ارائه مدلی برای مشخصه جریان-ولتاژ دیودهای آلی نور گسیل

نسرین دخت باطنی پور[۱]،روح اله راستگو[۲]

[۱] استادیار دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال،
batenipour_nd@srbiau.ac.ir،batenind@gmail.com.

[۲] کارشناسی ارشد برق الکترونیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دماوند.

چکیده - در این مقاله ساختار لایه های تشکیل دهنده یک سلول *OLED* و نقش هر لایه در فرایند تولید نور را تشریح کردیم. پس از بررسی برخی مدلهای مداری توصیف کننده رفتار جریان-ولتاژ *OLED* ، یک مدل ساده جدید با تعداد عناصر مداری کمتر پیشنهاد کردیم. به منظور بررسی و تعیین دقت مدل پیشنهادی، آن را با استفاده از سیمولینک متلب شبیه سازی و با یک مدل مرجع مقایسه کردیم. صحت این مدل مرجع پیش از این از طریق مقایسه با داده های تجربی تایید شده بود . مقایسه منحنی مشخصه جریان-ولتاژ دو مدل دقت کافی مدل پیشنهادی را تایید کرد. همچنین با استفاده از مدل پیشنهادی نشان دادیم که با کاهش مقاومت لایه های سازنده *OLED* جریان عبوری از قطعه و در نتیجه نور منتشره از آن افزایش می‌یابد.

کلید واژه- دیود آلی نور گسیل،مدل مداری،مشخصه جریان-ولتاژ،لایه ارگانیک گسیل کننده نور،فرایند تولید نور.

A Model for Current-Voltage Characteristic of Organic Light Emitting Diodes

Nasrindokht Batenipour [1], Rooholah Rastgou [2]

1 Department of Electrical Engineering, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
batenipour_nd@srbiau.ac.ir, batenind@gmail.com.

2 Department of Electrical Engineering, Damavand Branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran.

Abstract- In this paper, we explained the layers structure forms an OLED cell and the effect of each layer on light emission process. After studying some circuit models which describe current-voltage behavior of the OLED, we suggested a new simple model with less circuit elements. Due to investigate and examine the accuracy of proposed model we simulated the model using Matlab Simulink and compared it to a reference model. The precision of reference model was proved previously by comparison to experimental data. The comparison between current-voltage characteristic of two models proved the accuracy of the proposed model. Furthermore, using proposed model, we showed that by decreasing resistance of OLED structure layers, its passing current and therefore its emitted light is amplified.

Keywords: Organic Light Emitting Diode, Circuit model, Current-voltage characteristic, Emissive organic layer, Light emission process.

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

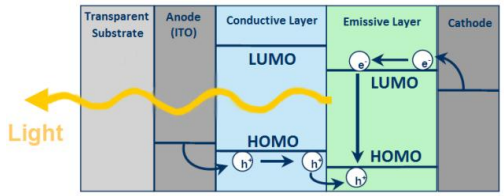
۱- مقدمه

دیود گسیل نور ارگانیک (OLED[۱]) تکنولوژی نوینی است که به دلیل ویژگیهای منحصر به فرد آن، به تازگی در ساخت صفحات نمایش مورد توجه قرار گرفته است. صفحات نمایش OLED در مقایسه با صفحات نمایش LCD[۲] و پلاسما توان مصرفی کمتری دارند. علاوه بر آن چون در ساختمان آنها از مواد ارگانیک قابل بازیافت استفاده شده‌است، با محیط زیست سازگار می‌باشند. از دیگر مزایای آنها می‌توان کنتراست بالا، وضوح تصویر عالی، تولید رنگها با درخشندگی و شفافیت بالا، زمان پاسخ‌دهی بسیار سریع، زاویه دید گسترده و از همه مهمتر قابلیت ساخت به‌صورت صفحات منعطف و خمیده را نام برد. این مزایای ویژه موجب شده‌است در سالهای اخیر تلاشهای گسترده‌ای در زمینه‌های مختلف پیشبرد تکنولوژی OLEDاز طرف صاحبان تکنولوژی صفحات نمایش و متخصصین امر انجام گردد[۱-۲]. ارائه مدل مداری و پیش‌بینی مشخصه رفتاری دیود گسیل نورارگانیک یکی از مباحث شایان توجه است. به‌گونه‌ای که تاکنون مدل‌های مداری متعددی با ویژگی‌های مختلف، طراحی شده‌است [۳-۶]. کار تحقیقی ما نیز در همین راستا می‌باشد که نتایج آن در این مقاله ارائه شده است.در ادامه ساختار OLED و فرایند تولید نور در آن را بررسی می نماییم، سپس مدلهای مداری توصیف کننده مشخصه ولتاژ-جریان OLED را بیان و با یکدیگر مقایسه می‌کنیم. در نهایت مدل جدیدی را پیشنهاد می‌کنیم و دقت آن را بررسی می‌نماییم.

۲- ساختار OLED و فرایند تولید نور

در ساختار OLED مانند همه دیودها یک لایه آند و یک لایه کاتد وجود دارد. علاوه بر آنها یک لایه نازک از مواد ارگانیک در حد فاصل بین آند و کاتد قرار گرفته‌است. لایه ارگانیک که محل تزریق الکترون و حفره و تولید نور است از مواد پلیمری یا مولکولهای کوچک تشکیل شده‌است. معمولا از لحاظ عملکرد این لایه رابه دو لایه گسیل کننده[۳] نور و لایه رسانا[۴] تقسیم می‌کنند. کل این ساختار بر روی یک بستر شفاف قرار می‌گیرد تا نور تولید شده بتواند با بیشترین بازده ممکن از قطعه خارج گردد. شدت جریان عبوری از OLED با شدت نور منتشره از آن رابطه مستقیم دارد[۷].

شکل۱ لایه‌های مختلف ساختار OLED و فرایند تولید نور را تشریح می‌نماید. با اعمال بایاس مستقیم به دیود، الکترونها از کاتد به سمت آند جریان می یابند و در مسیر خود از لایه ارگانیک عبور می‌کنند. الکترونها از کاتد به لایه گسیل کننده نور تزریق می‌شوند و در پایین ترین اوربیتال مولکولی اشغال نشده (LUMO[۵]) قرار می‌گیرند. حفره ها نیز از آند به لایه رسانا تزریق می‌شوند و در بالاترین اوربیتال مولکولی اشغال شده (HOMO[۶]) قرار می‌گیرند. حفره‌های لایه رسانا به لایه گسیل کننده نور پرش می‌کنند و با الکترونهای آن بازترکیب می‌شوند. نور حاصل از بازترکیب الکترون و حفره از سمت آند و بستر شفاف از قطعه خارج می‌شود. رنگ نور منتشر شده به جنس لایه گسیل کننده نور وابسته است. معمولا کاتد از یک لایه نازک کلسیم و آلومینیوم با رسانایی بالا و آند از ماده شفاف ITO[۷] ساخته می‌شود[۸].



شکل ۱: ساختار OLED و فرایند انتقال الکترونها و حفره‌ها و انتشار نور.

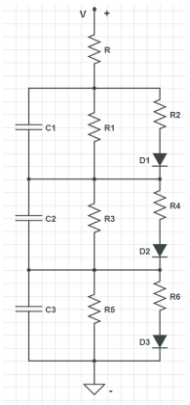
۳- مدل‌های مداری ساختار OLED

همانگونه که در بخش قبل به تفضیل بیان‌شد، ساختار OLED از لحاظ الکتریکی از چهار لایه اصلی شامل: کاتد، گسیل کننده نور، رسانا و آند تشکیل شده‌است. اتصال بین هریک این لایه‌ها از لحاظ مداری با یک دیود دارای مقاومت سری مدل می شود که با یک مقاومت و یک خازن موازی شده‌است تا اثرات انباشتگی بار و مقاومت در مقابل عبور جریان نیز لحاظ گردند. شکل۲ یکی از اولین مدلهای مداری توصیف کننده رفتار OLED را نشان می دهد[۷].در این مدل مقاومت سری R نمایانگر اثر مقاومتی لایه ITO و دیگر مقاومتهای جانبی است.

[۱] Organic Light Emitting Diode
[۲] Liquid Crystal Diode
[۳] Emissive Layer
[۴] Conductive Layer
[۵] Lowest Unoccupied Molecular Orbital
[۶] Highest Occupied Molecular Orbital
[۷] Indium-Tin-Oxide

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

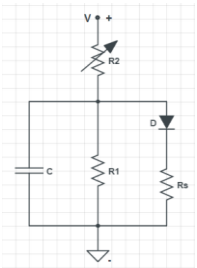


شکل ۲: مدل مداری چند دیودی[۷].

مدل چند دیودی دقیق است ولی به دلیل پیچیدگی، پیاده سازی آن و استخراج منحنی مشخصه ولتاژ-جریان و انطباق آن با داده‌های تجربی چندان ساده نیست. لذا مدلهای ساده تری ارائه‌شد. مرجع [۷] برخی از این مدلها را تشریح و دقت آنها را بررسی نموده‌است. دقیق‌ترین آنها مدل تک دیودی با مقاومت متغیر است. شکل۳ این مدل را نشان می‌دهد. مقاومت متغیر R2 به ولتاژ V اعمال شده به آند وابسته است و داریم:

$$R2 = res2 \times e^{(num \times V \times (VFER-V))} + res3 \quad (۱)$$

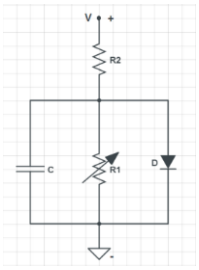
که پارامترهای res2، res3، num و VREF مقادیر ثابت هستند و به‌گونه‌ای تعیین می‌شوند که منحنی ولتاژ-جریان حاصل از مدل با داده‌های تجربی بیشترین میزان تطابق را داشته باشد.



شکل ۳: مدل مداری تک دیودی با مقاومت متغیر [۷].

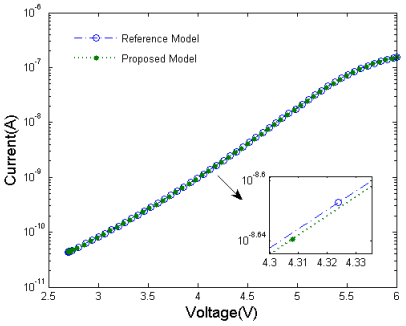
۴- مدل پیشنهادی و استخراج مشخصه V-I

شکل۴ مدل مداری پیشنهادی ما را نشان می‌دهد که در مقایسه با مدل تک دیودی با مقاومت متغیر (شکل۳) که مدلی نسبتا ساده و دقیق بود، باز هم ساده‌تر است و یک مقاومت کمتر دارد.



شکل ۴: مدل مداری پیشنهادی.

جهت انجام مقایسه و بررسی دقت مدل پیشنهادی، مدل مداری شکل۳ را به عنوان مرجع انتخاب کرده و هر دو مدل را با استفاده از محیط سیمولینک متلب پیاده سازی نمودیم. برای مقاومت متغیر از رابطه ۱ استفاده شده‌است. شکل ۵ منحنی مشخصه V-I دو مدل را نشان می‌دهد. مشاهده می گردد هر دو منحنی با تقریب خوبی بر یکدیگر منطبق شده اند. لذا می‌توان نتیجه گرفت مدل پیشنهادی از دقت قابل قبولی برخوردار است.

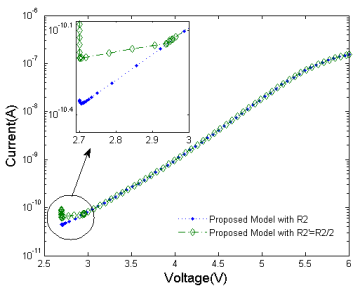


شکل ۵: مقایسه مشخصه V-I مدل پیشنهادی و مدل مرجع.

پس از اطمینان از درستی مدل پیشنهادی، در ادامه نقش مقاومت لایه ها در مشخصه V-I قطعه را بررسی نمودیم. همانگونه که قبلا ذکر شد مقاومت R2 نمایانگر مقاومت لایه ها بویژه لایه ITO آند است که بیشترین مقاومت را دارد. ما مقاومت R2 را به مقدار نصف آن کاهش دادیم (R2'=R2/2) و مجدد منحنی مشخصه V-I را رسم نمودیم. شکل ۶ نتایج حاصل را نشان می‌دهد. چون مقاومت سری مقاومت بزرگی است، اثر کاهش آن فقط در ولتاژهای کم قابل مشاهده است و جریان را اندکی افزایش می‌دهد.

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]



شکل ۶: مقایسه مشخصه V-I مدل پیشنهادی با مقاومت سری R2 و مقاومت سری R2'=R2/2.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله فرایند تولید نور در OLED و لایه‌های مختلف آن تشریح گردید. در مدل‌سازی رفتار OLED این لایه‌ها با دیود، مقاومت و خازن مدل می‌شوند. مقاومت لایه ها بویژه لایه ITO آند در مدل مداری به صورت یک مقاومت سری لحاظ می گردد که در ولتاژهای کم نقش مهمی در مشخصه خروجی قطعه ایفا می‌کند. مدلهای مختلفی بررسی گردید که مدل مداری تک دیودی با مقاومت متغیر به‌عنوان مدل مرجع انتخاب شد. بر اساس مدلهای قبلی، مدل جدیدی با تعداد عناصر مداری کمتر پیشنهاد شد. مدل جدید در محیط متلب شبیه‌سازی و مشخصه V-I آن استخراج گردید. مقایسه منحنی V-I مدل پیشنهادی و مدل مرجع نشان داد دو منحنی با یکدیگر تطابق خوبی دارند. این تطابق مطلوب دقت مدل پیشنهادی را تایید کرد. در ادامه با استفاده از مدل جدید اثر مقاومت لایه‌ها بررسی گردید. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که مقاومت لایه ها در عملکرد قطعه به ویژه در ولتاژهای کم موثر است. کاهش مقاومت لایه‌ها به میزان نصف به‌دلیل بزرگ بودن این مقاومت موجب افزایش جریان عبوری و در پی آن شدت نور منتشره می‌شود. بر اساس نتایج حاصل به نظر می‌رسد با طراحی مناسب قطعه و با استفاده از مواد با رسانایی بالاتر می‌توان مقاومت لایه‌ها را کاهش و فرایند گسیل نور در قطعه را بهبود داد.

مراجع

[1] S. Sun, R.D. Larry, *Introduction to Organic Electronic and Optoelectronic Materials and Devices*. CRC Press, 2008.

[2] G. Bernardo, et al., "Improving polymer light-emitting diodes efficiency using interlayers based on cross-linkable polymers," Appl. Phys. Lett., vol. 91, No.6, 2007.

[3] J.P. Bender, B.J. Norris, and J.F. Wager, *OLED modeling via SPICE*, http://eecs.Oregon state.edu/matdev/pub.html.

[4] S.X. Zong, et al., "Equivalent circuit model of top-emitting OLED for the designing of OLED-on-silicon microdisplay," International Conference on Electrical Engineering and Automatic Control, 2010.

[5] Y. Li, et al., "A novel SPICE compatible current model for OLED circuit simulation," Technical Proceedings of the 2005 NSTI Nanotechnology Conference and Trade Show, Anaheim, California, USA, 2005

[6] W.F Aerts, S. Verlaak , and P. Heremans, "Design of an organic pixel addressing circuit for an active-matrix OLED display," IEEE Trans Electron Devices, Vol. 49, No. 12, pp. 2124-2130, 2002.

[7] Z. Bohua, et al., "A new OLED SPICE model for pixel circuit simulation in OLED-on-silicon microdisplay design," J. Semicond., Vol. 33, No. 7, 2012.

[8] J.C. Scott, G. G. Malliaras, *Semiconducting Polymers*, Chap. 13, Ed. G. Hadziioannou, and P. F. van Hutten., Willey, 2000.

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]