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

اثر ضخامت Alq3 برعملکرد دیود نور گسیل آلی بر پایه MoO3 به عنوان لایه تزریق کننده حفره

سیدمحسن موسوی‌زاده[۱]، حمیدرضا فلاح[۱]، مرتضی‌حاجی‌محمودزاده[۱]، محسن قاسمی[۲]، مهدی زادسر[۳]

۱- گروه فیزیک دانشگاه اصفهان، اصفهان.۲- گروه فیزیک دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

۳- گروه فیزیک دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد، نجف‌آباد

چکیده - در این مقاله با استفاده از MoO3 به عنوان لایه تزریق کننده حفره دیود نور گسیل آلی ساخته شده است. در این ساختار از ماده آلی Alq3 به عنوان لایه گسیلنده و NPB به عنوان لایه انتقال دهنده حفره استفاده شده‌است. با بررسی اثر ضخامت لایه Alq3 بر شدت نور تابشی و منحنی جریان-ولتاژ، دیده می‌شود که Alq3 به عنوان لایه انتقال دهنده الکترون نیز، در این ساختار عمل می‌کند. بدین ترتیب ضخامت بهینه برای این ساختار به‌دست آمده است.

کلید واژه- دیود نورگسیل‌آلی، لایه تزریق کننده حفره، لایه انتقال دهنده الکترون

Effect of the thickness of Alq3 on the performance of OLED based on MoO3 as a hole injection layer

S.M.Moosavizade[1], H.R.Fallah[1], M.Hajmahmoodzade[1], M.Ghasemi[2], M.Zadsar[3]

1-Departmant of physics of Isfahan university, Isfahan.2- Departmant of physics of shahrekord university, shahrekord

3- departmant of physics of Islamic Azad university, Najafabad

Abstract-In this paper OLED is fabricated by use of MoO3 as a hole injection layer. In this structure,Alq3 is used as a emitting layer and NPB as a hole transport layer. studding of the effect of the thickness of Alq3 on the characteristics of organic light emitting diodes, shows that Alq3 plays the role of electron transport layer too. there for we achieved a optimum thicknesss for Alq3.

Keywords: Organic light emitting diode, Hole injection layer ,electron transport layer

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

۱- مقدمه

در عصر حاضرکه ارتباطات جایگاه ویژه ای را به خود اختصاص داده است، وسایل الکترونیکی ارتباطی از قبیل تلویزیون ، موبایل، کامپیوتر و... نقش به سزایی را ایفا می کنند . از جمله موضوعاتی که در این گونه وسایل روز به روز مورد توجه بیشتری قرارمی گیرند ساخت صفحه های نمایش باحجم ، وزن و مصرف انرژی کمتر و کارایی بیشتر می باشد. اخیرا صنعت ساخت نمایشگرهای OLED به علت دارا بودن مزیتهای زیادی به عنوان تکنولوژی برتر در این زمینه، بیشتر از بقیه مورد توجه قرار گرفته است.

با اینکه امروزه OLEDها کاربردهای عملی بسیاری در ساخت وسایل الکترواپتیکی دارند و همچنین با طول عمری در حدود ۱۰۰۰۰۰ ساعت تولید می‌شوند[۱] اما هنوز این صنعت در حد لازم رشد نکرده[۲]. بنابر این تلاشهای علمی بیشتری مورد نیاز است تا طراحی و ساخت OLEDهایی با کارایی بیشتر صورت پذیرد.

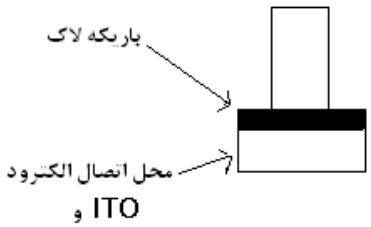
از مهمترین عوامل موثر در عملکرد این وسایل انتخاب ماده آلی مناسب و همچنین ضخامت بهینه لایه‌های استفاده شده می باشد[۳]. معمولترین ماده انتقال دهنده حفره در OLEDها پلیمر آلی PEDOT:PSS می‌باشد[۴].مزیت استفاده از این لایه این است که چون به صورت یک محلول پلیمری است، باروش ساده لایه نشانی چرخشی بر روی آند لایه نشانی می‌شود. همچنین چسبندگی این لایه یر روی سطح آند بسیار مناسب است به طوری که فرآیند تزریق حفره‌ها به خوبی صورت می‌گیرد. اما باید در نظر داشت که پلیمرهای رسانا، برای داشتن خاصیت رسانندگی باید اسیدی باشند که این می‌تواند باعث واکنش با مواد گسیلی و یا حتی سطح ITO شود. . بنابراین ممکن است موجب کاهش طول عمر ساختار شود. در سالهای اخیر دسته دیگری از مواد یعنی اکسیدهای فلزی نظیر SiO2 ، TiO2 ، MoO3 ، WO2 به عنوان مواد تزریق کننده حفره در ساختار OLEDها مورد استفاده قرار گرفتند و موجب افزایش بازده وسیله شدند[۵]. علاوه بر این مزیت دیگر استفاده از این مواد آنست‌که به روش تبخیری لایه نشانی شده و ضخامت آن به میزان بیشتری نسبت به ماده PEDOT:PSS قابل کنترل می‌باشد. زیرا در لایه نشانی محلول پلیمری PEDOT: PSS که به صورت چرخشی صورت می گیرد ضخامت را نمی توان با دقت زیادی تعیین کرد.همانطور که می‌دانیم تابش الکترولومینوسانس از یک دیود نور گسیل آلی ناشی از واهلش تابشی از اکسایتونهایی است که در حالت بر انگیخته تکتایی قرار دارند. با توجه به اینکه تحرک‌پذیری مواد آلی برای حفره‌ها بیشتر است برای افزایش بازده عملکرد دیودها باید پرامترهایی که در ایجاد تعادل بین حامل‌ها و در نتیجه تشکیل اکسایتون‌ها موثر هستند، بهینه شوند. از جمله این پرامترها، ضخامت لایه‌های استفاده شده در دیود می‌باشد. در این مقاله دیود نور گسیل آلی سبز با ساختار ITO/MoO3/NPB/Alq3/LiF/Al با استفاده از ماده MoO3 به عنوان لایه تزریق کننده حفره ساخته شده است. همچنین اثر ضخامت ماده گسیلنده Alq3 که به عنوان لایه تزریق کننده الکترون نیز عمل می‌کند[۶]، بر نمودارهای جریان-ولتاژ این دیود مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۲- بخش تجربی

مرحله اول سونش ITO می‌باشد. برای اینکار ITOهای مورد نظر را که دارای مقاومت سطح ۱۵ Ω/Sq هستند با نوار چسب به گونه‌ای می‌پوشانیم که پس از سونش، قسمت باقیمانده ITO موجود بر روی زیر لایه شیشه‌ای بصورت T باشد. آنگاه آنها را به مدت ۱۵ دقیقه در محلول HCL قرار می‌دهیم. با توجه به اینکه ضخامت لایه ها در دیودهای نورگسیل آلی بسیار کم می باشد،تمیز کردن زیرلایه‌ها برای جلوگیری از تشکیل نقاط خاموشی و همچنین اتصال آند و کاتد بسیار اهمیت دارد. بنابر این ITO های مورد نظر را ابتدا با آب و صابون شسته، سپس به ترتیب در حلالهای استون ،اتانول، متانول، ایزوپروپیل، استون و در نهایت آب مقطر دوبار یونیزه شده در دستگاه آلتراسونیک به مدت۲۰ دقیقه شستشو می‌دهیم. سرانجام زیر لایه ها با گاز نیتروژن خشک می‌شوند و به مدت ۱۰ دقیقه در معرض نور UV قرار می‌گیرند. شکل T برای سونش ITO به این خاطر استفاده می‌شود که از اثر لبه در لبه‌های ساختار، یعنی در محل اتصال لایه ITO و لایه کاتد جلوگیری به‌عمل آید. با این‌حال هنوز آن طرف ساختار که محل اتصال ITO و الکترود می‌باشد، با این مشکل مواجه است. به همین خاطر به فاصله کمی از لبه مورد نظر، ITO را با نوار باریکی از لاک می‌پوشانیم تا

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

مانع از اتصال کاتد و ITO در این قسمت شویم. البته دقت لازم باید اعمال شود تا لاک به بخشهای دیگر ITO نفوذ نکند(شکل ۱).



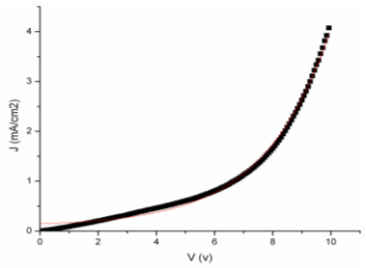
شکل ۱: باریکه لاک برای جلوگیری از اتصال لایه کاتد و ITO، در نزدیکی محل اتصال ITO و الکترود قرار می گیرد.

اکنون زیرلایه‌ها برای لایه‌نشانی آماده شده‌اند. زیر لایه‌ها که ماسک‌گذاری شده‌اند به همراه بوته‌های حاوی مواد مورد نیاز برای لایه نشانی، در داخل محفظه خلا قرار داده می‌شوند. باید در نظر داشت که که ماسک به گونه‌ای بر روی زیرلایه‌ها گذاشته می‌شود که لبه آن در وسط باریکه لاک قرار می‌گیرد تا مانع از تماس لایه کاتد و ITO شود. فاصله زیرلایه‌ها از بوته‌ها در حدود ۱۵ سانتی‌متر انتخاب می شوند. محفظه خلا توسط دو پمپ توربو و روتاری تا فشار $5\times10^{-5}mb$ می‌رسد. اولین لایه MoO3 با ضخامت ۳۵ nm می‌باشد. این لایه به عنوان تزریق کننده حفره به‌کار می‌رود. لایه بعدی ماده آلی NPB با ضخامت ۵۰nm می‌باشد که یکی از بهترین انتقال دهنده‌های حفره بکار رفته در ساختار OLEDها می‌باشد. سپس ماده آلی Alq3 با ضخامت‌های ۶۰ ، ۷۰ و۸۰ نانومتر در سه ساختار مختلف، لایه‌نشانی می‌شود. این ماده به عنوان گسیلنده خوب در ناحیه سبز طیف مریی و همچنین لایه انتقال دهنده الکترون به‌کار می‌رود. برای جلوگیری از فعل و انفعالات شیمیایی بین لایه کاتد و ماده آلی مجاور و همچنین کاهش سد پتانسیل در فرآیند تزریق الکترونها از کاتد به ناحیه فعال، در لایه بعدی از ماده LiF با ضخامت ۶ آنگستروم استفاده می‌شود. سرانجام ماده آلومینیوم به عنوان لایه کاتد با ضخامت ۱۵۰ nm لایه نشانی می‌گردد. به جز آلومینیوم که با سرعت بالا لایه نشانی می‌شود، سرعت لایه نشانی بقیه مواد به‌طور متوسط بین ۰/۲ تا ۰/۵ آنگستروم بر ثانیه می‌باشد.

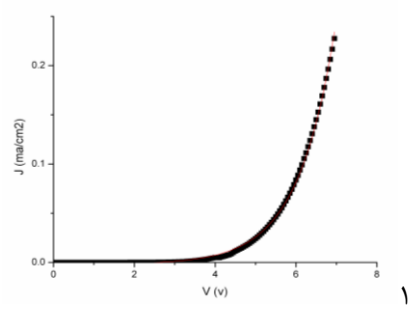
۳- نتایج آزمایش

تغییر ضخامت لایه‌ها در دیودهای نورگسیل آلی موجب تغییر در مشخصه‌های جریان-ولتاژ این وسایل می‌شود که مورد بحث قرار می گیرند. پس از خروج دیودهای نورگسیل از محفظه خلا با استفاده از دستگاه Keithly 2400 مشخصه‌های جریان-ولتاژ این دیودها اندازه‌گیری شدند. در شکل ۲ نمودارهای جریان- ولتاژ سه ساختار زیر آورده شده اند.

۱) ITO/MoO3/NPB/Alq3(60 nm)/LiF/Al
۲) ITO/MoO3/NPB/Alq3(70 nm)/LiF/Al
۳) ITO/MoO3/NPB/Alq3(80 nm)/LiF/Al

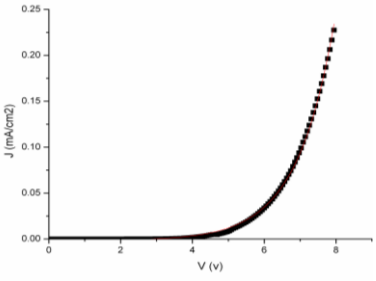


شکل۲-الف: تمودارولتاژ جریان ساختار



۱

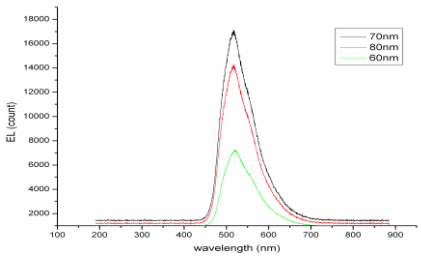
شکل ۲- ب: نمودار ولتاژ- جریان ساختار۲



شکل ۲- ج : نمودار ولناژ- جریان ساختار ۳

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

همانطور که در شکل پیداست در ولتاژهای پایین‌تر، در ساختاری که Alq3 دارای ضخامت ۶۰ nm می‌باشد نسبت به دو ساختار دیگر، جریان بیشتری عبور می‌کند. با توجه به این مطلب که میزان تحرک پذیری حفره‌ها در مواد آلی نسبت به الکترون‌ها بیشتر است، می‌توان گفت کم بودن ضخامت لایه Alq3 باعث می‌شود تا حامل‌های بار اکثریت(حفره‌ها) قبل از اینکه فرصت تشکیل اکسایتون با حامل‌های بار اقلیت(الکترونها) را داشته باشند، به الکترود مقابل برسند و باز ترکیب کمتر و در نتیجه شدت نور کمتری داشته باشیم. بنابر این همانطور که دیده می‌شود این ساختار رفتار دیودی کامل از خود نشان نمی دهد. با بررسی نمودارهای جریان-ولتاژ ساختار ۲ و ساختار ۳ می‌بینیم که با افزایش ضخامت Alq3، در ولتاژهای پایین‌تر جریان کمتری از دیود عبور می‌کند. می‌توان گفت افزایش ضخامت Alq3 باعث تزریق بیشتر الکترونها به داخل ساختار شده و این امکان را فراهم می‌سازد تا حفره‌ها و الکترونهای بیشتری به صورت اکسایتون با هم ترکیب شوند. پس می‌توان نتیجه گرفت در این ساختار Alq3 علاوه بر اینکه به عنوان گسیلنده عمل می‌کند وظیفه انتقال الکترون را نیز به عهده دارد. بنابر این انتظار می‌رود افزایش ضخامت این لایه در ساختار باعث فزایش شدت نور گسیلی گردد. با افزایش ضخامت، علاوه بر افزایش میزان تشکیل اکسایتون، میزان تله‌های بار و همچنین احتمال جذب نور گسیل شده، توسط خود لایه افزایش می یابد. پس انتظار می‌رود یک ضخامت بهینه داشته باشیم. طیف الکترو لومینانس این ساختارها در شکل ۳ نشان می‌دهد که بالاترین شدت نور گسیلی مربوط به ساختار ۲ با ضخامت ۷۰nm می‌باشد



شکل ۳ : طیف الکترولومنیسانس ساختارهای ۱و۲و ۳

.از طرفی در نمودارهای جریان-ولتاژ می‌بینیم که ولتاژ راه انداز ساختار ۲ کمتر از ولتاژ راه انداز ساختار ۳ می باشد.

با توجه به طیف اکترولومینسانس و با توجه به این مطلب که یکی از ویژگیهای بسیار مهم دیودهای نور گسیل آلی داشتن ولتاژ راه‌انداز پایین می باشد به نظر می‌رسد برای این ساختار ضخامت بهینه ۷۰nm باشد.

۴- ۴- نتیجه گیری

کاهش ضخامت لایه Alq3 باعث می‌شود تا به خاطر تفاوت در میزان تحرک‌پذیری حامل‌های بار و در نتیجه عدم تشکیل اکسایتونها به مقدار کافی، نور گسیل شده کاهش یابد. با افزایش ضخامت این لایه میزان تشکیل اکسایتونها افزایش می‌یابد. بنابراین می‌بینیم که Alq3 به عنوان لایه انتقال دهنده الکترون نیز عمل می‌کند. از طرفی افزایش لایه موجب جذب بیشتر نور گسیلی از خود لایه می‌شود. همچنین افزایش ضخامت باعث افزایش ولتاژ راه انداز ساختار می‌گرد.

۵- مراجع

[1] I. H. campbeel, B. K. crone, and D. L. smith, "physics of organic emitting diodes," Semiconducting Polymers, 421 (2007).

[2] J. R. Sheats, " Manufacturing and Commercialization Issues," Organic Electronics **19**, 1974-1989 (2004).

[3] F. C. Wang, S. Liu, H. L. Zhou, S. Sun, B. L. Q. and, and G. P. Ou, Microelectron. J. **37(9)**, 916-918 (2006).

[4] F.Ely, C.O.Avavellaneda, P.Paredez, and V.CNogeira, "patterning quality control of inject printed PEDOT:PSS films by wetting properties " Synthetic Metals **161**, 2129-2134 (2011).

[5] D. Z.B., D. X.M., L. S.T., and G. W.A., "Enhanced brighness and efficciency in organic electroluminecent devices using SiO2 buffer layer," Appl.Phys. lett **74**, 2227-2229 (1999).

[6] S. Nowy, Understanding losses in OLEDs:
optical device simulation and electrical characterization using impedance spectroscopy (2010).

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