بررسی مقایسه‌ای روش های لایه نشانی تک مرحله‌ای و دومرحله‌ای در ساخت دیودهای نورگسیل پروسکایتی

پریناز معززی[۱]، وحید احمدی[۱،*]، مسعود پاینده[۱]، بهرام عبدالهی نژند[۱،۲]

[۱] ایران، تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده برق و کامپیوتر
[۲] ایران، تهران، جهاد دانشگاهی تربیت مدرس، گروه تکنولوژی نانوذرات

چکیده- امروزه ضرورت دستیابی به ابزار اپتوالکترونیکی با مصرف انرژی پایین توجه بسیاری از دانشمندان را به خود جلب کرده است. از این رو، ساخت دیودهای نورگسیل پروسکایت با مصرف انرژی پایین، قیمت مواد پایین، و همچنین روش ساخت کم هزینه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این مطالعه دو نوع لایه نشانی تک مرحله ای و دومرحله‌ای به‌کار گرفته شد و نتایج تجربی حاصل مطالعه می شود. نتایج نشان می دهد که با وجود سطح پوشش بهتر در روش دومرحله ای، لومینسانس کمتری نسبت به روش تک مرحله‌ای حاصل می شود که می تواند مربوط به بازترکیب نوری کمتر در کریستال های درشت باشد.

کلیدواژه: دیودهای نورگسیل، پروسکایت، لایه نشانی

Comparative Study of Perovskite Light Emitting Diodes Fabricated By One-step and Two-step Approaches

Parinaz Moazzezi[1], Vahid Ahmadi[1,*] Masoud Payandeh[1], Bahram Abdollahi-Nejand[1,2],

[1] School of Electrical and Computer Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
[2] Nanomaterial Research Group, Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR) at TMU, Tehran, Iran

Abstract- These days, achieving the optoelectronic devices with low energy consumption attracted much attention in the photovoltaic field. In this regard, along with low energy consumption, fabrication of the perovskite light emitting diodes (PeLED) with low cost materials and methods proposes are of great importance. In this work, two approaches of one-step and two-step deposition of the perovskite layers in fabrication of PeLEDs is studied. The results show that despite the better surface coverage achieved by two-step deposition method, it presents lower luminescence in comparison to one-step approach which can be described by lower recombination in bigger perovskite crystals.

Keywords: Light Emitting Diodes, perovskite layer, one-step and two step deposition

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]

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

۱ مقدمه

در سال های اخیر پروسکایت‌های ارگانیک-غیر ارگانیک به علت سهولت لایه نشانی، امکان لایه نشانی در دماهای پایین و خواص الکتریکی منحصر به فرد از جمله گاف انرژی قابل تنظیم در ناحیه مرئی تا فروسرخ، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. این ویژگی‌ها برای ساخت ادوات اپتوالکترونیکی با هزینه کم، بسیار مناسب است[۱]. مطالعات اخیر بر روی پروسکایت‌های هالیدی، نشان داده‌است که این مواد برخی از ویژگی‌های مواد ارگانیک را دارند ، به عنوان نمونه ارزان بودن، قابلیت انعطاف، قابلیت تنظیم مشخصه‌های الکتریکی و اپتیکی. همچنین برخی از مشخصات مواد غیرارگانیک را از جمله قابلیت حرکت بالای حامل‌ها، پایداری مکانیکی و حرارتی دارند[۲]. مطالعات نشان داده است که مواد پروسکایت هالیدی به علت داشتن خواص نورگسیلی مناسب مانند پهنای باریک در نصف مقدار بیشینه[۱]، بازده کوانتومی لومینسانس بالا و پوشش تمام طیف نور مرئی، می توانند جهت تابش درافزاره های نورگسیل، مورد استفاده قرارگیرند[۳]. خاصیت لومینسانس لایه پروسکایت در افزاره‌های نورگسیل، بسیار تحت تاثیر مورفولوژی و کیفیت لایه‌ی نازک پروسکایت است[۴]. لایه نشانی تک مرحله ای، دو مرحله ای و هم چنین لایه نشانی با تبخیر حرارتی برای دست یابی به لایه پروسکایت با کیفیت بالا، مورد استفاده قرار گرفته اند. در دیودهای نورگسیل، روش تک مرحله ای به علت سهولت لایه نشانی نسبت به دیگر روش ها، بیشتر استفاده می شود. با این حال، پوشش دهی نامناسب لایه زیرین پروسکایت و در نتیجه ایجاد حفرات در پروسکایت و هم چنین اندازه نامطلوب دانه های بلوری پروسکایت، کارایی افزاره را بسیار کاهش می دهد. بنابراین اصلی ترین چالش برای بهبود بازدهی دیود نورگسیل پروسکایتی، بهینه سازی کیفیت لایه پروسکایت است. در ادامه مقایسه‌ای بین لایه نشانی تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای بر عملکرد افزاره مورد بحث قرار گرفته است.

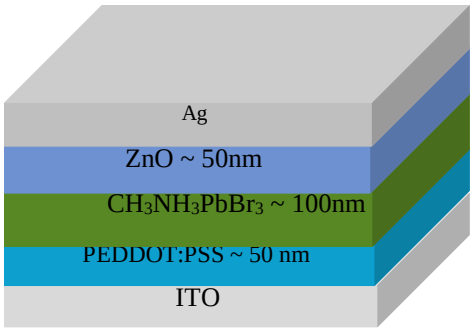
۲ روش آزمایش

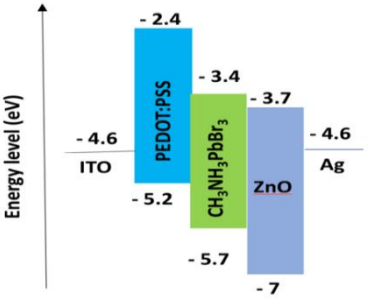
ساختار دیود نورگسیل پروسکایتی به صورت زیر است:

ITO/PEDOT: PSS/$CH_3NH_3PbBr_3$/ZnO/Ag

این ساختار در شکل ۱ نمایش داده شده است.

برای ساخت دیود ابتدا زیر لایه ITO را به قطعات ۱/۵ در ۱/۵ سانتی متر مربع تبدیل کرده و سپس یک سمت آن را با قراردادن به مدت یک دقیقه و نیم در محلول HCl در دمای ۸۰ درجه، زدایش می‌کنیم. سپس در چند مرحله به وسیله آب DI، دوپروپانول وحمام فراصوت شستشو می‌شود.





شکل ۱: ساختار دیود نور گسیل

شکل ۲: دیاگرام انرژی لایه‌های به کار رفته در ساختار

ماده پلیمری PEDOT:PSS نقش انتقال دهنده حفره را بر عهده دارد که از نظر گاف انرژی همخوانی نسبتا مناسبی با لایه پروسکایت دارد. با توجه به اینکه این ماده میل الکترون خواهی نسبتا پایینی دارد (۲,۴ eV) می تواند با ایجاد یک سد پتاسیل الکترون ها را در ناحیه فعال محبوس کند و بازدهی افزاره را بهبود ببخشد . این ماده را

[۱] Narrow band width at half maximom

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]

به مقدار ۳۰ میکرولیتردر و با دور ۴۰۰ دور بر دقیقه و به مدت ۳۰ ثانیه به روش لایه نشانی چرخشی، بر روی زیر لایه، لایه نشانی می کنیم[۵].

سپس لایه پروسکایت را یک بار به روش تک مرحله ای و بار دیگر به روش دو مرحله ای، لایه نشانی می کنیم . در روش دو مرحله ای تفاوتی که نسبت به حالت نرمال این نوع لایه نشانی انجام دادیم این بود که به جای دوپروپانول از اتانول بعنوان حلال MABr استفاده کردیم.

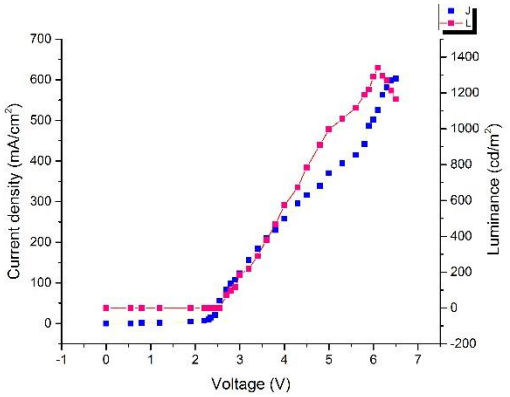
نانو ذرات ZnO را بعد از سنتز کردن با متدی دما پایین به روش لایه نشانی چرخشی بر روی پروسکایت قرار می دهیم. در این ساختار لایه ZnO نقش انتقال دهنده الکترون را ایفا می کند و با توجه به نوار ظرفیت عمیق (۷ eV) محصور شدگی حفره ها در پروسکایت را تضمین می کند. مزیت این لایه نسبت به مواد پلیمری رایج از جمله F8 این است که قابلیت حرکت بالایی برای الکترون ها دارد و خلوص نور دیود نورگسیل را خراب نمی کند. همچین با توجه به اینکه ZnO یک ماده غیرارگانیک است، سبب بهبود پایداری افزاره تحت میدان الکتریکی و رطوبت می شود.

از نقره به عنوان اتصال فلزی استفاده شد، به طوریکه با استفاده از ماسک روی سلول، لایه نازک نقره با سطح فعال مختلف لایه نشانی شد.

۳ نتایج و بحث ها

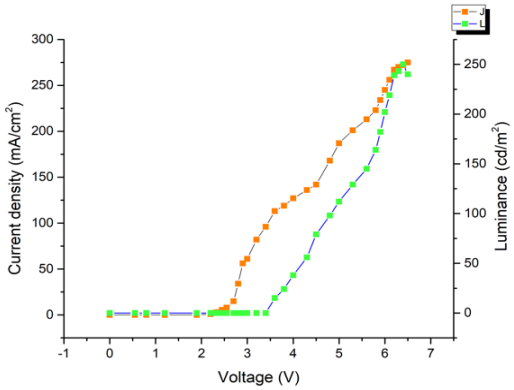
شکل ۵، تصویر نمونه های ساخته شده در آزمایشگاه به روش تک مرحله ای و دو مرحله ای را نشان می دهد.

نمودار شکل ۳ و ۴ نشان می دهند که در لایه نشانی دومرحله ای جریان نشتی و لومینسانس کم‌تری داریم، زیرا



شکل ۳: چگالی جریان و شدت لومینسانس بر حسب ولتاژ در حالتی که پروسکایت به صورت تک مرحله ای لایه نشانی شده است.

طبق تصاویر ۶ و ۷ مشاهده می شود که در حالت دو مرحله‌ای، لایه پروسکایت بسیار یکنواخت بوده و نقاط خالی[۲]کم‌تر است که موجب جریان نشتی کم‌تر می‌شود، اما اندازه دانه‌ها درشت‌تر می شود که می تواند سبب کاهش لومینسانس شود. بزرگ شدن دانه‌ها به این معنی



است که

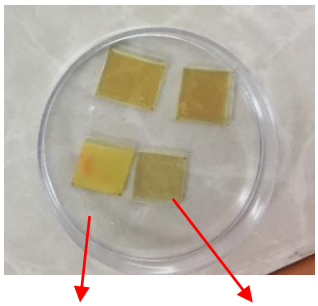
شکل ۴: چگالی جریان و شدت لومینسانس بر حسب ولتاژ در حالتی که پروسکایت بصورت دو مرحله‌ای لایه نشانی شده است.

[۲] Pin hole

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

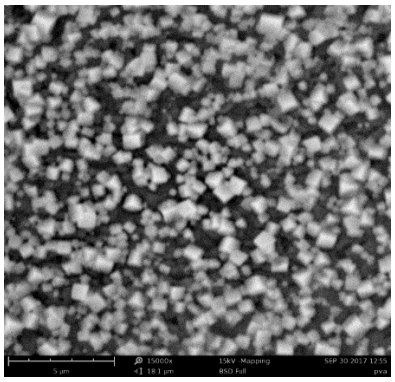
[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]

طول نفوذ حامل ها بزرگ است و محصورشدگی حامل ها کمتر اتفاق می افتد و در نتیجه نرخ بازترکیب نوری کاهش شدیدی خواهد داشت.

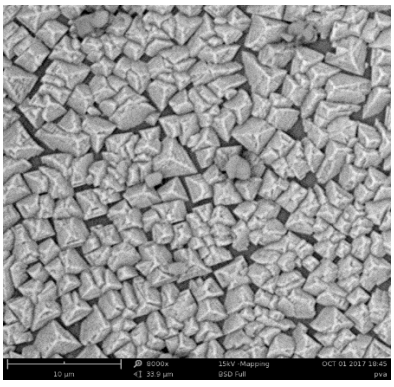


نمونه لایه نشانی دو مرحله‌ای .نمونه لایه نشانی تک مرحله‌ای

شکل ۵: نمونه های ساخته شده در آزمایشگاه



(a)

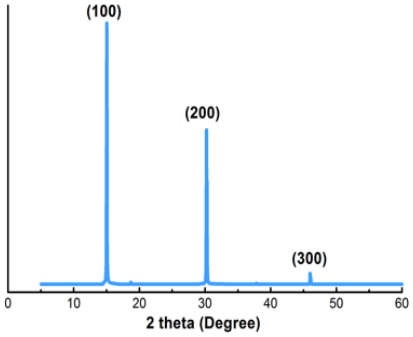


(b)

شکل a۶: SEM لایه پروسکایت تک مرحله‌ای

b۶: SEM لایه پروسکایت دومرحله‌ای

شکل ۷ تصویر طیف XRD لایه پروسکایت $CH_3NH_3PbBr_3$ را نشان می دهد. همانطور که در شکل نشان داده شده است، پروسکایت تشکیل شده خالص و بدون حضور $PbBr_2$ است. و این بدین معنی است که تمامی $PbBr_2$ لایه نشانی شده به پروسکایت تبدیل شده



است.

شکل۷: XRD لایه پروسکایت دو مرحله‌ای

۴ نتیجه گیری

در این تحقیق روش تک مرحله ای و دومرحله ای برای لایه نشانی پروسکایت در دیودهای نور گسیل پروسکایتی مورد مقایسه قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصل، نشان داده شد که در پروسکایت دو مرحله ای با وجود سطح پوشش بهتر، لومینسانس کمتری حاصل شد که می تواند مربوط به نرخ بازترکیب نوری کمتر در کریستال های درشت باشد.

مراجع:

[1] Y. Rong *et al.*, “Solvent engineering towards controlled grain growth in perovskite planar heterojunction solar cells,” *Nanoscale*, vol. 7, no. 24, pp. 10595–10599, 2015.

[2] G. Xing *et al.*, “Low-temperature solution-processed wavelength-tunable perovskites for lasing,” *Nat. Mater.*, vol. 13, no. 5, pp. 476–480, 2014.

[3] Z.-K. Tan *et al.*, “Bright light-emitting diodes based on organometal halide perovskite,” *Nat. Nanotechnol.*, vol. 9, no. 9, pp. 687–692, 2014.

[4] B. R. Sutherland and E. H. Sargent, “Perovskite photonic sources,” *Nat. Photonics*, vol. 10, no. 5, pp. 295–302, 2016.

[5] Y.-H. Kim, H. Cho, and T.-W. Lee, “Metal halide perovskite light emitters,” *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 113, no. 42, pp. 11694–11702, 2016.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]