همایش نانوفوتونیک ایران ۱۳۹۹- ۱ و ۲ آبان
Iranian Nano-Photonic Conference 2020
October 23 and 24

بهبود بازدهی سلول خورشیدی سیلیکونی به کمک لایه ضدبازتاب TiO_2 و نانوذرات نقره

آذین جعفری[۱]، علیرضا رنجکش[۱،*]، زهره گلشن بافقی[۲]، نگین معنوی‌زاده[۲]

[۱] آزمایشگاه خواص الکترونیکی مواد، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، تهران، ایران
[۲] آزمایشگاه ادوات نانوساختار الکترونیکی، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، تهران، ایران

چکیده: بهبود بازدهی و کاهش هزینه تمام شده در سلول‌های خورشیدی سیلیکونی، کارایی آن‌ها را به عنوان سلول‌های تجاری به شدت افزایش داده است. استفاده از لایه ضدبازتاب و همچنین پوشش نانوذرات فلزی پلاسمونی از متداول‌ترین روش‌های بهبود بازدهی و کاهش هزینه‌ها در سلول‌های لایه نازک سیلیکونی است. در این مقاله با استفاده از نرم افزار شبیه ساز Silvaco به کمک لایه ضدبازتاب TiO_2 و همچنین نانوذرات پلاسمونی نقره، بازدهی سلول لایه نازک سیلیکونی به ترتیب از ۱۰/۴۲ در سلول خورشیدی بدون لایه بازتاب و نانوذره، تا ۱۸/۷۵ درصد در سلول همراه با لایه ضدبازتاب و در نهایت تا ۲۵/۳۶ درصد در سلول همراه با لایه ضدبازتاب و نانوذرات نقره افزایش یافته است. از این ساختارها می‌توان برای تجاری‌سازی سلول‌های سیلیکونی با بازدهی مناسب استفاده کرد.

کلید واژگان: سلول خورشیدی سیلیکونی لایه نازک؛ لایه ضدبازتاب TiO_2؛ نانوذرات نقره؛ افزایش بازدهی؛

Efficiency improvement of the Si solar cell with TiO_2 as anti-reflective coating and Ag nanoparticles

Azin Jafari[1], Alireza Ranjkesh[1], Zohreh Golshan Bafghi[2], Negin manavizadeh[2]
1 Electronic Materials Laboratory, Electrical Engineering Department, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran
2 Nanostructures Lab, Electrical Engineering Department, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran

Abstract: Efficiency improvement and subtraction the final cost of Silicon solar cells has greatly increased their use as commercial cells. Anti-reflective coating (ARC) as well as plasmonic metal nanoparticles are as the most common ways to improve the efficiency and reduce the costs. In this paper, simulation with Silvaco, with TiO_2 as ARC and Ag as NPs, the efficiency of the solar cell has improved from 10.42 % in bare solar cell, 18.75 % in cells with ARC, to 25.36 % in cells with ARC and Ag nanoparticles. These structures can be used to commercialize efficient silicon solar cells.

Keywords: Thin Film Silicon Solar Cell; TiO_2 as ARC; Ag Nanoparticles; Efficiency improvement;

* alireza.rnj72@gmail.com

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-03]

۱- مقدمه

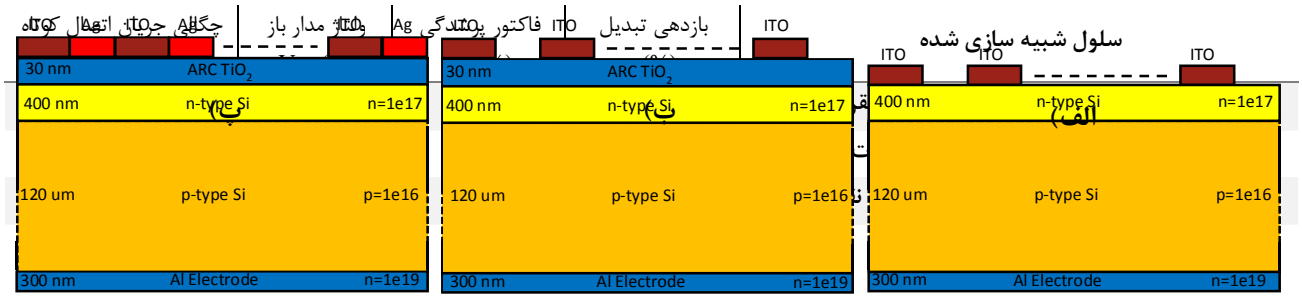
سلول‌های خورشیدی سیلیکونی از دیرباز به عنوان متداول‌ترین نوع سلول‌ها مورد مطالعه و تجاری‌سازی قرار گرفته‌اند. روش‌های متعددی برای بهبود بازدهی و کاهش هزینه تمام شده این نوع سلول‌ها بررسی و عملیاتی شده است. استفاده از سیلیکون لایه نازک بس‌بلور به جای سیلیکون بدنه آمورف، علاوه بر بازدهی بالاتر، هزینه تمام شده کمتری را حاصل می‌شود. نقطه ضعف سلول‌های لایه نازک، تلفات بازتاب نور است که با قرارگیری لایه‌های ضدبازتاب تا حدودی می‌توان بر این مشکل غلبه کرد. لایه‌های ضدبازتاب مختلفی نظیر Si_3N_4، SiO_2، TiO_2 و ... وجود دارند[۱،۲] که در این مطالعه به دلیل مزیت خواص الکتریکی (مقاومت الکتریکی بالای 10^{14} Ωcm و خنثی‌سازی مناسب سطح) و نوری (ضریب بازتاب ۲/۵ و گذردهی بالای نور)، از اکسید تیتانیوم به عنوان ضدبازتاب بهره گرفته شده است[۳].

از دیگر روش‌های افزایش بازدهی سلول‌های خورشیدی لایه نازک، استفاده از نانوذرات فلزات نجیب به صورت پلاسمونیک است. در این روش با قرارگیری نانوذرات، در واقع محل‌های به دام انداختن نور در سطح سلول و بالطبع بازدهی سلول افزایش می‌یابد. در واقع اگر آرایه‌ای از نانوذرات برروی سطح سلول قرارگیرند، ویژگی پراکندگی این نانوذرات باعث افزایش میزان نور ورودی به اتصال p-n زیرین می‌گردد که نتیجه آن افزایش بازدهی سلول خورشیدی خواهد بود. نانوذرات مختلفی نظیر طلا و نقره برای ساخت و شبیه‌سازی سلول‌ها استفاده می‌شوند که در این شبیه‌سازی از نانوذرات نقره بهره گرفته شده است. در واقع هدف از انجام این پژوهش شبیه‌سازی ساختارهای متداول سلول‌های خورشیدی لایه نازک و افزایش بازدهی آن‌ها به کمک لایه‌های ضدبازتاب و نانوذرات پلاسمونی نقره می‌باشد.

۲- ساختار سلول خورشیدی

همانگونه که در ادبیات پشتوانه برای ساخت سلول‌های خورشیدی با لایه‌های ضدبازتاب و نانوذرات پلاسمونی آمده است [۳]، برای مقایسه تاثیر لایه ضدبازتاب TiO_2 و نانوذرات نقره بر سلول پیشنهادی، ابتدا مطابق شکل -۱، سه حالت مختلف سلول خورشیدی، اولی سلول بدون لایه ضدبازتاب و نانوذرات، دومی سلول با لایه ضدبازتاب و بدون نانوذرات و حالت سوم سلول همراه با لایه ضدبازتاب و نانوذرات در نرم‌افزار Silvaco ساخته شده است. برای برقراری اتصالات الکتریکی، در زیر سلول لایه Al و برای الکترود بالایی، از هادی شفاف ITO بهره گرفته شده است. به منظور قرارگیری نانوذرات در سطح سلول، لایه ITO سطح کامل سلول را نپوشانده و به صورت مربع‌هایی به ضخامت 100 nm برروی سطح سلول قرار گرفته است. برای هرکدام از ساختارها تحت شرایط 1-sun و AM1.5، جریان اتصال کوتاه، ولتاژ مدار باز، فاکتور پرشدگی و بازده تبدیل سلول محاسبه و در جدول-۱ و منحنی مشخصه جریان ولتاژ سلول‌ها در نمودار شکل-۲ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصه های الکتریکی سلول‌های مختلف بررسی شده



شکل -۱- ساختار سلول خورشیدی پیشنهادی برای شبیه‌سازی. الف) سلول ساده، ب) سلول همراه با لایه ضدبازتاب، پ) سلول همراه با لایه ضدبازتاب و نانوذرات نقره.

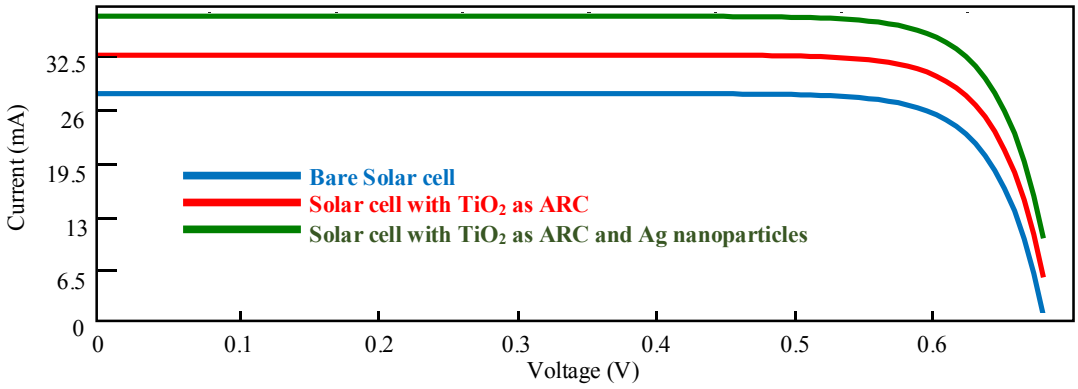
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-03]

همانگونه که در جدول-۱ آمده است، با قرار گیری TiO_2 به عنوان لایه بازتاب در ساختار سلول خورشیدی، به دلیل کاهش شدید تلقات بازتاب در ساختار سلول، بازدهی تبدیل از ۱۰/۴۲ درصد به ۱۸/۷۵ درصد افزایش پیدا کرده است. از طرفی لایه TiO_2 به دلیل مقاومت الکتریکی بالایی که دارد، ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه سلول نیز به مراتب بالاتر از حالت بدون لایه ضدبازتاب و با لایه ضدبازتاب ولی با مقاومت الکتریکی کمتر است. همین روند برای سلول خورشیدی با و بدون نانودرات نقره نیز اعمال شده است. با قرارگیری نانوذرات نقره، همانگونه که بیان شد، میزان تاثیرگذاری نور ورودی بر اتصال p-n موجود در سلول خورشیدی افزایش می‌یابد که در اینجا باعث افزایش بازدهی سلول از ۱۸/۷۵ درصد به ۲۵/۳۶ درصد شده است. ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه ساختار نیز افزایش محسوسی پیدا کرده است. با توجه به هزینه تمام شده سلول پیشنهادی، این ساختار و ساختارهای مشابه را می‌توان برای سلول‌های خورشیدی تجاری نیز استفاده نمود.

۳- نتیجه‌گیری

سلول خورشیدی لایه نازک Si با استفاده از نرم‌افزار Silvaco شبیه سازی و به کمک لایه ضدبازتاب TiO_2 و نانوذرات پلاسمونی نقره بهبود پیدا کرده است. بازده سلول به ترتیب از ۱۰/۴۲ درصد در سلول خورشیدی بدون لایه بازتاب و نانوذره، تا ۱۸/۷۵ درصد در سلول همراه با لایه ضدبازتاب و در نهایت تا ۲۵/۳۶ درصد در سلول همراه با لایه ضدبازتاب و نانوذرات افزایش یافته است.



شکل - ۲ - منحنی مشخصه جریان ولتاژ سلول‌های پیشنهادی

مراجع

1. T. Sertel, *et al*. **Journal of Alloys and Compounds** 806,2019.
2.Y. Nevenchannyy, *et al.* **Journal of Physics: Conference Series**. 1410(1), 2019.
3. Jain, Surbhi, *et al.* **Plasmonics**, 11(1),2020.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-03]