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 تاثیر حضور ساختارهای هسته-پوسته طلا-نقره و آلومینیوم-آلومینا بر خواص اپتیکی سلول خورشیدی پروسکایتی

نفیسه شریفی[1*]، مهدی پارسازاده[2]

[1] گروه لیزر و فوتونیک، دانشکده فیزیک، دانشگاه کاشان، کاشان ۳۵۸۱۵۷۸۱۷۸ ، ایران

[2] پژوهشکده علوم و فناوری نانو ، دانشگاه کاشان، کاشان ۳۵۸۱۵۷۸۱۷۸ ، ایران

***sharifi@kashanu.ac.ir**

چکیده – در این مقاله از روش تفاضل متناهی در حوضه زمان برای انجام شبیه‌سازی استفاده شد. برای بررسی اثرات اپتیکی ساختارهای هسته-پوسته در سلول خورشیدی پروسکایتی، در ابتدا ضخامت بهینه برای هر یک از لایه‌های شیشه، اکسید رسانای شفاف و دی اکسید تیتانیوم به منظور بیشینه عبور و برای لایه فعال به منظور بیشینه جذب محاسبه شد. پس از طراحی ساختار کل سلول با ضخامت‌های بهینه؛ توان جذبی در موقعیت‌های مختلف سلول محاسبه شد که کم‌ترین توان جذبی داخل لایه فعال و در موقعیت حدود ۲۰۰ نانومتری از ابتدای لایه فعال مشاهده شد. ساختارهای هسته-پوسته به صورت کره‌های هم مرکز با فاصله مرکز به مرکز ۱۴۲ نانومتر و به شعاع ۵۰ ، ۷۰، ۶۶ و ۷۰ نانومتر به ترتیب برای طلا، نقره، آلومینوم و آلومینا در لایه فعال سلول خورشیدی قرار داده شدند. در ادامه با قرار دادن ساختارهای معرفی شده در موقعیت ۲۰۰ نانومتر از ابتدای لایه فعال خواص اپتیکی مورد بررسی قرار گرفت. پس از انجام شبیه‌سازی مشاهده شده که میزان جذب نور در سلول خورشیدی دارای ساختار هسته-پوسته بیشتر از سلول خورشیدی بدون ساختار هسته-پوسته است. مقدار جذب نور، تولید جفت الکترون-حفره و چگالی جریان مدار بسته در ساختار هسته-پوسته آلومینیوم-آلومینا بیشتر از ساختار هسته-پوسته طلا-نقره است.

کلید واژه- ساختار هسته-پوسته آلومینیوم-آلومینا، ساختار هسته-پوسته طلا-نقره، سلول خورشیدی پروسکایتی،شبیه‌سازی

Investigation of the effect of the gold-silver core-shell and aluminum-alumina structures on the optical properties of perovskite solar cell

Nafiseh Sharifi, Mehdi Parsazadeh

sharifi@kashanu.ac.ir

Abstract- In this paper, the finite-difference-time-domain method (FDTD) was used. At first, for any of glass, transparency conductive oxide and titanium dioxide layers, the optimum thickness for maximum light transmission and the best thickness of active layer for more absorption was calculated for investigation of optical effects. After designing cell structure with optimum thickness, the absorption power was calculated in different distances in cell and the minimum absorption power occurred in 200 nm at the beginning of the active layer. The core-shell structure in the form of same-center-spheres by 50, 70, 66 and 70 nm radius for gold, silver, aluminum, and alumina, respectively, with center-to-center distance 142 nm was set in the solar cell active layer. In the following, optical properties were studied by set the core-

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]

shell structures in 200 nm at the beginning of the active layer. Light absorption in the solar cell with core-shell structure was more than the solar cell without core-shell structure. Amount of light absorption, electron-hole pair generation and short circuit current density for aluminum-alumina core-shell structure was more than the gold-silver core-shell structure.

Keywords: aluminum-alumina core-shell structure, gold-silver core-shell structure, perovskite solar cell, simulation

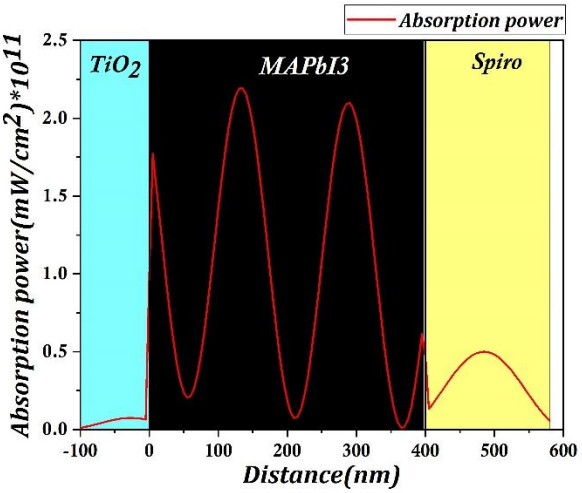
مقدمه

سلول‌های خورشیدی پروسکایتی در مقابل سایر سلول‌های خورشیدی اتلاف نوری بیشتری دارند. برای جلوگیری از این اتلاف نوری می‌توان از نانوذرات پلاسمونیکی استفاده کرد[۱]. پراش از نانوذرات فلزی بهترین روش برای افزایش میزان جذب نور در سلول‌های خورشیدی است. با افزایش میزان نور جذب شده در سلول خورشیدی میزان جریان و توان خروجی از سلول افزایش میابد. دو مکانیسم اساسی برای توضیح افزایش میزان توان خروجی در سلول‌های خورشیدی که از نانوذرات پلاسمونیکی در آن‌ها استفاده شده است وجود دارد: پراش نوری و اثرات میدان نزدیک. میزان تاثیر هر کدام به اندازه ذرات، میزان جذب نور در نیم‌رسانا و چگونگی طراحی الکتریکی سلول خورشیدی بستگی دارد. نانوذرات فلزی یکی از قویترین پراکنده کنندگان نور در طول موج‌های نزدیک تشدید پلاسمونیکی هستند[۲].

در این تحقیق ابتدا جذب نور برای ضخامت‌های متفاوت لایه فعال با استفاده از شبیه‌سازی محاسبه شد. پس از انجام محاسبات مشخص شد که ضخامت ۴۰۰ نانومتری از لایه فعال بیشینه مقدار جذب نور را داراست. سپس برای لایه-های قبل از لایه فعال محاسبات برای تعین ضخامتی که بیشینه عبور نور را داشته باشد انجام شد. مقادیر این ضخامت‌ها در جدول ۱ موجود می‌باشد. سپس توان جذب شده در داخل سلول محاسبه شده و با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌شود که در ناحیه حدودا ۲۰۰ و ۳۵۰ نانومتری داخل لایه فعال میزان توان جذبی بسیار کاهش یافته است. شبیه‌سازی در بازه طول موجی ۳۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر با استفاده از نانوذرات کروی انجام شد.

جدول ۱: نام و ضخامت لایه‌های استفاده شده در شبیه‌سازی

لایه	ضخامت (نانومتر)
شیشه	۱/۰۰۰
اکسید رسانای شفاف	۳۳۰
دی‌اکسید تیتانیوم	۱۰۰
لایه پروسکایت (فعال)	۴۰۰
اسپایروامتد	۱۸۰
طلا	۱۰۰



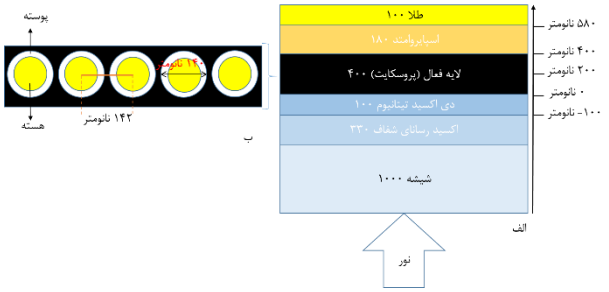
شکل ۱: نمودار توان جذب شده در ساختار سلول خورشیدی بر حسب فاصله از ابتدای ساختار بدون حضور نانوذرات پلاسمونیکی

شبیه‌سازی

ساختار مورد استفاده در شبیه‌سازی در شکل ۲ آمده است. شکل ۲-الف نشان دهنده ساختار شبیه‌سازی شده و شکل ۲-ب چگونگی قرار گیری نانوذرات در ساختار را نشان می‌دهد.

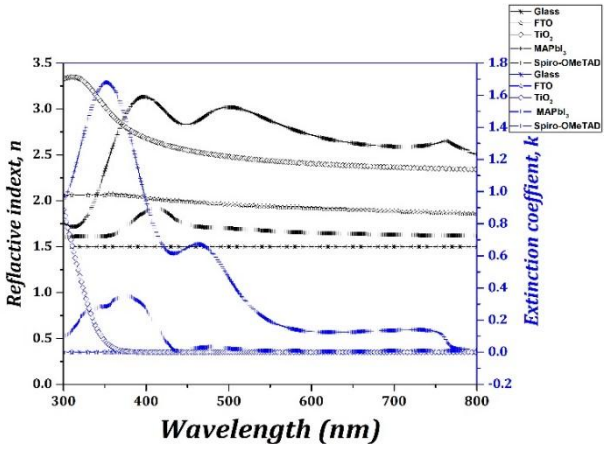
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]



شکل ۲: الف) ساختار سلول خورشیدی شبیه‌سازی شده ب) نحوه قرار گیری ساختارهای هسته-پوسته در لایه فعال سلول خورشیدی

برای شبیه‌سازی سلول خورشیدی مقادیر حقیقی و موهومی ضریب شکست مورد استفاده قرار گرفتند. این مقادیر از منابع [۳]–[۶] به دست آمدند. شکل ۳ مقادیر حقیقی و موهومی ضریب شکست را برای لایه‌های مختلف سلول خورشیدی را نشان می‌دهد. مقدار موهومی ضریب شکست شیشه در بازه شبیه‌سازی تقریبا صفر است که نشان دهنده عدم جذب نور در بازه شبیه‌سازی است. مقدار موهمی ضریب شکست برای لایه پروسکایت در طول‌موج‌های بالاتر از ۷۵۰ نانومتر به سرعت صفر می‌شود که نشان دهنده جذب بسیار کم در این ناحیه طول موجی است.

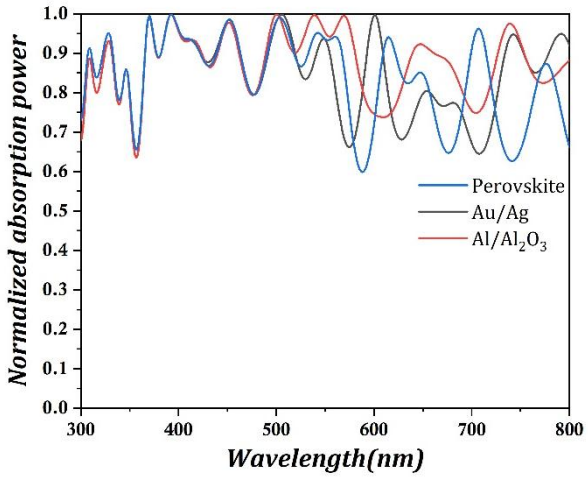


شکل ۳: نمودار مقادیر حقیقی و موهومی ضریب شکست لایه‌های استفاده شده در ساختار سلول خورشیدی شبیه‌سازی شده

در ابتدا مقادیر بهینه هر لایه با توجه به میزا ن بیشینه عبور و بیشینه جذب محاسبه شد که مقادیر آن‌ها در جدول ۱ موجود است. پس از اجرای شبیه‌سازی با توجه به نمودار توان جذب شده در سلول خورشیدی (شکل ۱) دو موقعیت مشاهده شد که در آن توان جذب شده کمینه است. با توجه به هندسه به کار رفته در ساختار هسته-پوسته موقعیت ۲۰۰ نانومتر برای ادامه کار در نظر گرفته شد. برای شبیه-سازی مطابق شکل ۲-ب یک آرایه منظم از ساختارها ایجاد شد و سپس شبیه‌سازی انجام شد.

نتایج

پس از انجام شبیه‌سازی، توان جذب شده برحسب طول موج (شکل ۴)، تولید جفت الکترون-حفره (شکل ۵) و در نهایت چگالی جریان مدار کوتاه (شکل ۶) برای حالت‌های قبل و بعد از قرار دادن ساختارهای هسته-پوسته با هم مقایسه شدند.



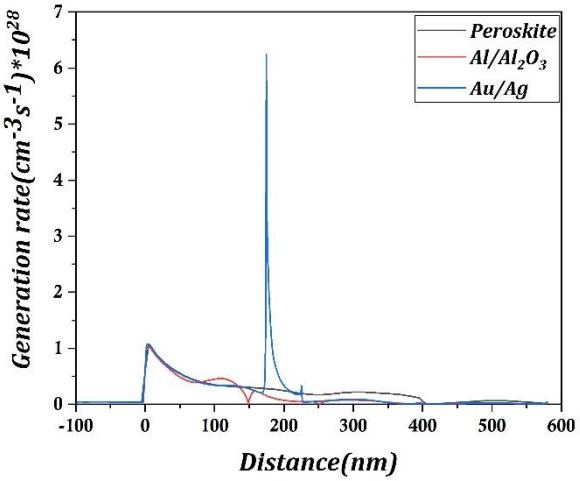
شکل ۴: نمودار توان جذبی در ساختار سلول خورشیدی شبیه-سازی شده بر حسب طول موج، آبی ساختار بدون حضور ساختار هسته-پوسته، مشکی سلول خورشیدی با ساختار هسته-پوسته طلا-نقره، قرمز سلول خورشیدی با ساختار هسته-پوسته آلومینیوم-آلومینا

با قرار دادن ساختارهای هسته-پوسته در ساختار سلول خورشیدی میزان جذب نور در طول موج‌های بالاتر از ۵۰۰ نانومتر افزایش یافته است. این افزایش برای ساختار هسته-پوسته آلومینیوم-آلومینا بیشتر از ساختار هسته-پوسته طلا-نقره و ساختار هسته-پوسته طلا-نقره بیشتر از سلول خورشیدی بدون ساختار هسته-پوسته است. این نمودار نشان دهنده میزان اتلاف نوری کمتر در ساختار هسته-پوسته آلومینیوم-آلومینا نسبت به ساختار هسته-پوسته طلا-نقره است.

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

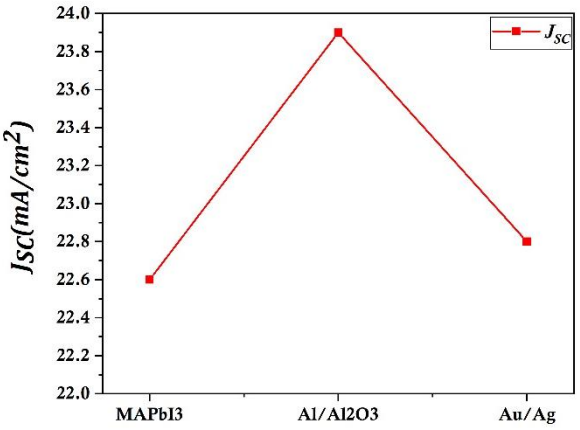
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]

شکل ۵ میزان تولید جفت الکترون-حفره در سلول خورشیدی را نمایش می‌دهد. شکل ۵ نشان دهنده افزایش میزان تولید جفت الکترون-حفره در سلول خورشید با اضافه کردن ساختارهای هسته-پوسته است. با استفاده از نرم افزار اوریجین مساحت زیر نمودار ها محاسبه شد. با توجه به مساحت زیر نمودار افزایش مقدار تولید جفت الکترون-حفره برای ساختار هسته-پوسته آلومینیوم-آلومینا بیشتر از ساختار هسته-پوسته طلا-نقره است.



شکل ۳: نمودار تولید جفت الکترون-حفره در ساختار سلول خورشیدی شبیه‌سازی شده بر حسب فاصله، آبی ساختار بدون حضور ساختار هسته-پوسته، مشکی سلول خورشیدی با ساختار هسته-پوسته طلا-نقره، قرمز سلول خورشیدی با ساختار هسته-پوسته آلومینیوم-آلومینا

در آخر چگالی جریان به دست آمده از سه ساختار معرفی شده محاسبه شد. نتایج محاسبات در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۶ مقدار چگالی جریان تولید شده در سلول خورشیدی با استفاده از ساختار هسته-پوسته آلومینیوم-آلومینا بیشتر از ساختار هسته-پوسته طلا-نقره است. با توجه به نتایج به دست آمده با استفاده از ساختارهای هسته-پوسته معرفی شده، میزان اتلاف نور در سلول خورشیدی کاهش یافته و میزان تولید جفت الکترون-حفره در سلول خورشیدی افزایش یافته است. با توجه به شکل‌های ۳، ۴ و ۵ این افزایش مقدار برای برای ساختار هسته-پوسته آلومینیوم-آلومینا بیشتر از ساختار هسته-پوسته طلا-نقره است و ساختار هسته-پوسته طلا-نقره بیشتر از سلول خورشیدی بدون ساختار هسته-پوسته است.



شکل ۴: نمودار چگالی جریان تولید شده در سلول خورشیدی شبیه‌سازی شده

مرجع‌ها

[۱] L. Yue, B. Yan, M. Attridge, and Z. Wang, “Light absorption in perovskite solar cell: Fundamentals and plasmonic enhancement of infrared band absorption,” *Sol. Energy*, vol. 124, pp. 143–152, 2016.

[۲] K. R. Catchpole and A. Polman, “Plasmonic solar cells,” vol. 16, no. 26, pp. 21793–21800, 2008.

[۳] “soda lime glass.” [Online]. Available: https://refractiveindex.info/?shelf=glass&book=soda-lime&page=Rubin-clear. [Accessed: 04-May-2018].

[۴] “Au.” [Online]. Available: https://refractiveindex.info/?shelf=main&book=Au&page=Johnson. [Accessed: 04-May-2018].

[۵] “TiO2.” [Online]. Available: https://refractiveindex.info/?shelf=main&book=TiO2&page=Siefke. [Accessed: 04-May-2018].

[۶] “MAPbI3.” [Online]. Available: https://refractiveindex.info/?shelf=other&book=CH3NH3PbI3&page=Phillips. [Accessed: 04-May-2018].

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]