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

بررسی انتقال بار در سلول‌های خورشیدی پروسکایت مبتنی بر نانو ساختارهای ترکیبی فرامیدنیم - متیل آمونیوم

کامیار برکاتی[۱] ، دکتر احمد مشاعی[۱*] ، زهرا باقری[۱] ، سارا عباسیان[۲]

[۱]گروه اتمی و مولکولی،دانشکده فیزیک،دانشگاه تربیت مدرس

[۲]پژوهشکده فیزیک،پژوهشگاه دانش‌های بنیادی(IPM)

چکیده – به منظور کاهش نقص ها و بهبود بلورینگی لایه پروسکایت ما $FAPbI_3$ را به عنوان دانه های کریستالی برای تنظیم رشد بلورهای $MAPbI_3$ معرفی می کنیم بنابراین یک لایه پروسکایت مخلوط ($MA_{1-x}FA_xPbI_3$) با روش لایه نشانی چرخشی خواهیم داشت.
میکروسکوپ الکترونی و الگوی پراش اشعه X بلورینگی بهتر و دانه های بزرگتر برای لایه پروسکایت ترکیبی نسبت به لایه $MAPbI_3$ نشان می دهند. همبستگی مثبت بین کریستالیزاسیون و غلظت $FAPbI_3$ نشان می دهد که فرآیند بلورسازی توسط القاء $FAPbI_3$ کنترل می شود. در این مقاله سعی شده است با بررسی طیف جذب uv-visible ، طیف XRD و SEM مشخصات این پروسکایت در یک سلول کامل نشان داد شود.

کلید واژه- پروسکایت ، سلول خورشیدی ، کریستالیزاسیون

Investigation of charge transfer in peroveskite solar cells based on nanostructures of formamidinium-methylammonium

[1]K.Barakati , [1*]A.Moshaii , [1]Z.Bagheri , [2]S.Abbasian

[1]Atomic and Molecular Group, Faculty of Physics,tarbiat modares university

[2]School of Physics, Institute for Research in Fundamental Sciences (IPM)

(*corresponding author : moshaii@modares.ac.ir)

Abstract - In order to reduce defects and improve the crystallinity of peroveskite layer, we introduce $FAPbI_3$ as crystalline grains for controlling the growth of $MAPbI_3$ crystals, so We will have a mixed peroveskite layer ($MA_{1-x}FA_xPbI_3$) with the spin-coating method.
The electron microscope and X-ray diffraction pattern exhibit better crystallinity and larger grains for the mixed peroveskite layer than the $MAPbI_3$ layer. The positive correlation between crystallization and $FAPbI_3$ concentration indicates that the crystallization process is controlled by induction of $FAPbI_3$. In this paper, we have tried to show the specification of this peroveskite in a complete cell by studying the uv-visible absorption spectrum and SEM and the XRD spectrum.

Keywords: perovskite, solar cells , crystallization

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

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

مقدمه

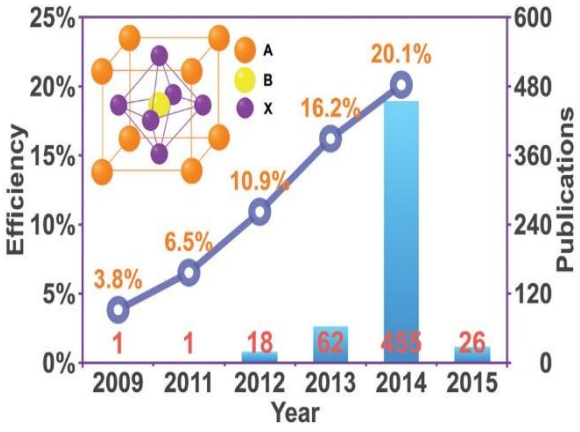
انرژی های تجدید پذیر باتوجه به ویژگی هایی چون پاک بودن، در دسترس بودن و ظرفیت بالا مورد توجه قرار گرفته‌اند. از آنجائیکه میزان انرژی خورشیدی دریافتی توسط زمین در طول یک ساعت از کل میزان انرژی مصرفی جهانیان بیشتر است به کار گیری این منبع عظیم میتواند نگرانی های مربوط به حوزهء انرژی را برطرف سازد. از تابش خورشید به طور مستقیم به دو شکل نور و گرما میتوان استفاده کرد[1]. فناوری فوتوولتایی خود شامل دو زیرمجموعه است:

۱-تبدیل مستقیم نور به الکتریسیته توسط سلولهای خورشیدی

۲-تولید فوتوالکتروشیمیایی هیدروژن

در این پژوهش بهبود تولید الکتریسیته از نور خورشید توسط یکی از انواع سلولهای خورشیدی با نام سلولهای خورشیدی پروسکایتی مد نظر است که در ادامه به آن می پردازیم.

پروسکایت دارای ساختار کریستالی ABX3 است که X یون هالوژن (Cl-,Br-,I-)، A یون آمونیوم آلی (CH3NH3+ ، CH(NH2)2+ ، Cs+) و B کاتیون فلزی دو ظرفیتی (Pb2+,Sn2+,Ge2+) است. در شکل ۱ می توان نمودار آخرین بازده‌های توانی و پیشرفت عملکرد سلول‌های خورشیدی مبتنی بر ساختار ABX_3 را مشاهده کرد[3][2].



شکل ۱ : پیشرفت ها و عملکرد سلول های خورشیدی پروسکایتی مبتنی بر ساختار ABX3 به روز شده تا (2015/02/01)

۲-روش انجام آزمایش

در این پژوهش سعی بر آن شده است که پروسکایت مبتنی بر نانوساختارهای ترکیبی متیل آمونیوم و فرم آمیدیم با فرمول شیمیایی ($MA_{1-x}FA_xPbI_3$) با پروسکایت خالص با فرمول شیمیایی $MAPbI_3$ مقایسه شود. بنابراین برای ساخت این دو پروسکایت داریم از روش لایه نشانی چرخشی دو مرحله ای استفاده شده است.

۲- ۱ مواد مورد نیاز

شیشه های FTO مربعی به طول ۱,۴ سانتی متر ، اتانول ، استون ، هیدروکلریک اسید ، کلروبنزن ، متیل آمونیوم یدید ، سرب یدید ، فرم آمیدنیوم یدید ، فیلتر ۲۰۰ نانومتری

۲-۲ روش آماده سازی زیر لایه ها و محلول پروسکایت

برای آماده سازی زیر لایه ها ابتدا FTO ها را Etch می‌کنیم یعنی به اندازه‌ی ۲-۳ میلی‌متر از لایه رسانا را با ریختن پودر روی و اسید هیدروکلریک (HCL) برمی‌داریم سپس FTOها را ابتدا با آب صابون ، استون و اتانول شستشو می‌دهیم. بعد از این مرحله محلول ۴۳۰mM تیتانیوم ایزوپروپکساید در اتانول را به عنوان یک لایه‌ی مسدود کننده‌ی حفره (Block) با استفاده از روش Spin Coating لایه نشانی می‌کنیم و در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار می‌دهیم. سپس خمیر TiO_2 محلول در اتانول را به عنوان لایه متخلخل TiO_2 (Mesoporous TiO_2) اسپین کرده و در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار می‌دهیم. زیرلایه‌ها را برای مرحله نهایی و مهم پروسکایت آماده می‌کنیم. ابتدا دو محلول پروسکایت $MAPbI_3$ و $FAPbI_3$ با غلظت 1molar درست می‌کنیم، ابتدا محلول $FAPbI_3$ را روی سلول ریخته و اجازه می‌دهیم با سرعت 4000rpm به مدت 20s بچرخد سپس محلول $MAPbI_3$ را می‌ریزیم (5000rpm ، 30s) و در نهایت Anti Solvent کلرو بنزن را می‌ریزیم سپس FTO ها را به مدت ۳۰ دقیقه در

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

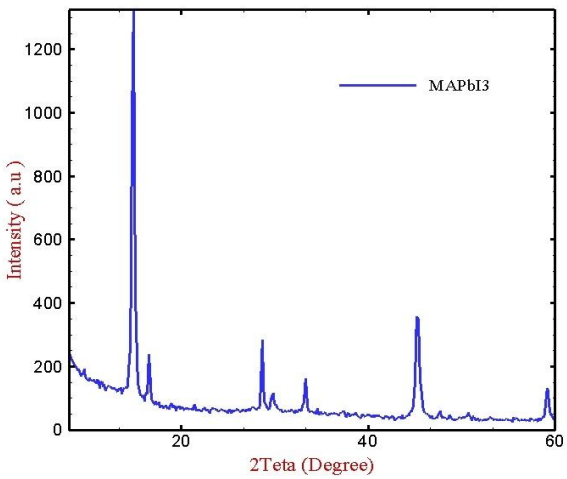
دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد روی هات پلیت قرار می‌دهیم. در مرحله‌ی بعد لایه Spiro-OMETAD را اسپین کرده و در آخرین مرحله طلا را به عنوان contact نهایی لایه نشانی می‌کنیم. این مراحل را یکبار دیگر تنها با محلول $MAPbI_3$ تکرار می‌کنیم.

۲-۳ روش تهیه محلول پروسکایت

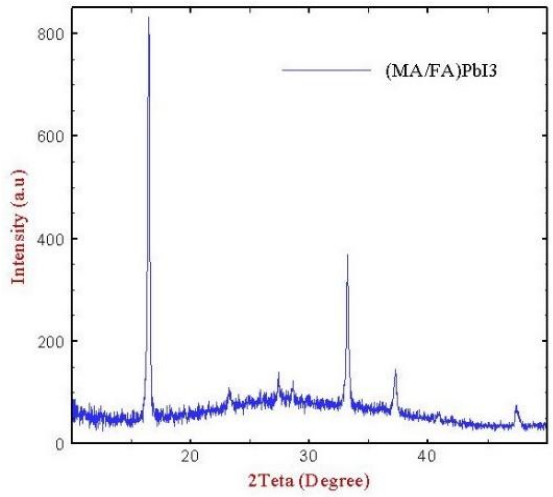
برای تهیه محلول پروسکایت ترکیبی ابتدا به مقدار مورد نظر پودر سرب یدید را وزن کرده و در آون ۱۲۰ درجه به مدت ۳۰ دقیه می‌گذاریم تا آبگیری شود. محلول ۱ مولار $MAPbI_3$ و محلول ۱ مولار $FAPbI_3$ را آماده می‌کنیم. برای تهیه $MAPbI_3$ 500µL از حلال (نسبت حجمی ۴:۱ DMF و DMSO) را روی PbI_2 ریخته و اجازه می‌دهیم حل شود سپس این محلول را به MAI اضافه می‌کنیم. به صورت مشابه FAPbI3 را نیز آماده می‌کنیم.

۳- مشخصه یابی

ما در این پژوهش برای هر نمونه مشخصه یابی های XRD ، UV Visible و SEM و J-V را انجام دادیم که شرح نتایج را می توان در شکل‌های زیر مشاهده کرد.

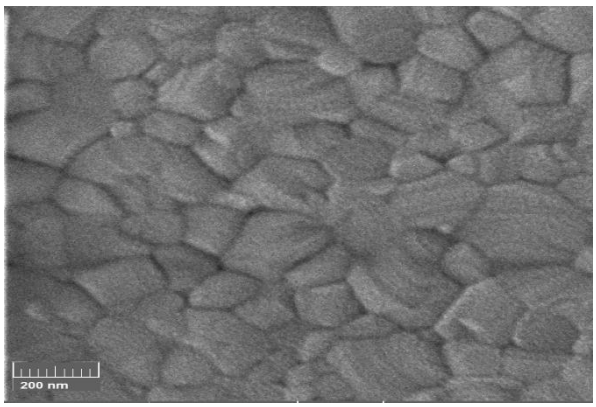


شکل ۲ : طیف XRD از $MAPbI_3$



شکل ۳ : طیف XRD از $(MA_{1-x}FA_xPbI_3)$

مطابق شکل ۲ و ۳ مشخص است که ساختار شبکه‌ای مکعبی پروسکایت ساخته شده در حالت‌های مختلف تشکیل شده است و اثری از مواد اولیه آن مانند PbI_2 که کارایی سلول را کاهش می‌دهد وجود ندارد. این مسئله همچنین نشان دهنده کامل بودن واکنش شیمیایی بین MAI، FAI و PbI_2 است.

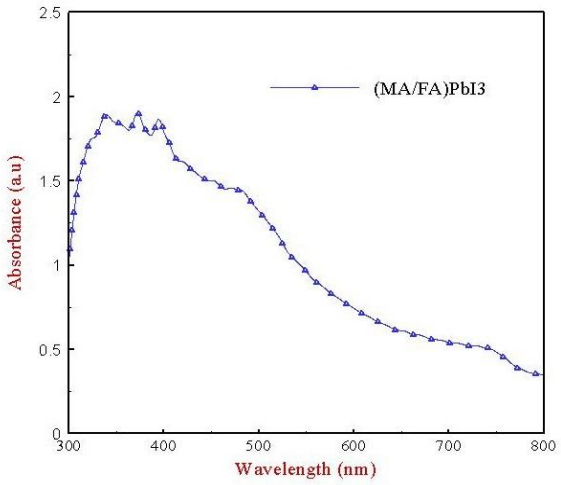


شکل 4 : تصویر SEM لایه پروسکایت $(MA_{1-x}FA_xPbI_3)$

شکل ۴ نشان می‌دهد که ساختار پروسکایت تشکیل شده تقریباً مکعبی بوده و میانگین اندازه مکعب‌ها بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ نانومتر است. در تصویرSEM تهیه شده که پروسکایت لایه نشانی شده با روش چرخشی دو مرحله ای پوشش‌دهی نسبتاً بهتری را روی زیر لایه ایجاد کرده و ساختار مسطحی دارد.

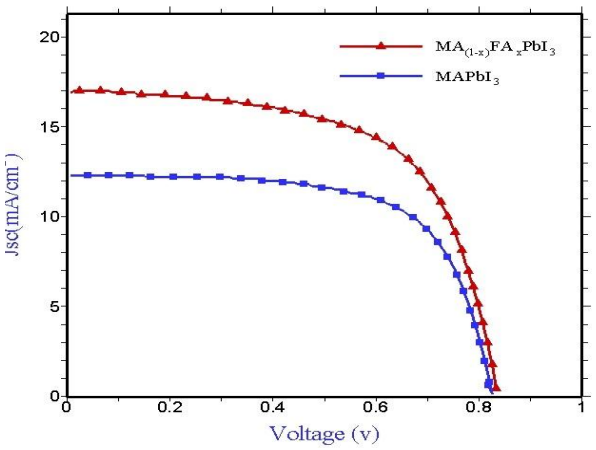
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

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



شکل 5 : طیف جذب (UV-Visible) از
$(MA_{1-x}FA_xPbI_3)$

شکل ۵ میزان جذب خالص لایه پروسکایت ساخته شده در حالت ترکیبی بررسی شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است در ناحیه طول موجی ۳۵۰ تا ۵۵۰ نانومتر درصد جذب پروسکایت ساخته شده بهتر است که فوتون بیشتری را جذب نموده و در نتیجه حامل‌های بار بیشتری ایجاد می‌کند که این می‌تواند باعث افزایش جریان شود. البته افزایش جذب در این حالت لزوما به معنای نتایج بهتر در سلول‌های خورشیدی ساخته شده نیست چون فوتون جذب شده باید بتواند ابتدا تولید زوج الکترون و حفره کرده و این الکترون و حفره باید بتوانند از لایه ها عبور کنند و جریان بهتری را برای سلول فراهم آورند.



شکل ۶ : نمودار J-V برای دو نمونه سلول خورشیدی متیل آمونیوم خالص و ترکیبی

مطابق شکل ۶ نمودار J-V برای پروسکایت مخلوط $(MA_{1-x}FA_xPbI_3)$ چگالی جریان بالاتر و در نتیجه بازدهی بهتری دارد، که نشان دهنده‌ی بهبود کیفیت لایه پروسکایت می‌باشد.

در جدول زیر مشخصات کلی این دو روش از نظر بازدهی، چگالی جریان اتصال کوتاه و ولتاژ مدار باز مقایسه شده است. که به وضوع عملکرد بهتر سلول خورشیدی برای حالت مخلوط نسبت به حالت متیل آمونیوم خالص را نشان می‌دهد.

	J	V	Efficiency
$(MA_{1-x}FA_xPbI_3)$	17	8.34	8.75
$MAPbI_3$	12.3	8.19	6.72

نتیجه گیری

به منظور کاهش نقص ها و بهبود بلورینگی لایه پروسکایت ما $FAPbI_3$ را به عنوان دانه های کریستالی برای تنظیم رشد بلورهای $MAPbI_3$ معرفی کردیم بنابراین یک لایه پروسکایت مخلوط $(MA_{1-x}FA_xPbI_3)$ با روش لایه نشانی چرخشی داشتیم که این ترکیب با توجه به مشخصه یابی‌های به عمل آمده دارای پوشش سطحی بسیار خوب، جذب نور بالا و انتقال بار بسیار مناسب است.

مرجع‌ها

[1] A. J. McEvoy, L. Castaner, and T. Markvart, *Solar cells: materials, manufacture and operation*. Academic Press, 2012.

[2] Zheng, L., et al., *Morphology control of the perovskite films for efficient solar cells.* Dalton transactions, 2015. 44(23): p. 10582-10593.

[3] کتاب انرژی خورشیدی (فیزیک و مهندسی فتوولتائیک فناوری ها و سامانه ها)

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]