بیست و هشتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و چهاردهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شهید چمران اهواز،
خوزستان، ایران.
۱۴-۱۲ بهمن ۱۴۰۰

# بررسی عوامل موثر بر فوتولومینسانس پروسکایت MAPbI3 در فرایند ساخت

**شیما تقیان[۱]، فرزانه یکه کار[۱]، کیمیا فلاح[۱]، بیژن غفاری[۱]، رضا صابری مقدم[۱و۲]، راضیه کشتمند[۱] و شهاب نوروزیان علم[*۱]**

**[۱]دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران؛ [۲]مرکز نوآوری کمبریج، انگلستان**

**shima_taghiyan@physics.iust.ac.ir ، f_yekekar@physics.iust.ac.ir ،
kimya_fallah98@physics.iust.ac.ir ، ghafary@iust.ac.ir ، reza.saberi@gmail.com ،
r_keshtmand@physics.iust.ac.ir ، norouzian@iust.ac.ir**

**چکیده_در سال های اخیر نانو مواد پرو سکایتی به عنوان سلول خور شیدی و اخیرا به عنوان دیود نورگسیل مورد توجه قرار گرفته اند. پژوهش ها نشان داده ا ست عوامل متعددی در تنظیم گاف انرژی و خواص اپتیکی پرو سکایت ها ایفای نقش میکنند. ضخامت و عملیات حرارتی از عواملی هستند که میتوانند در فرایند ساخت تاثیر چشمگیری در خواص اپتیکی دا شته با شند. در این پژوهش نانوفیلم پرو سکایتی متیل آمونیوم سرب یدید (MAPbI3) به روش چرخش دو مرحله ای تهیه و ضخامت لایه پرو سکایت و دمای عملیات حرارتی به عنوان متغیر گزارش بررسی شد. نتایج فوتولومینسانس و XRD مقایشه شد و نمونه بهینه از نظر ضخامت و دمای بازپخت نمونه با ضخامت ۳۷۰ نانومتر و با دمای بازپخت ۱۰۰ درجه سانتی گراد معرفی شد.**

کلید واژه -پروسکایت، MAPbI3، ضخامت، عملیات حرارتی، متیل آمونیم سرب یدید.

# Investigation of factors affecting perovskite photoluminescence MAPbI3 in the manufacturing process

**Shima Taghiyan[1], Farzaneh Yeke kar[1], Kimya Fallah[1] , Bijan Ghafari[1], Reza Saberi Moghaddam[2], Raziye Keshtmand[1], Shahab Norouzian Alam[*1]**

**[1]Physics Department,Iran University of Science and Technology,Tehran; [2] the Innovation center,University of Cambridge,United Kingdom**

**shima_taghiyan@physics.iust.ac.ir ، f_yekekar@physics.iust.ac.ir ،
kimya_fallah98@physics.iust.ac.ir ، ghafary@iust.ac.ir ، reza.saberi@gmail.com ،
r_keshtmand@physics.iust.ac.ir ، norouzian@iust.ac.ir**

**Abstract- In recent years, perovskite nanomaterials as solar cells and light emitting diodes have received much attention and research. Research has shown that several factors play a role in regulating the band gap energy and the optical properties of perovskites. Thickness and heat treatment are factors that can have a significant impact on optical properties in the manufacturing process. In this study, perovskite films of methyl ammonium lead iodide (MAPbI3) was prepared by two-stage rotation method and the thickness of perovskite films and heat treatment temperature were investigated as the reported variable. The results of photoluminescence and XRD were compared and the optimal sample in terms of thickness and annealing temperature of the sample with a thickness of 370 nm and annealing temperature of 100 ° C was introduced.**

**Keywords: $MAPbI_3$, methyl ammonium lead iodide, perovskite, thermal annealing, thickness.**

[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06 ]

## مقدمه

پیشرفت و رشد نانو پروسکایت ها در زمینه سلول های خورشیدی و دیود های نورگسیل در سال های اخیر بسیار قابل توجه بوده و پیش بینی میشود تا بیست سال آینده نانو پروسکایت ها در برخی موارد مصرفی جایگزین مواد نیمه رسانا شوند[1]. پروسکایت هالید فلزی به طور کلی ساختار ABX3 دارند که A کاتیون آلی یا معدنی مانند MA، FA، Cs و B یک یون فلزی مانند Pb،Sn، Bi و X یک آنیون هالید یا مخلوط هالید مانند Cl، Br، I و I-Br است[2]. پروسکایت های هالیدی از انعطاف پذیری ساختاری زیادی برخوردار هستند و به سادگی میتوان مورفولوژی آنها را در هنگام سنتز دستکاری کرد و در نتیجه ویژگی های اپتیکی متفاوتی ایجاد کرد. عواملی از جمله مواد مورد استفاده، ساختار، ضخامت، مورفولوژی سطحی و نقص ها، روش ساخت و عوامل محیطی و.... میتوانند در گاف انرژی فیلم پروسکایتی و در نتیجه کارایی پروسکایت نقش اساسی داشته باشند[2,3]. ضخامت لایه پروسکایت باید به گونه ای طراحی شود تا هم پوشانی بین توابع موج الکترون و حفره و در نتیجه امکان بازترکیب نوری افزایش یابد [4,5]. در مقایسه با مواد آلی، لایه های پروسکایتی که در دمای اتاق منجر به گسیل شده اند دارای ضخامت کمتری هستند و همچنین گاها شرایط ساخت ساده تر، هزینه کمتر و خلوص بیشتری دارند. در سال های اخیر تحقیق و بررسی روی نانو مواد پروسکایت هالید فلزی نظیر MAPbI3 و ترکیبات آن منجر به نتایج مفیدی شده است. در این مقاله اثر دما و ضخامت در فوتولومینسانس فیلم پروسکایت با ساختار شیمیایی MAPbI3 به روش چرخش دو مرحله ای مورد بررسی قرار میگیرد.

## روش فراوری

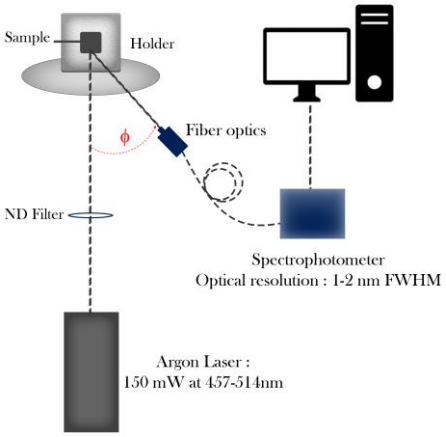
تمیزکاری زیر لایه که شامل سه مرحله شست و شو با آب گرم و صابون، شست و شو با آب مقطر و شست‌وشو با اتانول با کمک دستگاه التراسونیک انجام شده و لام های مربعی۱/۲ سانتی متر با سشوار حرارتی خشک و به مدت یک ساعت در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده شده. بعد از یک روز کاری و هم‌دما شدن زیرلایه‌ها با محیط، ماده‌ی MaPbI3 ، به کمک پوشش دهی چرخشی دو مرحله ای( سرعت چرخش در مرحله اول برابر ۱۰۰۰rpm و در مرحله دوم در سه سرعت متفاوت جهت تغییر ضخامت فیلم )، لایه نشانی انجام گرفت. پس از انجام لایه نشانی، در مرحله بازپخت در دماهای ۸۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ درجه سانتیگراد روی هات پلیت و به مدت یک ساعت تحت بازپخت قرار گرفت. ۱۹ گرم از PbI2 را به مدت ۱۰ دقیقه بر روی هاتپلیت با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد تا رطوبت آن گرفته شود. بعد از خنک شدن آن ۳۰۰/۵ میلی لیتر DMSO به مدت ۵ دقیقه روی هات پلیت با دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت تا کاملا حل شود. سپس ۵۵ میکرو لیتر MAI و ۲۹۱/۵ میلی لیتر از محلول بالا به MAI اضافه میشود. محلول را هم زده تا کاملا حل شود. بعد از ساخت محلول دستگاه پوشش‌دهی‌چرخشی به صورت دو مرحله‌ای تنظیم شده و با تعیین سرعت چرخش مقدار ۲۵ میلی لیتر از محلول MaPbI3 به کمک پیپت بر روی لام پخش میگردد. دستگاه را فعال شده و در ۱۵ ثانیه دوم مرحله دوم، مقدار ۱۲۰ میلی لیتر کلروبنزن را بر روی آن تزریق می شود. تمام آزمایش‌ها در دمای اتاق و فشار اتمسفر انجام گرفته شده.



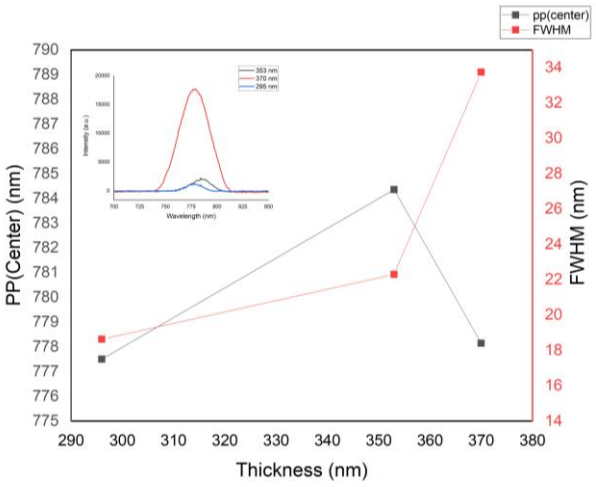
[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06 ]

## گزارش داده های تجربی

نمونه های فراوری شده توسط لیزر با طول‌موج ۴۸۸ nm، تحریک شد. طیف PL نمونه به وسیله اسپکتروفتومتر NOORA300 اندازه‌گیری شد و زاویه بین پروب اسپکتروفتومتر و سطح کریستال برابر با ۴۰ درجه قرار داده شد.

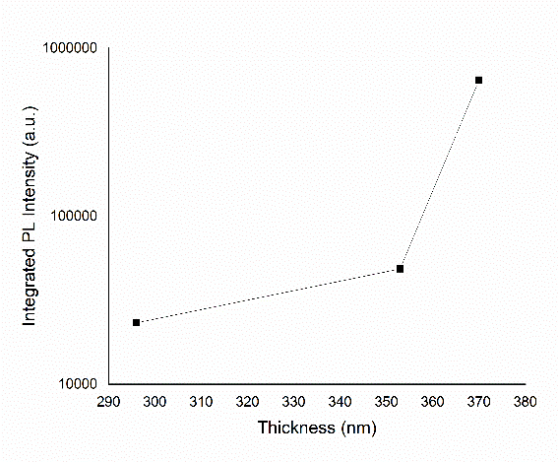



شکل ۱: طرحواره تحریک و طیف سنجی فوتولومینسانس ففیلم پروسکایت.

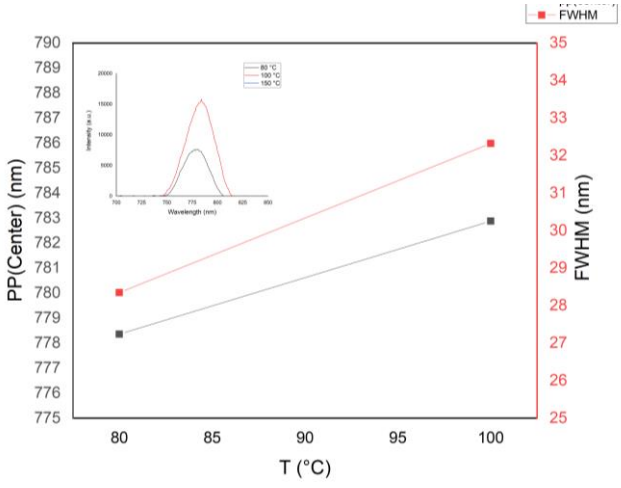



شکل ۲: طول موج پیک PL دریافتی از نمونه های با ضخامت ۲۹۶nm ، ۳۵۳nm و ۳۷۰nm و FWHM منطبق با نمودار گوسین آن‌ها.

در ضخامت های پایین شدت فتولومینسانس دریافتی کمتر است با افزایش ضخامت لایه پروسکایت، به دلیل افزایش حامل های بار، شدت فوتولومینسانس گسیلی افزایش می یابد. ضخامت شرایط بهینه در ۳۷۰ نانومتر میباشد. افزایش ضخامت لایه پروسکایت لزوما به معنای افزایش شدت فوتولومینسانس دریافتی نیست، در ضخامت های بالا به دلیل همپوشانی توابع جذب و گسیل پروسکایت پدیده خود جذبی رخ داده و شدت فوتولومینسانس دریافتی کاهش می یابد.




شکل ۳: نمودار لگاریتمی سطح زیر نمودار طیف PL دریافتی از نمونه های با ضخامت ۲۹۶nm ، ۳۵۳nm و ۳۷۰nm



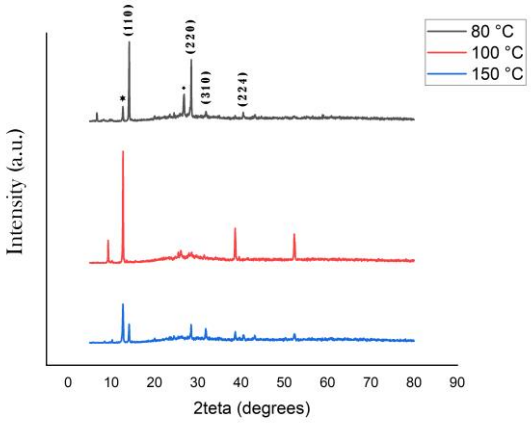

شکل ۴: طول موج پیک PL دریافتی از نمونه های فراوری شده با دمای بازپخت ۸۰ ، ۱۰۰ و ۱۵۰ درجه سانتیگراد و FWHM منطبق با نمودار گوسین آن‌ها.

هرگونه تغییر در مورفولوژی سطحی، نقص های سطحی و ساختار شبکه پروسکایت موجب تاثیرگذای بر اندازه گاف



[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06 ]

انرژی و درنتیجه طول موج و شدت گسیلی و تغییر دیگر خواص اپتیکیی فیلم میشود.




شکل ۵: الگوی پراش اشعه ایکس نمونه های ساخته شده در دماهای مختلف.

با توجه به آنالیز پراش اشعه ایکس، الگوی تشکیل شده در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد نشان دهنده تشکیل فاز تتراگونال پروسکایت است[6]. با افزایش دمای بازپخت، سرعت تشکیل فاز PbI2 افزایش یافته و احتمالا شاهد تشکیل فاز اورتورومبیک پروسکایت خواهیم بود. در دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد، دمای بازپخت به حدی بالا است که امکان تشکیل پروسکایت بسیار کم میشود و تشکیل PbI2 به حدی زیاد میشود که نمونه از رنگ قهوه ای تیره به رنگ زرد روشن میگراید.

## نتیجه‌گیری

دراین مقاله با تغییر ضخامت و دمای بازپخت نمونه پروسکایتی، به بررسی برخی خواص اپتیکی فیلم پروسکایت پرداخته شد. رفتار اپتیکی نمونه های ساخته شده منجر به یافتن شرایط بهینه از نظر ضخامت و دمای بازپخت شده و فیلم پروسکایت با ضخامت ۳۷۰ نانومتر و با دمای بازپخت ۱۰۰ درجه سانتی گراد را به عنوان نمونه بهینه جهت استفاده در مصارف فوتولومینسانس از جمله در LED معرفی میکند.

## مرجع‌ها

[1] Y.-H. Kim, H. Cho, and T.-W. Lee, “Metal halide perovskite light emitters,” Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 113, no. 42. Proceedings of the National Academy of Sciences, pp. 11694–11702, Sep. 27, 2016.

[2] Q. Ou et al., “Band structure engineering in metal halide perovskite nanostructures for optoelectronic applications,” Nano Materials Science, vol. 1, no. 4. Elsevier BV, pp. 268–287, Dec. 2019.

[3] S. A. Veldhuis et al., “Perovskite Materials for Light-Emitting Diodes and Lasers,” Advanced Materials, vol. 28, no. 32. Wiley, pp. 6804–6834, May 23, 2016.

[4] C. Cho et al., “The role of photon recycling in perovskite light-emitting diodes,” Nature Communications, vol. 11, no. 1. Springer Science and Business Media LLC, Jan. 30, 2020.

[5] S. D. Stranks, R. L. Z. Hoye, D. Di, R. H. Friend, and F. Deschler, “The Physics of Light Emission in Halide Perovskite Devices,” Advanced Materials, vol. 31, no. 47. Wiley, p. 1803336, Sep. 06, 2018.

[6]Zhonggao Xia, Gaoda Chai, Yan Wang, and Hang Zhou, “Uniform perovskite photovoltaic thin films via ultrasonic spray assisted deposition method,” 2015

[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06 ]