بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و سیزدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران.
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

کد مقاله : ۱-۲۵۳۹-۱۰-A

بررسی مشخصات اپتوالکترونیکی دیود نور گسیل آلی مبتنی بر ساختار $ITO/MoO_3/NPB/Alq_3:DCJTB/Alq_3/LiF/Al$

فاطمه عباسی[۱]، سید محمدباقر قرشی[۱*] و المیرا کریم زاده[۲]

[۱]دانشکده لیزر و فوتونیک دانشکده فیزیک دانشگاه کاشان، کاشان

[۲] گروه مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

Email: 1. abbasifatemeh210870@gmail.com
2. mghorashi@kashanu.ac.ir
3. elmira.karimzadeh@gmail.com

چکیده- در این تحقیق، ویژگی های اپتوالکترونیکی دیود نور گسیل آلی با ساختار $ITO/MoO_3/NPB/Alq_3:DCJTB/Alq_3/LiF/Al$ شبیه سازی شده است. دیودهای نور گسیل آلی با لایه میزبان-مهمان (Alq_3:DCJTB) با نرم افزار APSYS (Advanced Physical Model of Simulation Devices) مورد بررسی قرار گرفتند. طول موج نشر در ۵۲۰ نانومتر برای نمونه مرجع (بدون مهمان) ظاهر شد. پس از آن تاثیر حضور لایه میزبان-مهمان (Alq_3:DCJTB) با درصد وزنی‌های ۰، ۱، ۵ و ۱۰ در این ساختار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج شبیه سازی نشان دادند که استفاده از لایه میزبان-مهمان (Alq_3:DCJTB) طول موج نشر را به ۶۳۰ نانومتر انتقال می دهد. همچنین نمونه ای با ۵ درصد وزنی ماده مهمانDCJTB دارای بازدهی جریان بهتر نسبت به نمونه مرجع شد. منشأ فیزیکی عملکرد نوری بهبود یافته برای دیودهای نور گسیل آلی با حضور ساختار میزبان-مهمان (Alq_3:DCJTB) می تواند به دلیل افزایش الکترون‌ها و حفره‌ها در رابط بین لایه هایAlq_3: DCJTB و Alq_3 باشد،که این امر منجر به افزایش نرخ بازترکیبی تابشی و بهبود بازدهی جریان می شود.

کلید واژه- الکترولومینسانس، دیود نور گسیل آلی، شبیه سازی، میزبان-مهمان، نور قرمز

Investigation ofOptoelectronic Characteristics ofOrganic Emission Diode Based on $ITO/MoO_3/NPB/Alq_3:DCJTB/Alq_3/LiF/Al$ Heterostructure

FatemehAbbasi[1],SeyedMohammad BagherGhorashi[1,*], andElmiraKarimzadeh[2]
[1] Department of Laser and Photonics Faculty of Physics University of Kashan, Kashan
[2] Department of Materials Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan

Abstract- In this research, optoelectronic properties of OLED structure consisting $ITO/MoO_3/NPB/Alq_3:DCJTB/Alq_3/LiF/Al$ layers was investigated. OLEDs with host-guest layer (Alq_3: DCJTB) were simulated with the APSYS (abbreviation of Advanced Physical Model of Simulation Devices) simulation program. In reference sample (without guest), the emission wavelength was appeared at 520 nm. Then, the effect of the presence the guest in host layer (Alq_3: DCJTB) with different weight percent (1, 5 and 10 %w) was simulated. The results were showed that the emission wavelength was shifted to 630 nm. Also, the OLED structure with Alq_3:DCJTB (5%w) layer had a better current efficiency than other samples. Improvement of optical performance of the host-guest OLED structures is due to the increase of electrons and holes between Alq_3: DCJTB and Alq_3 layers which lead to raise the radiative recombination rate and improve current efficiency.

Keywords: Electroluminescence,Host-guest, OLED,Red light, Simulation

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

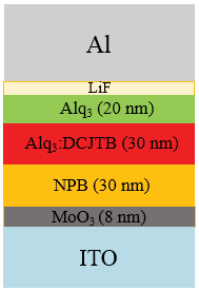
مقدمه

دیودهای نور گسیل آلی (OLED) در سال های اخیر، به عنوان نوع جدیدی از تکنولوژی نمایشگرها بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند که ناشی ازمزیت های فراوان این ادوات نسبت به تکنولوژی های فعلی نمایشگرهااست. تعداد زیاد مواد آلی نور گسیل،منجر می شود که بتوان ساختارهای متفاوتی را طراحی و بررسی کرد و ساختار OLED را با توجه به طیف نور خروجی و بازدهی آن انتخاب نمود. ماده مهمانDCJTB، که مشتقی از DCM است، برای تنظیم مشخصات الکترواپتیکی در OLEDها استفاده می شود.به خصوص، این ماده به طور گسترده در ساخت OLEDهای قرمز و سفیدمورد استفاده قرار می گیرد. هم چنین، فرآیند ساخت OLEDها نسبت به دیگر انواع تکنولوژی‌های نمایش و حتی ساخت قطعات نیمه هادی، ساده تر و ارزان تر است و محصولات تولید شده از نمونه های دیگر نازک تر و سبک‌تراند [۱].

در این تحقیق،از ماده میزبان-مهمان (Alq_3:DCJTB) به عنوان ماده آلی نور گسیلOLEDاستفاده شده است. ویژگی‌های الکترو اپتیکی OLEDهای طراحی شده با درصدهای متفاوت ماده میهمان در ماده میزبان (۰، ۱، ۵ و ۱۰ درصد) که شامل طیف الکترولومینسانس،منحنی‌های چگالی‌جریان-ولتاژ، روشنایی-ولتاژ و بازدهی جریان-چگالی‌جریانOLEDها مورد بررسی قرار گرفته اند.

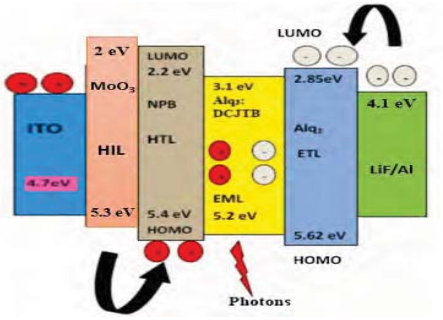
روش شبیه سازی

ساختار OLED طراحی شده شامل یک شیشه به عنوان زیرلایه،ITO به عنوان آند، MoO_3 به عنوان لایه تزریقکننده حفره، NPB به عنوان لایه انتقال دهنده حفره، Alq_3:DCJTB به عنوان گسیلنده نور،Alq_3 به عنوان لایه انتقال دهنده الکترون،LiFبه عنوان لایه بافر و Al به عنوان کاتد است. نمای ساختار لایه ایOLED مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: نمایی ازساختار OLEDشبیه سازی شده.

ساختار مرجع، OLEDی با لایه‌هایAl،LiF، Alq_3، Alq_3:DCJTB، NPB، MoO_3 و ITO به ترتیب با ضخامت های ۱۸۰، ۱/۵، ۲۰، ۳۰، ۳۰، ۸ و ۱۰۰ نانومتر در نظر گرفته شد. تأثیر حضور ماده DCJTBبا درصدهای وزنی مختلف (۱،۵ و ۱۰ درصد وزنی)به عنوان ماده مهمان در لایه گسیلنده Alq_3(میزبان) بر عملکرد OLEDبررسی شد. ترازهای انرژی مواد به کار رفته در ساختار در شکل ۲نشان داده شده است.



شکل ۲: نمایی ازترازهای انرژی مواد به کار رفته در ساختار ITO/MoO_3/NPB/Alq_3: DCJTB/Alq_3/LiF/Al.

در نرم افزار APSYS ویژگی های الکتریکی و اپتیکی با حل معادله ی پواسون و معادله پیوستگی جریان برای الکترون و حفره شبیه سازی می شوند. بر خلاف دیودهای معمول، انتقال بار در دیودهای آلی توسط میدان الکتریکی

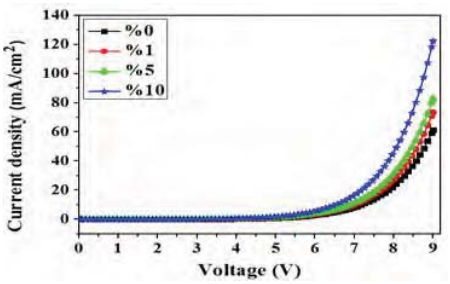
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

در مدل پرش فعال می شود. هم چنین نیمه هادی آلی از طریق بازترکیب اکسیتونی فرنکل نور را منتشر می‌کند[۲].

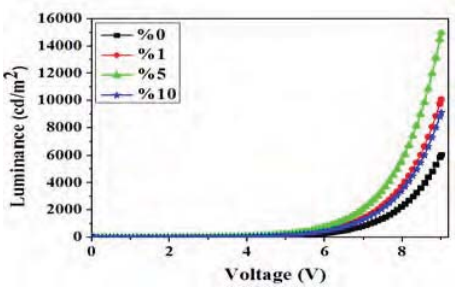
نتایج

از مشخصه های بسیار مهم در دیودهای آلی، منحنی چگالی جریان-ولتاژ و روشنایی-ولتاژ هستند. مشخصات چگالی‌جریان و روشنایی بر حسب ولتاژ ساختار مرجع و مقایسه ی آن با ساختارهای میزبان-مهمان با درصدهای وزنی مختلف مهمان(DCJTB)در شکل ۳ آورده شده است.

(الف)



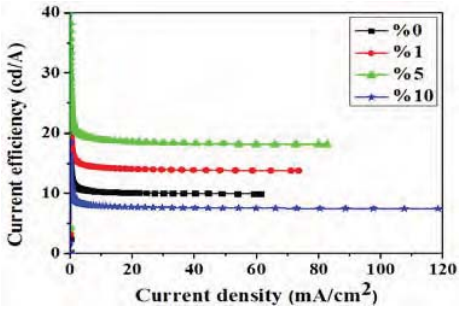
(ب)



شکل ۳: الف) نمودار چگالی‌جریان-ولتاژ و ب) روشنایی-ولتاژOLEDهای مبتنی بر Alq_3با درصدهای مختلف DCJTB.

با افزایش درصد ماده مهمان به دلیل تزریق مستقیم حفره از NPB به DCJTBو تزریق مستقیم الکترون از Alq_3 به DCJTB،ولتاژ شروع کاهش می یابد. همچنین افزایش درصد ماده مهم ان منجر به ورود بیشتر حامل‌ها به ماده مهمان (DCJTB) می شود که در نتیجه ی آن چگالی جریان افزایش می یابد[۳].از شکل ۳ می توان دریافت که روشنایی نمونه با ماده مهمان ۵ درصدنسبت به نمونه‌ای به نمونه مرجع بیشتر است که ناشی از تحرک پذیری لایه‌ها است.تحرک پذیری حفره‌ها در NPB بسیار بیشتر از تحرک پذیری الکترون‌ها درAlq_3 است. با افزودن ماده‌ی مهمان، حامل‌های بار مستقیما وارد ماده مهمان می شوند. با توجه به مطالب فوق و نتایج شبیه سازی می توان دریافت که نمونه ی شامل ۵ درصد وزنی ماده مهمان، تعادل بهتری از الکترون و حفره را رقم زده است و روشنایی آن افزایش یافته است.بنابراین، انتقال انرژیفورستر و دکستر نقش جزئی را ایفا می کنند [۳].به عنوان نمونه روشنایی در ۷ ولت در نمونه مرجع و۵درصد وزنی ماده مهم ان به ترتیب حدود cd/m^2 و۸۳۶cd/m^2 ۲۱۶۳ است.

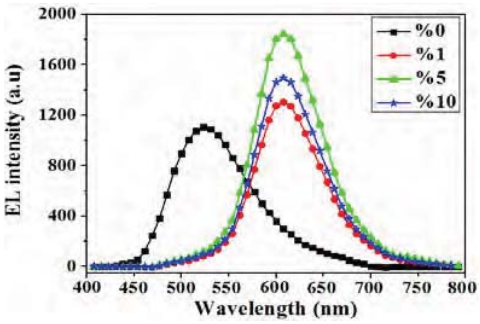
شکل ۴مقایسه‌ی نموداربازدهی‌جریان-چگالی‌جریان ساختارOLEDمرجع و ساختارهایی با درصدهای وزنی مختلف DCJTBدر Alq_3را نشان می دهد.بازدهی جریان با افزایش ماده مهمان تا ۵ درصد وزنی افزایش یافت و با افزایش بیشتر ماده مهمان تا ۱۰ درصد وزنی کاهش بازدهی جریان مشاهده شد. بازدهی جریان برای نمونه‌های ۰، ۱، ۵ و ۱۰ درصد وزنی ماده مهمان در چگالی جریان ۳۰ mA/cm^2 برابر با حدود ۱۰، ۱۴، ۷/۵ و ۲۰ cd/Aبه ترتیب اندازه‌گیری شد.



شکل ۴: نمودار بازدهی‌جریان-چگالی‌جریانOLEDهای مبتنی بر Alq_3با درصدهای مختلف DCJTB.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

شکل ۵مقایسه ی طیف الکترولومینسانس نمونه ی مرجع با نمونه هایی با درصدهای وزنی مختلفDCJTBدر Alq_3را نشان می دهد. با افزایش ماده مهمان طول موج نشر به سمت طول موج های بزرگتر جابه‌جا شد وOLED نور سبز باطول موج نشر ۵۲۰ نانومتر (مربوط به نمونه مرجع) به یک OLEDنور قرمز با طول موج ۶۳۰ نانومتر (مربوط به نمونه های میزبان-مهمان) تغییر یافت.



شکل ۵: طیف الکترولومینسانسOLEDهای مبتنی بر Alq_3با درصدهای مختلف DCJTB.

در نمونه‌های شامل لایه میزبان-مهمان، انتقال انرژی از میزبان به میهمان کاملا شکل گرفته است و هیچ اثری از بیشینه تابش مربوط بهAlq_3در طیف دیده نمی‌شود. همچنین، هنگامی که DCJTBاز نظر درصد وزنی بیش از ۵ درصدبود،باافزایش درصد مهمان شدت پیک انتشار OLEDنور قرمز کاهش یافت که می تواند به دلیل فروافت فلورسانس و اثر نابودی سطوح برانگیخته سه تایه-سه تایه در درصدهای بالا ودر نتیجه کاهش شدت پیک انتشار باشد [۳].

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، خصوصیات الکترواپتیکی ساختار $ITO/MoO_3/NPB/Alq_3:DCJTB/Alq_3/LiF/Al$ با درصدهای وزنی مختلف DCJTB و مقایسه‌ی آن با ساختار مرجع $ITO/MoO3/NPB/Alq_3/Alq_3/LiF/Al$با نرم افزار APSYSشبیه سازی شدند.با توجه به نتایج شبیه سازی و مقایسه آن‌ها با یکدیگر نمونه بهینه، OLEDی با ساختار میزبان-مهمان با ۵ درصد وزنی DCJTB به دست آمد.این نمونه نسبت به نمونه مرجع و نمونه‌های دیگر مهمان-میزبان (با درصدهای وزنی DCJTB، ۱ و ۱۰) ولتاژ شروع کمتری دارد و در ولتاژهای کمتری به روشنایی بالایی می‌رسد و هم چنین بازدهی جریان در دیود ۵٪ بیشتر از سایر نمونه‌ها بود.در همه‌ی نمونه‌های شامل ماده‌ی مهمان طول موج نشر به سمت طول موج های بزرگتر جابه‌جاشد. OLED نور سبز با طول موج نشر ۵۲۰ نانومتر (مربوط به نمونه مرجع) به یکOLED نور قرمز با طول موج ۶۳۰ نانومتر (مربوط به نمونه های میزبان-مهمان) تغییریافت و شدت در نمونه ای با ۵ درصد وزنی نسبت به سایر نمونه ها بیشتر است. در نهایت می-توان بیان کرد که نتایج شبیه سازی نشان می‌دهندکه حضور ۵ درصد وزنی ماده ی آلیDCJTB به عنوان ماده مهمان در لایه Alq3 منجر به بهبود عملکرد OLED و دستیابی به OLED قرمز می‌گردد.

مرجع‌ها

[1] G. Sharma, S. Z. Hashmi, U. Kumar, S. Kattayat, "Optical and electronic characteristics of ITO/NPB/Alq_3:DCJTB/Alq_3/Ag heterostructure based organic light emitting diode",Optik, Vol. 223, No. 165572, pp. 1-8, 2020.

[2] Q. Wu, F. Cao, H. Wang, J. Kou, Z. H. Zhang, "Promoted Hole Transport Capability by Improving Lateral Current Spreading for High-Efficiency Quantum Dot Light-Emitting Diodes", Advanced Science, Vol. 45, No. 2001760, pp. 1-7, 2020.

[3] S. Yu, C. Ma, C. Cheng, X. Wang, D.Ji, Z. Fan, D. Xia, "Synthesis and 0.88 μm near-infrared electroluminescence properties of a soluble chloroindiumphthalocyanine",Dyes and Pigments, Vol.76, No. 2, pp. 492-498, 2008.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.