بیست و پنجمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و یازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شیراز،
شیراز، ایران.
۹-۱۱ بهمن ۱۳۹۷

اثر دمای غوطه‌وری در روش لایه‌نشانی دو مرحله‌ای بر مرفولوژی پروسکایت و عملکرد سلول‌خورشیدی پروسکایتی

فریده کیوانی هفشجانی [۱و۲]، محمود برهانی زرندی [۱و۲]، عباس بهجت [۱و۲]، ناصرجهانبخشی زاده [۱و۲]، مهدی شریفی اردانی [۱و۲]

[۱] گروه پژوهشی فوتونیک، دانشگاه یزد

[۲] گروه اتمی مولکولی، دانشکده فیزیک، دانشگاه یزد

چکیده – پروسکایت آلی-معدنی $CH_3NH_3PbI_3$ به دلیل خواص منحصربفردی همچون طول انتشار بالای حامل های بار، گاف انرژی قابل تنظیم و فرایند ساخت آسان بعنوان لایه جاذب نور در سلول های خورشیدی پروسکایتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مورفولوژی لایه پروسکایت که تاثیری مستقیم بر عملکرد سلول خورشیدی دارد متاثر از پارامتر های مختلفی می باشد که از جمله آنها شرایط لایه نشانی لایه پروسکایت است. در این مقاله لایه پروسکایت به روش دو مرحله‌ای ایجاد شده و اثر تغییر دمای مرحله غوطه وری بر مورفولوژی لایه پروسکایت و همچنین عملکرد سلول خورشیدی پروسکایتی مورد بررسی قرار گرفته است. مشخصه-یابی سلول‌های خورشیدی پروسکایتی ساخته شده نشان می‌دهد که دمای غوطه‌وری تاثیر بسزایی بر عملکرد سلول دارد. همچنین سلول ساخته شده با فرایند غوطه‌وری در دمای ۲۵ °C نسبت به سایر دماها (۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد) عملکرد بهتری را نشان می-دهد.

کلیدواژه: سلول خورشیدی پروسکایتی، لایه‌نشانی، دمای غوطه‌وری، مورفولوژی

The effect of immersion temperature in two step deposition method on morphology of perovskite and performance of perovskite solar cell

F. Keyvani Hafshejani[a,b], M. Borhani Zarandi[a,b], A. Behjat [a,b], N. Jahanbakhshi Zadeh[a,b], M. Sharifi Ardani[a,b]

[a] **Photonics Research Group, Engineering Research Center, Yazd University, Yazd, Iran**

[b] **Atomic and Molecular Group, Faculty of Physics, Yazd University, Yazd, Iran**

Abstract- Organic-inorganic perovskite $CH_3NH_3PbI_3$ due to their particular properties such as high diffusion lengths of charge carriers, tunable band-gap and easy construction method, use as absorbing layer in perovskite solar cells. Morphology of perovskite layer which has a direct impact on performance of solar cell, influenced by various parameters, including the conditions of deposition of perovskite layer. In this paper perovskite layer created by two step method and the effect of the immersion temperature variation on the morphology of the perovskite layer as well as the performance of perovskite solar cell investigated. Characterization of constructed solar cells showed that the immersion temperature has a significant effect on performance of perovskite solar cells. Also, constructed solar cell by immersion temperature of 25 °C has a better performance than other temperatures (0 and 50 °C).

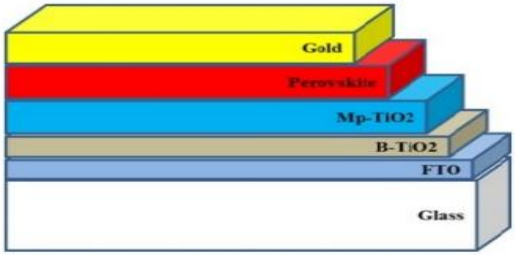
Keywords: Immersion temperature, Deposition, Morphology, Perovskite Solar Cells.

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-18]

۱_ مقدمه

در سلول‌های مزوپروس پروسکایتی، اکسید تیتانیوم[1] و ماده ی انتقال‌دهنده‌ی حفره به ترتیب، وظیفه انتقال الکترون و حفره را بر عهده دارند. اسنیت[2] و همکارانش با جایگزین کردن لایه‌ی اکسیدتیتانیوم با لایه‌ی متخلخل اکسید آلومینیوم[3] متوجه شدند که پروسکایت می‌تواند علاوه بر جذب نور، وظیفه‌ی انتقال الکترون و حفره را نیز بر عهده بگیرد [۱]. از طرف دیگر تحقیقات صورت گرفته، نشان داد که سلول‌های خورشیدی پروسکایتی به دلیل بازده بالا، انعطاف‌پذیری ذاتی، تنوع در روش ساخت توانسته‌اند توجه زیادی را جلب کرده‌اند، بطوریکه اخیراً توانسته‌اند به بازده‌ای بیش از ۲۲٪ دست یابند. در سال‌های اخیر توانسته‌اند با بهینه سازی ترکیبات مواد تشکیل‌دهنده و ساختار سلول و همچنین با جستجو برای یافتن مواد جدید، توانسته‌اند بهروری وانعطاف‌پذیری زیرساخت‌های این سلوها را بهبود ببخشند [۲]. با توجه به ساختار لایه‌لایه بودن سلول‌های خورشیدی پروسکایتی، مورفولوژی این سلول‌ها نه تنها نقش مهمی در عملکرد سلول دارد، بلکه پایداری سلول را نیز در درازمدت تحت تاثیر قرار می‌دهد [۳]. یکی از عوامل موثر بر عملکرد این نوع از سلول های خورشیدی مورفولوژی لایه پروسکایت می‌باشد. از عوامل موثر بر مورفولوژی لایه پروسکایت می‌توان به مواردی همچون غلظت پیش ماده‌ها، روش لایه‌نشانی و دمای لایه‌نشانی اشاره کرد [۴]. در این مقاله اثر تغییر دمای لایه‌نشانی غوطه‌وری بر مورفولوژی لایه پروسکایت و عملکرد سلول‌خورشیدی پروسکایتی بدون انتقال دهنده حفره مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج آن شرح داده شده‌است. شکل (۱) ساختار شماتیک سلول خورشیدی پروسکایتی مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱: طرح شماتیک از سلول خورشیدی پروسکایتی

۲_ روش آزمایش

۲-۱- مواد مورد نیاز

شیشه‌ی لایه‌نشانی شده با اکسید رسانای فلزی، اتانول، دی متیل فرم‌آمید[4]، ایزوپروپانول[5]، پودر سرب یدید[6] و پودر متیل آمونیوم یدید (مای)[7]. این مواد از شرکت‌های ادوات نوری نانوساختاری ایساتیس، شریف سولار و سیگما خریداری شده است. اندازه‌گیری مشخصات فوتوولتائیک سلول خورشیدی نیز توسط دستگاه Keithley2400 صورت گرفته است.

۲-۲- روش ساخت سلول خورشیدی

شیشه‌ی لایه‌نشانی شده با اکسید رسانای آلاییده با فلورین (FTO) با مقاومت $\frac{\Omega}{\square}$ ۱۵ به عنوان زیرلایه مورد استفاده قرار گرفت. لایه‌ی FTO به روش شیمیایی (با استفاده از پودر روی و هیدروکلریک اسید) با توجه به مدل مورد نیاز

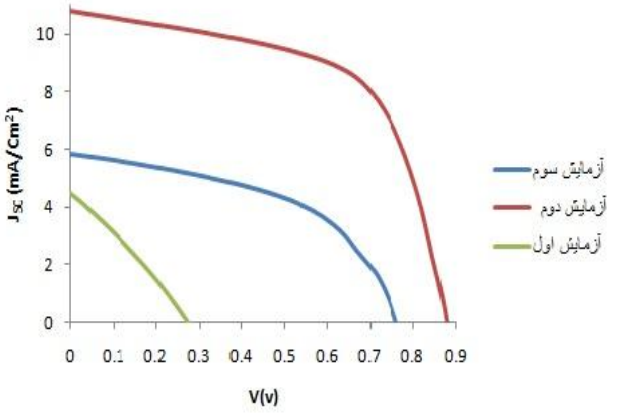
[1] TiO_2
[2] Snaith
[3] Al_2O_3
[4] DMF
[5] C_3H_8O
[6] PbI_2
[7] CH_3NH_3I

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-18]

الگودهی شد. سپس توسط مایع صابون، آب مقطر، استون و اتانول تحت اولتراسونیک قرار داده تا هرگونه آلودگی سطحی آن از بین رود. لایه‌ی سدکننده‌ی حفره با ضخامتی در حدود ۱۰۰ نانومتر با روش لایه‌نشانی چرخشی، لایه‌نشانی و سپس تا دمای ۵۰۰ °C به مدت ۶۰ دقیقه پخت داده شد. بعد از آن لایه‌ای از محلول رقیق شده خمیر اکسید تیتانیوم با روش لایه‌نشانی چرخشی با سرعت ۴۰۰۰ دور بر دقیقه، به مدت ۶۰ ثانیه لایه‌نشانی شد. زیرلایه به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۰۰ °C خشک و سپس به مدت یک ساعت، تحت دمای ۵۰۰ °C پخت داده شد. برای لایه‌نشانی پروسکایت بر روی لایه‌ی متخلخل از روش دو مرحله‌ای غوطه‌وری استفاده شد. در این روش، ابتدا ۴۶۰ میلی گرم پودر سرب یدید در ۱ میلی‌لیتر دی‌متیل فرم‌آمید در دمای ۷۰ °C به مدت ۱۲ ساعت هم خورد و بعد به روش لایه نشانی چرخشی، لایه نشانی شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۷۰ °C پخت داده شد. در مرحله بعدی هر کدام از نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه در محلول مای در دماهای صفر، ۲۵ (دمای محیط) و ۵۰ درجه سانتیگراد غوطه‌ور شده و سپس به مدت ۱۵ دقیقه داخل دسی‌کاتور قرارگرفت و بعد به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۷۰ °C پخت داده شده و در نهایت لایه نازک طلا با ضخامت ۵۵۰ نانومتر با روش اسپاترینگ در خلأ بر روی لایه پروسکایت قرار گرفت.

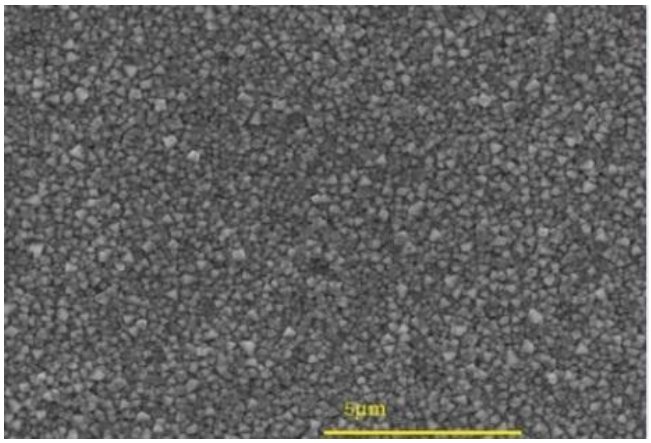
در این تحقیق به منظور کنترل مورفولوژی لایه پروسکایت لایه‌نشانی پروسکایت در مرحله غوطه‌وری در سه دمای مختلف انجام گرفت. در آزمایش اول زیرلایه (FTO/B-TiO_2/Mp-TiO_2/PbI_2) را درون محلول مای که در دمای صفر درجه سانتیگراد قرار داشت به مدت ۵ دقیقه غوطه‌ور کردیم، در آزمایش دوم زیرلایه را در محلول مای که در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتیگراد) قرار داشت غوطه‌ور کردیم و در نهایت در آزمایش سوم سلول را درون محلول مای ۵۰ درجه سانتیگراد غوطه‌ور کردیم، که نمودار جریان-ولتاژ سلول‌های خورشیدی پروسکایتی ساخته شده مربوط به شرایط فوق الذکر در شکل ۲، همچنین تصویر SEM مربوط به آزمایش اول، دوم و سوم به ترتیب در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده است. و مشخصات فوتوولتاییکی آنها در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۲: نمودار جریان ولتاژ سلولهای ساخته شده

جدول ۱ :مشخصه های فتوولتائیکی سلول های ساخته شده

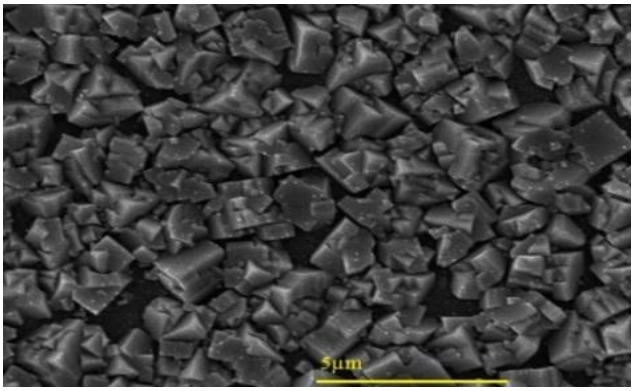
شماره آزمایش	J_{sc} (mA/cm^2)	V_{oc} (V)	FF (%)	Eff. (%)
۱	۴/۴۵	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۳۴
۲	۱۰/۸۱	۰/۸۸	۰/۶۰	۵/۶۷
۳	۵/۸۴	۰/۸۰	۰/۵۰	۲/۲۰



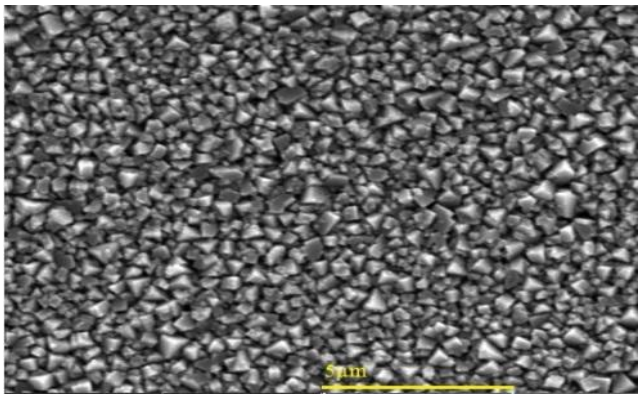
شکل ۳: تصویر SEM مربوط به دمای غوطه وری 0°C

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-18]



شکل ۴: تصویر SEM مربوط به دمای غوطه وری 25°C



شکل ۵: تصویر SEM مربوط به دمای غوطه وری 50°C

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، از ۳ دمای مختلف برای مرحله غوطه‌وری در روش لایه‌نشانی دو مرحله‌ای لایه پروسکایت استفاده شد. با توجه به جدول مشخصات فوتوولتاییکی و تصاویر SEM مشاهده شد که برای سلول‌خورشیدی که درون محلول مای در دمای اتاق قرارداشت غوطه‌ور شد، عملکرد بهتری نسبت به دمای صفر درجه و همینطور دمای ۵۰ درجه داشت. همچنین کریستال‌های مربوط به لایه پروسکایت که در دمای اتاق تشکیل شد، اندازه‌ی بزرگتری نسبت به کریستال-های دمای صفر درجه و ۵۰ درجه داشت که این باعث می-شود احتمال به دام افتادگی الکترون به حداقل رسیده و انتقال بار به سمت فوتوآند افزایش یافته و باعث افزایش جریان و در نتیجه افزایش عملکرد سلول‌خورشیدی خواهد-شد. این موضوع نشان‌دهنده این است که دمای مرحله غوطه‌وری درون محلول مای پارامتری مهم و موثر بر عملکرد سلول‌های خورشیدی پروسکایتی بر پایه سرب یدید می‌باشد.

مراجع

[1] M.M. Lee, J. Teuscher, T. Miyasaka, T.N. Murakami, H. J. Snaith, "Efficient hybrid solar cells based on meso-superstructured organometal halide perovskites", Science, Vol. 338, No. 6107, pp 643-647, 2012.

[2] I. Hassian, H.Ph. Tran, J. Jaksik, J. Moore, N. Islam, M. J. Uddin, " Functional materials, device architecture, and flexibility of perovskite solar cell" , emergent mater, 2018.

[3] M. Salado, L. Calio, L.C. Bernal, J. Idiagoras, J.A. Anta, Sh. Ahmad, S. Kazim "Understanding the Influence of Interface Morphology on the Performance of Perovskite Solar Cells", Journal of the materials, 11, 1073, 2018.

[4] D. Moon, S.J. Häggman, L. Boschloo, G. Yang, L. Johansson, E.M. ... & Hagfeldt, A. Using a two-step deposition technique to prepare perovskite ($CH_3NH_3PbI_3$) for thin film solar cells based on ZrO_2 and TiO_2 mesostructures. Rsc Advances, Vol. 3, No. 41, pp 18762-18766, 2013.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-18]

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