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 : A-۱۰-۲۴۷۲-۱

تاثیر ترمیم سطح آند توسط پلاسمای اکسیژن بر روی عملکرد دیود نور گسیل آلی

مسعود یحیی[۱]، محمد رضا فدوی اسلام[۲]

[۱]دامغان، دانشگاه دامغان، دانشکده فیزیک، jammed.yahya@gmail.com،

[۲]دامغان، دانشگاه دامغان، دانشکده فیزیک، m.r.fadavieslam@du.ac.ir

چکیده –به طور کلی پیش ترمیم سطح اکسید ایندیوم آلاییده با قلع(ITO)برای بهبود تزریق بار و عملکرد قطعه در ساخت دیودهای نور گسیل آلی اتخاذ شده است. در این پژوهش، لایه های ITOتوسط پلاسمای اکسیژن تحت توان ۸۰ وات به مدت ۴، ۶ و ۸ دقیقه ترمیم شدند. ترمیم لایه های ITOسبب بهبود ساختار، کاهش متوسط اندازه نانو بلورکها و کاهش زبری سطح آنها شد. لایه های ITOدر ساخت دیود با ساختار Glass/ITO/PEDOT:PSS/Alq3/Alبکار گرفته شدند. ترمیم لایه های ITOسبب کاهش ولتاژ آستانه و افزایش شدت نور گسیلی دیودها شده است.

کلید واژه- اکسید ایندیوم آلاییده با قلع، ترمیم، پلاسمای اکسیژن، دیود نور گسیل آلی

The effect of anode surface treatment by oxygen plasma on the performance of organic light emitting diodes

M. Yahya[1], M. R. Fadavieslam[2]

[1]School of physics, Damghan University, Damghan, jammed.yahya@gmail.com,

[2]School of physics, Damghan University, Damghan, m.r.fadavieslam@du.ac.ir

Abstract- Pretreatment of the indium tin oxide (ITO) surface is generally adopted to improve the charge injection anddevice performance in the fabrication of organic light-emitting diodes. In this study, the ITO films were terminated by 80 w onoxygen plasma for 4, 6 and 8 min. The treatment of ITO films improved the structure, reduced the average size of nanocrystals and reduced their surface roughness. The ITO films were used in the fabrication of the diode with Glass/ITO/PEDOT:PSS/Alq_3/Al structure. The treatment of ITO films has reduced the threshold voltage and increased the light intensity of the diodes.

Keywords: ITO, treatment, Oxygen plasma, OLED

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

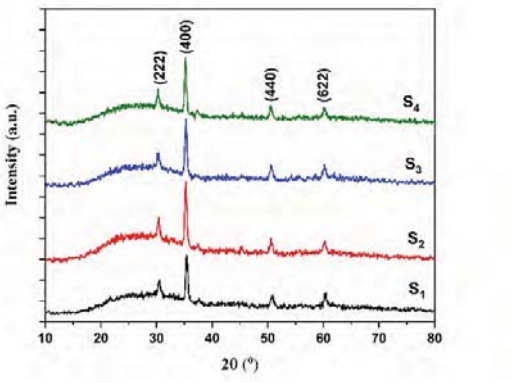
مقدمه

ویژگی های جذاب دیود نور گسیل آلی (OLED)مانند سهولت ساخت، هزینه ساخت کم، انعطاف پذیری و وزن سبکهم در زمینه های علمی و هم در صنعت باعث افزایش علاقه به آنها شده است [۱]. این مزایا در دستگاه‌های مختلف الکترونیکی مانند روشنایی اتومبیل، تلفن همراه، نمایشگرهای رایانه، دوربین دیجیتال، نمایشگرهای تلویزیون و قطعات نوری انعطاف پذیر کاربردهایی را فراهم کرده است [۲, ۳]. ساختارOLEDها از چند لایه تشکیل شده است. می‌توان به طور معمول ترکیبی کلی به صورت آند، کاتد، بستر، لایه انتقال الکترون‌ها، لایه انتقال حفره ها و لایه گسیل کننده برای چینش لایه‌ها ارائه کرد[۴]. لایه نازک اکسید ایندیوم آلایش شده با قله (ITO)به دلیل عبور زیاد در ناحیه نور مریی، عملکردهای نسبتاً زیاد کارایی، رسانایی بالا، خواص شیمیایی پایدار معمولاً به عنوان آند در ساختOLED ها استفاده می شود [۵, ۶]. ویژگیهای سطح ITO نقش مهمی در عملکرد OLED بازی می کند. تلاشهای متعددی در خصوص اصلاح سطح با استفاده از پلاسما صورت گرفته است [۷]. هدف این پژوهش ترمیم سطح ITO تحت محیط پلاسمای اکسیژن و تاثیر ترمیم بر عملکرد دیود نور گسیل آلی با ساختار Glass/ITO/PEDOT:PSS/Alq3/Al می باشد.

روش تجربی

لایه های نازک ITO مورد نیاز این پژوهش از شرکت لومتک تایوان تهیه شدند. سپس با هدف ترمیم سطح آنها در محیط پلاسمای اکسیژن در توان ۸۰ وات و طی زمانهای ۴، ۶ و ۸ دقیقه قرار گرفتند. لایه ترمیم نشده و ترمیم شده به مدت ۴، ۶ و ۸ دقیقه بترتیب S_1، S_2، S_3 و S_4 نامگذاری شدند. با هدف بررسی ساختار آنها توسط دستگاه طیف سنجی پرتو ایکس آنالیز شدند. شکل (۱) طیفهای مقایسه ای XRD نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

مطالعه این شکل مشخص میکند که آنها یک قله قوی در $2\theta = 35/3^{o}$ متناظر با صفحه (۴۰۰) و قله های ضعیفتر در 2θ برابر با ۳۰/۴، ۵۰/۷ و ۶۰/۳ بترتیب متناظر با صفحات (۲۲۲) (۴۴۰) و (۶۲۲) مربوط به فاز مکعبی وجود دارند که با کارت استاندارد JCPDS 06-0416همخوانی دارند [۸]. این نتایج ساختار بس بلوری نمونه ها را نشان می دهد. قله های دیگری مربوط به ساختار قلع در نمونه ها دیده نمی شود که نشان می دهد اتمهای قلع بخوبی جایگزین اتمهای ایندیم در ساختار شده اند [۹]. علاوه بر این افزایش مدت زمان پلاسما سبب افزایش شدت قله مربوط به صفحه (۴۰۰) شده است که حدس زده می شود که پلاسمای اکسیژن ساختار بلوری و کیفیت پوشش سطح لایه نازک را بهبود بخشیده است [۹, ۱۰].



شکل ۱: طیفهای مقایسه ای پراش پرتو ایکس ITO ها

متوسط اندازه نانو بلورک‌ها با استفاده از رابطه شرر محاسبه شد. نتایج محاسبات نشان می‌دهد افزایش زمان پلاسمای اکسیژن برای تمام راستاهای بلوری بجز راستای (۶۲۲) باعث افزایش اندازه نانو بلورکها می شود. این افزایش اندازه نانو بلورکها نشان می دهد که پلاسمای اکسیژن باعث بهبود کیفیت بلوری ITOشده است. علاوه بر آن متوسط اندازه نانو بلورکها برای نمونه های S_1، S_2، S_3 و S_4با استفاده از رابطه ولیام سون – هال بترتیب

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

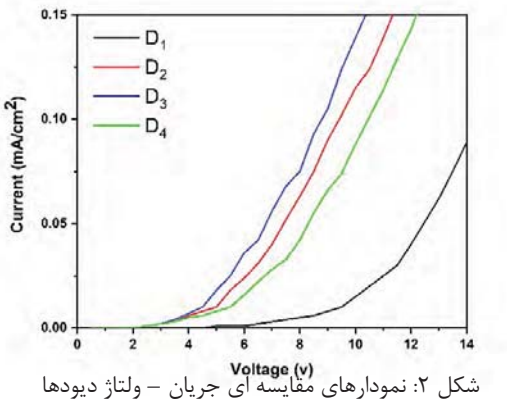
مقادیر ۱۵٫۸۱، ۱۶٫۲۹، ۱۸٫۸۶ و ۱۹٫۱۶ بدست آمد. این نتایج نشان می دهند که پلاسمای اکسیژن کیفیت ساختاری نمونه ها را بهبود بخشیده است.

ریختار سطح لایه‌های ITOتوسط تصاویر میکروسکپ روبشی الکترونی اثر میدان (FESEM)مطالعه شد. نتایج مشخصه یابی FESEM نمونه ها نشان می دهد که تاثیر پلاسمای اکسیژن بر ریختار سطح ناچیز است [۹]. با این وجود بطور کلی پلاسمای اکسیژن سبب کاهش اندازه دانه‌ها شده است.

توپولوژی سطح لایه‌های ITO توسط میکروسکپ نیروی اتمی (AFM) بررسی شد. نتایج مشخصه‌یابی‌های AFM نشان‌می‌دهد که توپولوژی سطح نمونه‌ها بعد از ترمیم بهبود یافته و زبری سطحی از ۲٫۳۴ به ۰٫۹ nm کاهش یافته است.

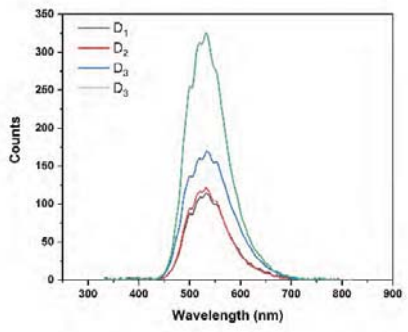
پس از بررسی اثر ترمیم بر روی ساختار ITO ها دیودهای نورگسیل آلی با استفاده از آنها ساخته شد. به طور کلی ساختار دیودهای این پژوهش به صورت Glass/ITO/PEDOT:PSS/Alq_3/Al می‌باشد. در این ساختار برای لایه آند از ITO استفاده شده است. بطوری که دیودهای ساخته شده با نمونه های S_1، S_2، S_3 و S_4 بترتیب D_1، D_2، D_3 و D_4 نامگذاری شدند. برای لایه‌ی انتقال‌دهنده حفره از PEDOT:PSS استفاده شد که به روش چرخشی بر روی لایه های ITO پوشش داده شدند. Alq_3 بعنوان ماده‌ی نورگسیل و کاتد بکار گرفته شد که به روش تبخیر در خلا لایه نشانی شد. الکترود آلومینیوم نیز به روش تبخیر حرارتی لایه نشانی شد.

شکل (۲) نمودارهای مقایسه‌ای جریان – ولتاژ قطعات را نشان می دهد. مطالعه این شکل رفتار دیودی قطعات را نشان می هد. علاوه بر آن نشان می دهد که ولتاژ آستانه برای دیودها با ترمیم ITOها کاهش یافته است، که می-توان به حذف آلاینده ها از سطح و افزایش عملکرد آن نسبت داد [۱۱]. این بدین معنا است که پلاسمای اکسیژن بر سطح ITOتاثیر گذاشته است به طوری که تزریق حاملها و همچنین تعادل بین جریانهای الکترون و حفره بهبود یافته است، که سبب افزایش تابع کار ITO شده است [۱۲, ۱۳]. از طرفی دیگر کاهش زبری سطح در اثر پلاسمای اکسیژن منجر به اتصال مناسب آند و لایه PEDOT:PSS می شود که سبب افزایش بهره‌بری تزریق حفره از آند به لایه PEDOT:PSS، بهبود چگالی جریان و کاهش ولتاژ راه اندازی می شود [۱۳, ۱۴].



شکل ۲: نمودارهای مقایسه ای جریان – ولتاژ دیودها

نمودارهای مقایسه ای شدت روشنایی بر حسب طول موج دیودها در شکل (۳) نشان داده شده است. مطالعه این نمودارها نشان می دهد که قله های نورهای گسیل شده دیودها متناظر با نور سبز است که از ماده نور گسیل Alq3 بکار رفته در دیودها ناشی می‌شود. علاوه بر آن با افزایش مدت زمان ترمیم لایه های ITO شدت نور گسیلی افزایش یافته است.



شکل ۳: نمودارهای مقایسه ای شدت نور گسیلی دیودها بر حسب طول موج

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

نتیجه‌گیری

در این پژوهش لایه های ITO با پلاسمای اکسیژن ترمیم شدند. ترمیم باعث بهبود ساختار مورفولوژی و توپولوژی لایه‌ها شده است. علاوه بر این بکار گیری لایه های ترمیم شده در ساخت دیود نور گسیل آلی نشان داد که ترمیم آند سبب کاهش ولتاژ آستانه دیود، افزایش شدت نور گسیلی و بهبود عملکرد دیود می شود.

مرجع‌ها

[1] D. Hewidy, A.S. Gadallah, G.A. Fattah, "Electroluminescence enhancement of glass/ITO/PEDOT:PSS/MEH-PPV/PEDOT:PSS/Al LED by thermal annealing", Journal of Molecular Structure, Vol. 1130, pp.327-332,2017.

[2] A. Mantarcı, B. Gündüz, "A study on refractive index dispersion and optoelectronic parameters of the BCzVB OLED material by using solution method", Optical and Quantum Electronics, Vol. 48, No. 12, pp. 0306-8919, 2016.

[3] T. L. Chiu, Y.T. Chuang, "Spectral observations of hole injection with transition metal oxides for an efficient organic light-emitting diode", Journal of Physics D: Applied Physics, Vol. 48,No. 7, pp. 075101, 2015.

[4] H. Musavi, M.R. Fadavieslam, "Improving organic light-emitting diode performance with ZnOnanoparticles", Journal of Materials Science: Materials in Electronics, Vol. 28, No. 11, pp. 7797-7801, 2017.

[5] R. Rana, R. Mehra, "Investigation of Organic LED Materials Using a Transparent Cathode for Improved Efficiency", Journal of Electronic Materials,Vol. 48, No. 7, pp. 4409-4417, 2019.

[6] M.R. Fadavieslam, "The effect of thickness of light emitting layer on physical properties of OLED devices", Optik, Vol. 182, pp. 452-457,2019

[7] F. Zhu, H. Qiao, L. Fei, K. Ong, X. Hao, "Effect of surface electronic properties of ITO on luminance efficiency of OLEDs", International Society for Optics and Photonics, Vol. 5277, pp.163-173, 2004.

[8] H. Taha, K. Ibrahim, M.M. Rahman, D.J. Henry, C.-Y. Yin, J.-P. Veder, A. Amri, X. Zhao, Z.-T. Jiang, "Sol-gel derived ITO-based bi-layer and tri-layer thin film coatings for organic solar cells applications", Applied Surface Science,Vol. 530, pp.147164, 2020.

[9] Y.S. Park, E. Kim, B. Hong, J. Lee, "Characteristics of ITO films with oxygen plasma treatment for thin film solar cell applications", Materials Research Bulletin, Vol. 48, No. 12, pp. 5115-5120, 2013.

[10] S. Arunrungrusmi, P. Chansri, N. Mungkung, "Transparent ITiO film electrodes on polyethylene terephthalate by oxygen plasma treatment for high-performance flexible electroluminescence device", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 58, No. SA, p. SAAB02, 2018.

[11] I.M. Chan, W.C. Cheng, F.C. Hong, "Enhanced performance of organic light-emitting devices by atmospheric plasma treatment of indium tin oxide surfaces", Applied Physics Letters,Vol. 80,No. 1, pp. 13-15, 2002.

[12] S.N. Lee, S.F. Hsu, S.W. Hwang, C.H. Chen, "Effects of substrate treatment on the electroluminescence performance of flexible OLEDs", Current Applied Physics,Vol. 4, No. 6, pp.651-654, 2004.

[13] R. Mahdiyar, M.R. Fadavieslam, "The effects of chemical treatment on ITO properties and performance of OLED devices", Optical and Quantum Electronics,Vol. 52, No. 5, p. 262, 2020.

[14] H. Jeon, S. Kang, H. Oh, "Improvement of ITO properties in green-light-emitting devices by using N_2:O_2 plasma treatment", Journal of the Korean Physical Society, Vol. 68, No. 2, pp. 206-209, 2016.

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