Archive of SID

مقایسه اثر رنگدانه های طبیعی با رنگدانه صنعتی N719

عاقلی فر ، مهرنوش [۱] ؛ کیمیاگر، سلیمه[۲]

[۱] گروه فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران

[۲] آزمایشگاه تحقیقاتی نانو، گروه فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران

چکیده

دراین پژوهش سلول خورشیدی با کاتد پلاتین و آند TiO_2 و الکترولیت یدید ساخته شد. در این سلول ها از سه رنگدانه N719 ، کورکومین و بتانین استفاده شد. نتایج طیف جذب نور مرئی – فرابنفش (UV-VIS) نشان داد که در ناحیه طول موج های مرئی جذب افزایش یافته که در سلول خورشیدی مهم است. محاسبه بازده سلول با استفاده از منحنی I-V ، مقدار ۰/۹ برای کورکومین-بتانین و۱/۴۲ برای N719 نتیجه داد. بنابراین رنگدانه کورکومین-بتانین می تواند جایگزین مناسبی برای N719 باشد که با توجه به فراوانی و ارزانی آن اقتصادی است.

Comparing the effect of organic and industrial N719 dye

Aghelifar, Mehrnoush[1]; Kimiagar, Salimeh[2]

[1] *Department of Physics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
[2] *Nano Research Lab (NRL), Department of Physics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

Abstract

In this research, solar cell with platinum cathode, TiO_2 anode and iodide electrolyte was fabricated. In these cells three dye : N719, Curcumin and Betanin have been used. UV-VIS absorbed spectrum displayed absorption increasing at visible wavelength range which is important for solar cells. Consequently by calculating the cells yield using I-V curves, the values: 0.9 for Curcumin-Betanin and 1.42 for N719 dye resulted. Therefor the abundant and low cost Curcumin-Betanin pigment can be used as a suitable substitute for N719 dye.

PACS No.

مقدمه

نسل جدید سلول‌های خورشیدی که بر مبنای نانوساختارها طراحی و ساخته می‌شود، با هدف افزایش بازده سلول‌ها پایه‌گذاری شده‌اند. با این که در حال حاضر این سلول‌ها در بعضی از موارد بازده پایینی از خود نشان می‌دهند، اما این قابلیت را دارند که در آینده به شرایط مورد انتظار دست یابند و بتوانند جایگزین نمونه‌های فعلی شوند[۱].

سلول های خورشیدی رنگدانه ای[۱] (DSSC) یکی از مهم ترین سلول‌های نسل جدید هستند که از بسیاری جهات عملکردی متفاوت با دیگر سلول‌های خورشیدی دارند. رنگدانه با تزریق الکترون به TiO_2 باعث افزایش راندمان سلول می‌شود. تا کنون، از رنگدانه مصنوعی غیر آلی N719 با ساختار
(Ruthenium (II) complex with carboxylated polypyridyl Ligands)

[۱] Dye Synthesis Solar Cell

www.SID.ir

Archive of SID

به عنوان جاذب نور در DSSC استفاده شده است. بیشترین بازدهی که از این رنگدانه به دست آمده حدود ۸ درصد است[۲]. اما با توجه به سنتز گران قیمت و سخت این رنگدانه، بهتر است رنگدانه طبیعی جایگزین آن پیدا شود.

در این پژوهش از رنگدانه طبیعی میوه کاکتوس و زردچوبه (شکل ۱) استفاده شده و با رنگدانه N719 مقایسه شده است.

شکل۱: میوه کاکتوس و زردچوبه

سه نوع از این میوه خوراکی با نامهای: سان پدرو[۲]، هودیا[۳] و اوپنتیا[٤] شناسایی شده است. این میوه در مناطق کویری به راحتی یافت می‌شود که حاوی رنگدانه بتانین[٥] است. رنگدانه صنعتیN719 بر پایه روتانیوم[٦] است. در ادامه برای جذب طول موج‌های بیشتر به رنگدانه بتانین، رنگدانه کورکومین[۷] موجود در زردچوبه اضافه شد. ساختار مولکولی هر سه رنگدانه را در شکل۲ نشان داده شده است.

[۲] Sanpedro

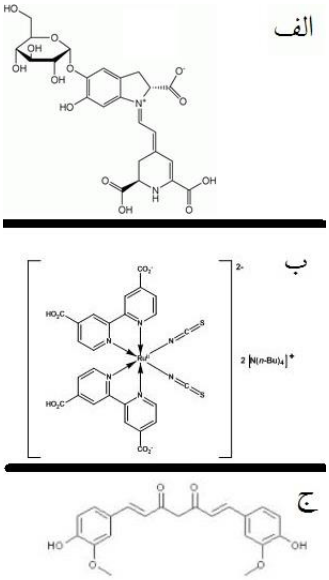
[۳] Hoodia

[٤] Opuntia

[٥] Betanin

[٦] Ruthenium

[۷] Curcumin



شکل۲: الف)رنگدانه بتانین. ب)رنگدانه N719 ج) رنگدانه کورکومین

روش تجربی

ساخت آند

برای لایه نشانی ابتدا از $TiCl_4$ خالص که ماده ای شفاف است، با غلظت ۲مولار استفاده کردیم. ماده بسیار فرار است و گاز سمی تولید می کند. ۱ میلی لیتر $TiCl_4$ داخل حمام یخ به آرامی به ۳۰ میلی لیتر اتانول اضافه شده و به طور پیوسته هم زده شد. سپس این محلول با غلظت ۰/٤ مولار تهیه شد و زیر لایه FTO در آن به مدت ۳۰دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. $TiCl_4$ در اثر حرارت واکنش داده و به TiO_2 و Cl_2 تبدیل می شود. به روش غوطه وری یک لایه ۲۰ نانومتری غیر متخلخل روی شیشه رسانای FTO لایه نشانی شد.

سپس از پودر نانو ذرات TiO_2 (Merck ؛ کد:۲۳٦-٦۷٥-٥) خمیری تهیه شد که قابلیت لایه نشانی متخلل بر روی سطح را ایجاد می کند. برای تهیه خمیر ابتدا ۳ گرم TiO_2، ۳ گرم پلی اتیلن گیلیکول (٦۰۰) ، ۲۰ گرم دی اکسید زیرکونیوم و ۰/۰۱ گرم گرافن در ۱۰ میلی لیتر اتانول در یک ظرف مخلوط شدند. این مواد به مدت ۳ ساعت در دمای ٤۰درجه سانتی‌گراد در ظرف دربسته بر روی شیکر همزده شد. پس از آن ۲۰ دقیقه داخل کوره

www.SID.ir

Archive of SID

در دمای ٦٠ درجه حرارت داده شد. سپس خمیر به روش دکتر بلید لایه نشانی شد. لایه در دمای ١٢٠ درجه سانتی گراد به مدت ١٥ دقیقه خشک شد. به منظور حذف پلیمر در ساختار خمیر TiO_2 ، لایه به آرامی به دمای ٥٠٠ درجه سانتی‌گراد رسیده و حدود ٣٠دقیقه در این دما باقی ماند.

ساخت کاتد

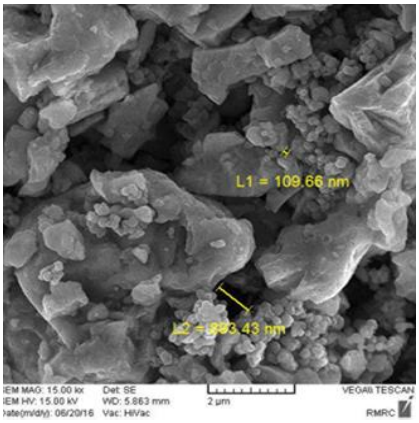
لایه ها پس از سوراخکاری و شستشو تا دمای ٥٠٠ درجه به مدت ١٥دقیقه به منظور تمیز کردن، حرارت داده شد. سپس از محلول H_2PtCl_6 با غلظت ٠/٥ مولار، یک قطره بر روی شیشه FTO ریختیم به طوری که کل سطح به محلول آغشته شود. در آخر لایه در کوره در دمای ٥٠٠ درجه سانتی‌گراد به مدت ٣٠ دقیقه جهت تثبیت پلاتین حرارت داده شد.

تهیه رنگدانه

رنگدانه صنعتی با نام تجاری N719 که حلال آن استونیتریل/ترت بوتانول می‌باشد، در حال حاضر بالاترین جاذب نور برای سلول‌های رنگدانه‌ای است. برای استفاده در سلول خورشیدی، رنگدانه با غلظت ٠/٣ میلی مولار تهیه شد. رنگدانه دوم میوه کاکتوس بود. ٣٠ گرم میوه کاکتوس را به خوبی شسته و در بشری حاوی ٢٠ میلی لیتر آب مقطر ٤٥ دقیقه حرارت دادیم. پس از آن محلول را از صافی رد کردیم. همین فرایند برای رنگدانه کورکومین- بتانین نیز انجام شد. آندها در رنگدانه ها به مدت٢٤ ساعت در دمای اتاق قرار گرفت. با استفاده از کاتد و آند ساخته شده، الکترولیت یدید و سه رنگدانه مذکور، چهار سلول خورشیدی ساخته شد. پس از تهیه سلول، آنالیزهای طیف جذب UV-Vis (مدل lambda 750 ساخت شرکت perkin-elmer) و I-V (مدلPROVA200A) انجام شد.

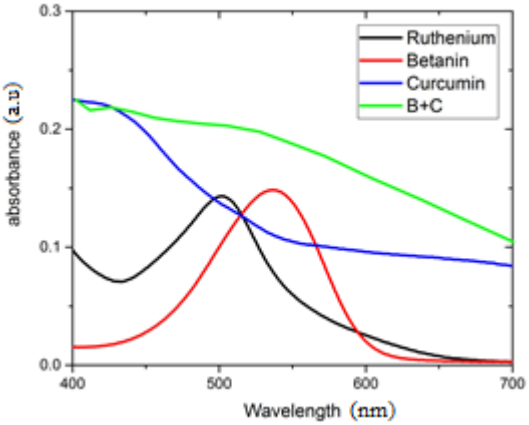
بحث

شکل ٣ تصویر SEM – (VEGA\\TESCAN-XMU) از لایه خمیر دی اکسید تیتانیوم پخت شده در دمای ٥٠٠ درجه سانتیگراد را نشان می دهد. در شکل ذرات ریز کروی ZrO_2 روی صفحات اکسید گرافن در بستردی اکسید تیتانیوم مشاهده می‌شوند[٤]. از آنجا که نمونه در دمای بالا قرار داده شده و پلیمر تبخیر شده است حفره هایی در سطح به جا مانده است که با قطر حدود ٨٩٣ نانومتر مشاهده می شود. این حفره ها فضای مناسبی برای نفوذ نقاط رنگدانه ایجاد می‌کند.



شکل٣: تصویر SEM از خمیر TiO_2

در شکل ٤ طیف جذب رنگدانه‌ها نشان داده شده است. واضح است که رنگدانه کورکومین در بازه طول موج های مرئی جذب دارد که با افزودن رنگدانه بتانین این جذب افزایش می یابد. این بازه از طول موج ها برای ساخت سلول خورشیدی مناسب هستند. نتایج محاسبات در (جدول ١) مشاهده می‌شود که نشان می دهد رنگدانه N719 در مقایسه با دیگر رنگدانه‌ها بیشترین گاف انرژی را دارد. از آنجا که گاف انرژی با اندازه ذرات رابطه عکس دارد پس اندازه دانه آن کوچکتر است[٥].



شکل٤: نمودار UV رنگدانه ها.

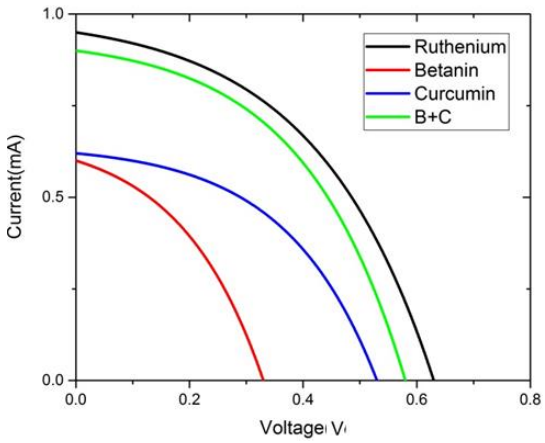
www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱:گاف انرژی رنگدانه‌ها برروی بستر خمیرTiO_2

ماده جاذب نور	نوع رنگدانه	پیک جذب (nm)	محدوده جذب (nm)	گاف انرژی eV
N719	Ruthenium	٤٩٠	٥٥٠–٤٠٠	٢,٥٩
کاکتوس	betanin	٥٥٠	٦٠٠–٤٠٠	٢,٢٦
زرد چوبه	Curcumin	٤٣٠	٧٠٠–٤٠٠	٢,٧٦
کاکتوس+ زردچوبه	+Betanin Curcumin	٥٤٠	٧٠٠–٤٠٠	٢,٣٧

بنابراین ذرات رنگدانه N719 در سطح متخلخل خمیر TiO_2 بیشتر نفوذ می کنند. همین امر باعث افزایش بازدهی سلول شده است (شکل۵). رنگدانه بتانین و کورکومین به تنهایی بازدهی قابل توجهی ندارد اما با اضافه نمودن رنگدانه کورکومین به بتانین نمودار ولتاژ بر حسب جریان سلول خورشیدی مربوط به آن، بسیار به رنگدانه N719 نزدیک می شود. همچنین بازده آن قابل ملاحظه است که نتیجه بسیار خوبی است.



شکل۵:نمودار I-V.

در (جدول ۲) محاسبات شکل ۵ و بازدهی سلول‌های ساخته شده، نوشته شده است. بر اساس محاسبات بازده رنگدانه کورکومین–بتانین مقدار ۰/۹ به دست آمد که در مقایسه با رنگدانه N719 که ۱/٤۲ است، نتیجه خوبی است.

جدول۲: محاسبات سلول های ساخته شده.

DYE	I_{Sc}(mA)	V_{Oc}(v)	I_{Max} (mA)	V_{Max}(v)	FF	Efficiency (%)
Betanin+ Curcumin	۰/۵۸	۰/۹	۰/۳۹	۰/٦٤	۰/٤٧	۰/۹۰
Ruthenium (N719)	۰/٦٥	۱/۰۸	۰/٤۹	۰/۸۰	۰/۵۵	۱/٤۲
betanin	۰/۳۳	۰/٦۰	۰/۲۰	۰/٤۰	۰/٤۰	۰/۲۹
Curcumin	۰/۵۳	۰/٦۲	۰/۳۷	۰/٤۳	۰/٤۸	۰/۵۷

نتیجه گیری

در این تحقیق اثر رنگدانه های N719 ، کورکومین و بتانین در سلول خورشیدی بررسی شد. آند و کاتد ساخته شد و با خمیر TiO_2 سنتز شده سلول خورشیدی ساخته شد. طیف جذب رنگدانه کورکومین- بتانین جذب خوبی در ناحیه مرئی نشان داد. همچنین بازده سلول مربوط به این رنگدانه (۰/۹) بسیار نزدیک به N719 (۱/٤۲) بود. بنابراین می تواند به عنوان جایگزینی برای N719 استفاده شود که با توجه به قیمت کم، تهیه آسان و فراوانی آن بسیار مقرون به صرفه است. همچنین به عنوان یک ماده طبیعی اثرات جانبی مواد شیمیایی را ندارد.

مرجع‌ها

[۱] Hee-Je Kim, Dong- Jo Kim, S.N. Karthick,, K.V. Hemalatha, C. Justin Raj, Sunseong ok, Youngson choe ,“Curcumin Dye Extracted from Curcuma longa L. Used as Sensitizers for Efficient Dye-Sensitized Solar Cells” , Journal of Electrochem , (2013).

[۲] Ananth S, Vivek P, Murugakoothan P. , “Natural dye extract of lawsonia inermis seed as photo sensitizer for titanium dioxide based dye sensitized solar cells. “, Journal of Molecular and Biomolecular Spectroscopy 2014.

[۳] Bhanushali AU, Parsola AA, Yadav S, Nalini RP, “Spinach and Beetrot Extracts as Sensitizers for ZnO Based DSSC “ ,International Journal of Engineering Sciences & Management Research 2015.

[۴] S. Wybraniec, “Chromatographic investigation on acyl migration in betacyanins and their decarboxylated derivatives”, Journal of Chromatogr. B 861 (2008) 40.

[۵] H. Arakawa, “Recent Advances in Research and Development for Dye-Sensitized Solar Cell” ,CMC of Japan, 2001.

www.SID.ir