



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 مورفولوژی پروسکایت و عملکرد سلول خورشیدی پروسکایتی

فریده کیوانی هفشجانی^۱، محمود برهانی زرنندی^۱، عباس بهجت^۲، ناصر جهانبخشی زاده^۲، مهدی شریفی اردانی^۲

^۱گروه پژوهشی فوتونیک، دانشگاه یزد

^۲گروه اتمی مولکولی، دانشکده فیزیک، دانشگاه یزد

چکیده - پروسکایت آلی-معدنی $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 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 تأثیری 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 غوطه‌وری بر مورفولوژی لایه پروسکایت و همچنین عملکرد سلول خورشیدی پروسکایتی مورد بررسی قرار گرفته است. مشخصه-یابی سلول های خورشیدی پروسکایتی ساخته شده نشان می‌دهد که دمای غوطه‌وری تأثیر بسزایی بر عملکرد سلول دارد. همچنین سلول ساخته شده با فرایند غوطه‌وری در دمای 25°C نسبت به سایر دماها (0°C و 50°C درجه سانتی‌گراد) عملکرد بهتری را نشان می‌دهد.

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}

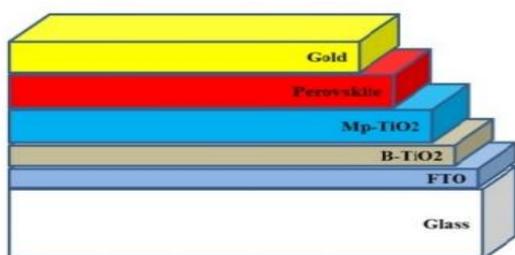
^a Photonics Research Group, Engineering Research Center, Yazd University, Yazd, Iran

^b Atomic and Molecular Group, Faculty of Physics, Yazd University, Yazd, Iran

Abstract- Organic-inorganic perovskite $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 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.

انتقال دهنده حفره مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج آن شرح داده شده است. 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 فرم‌امید^۴، ایزوپروپانول^۵، پودر سرب یدید^۶ و پودر متیل آمونیوم یدید (مای)^۷. این مواد از شرکت‌های ادوات نوری نانو ساختاری 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 $\frac{15}{\square} \Omega$ 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

۱- مقدمه

در سلول‌های مزوپروس پروسکایتی، اکسید تیتانیوم^۱ و ماده‌ی انتقال‌دهنده‌ی حفره به ترتیب، وظیفه انتقال الکترون و حفره را بر عهده دارند. اسنیت^۲ و همکارانش با جایگزین کردن لایه‌ی اکسیدتیتانیوم با لایه‌ی متخلخل اکسید آلومینیوم^۳ 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 بهینه‌سازی ترکیبات مواد تشکیل‌دهنده و ساختار سلول و همچنین با جستجو برای یافتن مواد جدید، توانسته‌اند بهروری و انعطاف‌پذیری زیرساخت‌های این سلول‌ها 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 سلول‌های 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 سلول خورشیدی پروسکایتی بدون

⁴ DMF

⁵ C₃H₈O

⁶ PbI₂

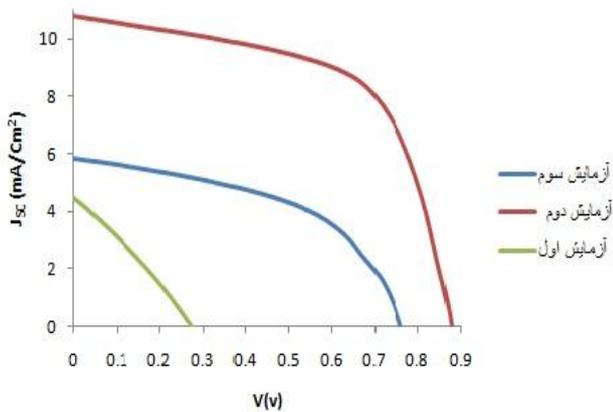
⁷ CH₃NH₃I

¹ TiO₂

² Snait

³ Al₂O₃

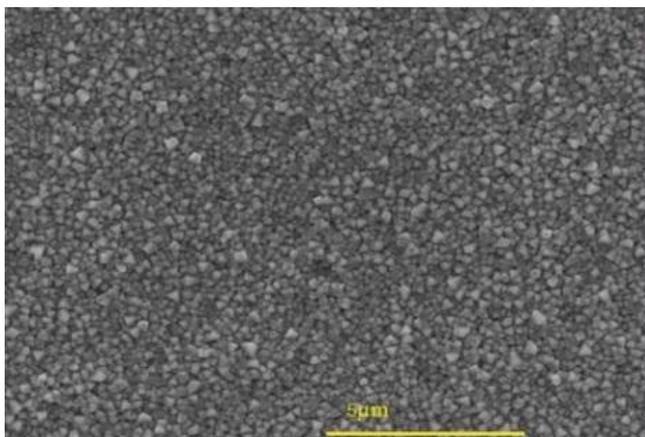
مربوط به آزمایش اول، دوم و سوم به ترتیب در شکل های ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده است. و مشخصات فوتولتاییکی آنها در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۲: نمودار جریان ولتاژ سلولهای ساخته شده

جدول ۱: مشخصه های فوتولتاییکی 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 ۰°C

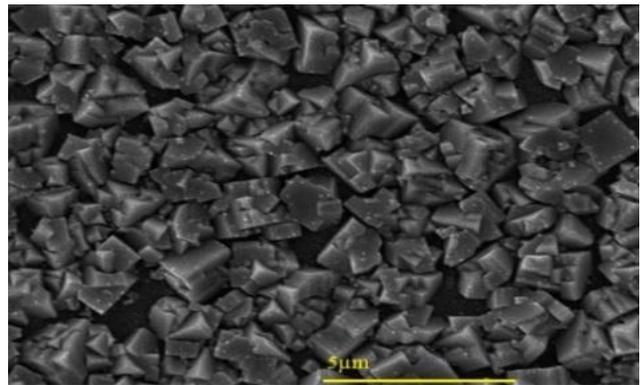
الگودهی شد. سپس توسط مایع صابون، آب مقطر، استون و اتانول تحت اولتراسونیک قرار داده تا هرگونه آلودگی سطحی آن از بین رود. لایه‌ی سدکننده‌ی حفره با ضخامتی در حدود ۱۰۰ نانومتر با روش لایه‌نشانی چرخشی، لایه‌نشانی و سپس تا دمای ۵۰۰ °C به مدت ۶۰ دقیقه پخت داده شد. بعد از آن لایه‌ای از محلول رقیق شده خمیر اکسید 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 لایه‌نشانی چرخشی، لایه‌نشانی 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 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-) 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 فوق‌الذکر در شکل ۲، همچنین تصویر SEM

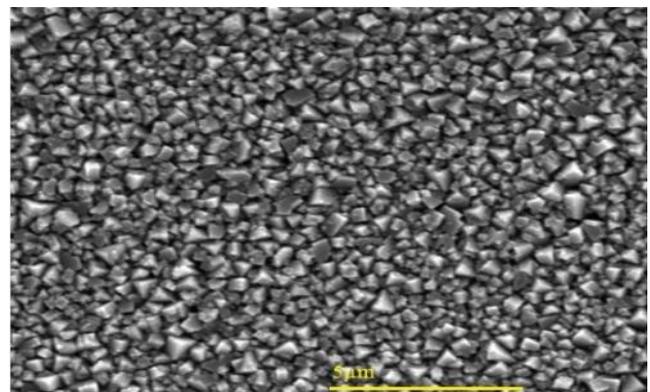
به دمای صفر درجه و همینطور دمای ۵۰ درجه داشت. همچنین کریستال‌های مربوط به لایه پروسکایت که در دمای اتاق تشکیل شد، اندازه‌ی بزرگتری نسبت به کریستال‌های دمای صفر درجه و ۵۰ درجه داشت که این باعث می‌شود احتمال به دام افتادگی الکترون به حداقل رسیده و انتقال بار به سمت فوتوآند افزایش یافته و باعث افزایش جریان و در نتیجه افزایش عملکرد سلول خورشیدی 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 دید 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 ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) for thin film solar cells based on ZrO_2 and TiO_2 mesostructures. *Rsc Advances*, Vol. 3, No. 41, pp 18762-18766, 2013.



شکل ۴: تصویر SEM مربوط به دمای غوطه‌وری ۲۵°C



شکل ۵: تصویر SEM مربوط به دمای غوطه‌وری ۵۰°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 سلول خورشیدی که درون محلول مای در دمای اتاق قرارداشت غوطه‌ور شد، عملکرد بهتری نسبت