلی و غیر آلی مختلف از بوته های تبخیر جداگانه ای استفاده شده است آماده می شود. در ساختار فوق مواد آلی تری فنیل دیامین(TPD) و هیدروکسی کوئینو آلومینیوم(Alq_3) که بترتیب به عنوان ماده انتقال دهنده حفره و ماده نورگسیل استفاده می شوند و شیشه های اکسید ایندیوم قلع با مقاومت سطحی ۲۰ اهم بر سانتی متر مربع که به عنوان آند می باشند از شرکت سیگما آلدریچ خریداری شده اند. همچنین مواد غیرآلی مانند لیتیوم فلوراید(LiF) و آلومینیوم (Al) بترتیب به عنوان مواد تزریق کننده الکترون و کاتد از شرکتهای داخلی تهیه شده اند. ابتدا قسمتی از هر یک از شیشه های اکسید ایندیوم قلع برش خورده توسط قلم الماسی با استفاده از اسید هیدروکلریک و پودر روی در زیر هود قلم زنی می شوند تا آند اکسید ایندیوم قلع به پهنای ۶ میلی متر ایجاد شود .سپس شیشه های نقش بندی شده آند بطور متوالی توسط آب صابون ، استن ، پروپانول، اتانول و آب دی یونیزه هر یک به مدت ۱۰ دقیقه در سیستم آلتراسونیک شستشو داده شده و با استفاده از گاز نیتروژن خشک می شوند. فشار داخل دستگاه در طی فرایند تبخیر گرمایی برای لایه نشانی برابر با $^{-۶}$ ۲×۱۰ میلی بار می باشد. مواد آلی تری فنیل دیامین و هیدروکسی کوئینو آلومینیوم بطور متوالی با سرعت ۰/۲ تا ۰/۵ نانومتر بر ثانیه لایه نشانی می شوند. پس از لایه نشانی مواد آلی ، مواد غیر آلی لیتیوم فلوراید و آلومینیوم بترتیب با سرعت ۰/۱ و ۰/۱ تا ۰/۶ نانومتر بر ثانیه لایه نشانی می شوند. ضخامت لایه ها با استفاده از سنسور بلور کوارتز تعیین می شود و مساحت ناحیه گسیلنده یکسوکننده برابر با ۳۶ میلی متر مربع می باشد.

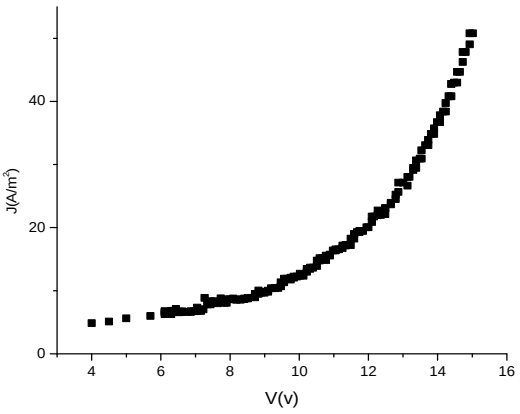
نتایج و بحث

پس از انجام مراحل لایه نشانی و ساخته شدن یکسوکننده نورگسیل آلی بررسی رفتار الکتریکی و مشخصات اپتیکی آن مانند شدت نور ، رنگ نور تولید شده و ولتاژ آستانه کار یکسوکننده ساخته شده از اهمیت ویژه ای برخوردار است. برای این منظور پس از لایه نشانی ، یکسوکننده ساخته شده بدون کپسوله کردن به بیرون دستگاه لایه نشانی منتقل شده و بلافاصله در دمای اتاق و شرایط هوای معمولی مشخصه های آن اندازه گیری می شود. مشخصه روشنایی- جریان- ولتاژ یکسوکننده نورگسیل و طیف نور گسیل شده از آن بترتیب با استفاده از نورسنج (لوکس متر) ، میکرو آمپرسنج متصل به کامپیوتر و اسپکترومتر اندازه گیری می شوند. به منظور بررسی عملکرد دیودی دستگاه ساخته شده، قطعه مورد نظر تحت تاثیر ولتاژ مستقیم قرار می گیرد. بطوریکه ولتاژ اعمال شده به دستگاه از مقدار صفر بصورت پله ای افزایش یافته و در هر مرحله جریان عبوری از آن اندازه گیری می شود. تغییر وضعیت منحنی جریان ولتاژ در اندازه گیری های متوالی

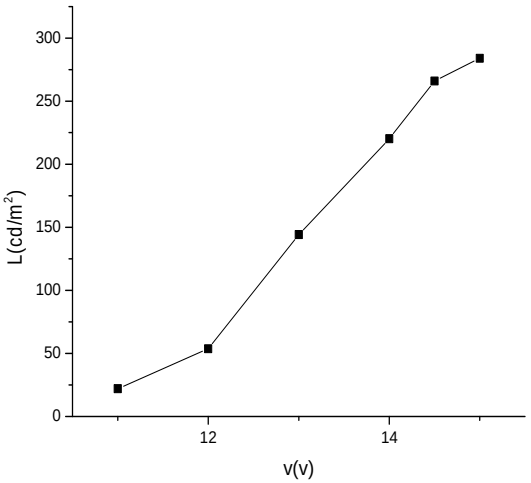
نشان دهنده پایداری یا عدم پایداری قطعه ساخته شده می باشد. شکل 1 مشخصه جریان- ولتاژ قطعه ساخته شده را نشان می دهد.همانگونه که در این شکل دیده می شود با افزایش ولتاژ تا مقدار ۱۰ ولت تغییرات چگالی جریان کند بوده و پس از آن تا مقدار ۱۵ ولت افزایش چگالی جریان بیشتر می شود. همچنین بیشترین ولتاژی که دستگاه می تواند تحمل کند برابر با ۱۵ ولت می باشد.

همچنین بررسی میزان شدت نور تولید شده در یکسوکننده های نورگسیل آلی در طراحی و مشخصه یابی این قطعات بسیار حائز اهمیت است. از این رو طیف نور گسیل شده و شدت آن برای قطعه ساخته شده اندازه گیری می شوند. شکل های ۲و۳ بترتیب مشخصه های روشنایی- ولتاژ و طیف نور گسیل شده را نشان می دهند. ولتاژی را که در آن یکسوکننده شروع به نوردهی می کند ولتاژ آستانه می گویند. به منظور بررسی عملکرد یکسوکننده نورگسیل آلی ولتاژ آستانه آن مورد بررسی قرارمی گیرد. همانگونه که در شکل ۲ دیده می شود ولتاژ آستانه برای دستگاه ساخته شده در حدود ۴ ولت می باشد و با افزایش ولتاژ تا ۱۰ ولت مقدار روشنایی دستگاه تغییر قابل ملاحظه ای نمی کند و پس از آن با افزایش ولتاژ مقدار روشنایی دستگاه نیز افزایش می یابد بطوریکه وقتی مقدار ولتاژ اعمال شده به ۱۵ ولت می رسد دستگاه دارای بیشترین روشنایی۲۸۴ کاندیلا بر متر مربع خواهد بود و پایداری دستگاه فقط تا ۱۵ ولت می باشد. شکل ۳ نیز نشان می دهد که نور گسیل شده از یکسوکننده در طول موج ۵۵۰ نانومتر دارای بیشترین شدت است که با طیف نور گسیل شده از ماده هیدروکسی کوئینو آلومینیوم مطابقت داشته و نشان می دهد که نور گسیل شده از یکسوکننده ناشی از لایه هیدروکسی کوئینو آلومینیوم می باشد.

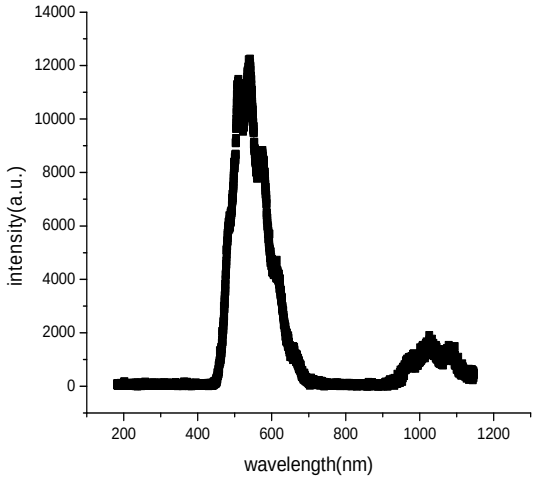
همچنین منحنی بازده جریان برای این قطعه در شکل ۴ نشان داده شده است. همانگونه که دیده می شود با افزایش ولتاژ تا مقدار ۱۰ ولت مقدار بازده جریان تقریبا ثابت باقی می ماند زیرا در این تغییرات ولتاژ مقادیر چگالی جریان و روشنایی دستگاه نیز تغییر قابل ملاحظه ای نداشته است اما پس از آن مقدار بازده جریان افزایش می یابد تا اینکه به مقدار بیشینه ۶/۱ کاندیلا بر متر مربع در ۱۴/۵ ولت می رسد و پس از آن دوباره کاهش می یابد تا اینکه به مقدار ۵/۵۹ کاندیلا بر متر مربع در ۱۵ ولت می رسد.



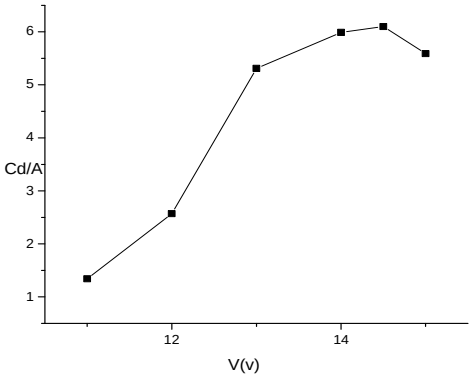
شکل ۱: منحنی چگالی جریان(J) بر حسب ولتاژ(V)



شکل۲: نمودار روشنایی(L) بر حسب ولتاژ(V)



شکل۳ :طیف نورگسیل شده



شکل۴ : بازده جریان((η (cd/m ^{2}) بر حسب ولتاژ(V)

نتیجه گیری:

با توجه به بررسی طیف نور گسیل شده از یکسوکننده و مقایسه آن با طیف نشری ماده Alq_3 مشخص می شود که نور گسیل شده از یکسو کننده ناشی از ماده Alq_3 بوده و بنابراین ،این ماده به عنوان ماده گسیلنده می باشد. همچنین با افزایش ولتاژ، روشنایی وبازده جریان دستگاه افزایش می یابد که دلیل آن تزریق متوازن الکترون و حفره و تشکیل جفتهای الکترون- حفره بیشتر می باشد که در نتیجه بازترکیب آنها فوتونهای بیشتری تولید شده و در نتیجه روشنایی و بازده جریان دستگاه افزایش می یابد. هنگامی که ولتاژ اعمال شده به دستگاه کمتر از ولتاژ آستانه دستگاه است هیچ نوری تولید نمی شود که دلیل آن تزریق ناکافی الکترون و حفره می باشد و هنگامی که ولتاژ اعمال شده از حد معینی بیشتر می شود نیز بدلیل تزریق نامتوازن الکترون و حفره روشنایی دستگاه از بین می رود.

مرجع ها

[1] W.J. Lee , Y.K. Fang , H.-C. Chiang , S.F. Ting , S.F. Chen , W.R. Chang , C.Y. Lin , T.Y. Lin , J.-J. Ho . Dramatic improving luminous efficiency of organic light emitting diodes under low driving current using nitrogen doped hole transporter. *Solid-State Electronics* **47** (2003) 1127–1130.

[2] S.Y. Park , C.H. Lee , W.J. Song , C. Seoul . Enhanced electron injection in organic light-emitting devices using Al/ LiF electrodes. *Current Applied Physics* **1** (2001) 116-120.

[3] Ali Kemal Havare , Mustafa Can, Cem Tozlu , Mahmut Kus , Salih Okur , Serafettin Demic , Kadir Demirak , Mustafa Kurt , Sıddık Icli .Charge transfer through amino groups-small molecules interface improving the performance of electroluminescent devices.*Optical Materials* **55** (2016) 94–101 .

[4] P. E. Burrows and S. R. Forrest . Electroluminescence from trap-limited current transport in vacuum deposited organic light emitting devices. *Appl. Phys. Lett.* **64**, 2285 (1994).

[5] F. Li and H. Tang, J. Anderegg, J. Shinar. Fabrication and electroluminescence of double-layered organic light-emitting diodes with the Al2O3 /Al cathode. *Appl. Phys. Lett.* **70, 1233** (1997).

[6] S. J. Kang, D. S. Park, S. Y. Kim, C. N. Whang, K. Jeong, and S. Im. Enhancing the electroluminescent properties of organic light-emitting devices using a thin NaCl layer. *Applied Physics Letters* **81, 2581** (2002).

[7] I-Min Chan, Franklin C.Hong. Improved performance of the single-layer and double-layer organic light emitting diodes by nickel oxide coated indium tin oxide anode. *Thin Solid Films* **450** (2004).

[8] H. Mu, W. Li, R. Jones, A. Steckl, D. Klotzkin. A comparative study of electrode effects on the electrical and luminescent characteristics of Alq3/TPD OLED: Improvements due to conductive polymer (PEDOT) anode. *Journal of Luminescence* **126** (2007).

[9] V.V.N. Ravi Kishore, Meghan P. Patankar, N. Periasamy, K.L. Narasimhan. Transient electroluminescence in organicalloy light emitting diodes. *Synthetic Metals* **146** (2004).

[10] Rakhi Grover,Ritu Srivastava,Janardan Dagar,M. N. Kamalasanan, and D. S. Mehta . Interface modified thermally stable hole transporting layer for efficient organic light emitting diodes. *J. Appl. Phys.* **116, 063102** (2014).