

لایه انتقال دهنده حفره کارآمد در دیود ساطع کننده نور مبتنی بر نقاط کوانتومی پروسکایت

مصطفی مسلم پور^۱، حسین آهنگر^۲، اسماعیل شیبانی^{۳*}

۱- کارشناسی ارشد، شیمی آلی، شیمی آلی و پلیمر، دانشکده شیمی، دانشگاه اصفهان، mostafa.moslempoor@gmail.com

۲- دکتری، شیمی آلی، شیمی آلی و پلیمر، دانشکده شیمی، دانشگاه اصفهان، hosein.ahan.1371@gmail.com

۳ و * - نویسنده مسئول: استادیار، شیمی آلی، شیمی آلی و پلیمر، دانشکده شیمی، دانشگاه اصفهان، e.sheibani@sci.ui.ac.ir

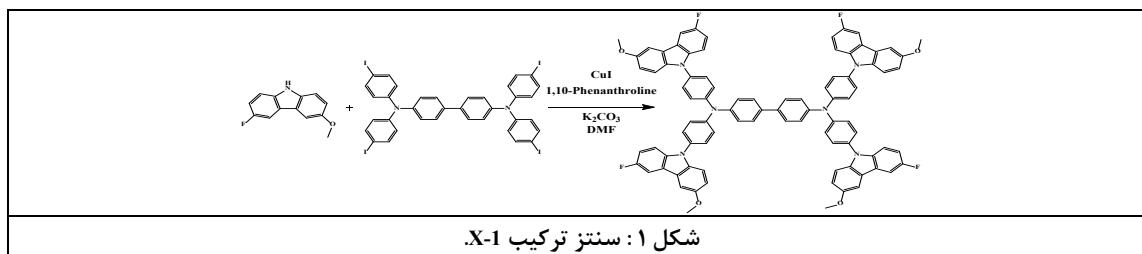
واژگان کلیدی: لایه انتقال دهنده حفره، دیود ساطع کننده نور مبتنی بر نقاط کوانتومی پروسکایت، پایداری، طول عمر.

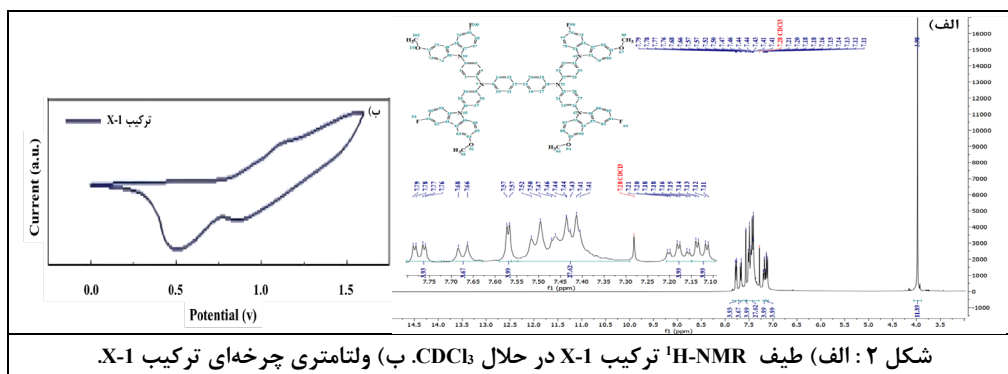
۱- مقدمه

لایه انتقال دهنده حفره (HTL) نقش حیاتی در عملکرد و کارایی دیودهای ساطع کننده نور مبتنی بر نقاط کوانتومی پروسکایت (Pe-QLEDs) ایفا می کند. در این دستگاه ها، HTL مسئول تسهیل حرکت حفره های مثبت از آند به لایه تابش دهنده نقاط کوانتومی است، جایی که آن ها با الکترون ها ترکیب می شوند تا نور تولید کنند. HTL اطمینان حاصل می کند که تزریق بار به طور مؤثر انجام می شود، تلفات انرژی را به حداقل می رساند و به تعادل انتقال بار بین حفره ها و الکترون ها کمک می کند که برای حداکثر کردن روشنایی و کارایی دستگاه ضروری است. یک ماده ایده آل برای HTL باید تراز انرژی مناسبی با لایه های مجاور، به ویژه لایه تابش دهنده نقاط کوانتومی داشته باشد تا انتقال بار به طور مؤثر انجام شود بدون اینکه موانع انرژی ناخواسته ایجاد کند [۱]. مواد مختلفی برای استفاده به عنوان HTL در Pe-QLED ها مورد بررسی قرار گرفته اند، از جمله نیمه رساناهای آلی، مولکول های کوچک و مواد غیر آلی. در میان آن ها، ترکیبات بر پایه کاربازول و سایر مواد ارگانیک به دلیل ویژگی های الکترونیکی مطلوب، قابلیت پردازش در محلول و سازگاری با نقاط کوانتومی پروسکایت محبوب هستند [۲].

۲- روش

سنتر یک نیمه رسانا آلی با عنوان "N4,N4,N4',N4'" -تتراکیس (۴- (۳-فلوئورو-۶-متوکسی-۹-فلورن-۹-یل) فنیل) - [۱,۱'-بی فنیل]-۴,۴'-دی آمین (X-1) طی مراحل متعدد صورت گرفت (شکل ۱). در ادامه، آنالیزهای مرتبط، از جمله طیف سنجی رزونانس مغناطیسی هسته ای هیدروژن ((شکل ۲ الف) ¹HNMR) و ولتاژمتری چرخه ای (شکل ۲ ب) انجام شد.





پس از آنالیزهای اولیه، و تعیین غلظت مناسب ترکیب X-1 به منظور تحلیل عملکرد الکترولومیناسانس، حداکثر درخشندگی (L_{max}) سلول شامل این HTM محاسبه شد. همچنین، ولتاژ روشن شدن، که ولتاژ مورد نیاز برای شروع انتشار نور توسط دستگاه است، ۳ ولت مشاهده شد. این پارامترها برای ارزیابی ویژگی‌های عملی اساسی Pe-QLED حیاتی هستند. علاوه بر این اندازه‌گیری‌ها، راندمان جریان (CE) و راندمان کوانتومی خارجی Pe-QLED تعیین شد. بازده کوانتومی خارجی (EQE)، به ویژه، یک معیار مهم برای ارزیابی عملکرد کلی دیودهای ساطع کننده نور مبتنی بر نقاط کوانتومی پروسکایت است، زیرا بازدهی را که الکترون‌ها و حفره‌ها به فوتون‌های ساطع شده تبدیل می‌شوند، نشان می‌دهد. در این مورد، Pe-QLED به مقدار ۱۲/۷ درصد EQE دست یافت که نشان دهنده سطح عملکرد امیدوارکننده‌ای برای دستگاه است (جدول ۱).

جدول ۱: عملکرد الکترولومیناسانس ترکیب X-1 در سلول مبتنی بر نقاط کوانتومی.				
HTM	غلظت ($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$)	L_{max} ($\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$)	CE_{max} ($\text{cd}\cdot\text{A}^{-1}$)	EQE_{max} (%)
X-1	۱۰/۰	$6/9 \times 10^3$	۴۷/۹	۱۲/۷

۳- بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از مواد نیمه‌رسانای مبتنی بر کاربازول به عنوان مواد انتقال‌دهنده حفره در Pe-QLEDs به دلیل ویژگی‌های مطلوب آن‌ها، از جمله انتقال مؤثر حفره و پایداری، مؤثر واقع شده است. به‌طور خاص، Pe-QLED ساخته شده با استفاده از ترکیب X-1 عملکرد قابل توجهی را به دست آورد و EQE آن به ۱۲/۷٪ رسید. علاوه بر این، این دستگاه CE_{max} برابر با ۴۷/۹ cd/A را نشان داد. این ویژگی‌ها نشان‌دهنده پتانسیل بالای مواد مبتنی بر کاربازول در بهبود عملکرد دیودهای ساطع کننده نور است. با توجه به پیشرفت‌های اخیر در این حوزه، انتظار می‌رود که تحقیقات بیشتری در زمینه طراحی و بهینه‌سازی این مواد انجام شود.

منابع و مراجع

- [1] Li, X., Haghshenas, M., Wang, L., Huang, J., Sheibani, E., Yuan, S., . . . Xiang, H. (2023). A multifunctional small-molecule hole-transporting material enables perovskite QLEDs with EQE exceeding 20%. ACS Energy Letters, 8(3), 1445-1454.
- [2] Zhang, D., Wei, C., Li, X., Guo, S., Luo, X., Jin, X., . . . Xu, B. (2023). Highly Solvent Resistant Small-Molecule Hole-Transporting Materials for Efficient Perovskite Quantum Dot Light-Emitting Diodes. ACS Applied Materials & Interfaces, 15(37), 44043-44053.