

بررسی اثر فرآیند بلورسازی سرب یدید بر عملکرد سلول های خورشیدی پروسکایتی

محمدجعفر نیکچی^{۱*}، محمود برهانی زرنندی^۱، ناصرجهانبخش زاده^۱، حجت امراللهی بیوکی^۲
فاطمه سادات موسوی^۲

^۱ گروه پژوهشی فوتونیک، دانشگاه یزد

^۲ گروه اتمی مولکولی، دانشکده فیزیک، دانشگاه یزد

چکیده: پروسکایت آلی- معدنی $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ به دلیل خواص منحصر به فردی همانند طول انتشار بالای حامل های بار، گاف انرژی قابل تنظیم و فرآیند ساخت آسان به عنوان لایه جاذب نور در سلول های خورشیدی پروسکایتی مورد استفاده قرار می گیرد. مورفولوژی لایه پروسکایت که تأثیری مستقیم بر عملکرد سلول خورشیدی دارد متأثر از پارامترهای مختلفی است که از جمله آنها، شرایط لایه نشانی لایه پروسکایت است. در این مقاله، لایه پروسکایت به روش دو مرحله ای ایجاد شده و اثر زمان به هم خوردن محلول سرب یدید بر مورفولوژی لایه پروسکایت و همچنین عملکرد سلول خورشیدی پروسکایتی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد برای زمان ۱۲ ساعت بلورهای پروسکایت بهتری تشکیل شده اند و منجر به ولتاژ مدار- باز بیشتری شده است.

کلید واژگان: پروسکایت، سرب یدید، سلول خورشیدی، لایه نشانی، مورفولوژی

Investigation of the effect of lead iodide crystallization process on the function of perovskite solar cells

M. J. Nickchi^{1,2)*}, M. Borhani Zarandi^{1,2}, N. Jahanbakhshi Zadeh^{1,2}, H. Amrollahi Bioki^{1,2}, F. Musavi^{1,2}

¹ Photonic Research Group, Yazd University, Yazd, Iran.

² Dept. of Physics, Faculty of Science, 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, is used as absorbing layer in perovskite solar cells. Morphology of perovskite layer which has a direct impact on performance of solar cell, is influenced by various parameters, including the conditions of deposition of perovskite layer. In this paper, the perovskite layer is created by a two-step method and the effect of stirring time the PbI_2 solution on the morphology of the perovskite layer as well as the performance of the perovskite solar cell is investigated.

Keywords: Deposition, Lead Iodide, Morphology, Perovskite, Solar Cell

*J.nickchi@gmail.com

۱- مقدمه

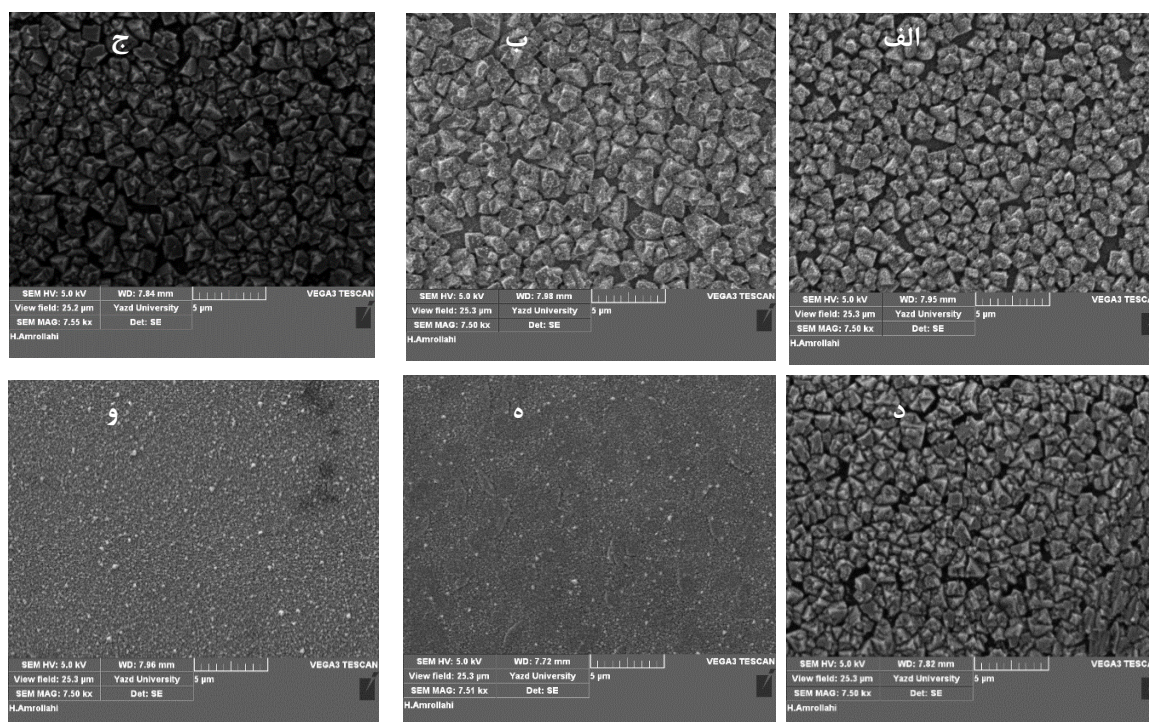
پروسکایت های آلی- معدنی به عنوان نسل جدیدی از مواد حساس به نور در سلول های خورشیدی به کار برده می شوند. در سال ۲۰۰۹ اولین سلول خورشیدی پروسکایتی حساس شده به رنگ توسط میاساکا معرفی گردید [۱]. ساختار معمول این سلول ها متشکل از چهار لایه سدکننده حفره، مزومتخلخل TiO_2 ، پروسکایت و رسانای حفره است، که بر روی FTO لایه نشانی شده و طلا نیز به عنوان کاتد بر روی لایه انتقال دهنده حفره لایه نشانی می شود [۲]. رایج ترین ماده پروسکایت مورد استفاده در ساختار سلول های خورشیدی $CH_3NH_3PbX_3$ است که اتم X می تواند یون های هالوژنی مانند برم، ید یا کلر باشد [۱]. تراکم پذیری و اندازه بلورهای تشکیل شده در لایه پروسکایت به شرایط لایه نشانی لایه پروسکایت بستگی دارد [۳]. در این مقاله اثر فرآیند بلورسازی لایه نشانی سرب یدید بر مورفولوژی لایه پروسکایت و عملکرد سلول خورشیدی پروسکایتی بدون انتقال دهنده حفره مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج آن شرح داده شده است.

۲- روش آزمایش

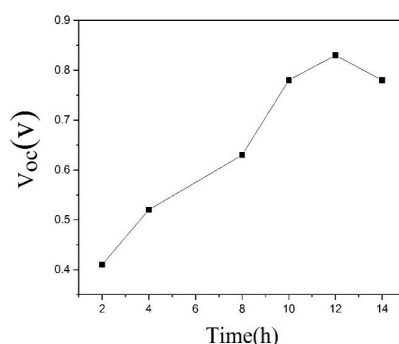
ابتدا لایه FTO به روش شیمیایی (با استفاده از پودر روی و هیدروکلریک اسید) با توجه به مدل مورد نیاز الگودهی شد. سپس پس از شست و شو توسط استون، آب مقطر و اتانول، لایه سدکننده حفره با ضخامتی در حدود ۱۰۰ نانومتر با روش لایه نشانی چرخشی، لایه نشانی و سپس تا دمای $500^\circ C$ به مدت ۳۰ دقیقه پخت داده شد. بعد از آن لایه ای از محلول رقیق شده خمیر اکسید تیتانیوم با روش لایه نشانی چرخشی با سرعت ۴۰۰۰ دور بر دقیقه، به مدت ۶۰ ثانیه لایه نشانی شد و سپس به مدت یک ساعت، تحت دمای $500^\circ C$ پخت داده شد. برای لایه نشانی پروسکایت بر روی لایه متخلخل از روش دو مرحله ای غوطه وری استفاده شد. در این روش، ابتدا ۴۶۰ میلی گرم پودر سرب یدید در ۱ میلی لیتر دی متیل فرم آمید در دمای $70^\circ C$ طی زمان های مختلف به هم خورد و بعد به روش لایه نشانی چرخشی با سرعت ۲۵۰۰ دور بر دقیقه لایه نشانی شد. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در دمای $70^\circ C$ خشک شد. در مرحله بعدی هر کدام از نمونه ها به مدت ۵ دقیقه در محلول متیل آمونیوم یدید در $25^\circ C$ درجه سانتی گراد (دمای محیط) غوطه ور شده و سپس به مدت ۱۵ دقیقه داخل دسی کاتور قرار گرفت و بعد به مدت ۱۵ دقیقه در دمای $70^\circ C$ پخت داده شده و در نهایت لایه نازک طلا با ضخامت ۶۰ نانومتر با روش اسپاترینگ در خلأ بر روی لایه پروسکایت قرار گرفت. به منظور بررسی اثر زمان به هم خوردن محلول سرب یدید در بلورینگی لایه پروسکایت زمان های مختلف از ۲ تا ۱۴ ساعت در بازه زمانی دو ساعته برای تشکیل سرب یدید انتخاب شد.

۳- نتیجه گیری

تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) پروسکایت تشکیل شده در شکل ۱ نشان داده شده اند. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود بلورهای پروسکایت برای زمان ۱۲ ساعت به صورت بلورهای با اندازه تقریبی ۲۰۰ نانومتر و به صوت کاملاً فشرده و منظم تشکیل شده است. وجود حفره های سطحی در دیگر نمونه ها باعث افزایش احتمال به دام افتادگی حامل های بار در لایه پروسکایت و در نتیجه تضعیف در ولتاژ مدار- باز (Voc) سلول خورشیدی پروسکایتی و در نتیجه کاهش بازدهی سلول می شود. نتایج مربوط به تاثیر زمان بهم خوردن محلول PbI_2 بر روی ولتاژ مدار باز سلول در نمودار شکل ۲، با نتایج تصاویر میکروسکوپی الکترونی (شکل ۱) سازگاری دارد و باتوجه به عدم استفاده از لایه انتقال دهنده حفره، بازده سلول ها بالان بوده و با نتایج دیگران مطابقت دارد.



شکل ۱- تصاویر میکروسکوپ الکترونی پروسکایت تشکیل شده مربوط به زمان های مختلف به هم خوردن محلول سربیدید (الف) ۲ ساعت، (ب) ۴ ساعت، (ج) ۸ ساعت، (د) ۱۰ ساعت، (ه) ۱۲ ساعت، (و) ۱۴ ساعت



شکل ۲- نمودار ولتاژ مدار- باز بر حسب زمان هایی که محلول سربیدید بهم زده شده است.

همانطور که مشاهده می شود زمان ۱۲ ساعت بهم خوردن محلول PbI_2 بیشترین ولتاژ مدار- باز را دارد. زیرا بلورهای آن فشرده تر و فضای خالی بین آن ها کم تر است.

مراجع

1. A. Sharenko et. al. *J. Am. Chem. Soc* **138**(2), 463-470.
2. C. Chenghao et. al. *Chem. Mater* **28**(8), 2742-2749.
- 3., N. J. Zadeh et. al. *Thin Solid Films* , 660, 65-74.
1. A. Sharenko and M. F. Toney, "Relationships between lead halide perovskite thin-film fabrication, morphology, and performance in solar cells," *Journal of the American Chemical Society* **138**, 463-470, 2016. <https://doi.org/10.1021/jacs.5b10723>
2. C. Cao, C. Zhang, J. Yang, J. Sun, S. Pang, H. Wu, et al., "Iodine and chlorine element evolution in $CH_3NH_3PbI_3-xCl_x$ thin films for highly efficient planar heterojunction perovskite solar cells," *Chemistry of Materials* **28**, 2742-2749, 2016. <https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.6b00429>
۳. N. J. Zadeh, M. B. Zarandi, and M. R. Nateghi, "Effect of crystallization strategies on $CH_3NH_3PbI_3$ perovskite layer deposited by spin coating method: Dependence of photovoltaic performance on morphology evolution. *Thin Solid Films*, 660, 65-74. <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2018.03.038>.