بیست و سومین کنفرانس اپتیک و فوتونیک و نهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
دانشگاه تربیت مدرس
۱۲-۱۴ بهمن ۱۳۹۵
23rd Iranian Conference on Optics and Photonics and 9th Conference on Photonics Engineering and Technology
Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
January 31- February 2, 2017

تاثیر روش‌های مختلف سنتز CH_3NH_3I بر عملکرد سلول خورشیدی پروسکایتی

احسان حسینی،معصومه بهرامی درشوری، زهرا براتی بروجنی، سیدمحمدباقرقرشی

دانشکده فیزیک، دانشگاه کاشان، کاشان

چکیده- در این پژوهش با توجه به اهمیت روش ساخت لایه جاذب ماده پروسکایت در عملکرد سلول خورشیدی نانو ساختار پروسکایتی و وابستگی جذب به گاف انرژی، پیش ماده متیل‌آمونیوم‌یدید به سه روش سنتز گردید. سپس این سه ماده سنتز شده در ساختار FTO/bl-TiO2/mp-TiO2/ CH3NH3PbI3/Au به عنوان پیش ماده پروسکایت به کار گرفته شد. عملکرد هر یک از سلول‌های ساخته شده توسط آنالیزهای I-V و UV-vis و XRD مورد بررسی قرار گرفت. پس از بررسی آنالیزها مشخص شد ماده‌ی CH_3NH_3I که در درون محفظه اتمسفر کنترل شده مخلوط و خشک شد، بازدهی بهتری از خود نشان داد.

کلید واژه- پروسکایت، سلول خورشیدی، متیل آمونیوم یدید

The effect of synthesis methods CH_3NH_3I on perovskite solar cell performance

Ehsan Hosseini; Masumeh Bahrami Dareshori; Zahra Barati Borujeni; Seyed Mohammad Bagher Ghorashi

Faculty of Physics, University of Kashan, Kashan

Abstract- In this paper, the importance of the manufacturing method absorbent layer of perovskite material in the performance of perovskite nano-structure solar cell and dependence of absorbance to the energy gap, the precursor methyl ammonium iodide has been synthesized in three ways. Then the three synthesized materials in the structure of the FTO/bl-TiO_2/mp-TiO_2/ $CH_3NH_3PbI_3$/Au has been used as a perovskite precursor. The performance of each manufactured cell by UV-vis , XRD and IV have been examined. The analysis indicates that $CH_3NH_3PbI_3$, which mixed and dried in Glove Box, is shown better efficiency.

Keywords: CH_3NH_3I ، Perovskite ،Solar cell

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-12]

مقدمه

انرژی خورشیدی یکی از انرژی‌های ارزان و پاک می‌باشد که در طبیعت وجود دارد. در تکنولوژی‌های پیشرفته تلاش شده است تا انرژی‌های مورد نیازشان را از خورشید تامین کنند[۱]. یکی از این تلاش‌ها سلول‌های خورشیدی است. سلول‌های خورشیدی لایه نازک یکی از پرطرفدارترین شاخه‌های مورد مطالعه در حال‌حاضر می‌باشد. در دهه اخیر از ماده‌ای به نام پروسکایت در سلول‌های خورشیدی لایه نازک استفاده می‌شود[۴]. این ماده باعث انقلاب بزرگی در بازده سلول‌های خورشیدی شده است به طوری که در این مدت زمان کوتاه پس از ساخت اولین سلول بازده آن به۲۰/۱٪ رسیده است. ماده پروسکایت از یک بخش هیبریدی آلی و یک بخش معدنی تشکیل شده است[۳]. این ماده چون از ترکیب مواد آلی و معدنی بدست می‌آید باعث کاهش هزینه سلول‌های خورشیدی می‌شود. ماده‌ی پروسکایت بر اساس متیل‌آمین خاصیت انتقال فاز دارد که این ممکن است به خاطر حرکت کاتیون‌های یون آمین در میان محورهای C-N با محور کریستال‌ها باشد. وقتی دما پایین باشد انتقال فاز آن منحصر به فرد است ولی وقتی دما بالا می‌رود چرخش آن سریع اتفاق می‌افتد و از فاز مکعبی به فاز تتراگونال انتقال پیدا می‌کند. چگالی بالای پروسکایت یکی از نقص‌های این ماده است که با تنظیم آهنگ متیل آمونیوم یدید و سرب یدید در سنتز این مواد می‌توان این نقص را برطرف کرد. خواص ماده‌ی پروسکایت مانند ساختار بلورین، مورفولوژی سطح، گاف انرژی، خلوص ماده و بلوری شدن پروسکایت به نوع سنتز بستگی دارد[2]. علاوه بر این پروسکایت دارای قابلیت‌هایی همچون حل پذیری مناسب و ساخت در دمای پایین است که باعث شده تا بتواند با دیگر سلول‌های خورشیدی رقابت کند. مواد پروسکایتی تقریبا همه‌ی مشخصات یک نیمه‌هادی خوب را دارا می‌باشد که می‌توان از این مشخصات به گاف‌انرژی کم؛ ضریب خاموشی بالا؛ تحرک پذیری بالا و طول پخش زیاد اشاره کرد[۴]. سلول‌های خورشیدی پروسکایتی را به دو دسته تقسیم می‌کنند. ۱. پلنرها که از لایه‌های کاتد و آند وانتقال دهنده الکترون و حفره و پروسکایت تشکیل شده است. ۲. مزوپروس که از لایه‌های کاتد وآند و لایه‌های انتقال دهنده الکترون و حفره و لایه مخلوط پروسکایت مزوپروس تشکیل شده‌است. پروسکایت ماده مناسبی برای سلول خورشیدی پلنر است چون دارای طول عمر حامل‌های مناسب و طول پخش بزرگ می باشد. می‌توان گفت ماده پروسکایت برای سلول‌های خورشیدی ماده مناسبی است[۵].

روش آزمایش

۱-۲ روش‌های سنتز متیل‌آمونیوم‌یدید

روش اول: در ابتدا ۵۰ میلی‌لیتر دی‌اتیل‌اتر را درون بشر۲۵۰ سی‌سی ریخته و سپس ۱۲ میلی‌لیتر متیل‌آمین ٪۴۰ به آن اضافه شد و بعد از آن در درون محفظه اتمسفر کنترل شده و با حضور گاز نیتروژن، ۵ سی‌سی هیدرویدیک اسید ۵۷ ٪ به صورت قطره قطره در دمای صفر درجه اضافه شد. دو ساعت این‌ماده روی همزن مغناطیسی قرار داده تا کاملا مخلوط شود سپس دما به ۵۰ رسید و دو ساعت نیز در آن دما قرار داده شد. پس از آن ماده‌ای زرد رنگ حاصل شد و در آخر به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۵۰ درجه درون کوره قرار گرفت تا کاملا خشک شود. ماده حاصل از این فرآیند یک ماده سفید رنگ است.

روش دوم: ۵۰ میلی‌لیتر متانول را درون بشر ۲۵۰سی‌سی ریخته و پس از آن ۱۲میلی‌لیتر متیل‌آمین ۴۰٪ به آن اضافه و سپس در دمای اتاق ۵ میلی‌لیتر هیدرویدیک اسید ۵۷٪ به صورت قطره‌قطره اضافه و به مدت دو ساعت روی همزن مغناطیسی قرار داده شد تا کامل هم بخورد. پس از آن دمای همزن‌مغناطیسی به ۵۰ رسید و دو ساعت در آن دما قرار داده شد. این بار یک ماده کرم رنگ حاصل شد و در آخر به مدت یک شبانه روز در درون کوره ۵۰ درجه گذاشته شد تا شبکه کریستالی تشکیل شود که یک پودر سفید رنگ حاصل شد[۶].

روش سوم: در ابتدا ۲۵میلی‌لیتر متیل‌آمین ۴۰٪ درون بشر ۵۰ سی‌سی ریخته پس از آن در درون محفظه اتمسفر کنترل شده و در دمای صفر درجه روی همزن‌مغناطیسی قرار گرفت و ۱۱میلی‌لیتر هیدرویدیک‌اسید ۵۷٪ به صورت قطره‌قطره به آن اضافه شد و بر روی همزن مغناطیسی به مدت دو ساعت در این شرایط مخلوط شد. پس از آن دمای همزن مغناطیسی به ۶۰ درجه رسید و دو ساعت محلول در

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-12]

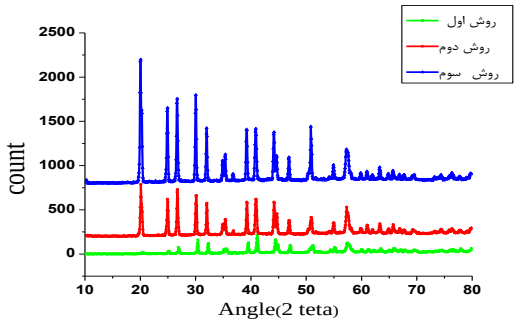
آن دما قرارگرفت که در این فرآیند یک پودر کرم رنگ حاصل شد. سپس ۲۰ میلی‌لیتر دی‌اتیل‌اتر به آن اضافه و در دمای ۵۰ درجه خشک و در مدت ۲۴ ساعت سه بار این فرایند تکرار شد تا شبکه کریستالی آن تشکیل شود و خلوص آن نیز افزایش پیدا کند. در آخر یک پودر سفید رنگ حاصل شد[۷].

۲-۲ روش ساخت سلول خورشیدی

ساختار سلول در این پژوهش به صورت $FTO/bl\text{-}TiO_2/mp\text{-}TiO_2/CH_3NH_3PbI_3/Au$ است. ابتدا لایه نازکی از اکسید قلع آلاییده شده با فلوریین یا به طور مختصر FTO لایه نشانی شد و در ادامه با استفاده از پودر روی و اسید هیدروکلریک دومولار مقداری از FTO لایه برداری شد. بعد از لایه‌برداری، مراحل شستشوی سلول‌ها انجام گرفت به این صورت که به‌ترتیب در محلول آب و صابون، آب دو باریونیزه شده، استون، متانول، مجددا آب دو بار یونیزه شده قرار داده‌شد. در هر مرحله، ظرف حاوی سلول‌ها، به مدت ۲۰ دقیقه درون دستگاه حمام صوتی قرار گرفت. در ادامه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد قرار داده‌شد. برای لایه نشانی $bl\text{-}TiO_2$ مقدار ۱ سی‌سی از $TiCl_4$ با ۲۵ سی‌سی آب ترکیب و تحت دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه درون دستگاه آون قرار داده شد تا لایه نشانی انجام شود. بعد از آن سلول‌ها با آب دو بار یونیزه شده شسته و در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد درون کوره باز پخت شد. برای لایه نشانی mp-TiO2 ، خمیر تیتانیم اکساید با اتانول خالص به نسبت ۱گرم به ۳/۵ گرم و قرار دادن در دستگاه حمام‌صوتی به مدت ۱۸ دقیقه رقیق شد. لایه نشانی به روش چرخشی با مقدار ۱۴۰میکرولیتر با سرعت ۴۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۶۰ ثانیه انجام گرفت. سپس در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰دقیقه خشک و پخت نهایی در دمای۵۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. در مرحله بعد سرب‌یدید لایه‌نشانی شد. برای تهیه محلول یک مولار از پودر زرد رنگ سرب یدید، ۴۶۰میلی‌گرم از آن با ۱ سی‌سی DMF خالص به مدت ۱۲ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد روی دستگاه همزن مغناطیسی قرار گرفت. لایه نشانی سرب یدید به صورت چرخشی انجام شد. مقدار ۷۰ میکرولیتر از محلول زرد رنگ روی سل ریخته و پیش از شروع چرخش به مدت ۳ دقیقه به آن فرصت نفوذ داده شد. بعد از گذشت این زمان، چرخش با سرعت ۴۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۶۰ ثانیه انجام گرفت و سپس به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. برای لایه نشانی CH_3NH_3I از سه نمونه سنتز شده استفاده شد. برای تهیه محلول مقدار ۱۰ میلی‌گرم از CH_3NH_3I را با ۱ سی‌سی ایزوپروپانول به مدت ۲۰ دقیقه روی همزن مغناطیسی قرار گرفت. مقدار۵۰ میکرولیتر از محلول بر روی سل چکانده و با سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۶۰ ثانیه چرخیده شد. برای اصلاح سطح، ۳۰ ثانیه پس از شروع چرخش مقدار ۵۰ میکرولیتر ایزوپروپانول اضافه شد. در نهایت لایه به مدت ۳۰دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد خشک شد. آخرین مرحله ساخت سلول لایه نشانی طلا است که این کار با استفاده از دستگاه لایه نشانی تبخیری انجام شد.

نتایج و بحث

از ماده‌های سنتز شده XRD گرفته شد (شکل۱) که نشان می‌دهد فاز پروسکایت و شبکه بلوری در هر روش تشکیل شده است. در روش اول بعضی از پیک‌های کوچک وجود ندارد که نشانگر این است که بعضی از جهت‌گیرهای بلوری بطور کامل تشکیل نشده است .در نمونه سوم دیده می‌شود که شدت پیک‌ها نسبت به نمودار اصلی کمتر است که نشان می‌دهد که جهت‌گیری صفحات کامل نیستند.

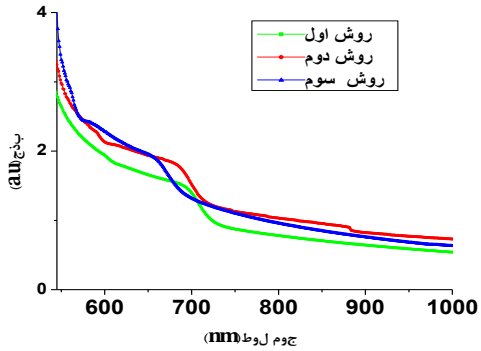


شکل۱: XRD از مواد سنتز شده CH_3NH_3I

با استفاده از دستگاه UV-VIS نمودار جذب لایه متیل آمونیوم یدید سنتز شده رسم شد.که با توجه به این نمودارها و با استفاده از محاسبات ،گاف انرژی برای مواد سنتز شده به ترتیب ۲/۳۶ev و ۲/۳۴۵ev و ۱/۹۲ ev اندازه گیری‌شد.

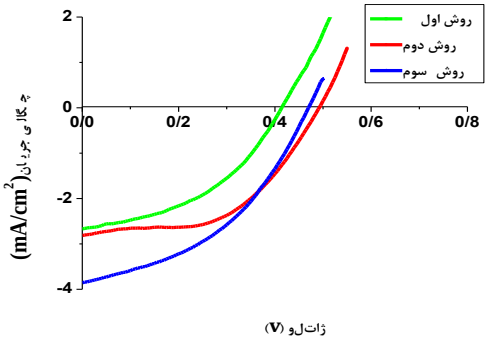
این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-12]



شکل ۲. نمودار UV سلول خورشیدی با سه نمونه CH_3NH_3I

بررسی های نمودار IV از سلول‌های خورشیدی ساخته شده با سه نمونه مختلف CH_3NH_3I نشان داد که بازدهی سلول با استفاده از نمونه سوم بهتر از سایر نمونه‌ها بود.



شکل ۳. نمودار IV سلول خورشیدی با سه نمونه CH_3NH_3I

جدول ۱. نتایج بهینه‌سازی سلول خورشیدی با سه نمونه CH_3NH_3I

	V_{oc}(v)	J_{sc}(μA/cm^2)	FF(%)	PCE(%)
روش ۱	۰/۴۱۵	۲۶۷۰/۲۴	۴۳/۶۰	۰/۴۸
روش ۲	۰/۴۹۰	۲۸۱۳/۳۳	۵۲/۰۹	۰/۷۱
روش۳	۰/۴۷۰	۳۸۶۰/۱۸	۴۲/۰۷	۰/۷۷

مراجع

[1] Kesari, Y., & Athawale, A. (2015). Ultrasound assisted bulk synthesis of CH 3 NH 3 PbI 3 perovskite at room temperature. *Materials Letters*, *159*, 87-89.

[۲]Amalie.Dualeh,NicolasTétreault,ThomasMoehl,PengGao,MohammadKhaja,Nazeeruddin,MichaelGrätzel,Adv.Funct.Mater.24(2014)3250–3258.

[۳] Jiang, Z., Chen, X., Lin, X., Jia, X., Wang, J., Pan, L., ... & Sun, Z. (2016). Amazing stable open-circuit voltage in perovskite solar cells using AgAl alloy electrode. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, *146*, 35-43.

[٤] Sfyri, G., Kumar, C. V., Raptis, D., Dracopoulos, V., & Lianos, P. (2015). Study of perovskite solar cells synthesized under ambient conditions and of the performance of small cell modules. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, *134*, 60-63.

[٥] Cui, J., Yuan, H., Li, J., Xu, X., Shen, Y., Lin, H., & Wang, M. (2016). Recent progress in efficient hybrid lead halide perovskite solar cells. *Science and Technology of Advanced Materials*.

[٦] Cui, X. P., Jiang, K. J., Huang, J. H., Zhou, X. Q., Su, M. J., Li, S. G., ... & Song, Y. L. (2015). Electrodeposition of PbO and its in situ conversion to CH 3 NH 3 PbI 3 for mesoscopic perovskite solar cells. *Chemical Communications*, *51*(8), 1457-1460.

[٧] Liu, J., Wu, Y., Qin, C., Yang, X., Yasuda, T., Islam, A., ... & Han, L. (2014). A dopant-free hole-transporting material for efficient and stable perovskite solar cells. *Energy & Environmental Science*, *7*(9), 2963-2967.

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-12]