اثر ضخامت لایه انتقال حفره در بهبود عملکرد دیود نور گسیل آلی

محمد غفاری ملکوتی ؛ مرتضی چرمی
گروه نانو فیزیک، پژوهشکده فیزیک و ریاضی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر

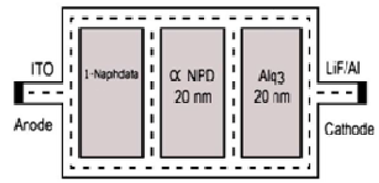
مقدمه

اولین دیود نورگسیل توسط هنری جوزف راند در قطعه‌ای از بلور کربنات سیلیسیم در سال ۱۹۰۷ ساخته شد. اولین دیود نورگسیل آلی دولایه توسط تانگ وهمکارانش در سال ۱۹۸۷ در شرکت کداک گزارش شد. دیودهای نورگسیل آلی، می‌توانند انعطاف‌پذیر، شفاف و در ضخامتی بسیار کوچک که تنها توسط زیر لایه تعیین می‌شود، ساخته شوند. مزایای دیگر این نوع دیودهای نورگسیل عبارت‌اند از: سادگی در ساخت، تولید به‌صورت لایه‌های نازک، درخشندگی بیشتر، عدم وابستگی کیفیت تصاویر به زاویهٔ دید، کیفیت بالا، ولتاژ اعمالی پایین و درنتیجه مصرف انرژی کمتر و وزن اندک. این‌ها باعث شده است تا تحقیقات زیادی روی این سامانه‌های نور گسیل آلی، در حال انجام باشد.

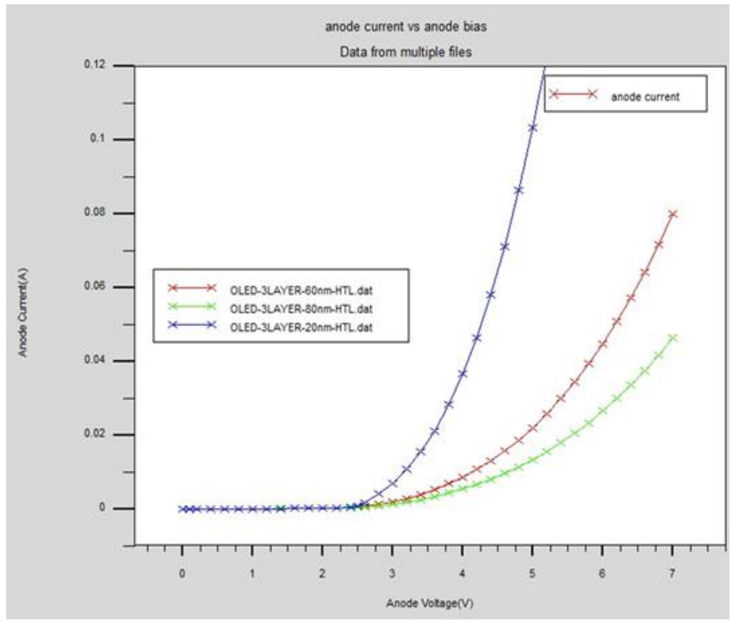
لایه انتقال حفره، حامل‌های حفره را به سمت لایه نور گسیل هدایت می‌کند. وظیفه دیگر لایه انتقال‌دهنده حفره جلوگیری از خروج الکترون‌ها از لایه نور گسیل به سمت آند است. تنظیم دقیق ضخامت این لایه نقش تعیین‌کننده‌ای درشدت نور گسیل یافته دارد. در این مقاله نیز اثر ضخامت لایه های انتقال حفره در یک دیود نور گسیل آلی با استفاده از نرم افزار سیلواکو در بهبود پارامترهای مهمی نظیر لومینسانس و جریان خروجی بررسی شده است.

ساختار دیود نور گسیل آلی سه لایه

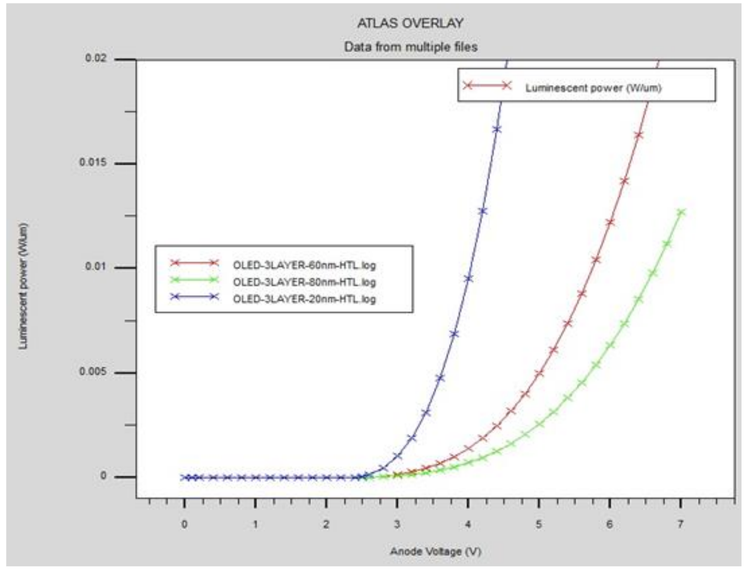
دیود سه لایه از مواد Naphdata ۱ به عنوان ماده انتقال دهنده حفره یا HTL، ماده α-NPD به عنوان ماده سد کننده الکترون یا EBL و ماده Alq3به عنوان محیط فعال نور گسیل همچنین به عنوان لایه انتقال دهنده الکترون یا ETL، تشکیل شده است. از مواد LiF/Al به عنوان کاتد و از ماده ITO به عنوان آند استفاده می شود. ضخامت لایه انتقال دهنده حفره در اینجا متغیر است اما ضخامت لایه سد کننده الکترون و ضخامت لایه محیط فعال هر دو ثابت و برابر ۲۰ نانو متر می باشد.



ساختار دیود نور گسیل مورد مطالعه



نمودار مقایسه‌ای جریان برحسب ولتاژ برای یک دیود نور گسیل سه لایه‌ای با ضخامت لایه‌ی انتقال حفره‌ی۲۰، ۶۰ و۸۰ نانومتری



نمودار مقایسه‌ای لومینسانس برحسب ولتاژ برای یک دیود نور گسیل سه لایه‌ای با ضخامت لایه‌ی انتقال حفره‌ی۲۰، ۶۰ و۸۰ نانومتری

نتایج

با استفاده از نرم افزار سیلواکو اطلس اثر ضخامت لایه های انتقال حفره برای افزاره دیود نور گسیل آلی سه لایه مورد بررسی قرار می گیرد. شبیه سازی براساس ترابرد حاملها در دیودهای نورگسیل آلی انجام می شود. عملیات ترابردی حاملها با استفاده از حل خود-سازگار بین معادلات پواسون و معادلات پخش-نفوذ بعلاوه فرآیند ترکیب و بازترکیب (معادلات پیوستگی نیمه هادی ها) انجام می شود. پارامتر های مانند جریان آند بر حسب ولتاژ آند و لومینسانس بر حسب ولتاژ آند مورد بررسی قرار گرفتند که مشخص شد با کاهش ضخامت لایه انتقال حفره، جریان آند و لومینسانس افزایش می یابند.

تحلیل نتایج

ابتدا جریان آند بر حسب ولتاژ آند برای سه ضخامت متفاوت لایه انتقال دهنده حفره یعنی ۲۰، ۶۰ و ۸۰ نانو متر بدست می اید جریان آند برای ضخامت ۲۰ نانومتر نسبت به دو ضخامت ۶۰ و ۸۰ نانو متر بیشتر است بیشتر است. همچنین ولتاژ آستانه نیز برای ضخامت لایه انتقال حفره ۲۰ نانو متر از بقیه موارد کمتر می باشد و نشان از بهینه شدن دیود در این ضخامت برای پارامتر مهم جریان آند دارد.

نمودار لومینسانس-ولتاژ را برای سه ضخامت ۲۰، ۶۰ و ۸۰ نانو متر نیز رسم شده است. ضخامت لایه انتقال حفره‌ی ۲۰ نانومتر، دارای ولتاژ کاری پایین‌تر و بیشینه لومینسانس نسبت به ضخامت‌های دیگر می باشد. زیرا ضخامت ۲۰ نانو متر بیشترین اکسیتون های تک تایه را وارد محیط فعال یا همان محیط گسیلنده نور می کند و هرچه میزان اکسیتون ها در محیط فعال بیشتر باشد احتمال گسیل نور نیز بیشتر می شود.

مراجع

[1] Y.-S. Tyan, "Organic light-emitting-diode lighting overview," Journal of Photonics for Energy, vol. 1, no. 1, p. 011009, 2011

[2] E. F. Schubert, Light-Emitting Diodes (2006). E. Fred Schubert, 2006.

[3] M. H. Yousefi, A. Fallahzadeh, J. Saghaei, and M. D. Darareh, "Fabrication of flexible ITO-free OLED using vapor-treated PEDOT: PSS thin film as anode," Journal of Display Technology, vol. 12, no. 12, pp. 1647-1651, 2016.

[4] Z. R. Li, Organic light-emitting materials and devices. CRC press, 2017.