

ساخت سل خورشیدی آلی بر پایه ترکیب ITIC:PCE10 و بررسی پایداری دمایی و نوری آن

شاهین قاسم زاده^{1,2*}، کلاوز میرهولتز³، دانیله فانتزی⁴، کوین شولر⁵

1 و * - کارشناسی ارشد، فوتوشیمی و مواد مولکولی، دانشکده شیمی، دانشگاه بولونیا

Shahin.ghasemzadeh@studio.unibo.it

2 - کارشناسی ارشد، فوتوشیمی و مواد مولکولی، دانشکده شیمی، دانشگاه کلن

Shahin.ghasemzadeh@smail.uni-koeln.de

3 - استاد تمام، شیمی، شیمی فیزیک، دانشکده شیمی، دانشگاه کلن

Klaus.meerholz@uni-koeln.de

4 - استادیار، شیمی، شیمی محاسباتی، دانشکده شیمی، دانشگاه بولونیا

Daniele.fazzi@unibo.it

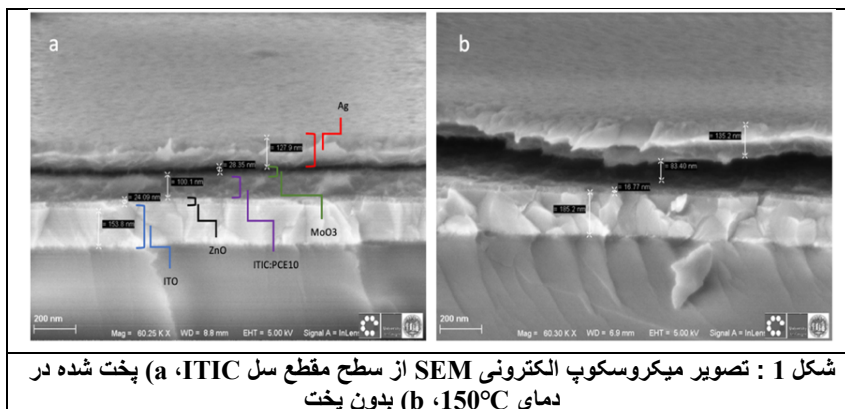
5 - دکتری، شیمی، شیمی فیزیک، دانشکده شیمی، دانشگاه کلن

Kevin.schuller@uni-koeln.de

واژگان کلیدی: سل خورشیدی آلی، انرژی تجدید پذیر، پذیرنده الکترونی غیر فولرنی، ITIC، PCE10

1- مقدمه

سل های خورشیدی آلی بر پایه دریافت کننده های الکترونی غیر فلورنی (NFA) در مقایسه با انواع فلورنی ویژگی های جالب توجهی از خود بروز میدهند. از جمله جذب نور بسیار بالا، و پایداری نوری قابل توجه. در میان NFA ها، نوع A-D-A (دریافت کننده - اهدا کننده - دریافت کننده) ظرفیت قابل ملاحظه ای برای افزایش بازده سل های خورشیدی از خود نشان داده است. از این بین ITIC و مولکول های مشتق شده از آن در رده محبوب ترین NFA ها قرار دارند (Du et al., 2019). مواد NFA اگرچه کاندید جالب توجهی برای سل های آلی به شمار می آیند، ولی کاستی های قابل توجهی نیز دارند. برای نمونه، آن ها تحت تابش مستقیم نور، بسته به اتمسفر محل، به شدت تخریب میشوند. در شرایط محیطی نرمال، بیشترین تخریب این مواد به دلیل تخریب پلیمر اهدا کننده الکترون و یا اکسیداسیون نوری NFA ها میباشد. به علاوه، گرما نیز باعث تغییرات ساختاری و در نتیجه کاهش بازده سل های آلی میشود که علت آن را میتوان عوامل ترمودینامیکی باعث جدایی فاز های پلیمر و NFA موجود در لایه فعال دانست (Clarke et al., 2021).



شکل 1: تصویر میکروسکوپ الکترونی SEM از سطح مقطع سل ITIC، (a) پخت شده در دمای 150°C، (b) بدون پخت

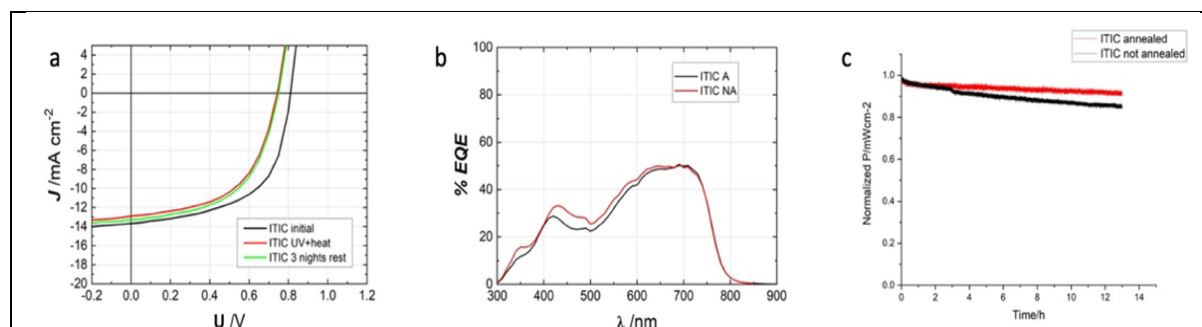
2- روش کار

تمام سل های ساخته شده در این پژوهش، با ساختار معکوس (inverted) و با ترتیب زیر ساخته شده اند:
ITO/ZnO/ITIC:PCE10/MoO₃/Ag
شیشه پوشش داده شده با ایندیوم قلع اکسید (ITO)، ITIC و PCE10 به صورت تجاری تهیه شدند. نانو ذرات روی اکسید (ZnO) طی فرایند سل-ژل با استفاده از روی استات دی هیدرات و اتانول آمین به عنوان حلال سنتز

شدند. ITIC و PCE10 (به ترتیب به عنوان پذیرنده غیر فلورنی الکترون و پلیمر اهدا کننده الکترون) در حلال کلروبنزن با نسبت 1:1 به مدت 1 شبانه روز مخلوط شده و با سرعت 2000 rpm بر روی لایه ZnO اسپین کوت شدند. لایه های اکسید مولیبدن (MoO_3) و نقره (Ag) نیز با استفاده از روش بخار گرمایی (Thermal Evaporation) به ترتیب با ضخامت های 10 و 150 نانومتر لایه نشانی شدند. در نهایت تست های نوری و الکتروشیمیایی با دستگاه های مربوطه انجام شد. شایان ذکر است تمامی مراحل انجام شده در اتمسفر نیتروژن انجام گرفته است.

3- بحث و نتیجه گیری

بیشترین بازده بدست آمده در این پژوهش مقدار 7.22% با پتانسیل مدار باز 0.81 V و جریان اتصال کوتاه 14.08 mA/cm^2 بود. نتایج پایداری سل ها نشان داد که گرما و پرتو UV همزمان، میتواند تا 2.3% بازده سل را کاهش دهد (جدول 1، شکل 2a). بعلاوه، از دیدگاه پایداری گرمایی، نتایج تست EQE به وضوح بیانگر تاثیر منفی فرایند پخت بر روی راندمان سل ها میباشد (شکل 2b).



شکل 2: (a) نمودار JV سل ITIC در حالت اولیه، تخریب، و پس از تخریب توسط گرمای 150°C و پرتو UV، (b) منحنی بازده کوانتومی (External Quantum Efficiency) سل های ITIC پخت شده در 150°C و نشده، (c) منحنی بیشینه توان (Maximum Power Point) سل های ITIC پخت شده در 150°C و نشده در طول 13 ساعت تابش نور 1 واحد خورشید.

در نهایت، با در نظر گرفتن بیشینه توان (MPP) میتوان نتیجه گرفت در شرایط آزمایشی 13 ساعته در پتانسیل بیشینه و تحت تابش شبیه ساز خورشیدی (معادل نور 1 خورشیدی)، سل های بدون پخت (همانند EQE) از پایداری بهتری برخوردار هستند (شکل 2c). نکته جالب توجه مقدار 0.2% بازیابی بازده طی استراحت و درصد کمتر تخریب طی تابش گرما و UV در سل پخت شده میباشد. در انتها تغییرات مولکولی NFA ها توسط اسپکتروسکوپی جرمی (MS) و رزونانس مغناطیسی هسته ای (NMR) بررسی شد.

جدول 1: شاخص های الکتروشیمیایی سل ITIC در مراحل اولیه، تخریب، و پس از تخریب در دو حالت پخت شده و نشده				
درصد بازده (%PCE)	Fill Factor	دانشیه جریان اتصال کوتاه (J_{sc}) mA/cm^2	پتانسیل مدار باز (V_{oc}) V	حالت سل
7.22	0.63	14.08	0.81	اولیه (بدون پخت)
4.87	0.51	12.85	0.73	بعد از تابش گرما و یووی (بدون پخت)
4.85	0.51	12.82	0.73	بعد از 3 شب استراحت (بدون پخت)
6.40	0.58	13.66	0.81	اولیه (با پخت)
5.25	0.55	12.89	0.74	بعد از تابش گرما و یووی (با پخت)
5.44	0.55	13.27	0.75	بعد از 3 شب استراحت (با پخت)

منابع و مراجع

- [1] Clarke, A. J., Luke, J., Meitzner, R., Wu, J., Wang, Y., Lee, H. K. H., Speller, E. M., Bristow, H., Cha, H., Newman, M. J., Hooper, K., Evans, A., Gao, F., Hoppe, H., McCulloch, I., Schubert, U. S., Watson, T. M., Durrant, J. R., Tsoi, W. C., Kim, J. S., & Li, Z. (2021). Non-fullerene acceptor photostability and its impact on organic solar cell lifetime. *Cell Reports Physical Science*, 2(7).
- [2] Du, X., Heumueller, T., Gruber, W., Classen, A., Unruh, T., Li, N., & Brabec, C. J. (2019). Efficient Polymer Solar Cells Based on Non-fullerene Acceptors with Potential Device Lifetime Approaching 10 Years. *Joule*, 3(1), 215–226.