اثر لایه‌ی سدکننده‌ی اکسید روی بر بازده سلول‌های خورشیدی رنگدانه‌ای بر پایه دی‌اکسید تیتانیوم آلاییده با کروم

مهناز سقاء، مرتضی عاصمی، مجید قناعت‌شعار

آزمایشگاه نانومغناطیس و نیمرساناهای مغناطیسی، پژوهشکده لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی، اوین، تهران

گروه پژوهشی سلول‌های خورشیدی، دانشگاه شهید بهشتی، اوین، تهران

چکیده

*در این پژوهش، اثر لایه سد **بر بازده سلول خورشیدی رنگدانه‌ای مورد آزمایش** قرار گرفته است. همان‌طور که می‌دانیم یکی از عوامل مهم در کاهش بازده، بازترکیب الکترولیت با الکترونهایی است که خود را به شیشه رسانای شفاف رسانده‌اند. لایه سد موجب می‌شود که این بازترکیب به حداقل برسد و در نتیجه بازدهی سلول خورشیدی بالا برود. در این مقاله، محلول اکسید روی به روش سل- ژل و با دو غلظت ۰/۷۵ و ۰/۲۵ مولار ساخته شده و برای لایه‌نشانی از لایه‌نشانی چرخشی استفاده شده است. تعداد لایه‌های لایه‌نشانی شده برای غلظت ۰/۷۵ مولار ۲،۱ و۳ لایه و برای غلظت ۰/۲۵ مولار ۱ لایه انتخاب شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، سلول ساخته شده با یک لایه سدی با غلظت ۰/۷۵ مولار بیشترین جریان اتصال کوتاه ($۸/۷۲ mA/cm^2$) و بیشترین بازده یعنی ۲/۱۷٪ را دارا بود. لایه با ضخامت کمتر که با یک مرحله لایه‌نشانی از محلول با غلظت ۰/۲۵ مولار ساخته شد بازده پایین‌تری را در پی داشت که اهمیت ضخامت لایه سدی را در کنترل بازترکیب حاملها نشان می‌دهد.*

The effect of ZnO block layer on efficiency of dye-sensitized solar cells based on Cr-doped TiO_2

Mahnaz Saqqa, Morteza Asemi, Majid Ghanaatshoar

Laser and Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, G.C., Evin, 1983969411, Tehran, Iran

Solar Cells Research Group, Shahid Beheshti University, G.C., Evin, 1983969411, Tehran, Iran

Abstract

In this research, the influence of block layer on efficiency of dye-sensitized solar cells was studied. It is known that the electron recombination between the electrons of FTO and electrolyte is one of the most important factors in decreasing the efficiency. The block layer can minimize the recombination and increases solar cell efficiency. In this article, ZnO solution was made by sol- gel method with two concentrations 0.75 and 0.25 M and deposited using spin coating method. The numbers of deposition layers are 1, 2 and 3 layers for 0.75 M solution and 1 layer for 0.25 M solution. According to the results, the cell with one layer block made from 0.75 M solution has maximum J_{sc} (8.72 mA/cm^2) and maximum efficiency of 2.17%. The single block layer made from 0.25 M solution has led to a lower efficiency which verifies the role of block layer thickness in management the electron recombination.

PACS No. 70.00, 72.40

مقدمه

در سال‌های اخیر، سلول‌های خورشیدی رنگدانه‌ای به دلیل هزینه تولید کم، ساخت آسان و بازده بالا بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند [۱]. با توجه به اینکه لایه نانوذرات دارای تخلخل است، الکترولیت می‌تواند از طریق همین فضاهای متخلخل خود را به سطح FTO برساند و با الکترونهایی که خود را به FTO رسانده‌اند بازترکیب انجام دهد. بنابراین برای کاهش سطح تماس بین زیرلایه رسانا و الکترولیت اکسنده-کاهنده، چندین ماده از جمله TiO_2، ZnO، Nb_2O_5 و $CaCO_3$ به عنوان لایه فشرده یا لایه مسدود کننده به‌کار برده شده‌اند [۲]. همچنین لایه‌ی فشرده بین زیرلایه رسانا و لایه متخلخل می‌تواند چسبندگی لایه متخلخل به FTO را افزایش دهد و نیز با افزایش تعداد مسیرهای الکترونی، انتقال الکترونها را بهبود دهد. در نتیجه جریان اتصال کوتاه سلول و به دنبال آن بازدهی سلول خورشیدی را بهبود خواهد داد.

از میان لایه‌های سد، ZnO به دلیل پایداری در برابر فرسودگی در مقابل نور و پایداری شیمیایی یکی از مواد نیمرسانای امیدبخش در زمینه تبدیل انرژی خورشیدی است. محققان زیادی ZnO را به عنوان لایه سدی به منظور کاهش بازترکیب الکترونهای موجود در مرز بین الکترود با الکترولیت به خدمت گرفته‌اند و از این خصوصیت که تراز پایه نوار رسانش‌اش منفی‌تر از TiO_2 است بهره برده‌اند [۲].

در این پژوهش به ساخت و مشخصه‌یابی سلول‌های ساخته شده با نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم آلاییده با کروم می‌پردازیم. استفاده از ناخالصی کروم موجب کوچک شدن گاف انرژی و در نتیجه افزایش جذب نور مرئی توسط سلول می‌شود [۳]. در این سلول‌ها به منظور کاهش بازترکیب الکترون از لایه سد کننده ZnO با دو غلظت متفاوت ۰/۲۵ مولار یک لایه و ۰/۷۵ مولار در تعداد ۱، ۲ و ۳ لایه استفاده و تأثیر آن بر بازده سلول بررسی شده است. برای اطمینان از عملکرد درست لایه سدی، سلولی با لایه سد کننده ۱ لایه‌ای از محلول با غلظت ۰/۲۵ مولار نیز ساخته شد تا اثر ضخامت بخوبی بررسی شود.

روش انجام آزمایش

در این پژوهش، به منظور ساخت محلول ZnO، با استفاده از روش سل- ژل ابتدا روی استات $Zn(O_2CCH_3)_2$ را با درصد مولی مورد نظر به محلول اتیلن‌گلیکول $(CH_2OH)_2$ در دمای ۶۰ درجه اضافه و برای پایداری محلول از اتانول‌آمین C_2H_7NO استفاده کردیم. نسبت مولی اتانول‌آمین به روی‌استات باید ۱:۱ باشد [٤]. برای لایه-نشانی از روش لایه‌نشانی چرخشی با تعداد ۲۵۰۰ دور در دقیقه و مدت زمان ۳۰ ثانیه استفاده کرده‌ایم. تعداد لایه‌های لایه‌نشانی شده به ترتیب ۱، ۲ و ۳ لایه برای محلول ۰/۷۵ مولار و ۱ لایه برای ۰/۲۵ مولار انتخاب شده است. در ادامه، لایه‌های نازک تهیه شده، تحت عملیات خشک‌سازی در کوره هوا قرار گرفتند. این اقدام جهت خارج شدن حلال و ترکیبات آلی صورت می‌گیرد. دمای خشک‌سازی برای نمونه‌ها ۵۰۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شد.

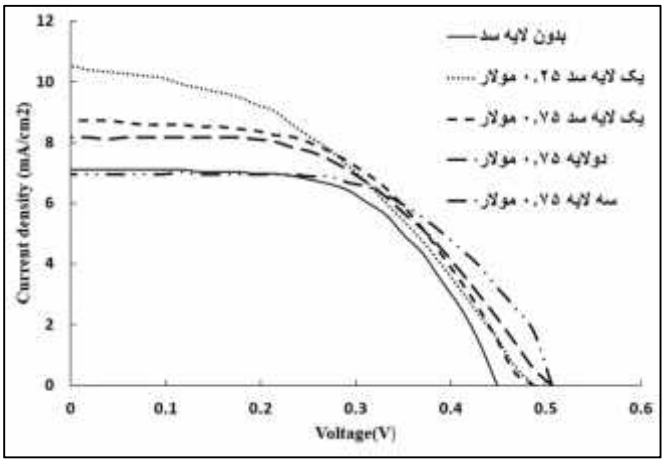
نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید آلاییده به کروم با استفاده از روش سل- ژل ساخته شد و لایه‌ی خمیر با روش دکتر بلید بر روی فوتوآند لایه‌نشانی شد. پس از آنکه مراحل به انجام رسید، مشخصه‌یابی آنها انجام شد. مهمترین آزمونی که بر روی یک سلول می‌توان انجام داد، بدست آوردن نمودار I-V آن یعنی تغییرات جریان بر حسب ولتاژ است .

بحث و نتایج

برای مقایسه سلول‌های ساخته شده با لایه‌ی سدی، سلول‌ها را با استفاده از الکترود پلاتین و الکترولیت بستیم. در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده از نمودار جریان برحسب ولتاژ این سلول‌ها،

جدول ۱: مشخصات الکتریکی سلول‌های ساخته شده با لایه سد کننده

غلظت (مولار)	تعداد لایه	J_{sc} (mA/cm^{-2})	V_{oc}(V)	FF	η(%)
۰	۰	۷/۱۰	۰/٤٤۹	۰/۵۸	۱/۸۷
۰/۲۵	۱	۱۰/۵٤	۰/٤۸۸	۰/٤۱	۲/۱۲
۰/۷۵	۱	۸/۷۲	۰/٤۸۸	۰/۵۰	۲/۱۷
۰/۷۵	۲	۸/۱۷	۰/۵۰۷	۰/۵۱	۲/۰۸
۰/۷۵	۳	٦/۹٦	۰/۵۰۷	۰/۵۷	۲/۰۸



شکل ۱: منحنی چگالی جریان بر حسب ولتاژ سلول لایه‌نشانی با لایه سد

سلول ساخته شده با یک لایه سدی و با غلظت ۰/۷۵ مولار بیشترین جریان و در نتیجه بیشترین بازده را داشت. این نتیجه به آن دلیل اتفاق افتاده است که ZnO دارای نوار رسانش بالاتری (منفی‌تری) نسبت به TiO_2:Cr است، در نتیجه به عنوان سد پتانسیلی جلوی بازترکیب حاملهای بار در مرز الکترولیت با الکترون‌های FTO را می‌گیرد. اما از سوی دیگر این افزایش ضخامت و سد پتانسیل جلوی ورود الکترون از TiO_2 به FTO را گرفته و جریان اتصال کوتاه کاهش می‌یابد. بنابراین کنترل و بهینه‌سازی این ضخامت امری مهم است. اگر ضخامت از یک مقدار بهینه بیشتر شود بازده سلول پایین می‌آید [٤].

مشخصات الکتریکی و منحنی مشخصه سلول خورشیدی رنگدانه‌ای ساخته شده با این شرایط در جدول ۱ و شکل ۱ آورده شده است. با توجه به جدول می‌توان ملاحظه کرد که برای ۱ لایه سدی با غلظت ۰/۷۵ مولار و با بازده ٪۲/۱۷ بیشترین بازده را شاهد هستیم. برای اطمینان از اینکه لایه‌ای با ضخامت کمتر از یک لایه ۰/۷۵ مولاری بازده بالاتری نداشته باشد، سلولی با لایه سدکننده ۱ لایه با غلظت ۰/۲۵ مولارساخته شد. با توجه به نتایج با کاهش ضخامت لایه سدی، بازده سلول کاهش می‌یابد. با توجه به جدول با افزایش تعداد لایه سد، چگالی جریان اتصال کوتاه به شدت کاهش می‌یابد. این کاهش جریان به دلیل آن است که با افزایش تعداد لایه‌های سد لایه‌نشانی شده، ضخامت آن افزایش یافته و از تزریق الکترون از نوار رسانش TiO_2:Cr به FTO جلوگیری می‌کند [۵].

نتیجه‌گیری

در این مقاله، به ساخت و مشخصه‌یابی سلول‌های خورشیدی رنگدانه‌ای بر پایه نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم آلاییده با کروم پرداختیم با این تفاوت که در ساختار سلول از لایه سد کننده ZnO برای جلوگیری از بازترکیب استفاده شده است. لایه‌ها در دو غلظت ۰/۲۵ و ۰/۷۵ مولار و در تعداد لایه‌های متفاوت لایه‌نشانی شدند. نتایج حاکی از آ ن است که ZnO با ضخامت مناسب بخوبی توانایی ممانعت از بازترکیب حاملها در مرز FTO و فوتوآند را دارد و ماده مناسبی برای افزایش بازدهی سلولهای مبتنی بر TiO_2:Cr است.

منابع

[1] A. M. Bakhshayesh, S. S. Azadfar, N. Bakhshayesh, "Multi-layered architecture of electrodes containing uniform TiO_2 aggregates layers for

improving the light scattering efficiency of dye-sensitized solar cells", J. Mater. Sci.: Mater. Electron. **26** (2015) 9808-9812.

[2] L. C. Chen, C. C. Chen, B. S. Tseng, "Improvement of short-circuit current density in dye-sensitized solar cells using sputtered nanocolumnar TiO_2 compact layer", J. Nanomaterials, **2010** (2010) 374-378.

[3] A. Fujishima, X. Zhang, D. A. Tryk, "TiO_2 photocatalysis and related surface phenomena", appl. Surf. Sci., 63 **(2008)** 515-582.

[4] Y. Liu, X. Sun, Q. Tai, H. Hu, B. Chen, N. Huang, B. Sebo, X. Zhao, "Efficiency enhancement in dye-sensitized solar cells by interfacial modification of conducting glass/mesoporous TiO_2 using a novel ZnO compact blocking film", J. Power source, **196** (2011) 475-481.

[5] M. Asemi, M. Ghanaatshoar, "The influence of magnesium oxide interfacial layer on photovoltaic properties of dye-sensitized solar cells", Appl. Phys. A, **122** (2016) 842-848.