بسم الله الرّحمن الرّحيم

دانشکده‌ی مهندسی برق

سمینار درس سلول های خورشیدی

کاربردهای گرافن در سلول های خورشیدی

استاد :
دکتر شهرام محمدنژاد

خرداد ۹۶

سرفصل مطالب

معرفی گرافن

خواص گرافن

شکاف باند گرافن

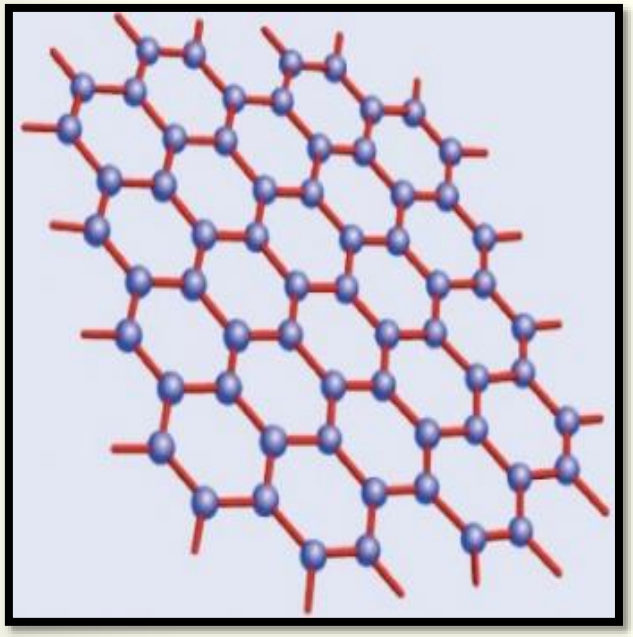
کاربردهای گرافن در سلول های خورشیدی

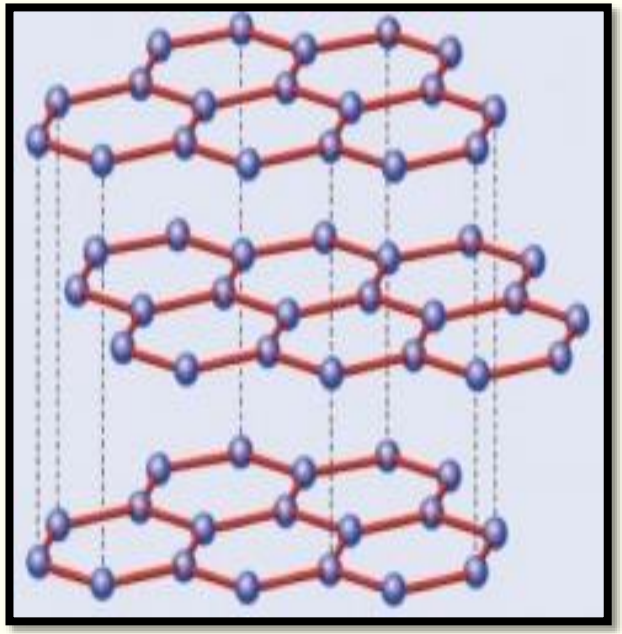
منابع

وقتی کربن با سه اتم کربن پیوند کووالانسی برقرار کند، یک ورقه دوبعدی ایجاد می شود که گرافن نامیده می شود

با قرار گرفتن ورقه های گرافن بر روی همدیگر به وسیله نیروی واندروالس گرافیت به وجود می آید

در نظر گرفتن گرافن به عنوان یک لایه مجرد چهارمین الکترون ظرفیت اتم ها به عنوان الکترون آزاد باقی می ماند





خواص گرافن

- سلول واحد شش وجهی
- شفافیت نوری
- رسانایی الکتریکی
- رسانایی گرمایی
- شکاف باند
- مقاومت مکانیکی

مقاومت شکست گرافن ۴۲ نیوتن بر متر مربع

استحکام گرافن ۱۰۰ برابر فولاد

دی گرافن که مقاومت بر ه می شود، ۳۱ اهم است

رسانایی گرمایی گرافن تقریباً ۵۰۰۰ وات بر متر درجه کلوین

روش‌های ویژه جهت ایجاد شکاف باند

- گنجاندن نقص‌های هیدروکربنی sp^3 (مثلا هیدروژن) درون شبکه‌ی sp^2 گرافن
- استفاده از کرنش تک محور
- ایجاد درهمکنش میان گرافن با یک بستر(مثلا نیکل، سیلیکون، رودنیوم، مس و ...)
- اعمال میدان قائم به گرافن دو لایه
- ایجاد محدودیت کوانتومی (مثلا به شکل نانو نوار، نقطه‌ی کوانتومی یا نانودیسک)

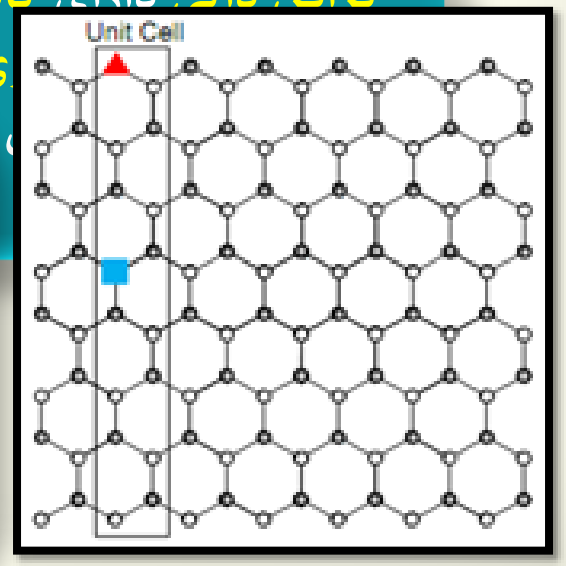
نانو نوارهای گرافن

نانو نوار گرافن

گرافن ذاتی دارای گاف انرژی ... استفاده از گرافن ذاتی ... کاربردهای الکترونیک ... ی از ... های ... حدود کرد ... نانو نوار گرافن ...

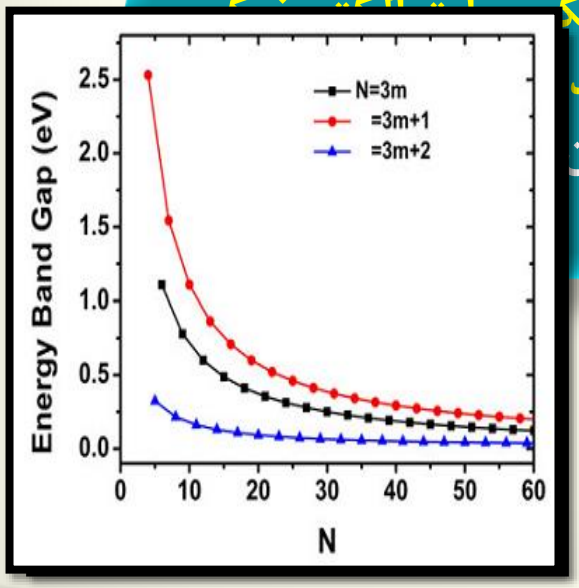
زیگزاگ:

همگی نیمه‌فلز بوده و دارای انرژی شکاف باند صفر است کاربردهای مغناطیسی و اسپینترونیک



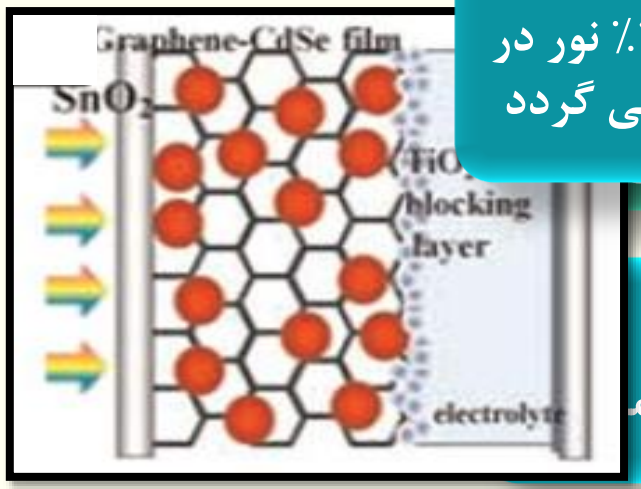
آرمیچر:

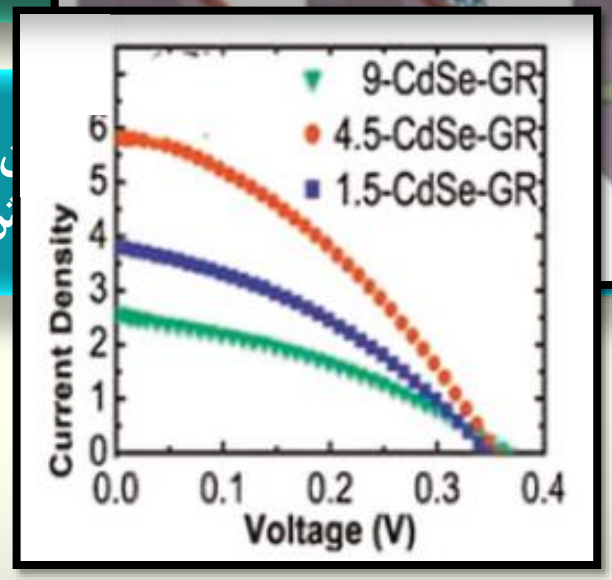
همگی نیمه‌هادی بوده و انرژی شکاف باند با عکس عرض نوار متناسب است در کاربردهای اپتوالکترونیک

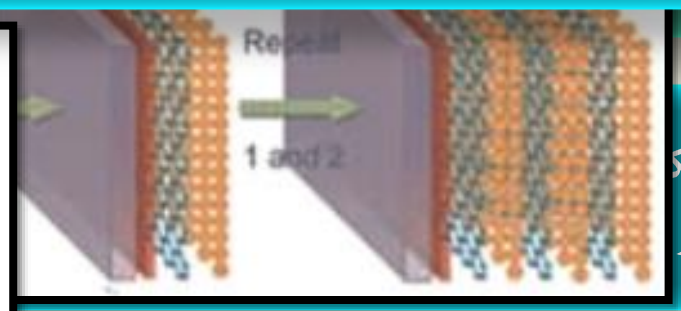


گرافن در سلول های خورشیدی نقطه کوانتومی(QDSC)

با افزایش تعداد لایه های گرافن-QD اتصال آنها بهبود می یابد ولی به دلیل جذب ۲/۳٪ نور در هر لایه گرافن، نور کمی به لایه حساس به نور می رسد که سبب کاهش چگالی جریان می گردد

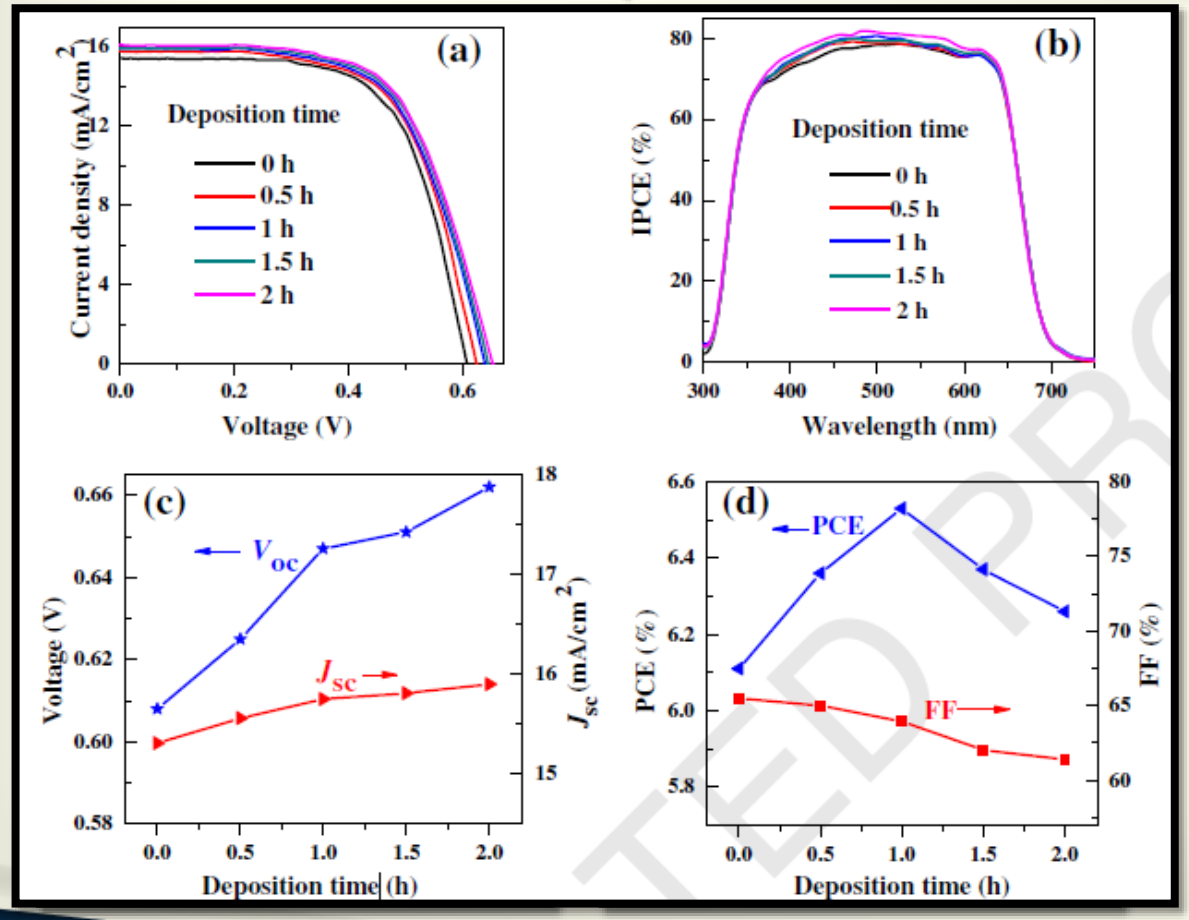






به دلیل کوچک
به گرافن بهتر

گرافن در سلول های خورشیدی نقطه کوانتومی(QDSC)



GQDs	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA/cm^2)	FF (%)	PCE (%)
0 h	0.608	15.32	65.51	6.11 ± 0.02
0.5 h	0.625	15.54	65.00	6.36 ± 0.03
1 h	0.646	15.73	63.96	6.53 ± 0.04
1.5 h	0.651	15.79	62.03	6.37 ± 0.02
2 h	0.662	15.88	61.40	6.26 ± 0.04

گرافن در سلول های خورشیدی رنگدانه ای(DSSC)

الکترود پشتی

در سلول های خورشیدی رنگدانه ای اغلب از Pt به عنوان کاتالیزور در الکترود پشتی استفاده می شود ولی به دلیل گران بودن آن نیازمند جایگزینی با ماده ای ارزانتر هستیم

گرافن
جایگزین مناسبی

انعکاس آن در فرکانس رزونانس پلاسمونی آن واقع در مادون قرمز افزایش می یابد.
مناسب برای جذب بخش مادون قرمز طیف خورشیدی است

لازم است در DSSC الکترود پشتی حتی در شرایط اکسیداسیون قوی، رسانایی خود را حفظ کند که گرافن چنین خاصیتی را داراست

گرافن در سلول های خورشیدی رنگدانه ای(DSSC)

در مقایسه با PEDOT/PSS اضافه کردن مقدار کمی از ورقه های گرافن به طور موثری جریان اتصال کوتاه و FF را افزایش می دهد که بدلیل مساحت سطحی زیاد و نقص های شیمیایی چندتایی موجود در ورقه های گرافنی بسیار نازک است که فعالیت کاتالیزوری را افزایش می دهد

Electrode	J_{sc} (mA/cm^2)	V_{oc} (V)	FF (%)	η (%)
PEDOT:PSS	10.99	0.72	28	2.3
Graphene/ PEDOT:PSS	12.96	0.72	48	4.5
Pt	13.05	0.72	68	6.3

گرافن در سلول های خورشیدی رنگدانه ای(DSSC)

مقایسه DSSC مبتنی بر P25-گرافن نسبت به P-25

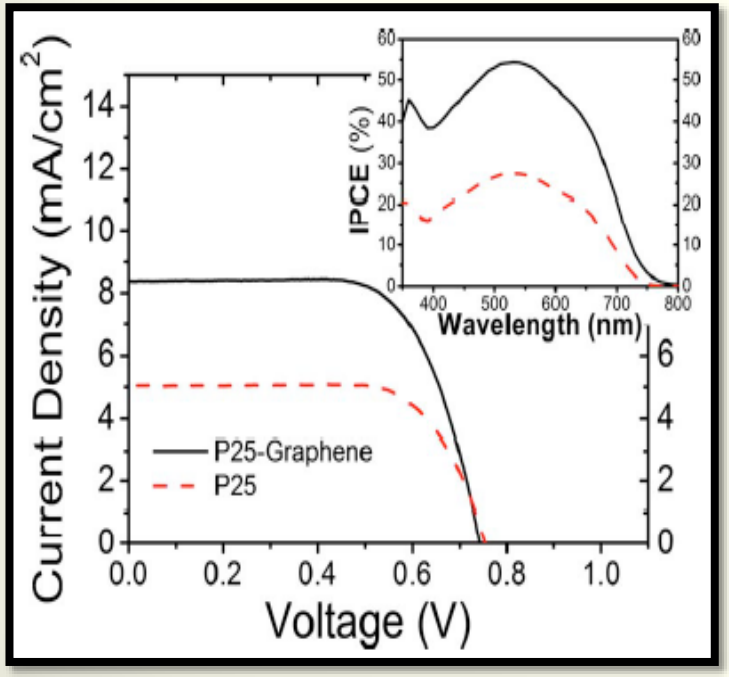
توسط انعقاد همگن (Heterogeneous coagulation)

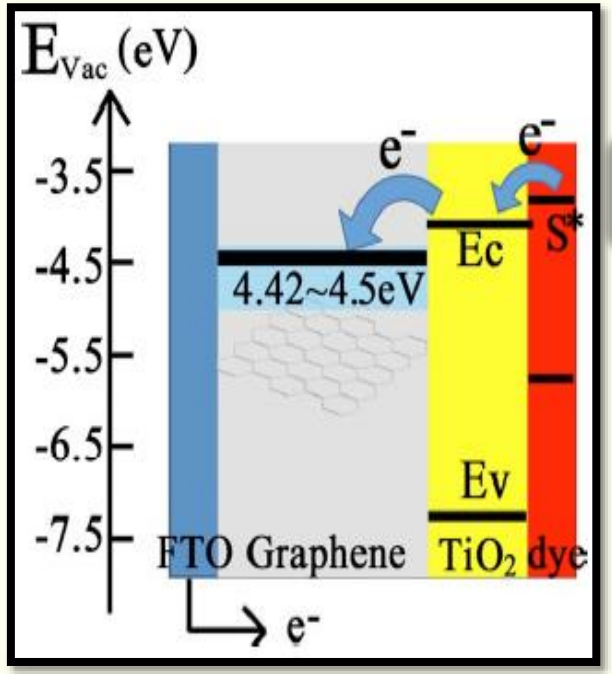
افزایش جذب سطحی رنگ

به طور قابل توجه زیاد شدن طول عمر الکترون

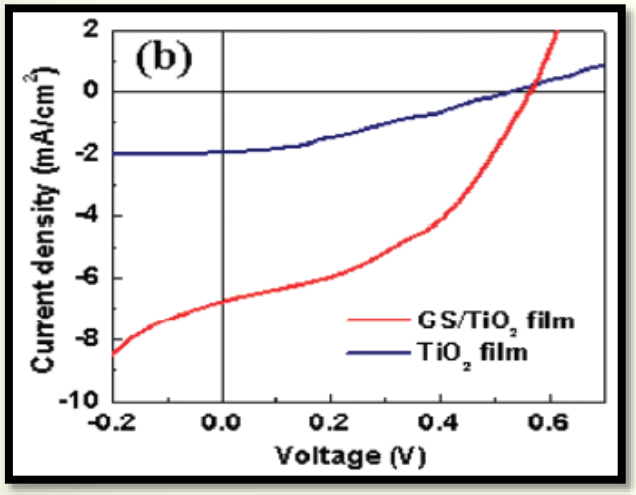
افزایش ۵۹ درصدی بازده تبدیل توان

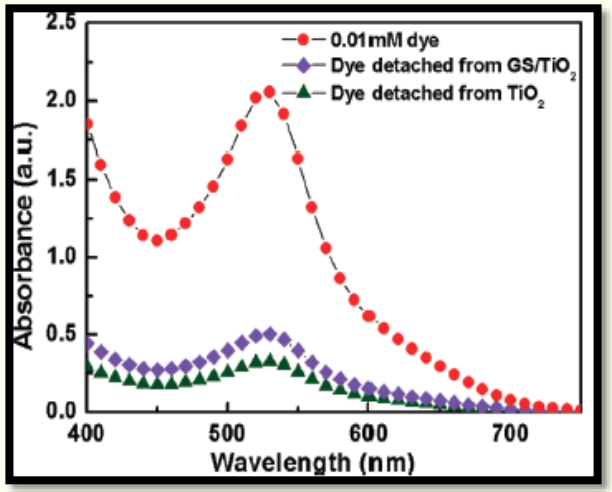
افزایش ۶۶درصدی چگالی جریان اتصال کوتاه نوری

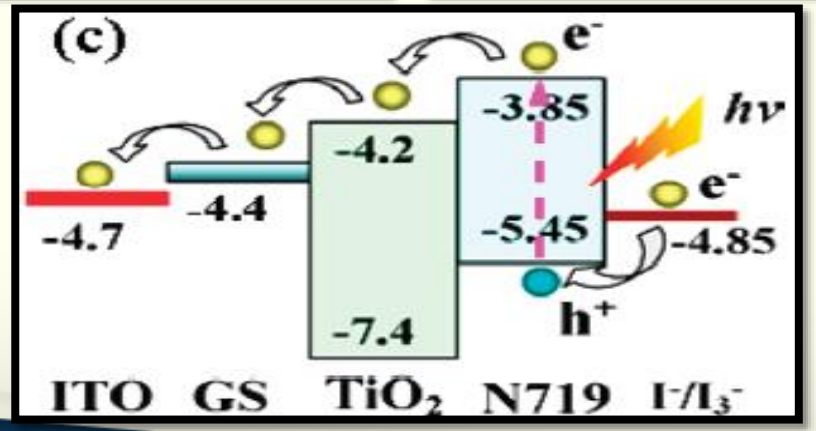




گرافن در سلول های خورشیدی رنگدانه ای(DSSC)



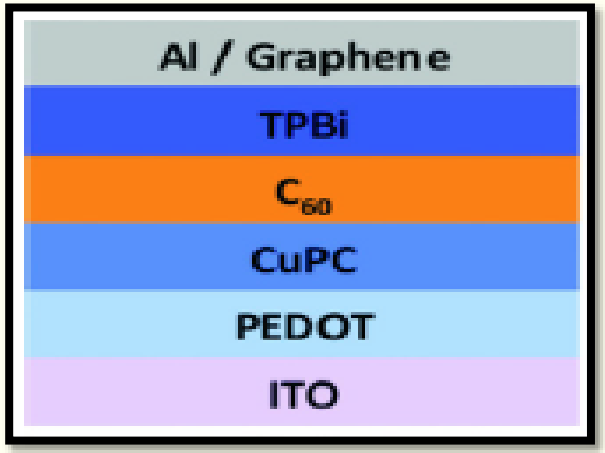


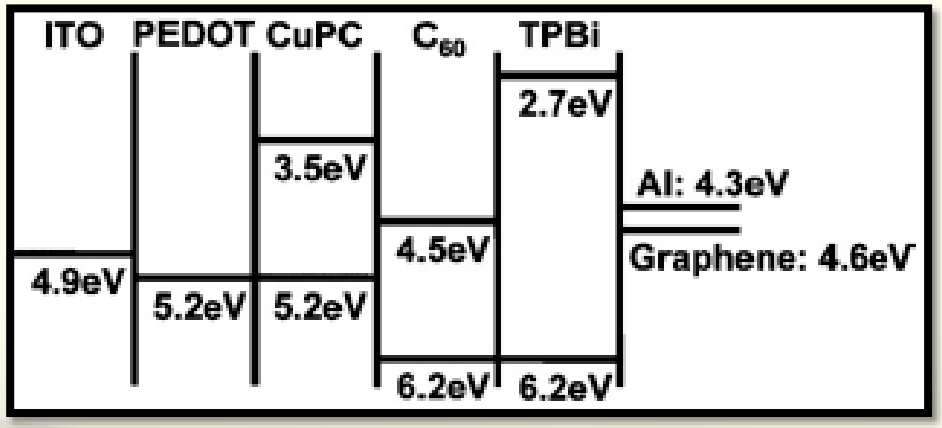


- مقایسه DSSC مبتنی بر GS/TiO2 نانو کامپوزیت نسبت به TiO2
- توسط پیوند مولکولی (Molecular grafting)
- افزایش جذب سطحی رنگ
- به طور قابل توجه زیاد شدن طول عمر الکترون
- افزایش بیش از ۵ برابری ماکزیمم بازده تبدیل توان

گرافن در سلول های خورشیدی آلی

الکترود شفاف





- فیلم گرافن به عنوان کاتد
- افزایش بازده تبدیل توان به علت شفافیت
- تطبیق تابع کار از طریق دوپینگ اتصال

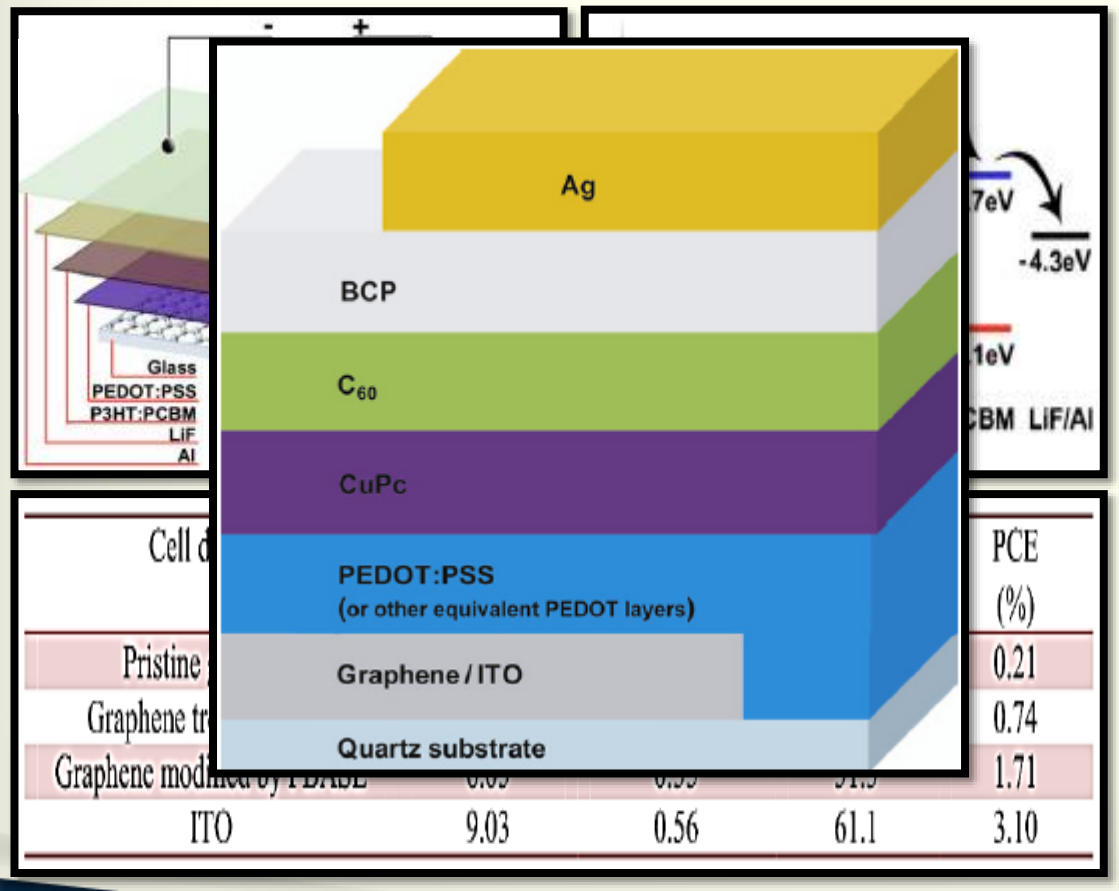
گرافن در سلول های خورشیدی آلی

الکترود شفاف

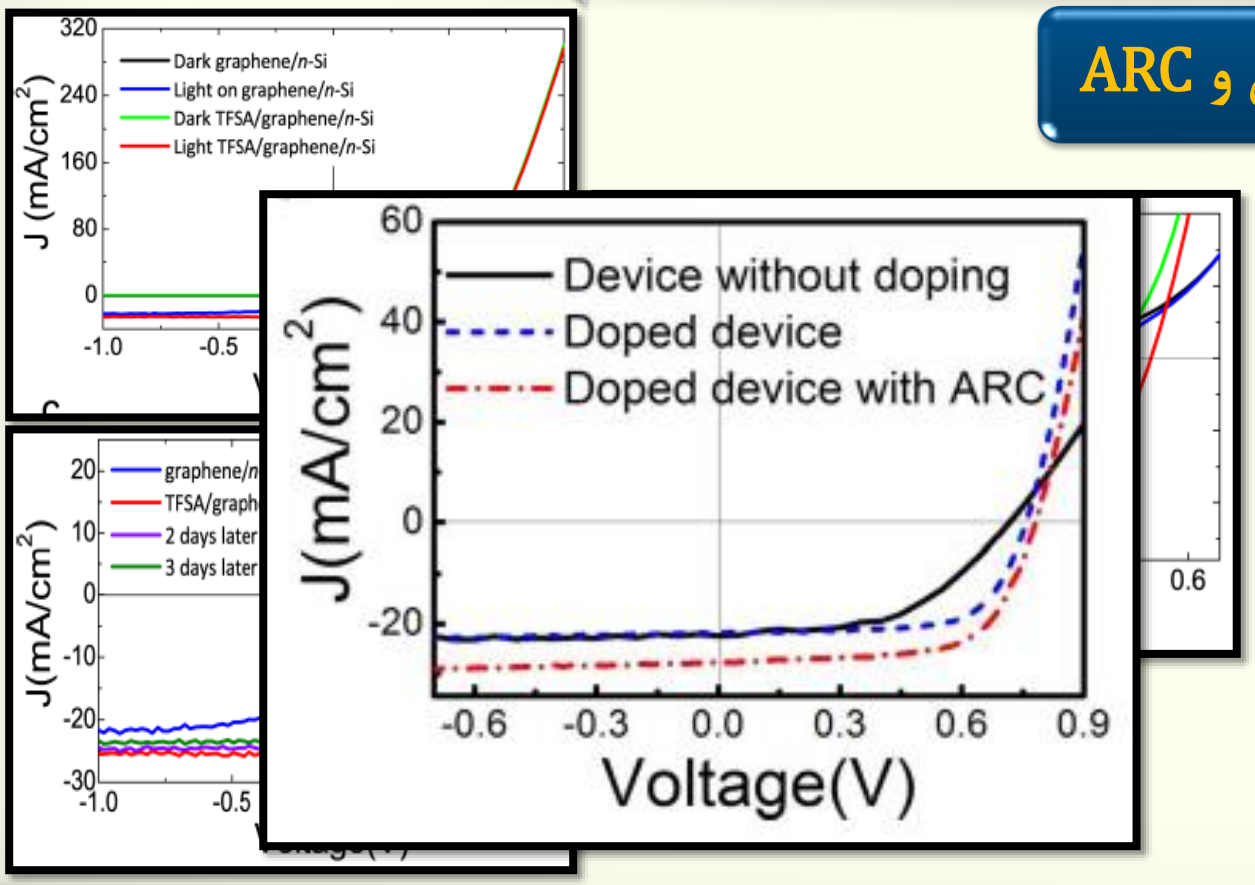
فیلم گرافن به عنوان آند

برای بهبود سطح گرافن به منظور ایجاد انطباق با PEDOT/PSS اصلاح UV انجام شده که نتایج به خوبی بهبود نیافته است

بنابراین از روش عامل دار کردن غیر کووالانسی با PBASE استفاده شده که سبب بهبود قابل توجه نتایج شده است



بهینه سازی سلول خورشیدی مبتنی بر گرافن با آلایش و ARC



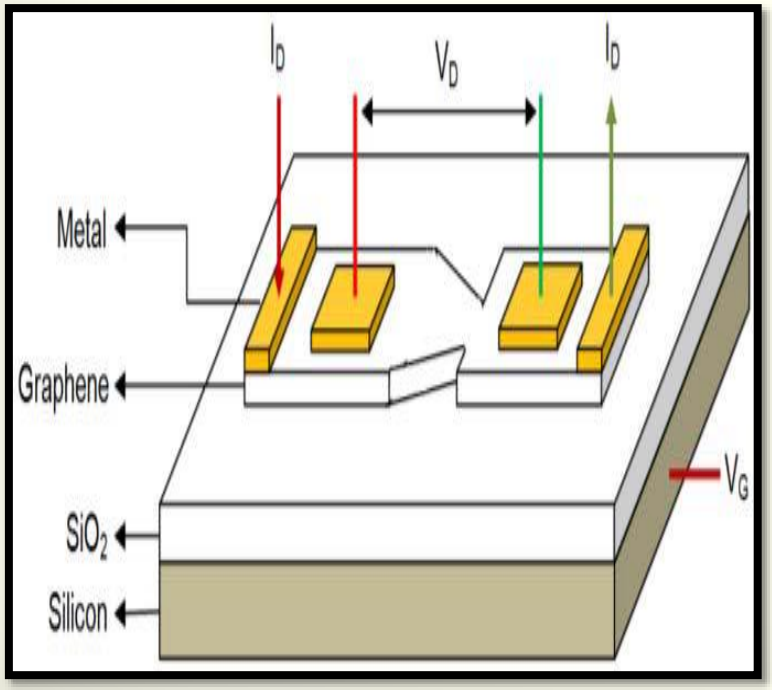
آلایش گرافن توسط TFSA

افزایش چگالی حامل ها ← کاهش مقاومت سری

افزایش پتانسیل درون ساخت ← افزایش ولتاژ مدارباز

بهبود عملکرد

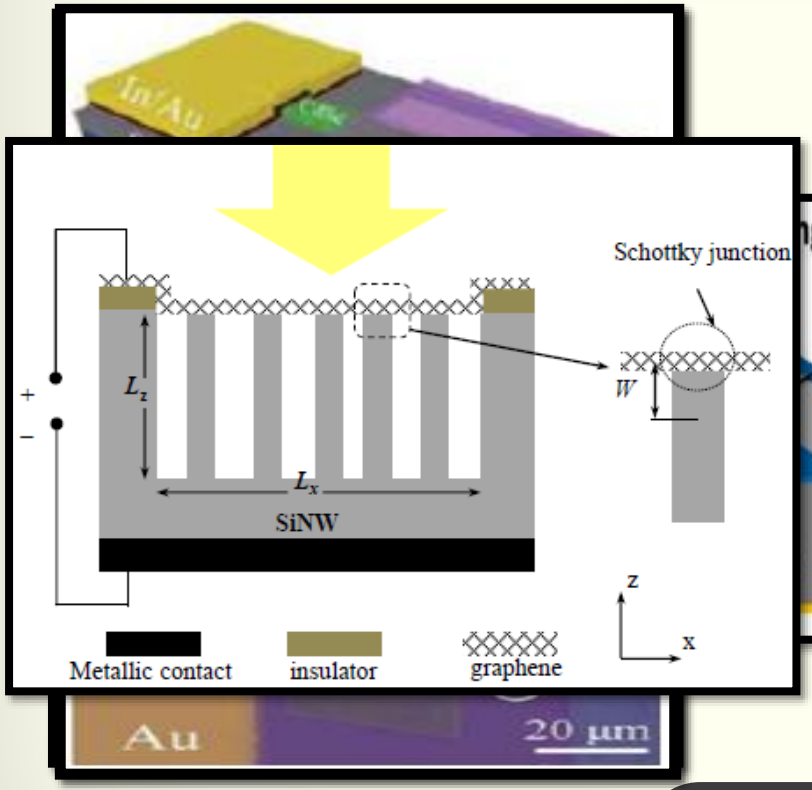
دیودهای هندسی گرافن به عنوان یکسو کننده در سلول‌های خورشیدی رکتنا(Rectenna)

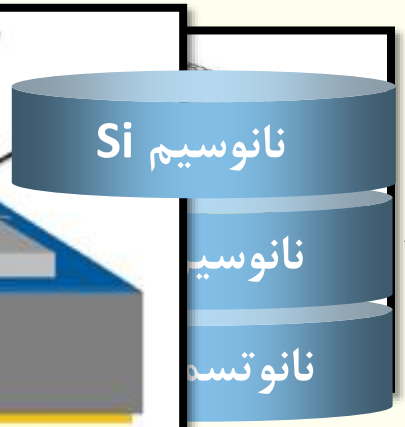


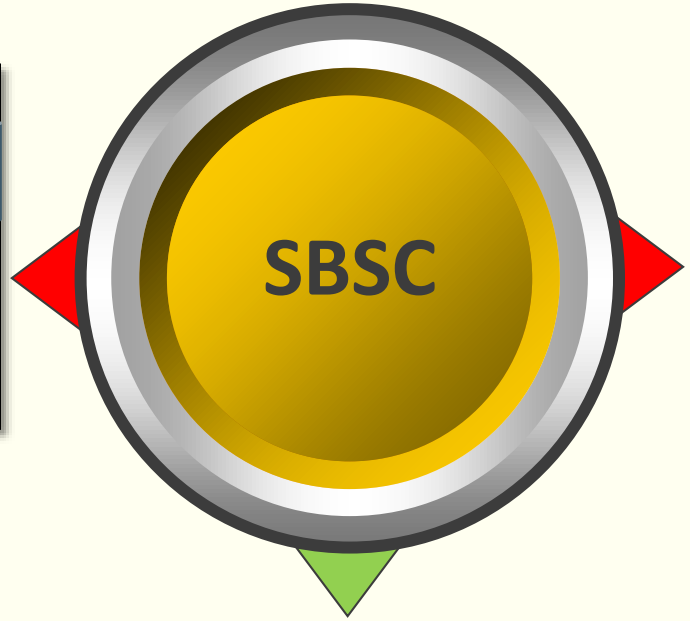
روش ساخت:

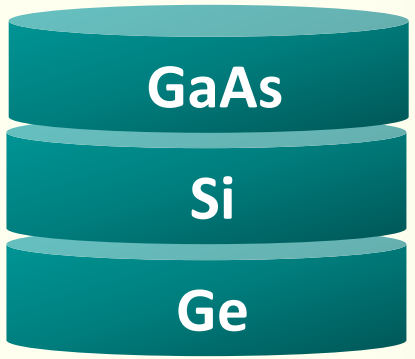
- ساخت دیود هندسی گرافن با استفاده از لایه برداری
- چسبیدن با اکسید ویفر سیلیکون با ضخامت SiO2 ۹۰nm
- چهار اتصال فلزی Cu/Au بر روی گرافن، با استفاده از تبخیرحرارتی
- یک مقاومت طرح شده روی گرافن با استفاده از لیتوگرافی پرتوی الکترونی در شکل هندسی
- اچ کردن گرافن با استفاده از پلاسمای اکسیژن کم انرژی

گرافن در سلول های خورشیدی مبتنی بر پیوند شاتکی









تحت یک میدان الکتریکی داخلی(built-in) گرافن می تواند رفتاری مانند نیمه‌هادی های نوع p از خود نشان دهد

منابع

[1] الهه اسماعیلی، متین محمودی فرد، "گرافن در سلول های آلی"، دنیای نانو، شماره ۳۶، ۱۳۹۳

[2] M. Czerniak-Reczulska, A. Niedzielska, A. Jędrzejczak, “GRAPHENE AS A MATERIAL FOR SOLAR CELLS APPLICATIONS”, DE GRUYTER OPEN 2015.

[3] Zhong, Yuanyuan, et al. "Graphene quantum dots assisted photovoltage and efficiency enhancement in CdSe quantum dot sensitized solar cells." *Journal of Energy Chemistry* 24.6 (2015): 722-728.

[4] Dr. Magan P. Ghatule, Ulka A. Devare, “Study and Analysis on Synthesis of Graphene and its Applications in Solar Cells”, International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE) ,Issue 1, Volume 2 (January 2015).

[5] K. S. Novoselov, “Nobel Lecture: Graphene: Materials in the Flatland”, Review of modern physics, Vol. 83, (2011).M

[6] DAS, Santanu, et al. Graphene synthesis and application for solar cells. *Journal of Materials Research*, 2014, 29.03: 299-319.V.Skákalová, A.B.Kaiser, “Graphene : Properties, preparation, characterization and devices”, Woodhead Publishing, 2014.

[7] Zixu Zhu, Sachit Grover, Kendra Krueger, Garret Moddel, at. al., "Optical Rectenna Solar Cells Using Graphene Geometric Diodes", IEEE(2011) ,2120-2122.

[8] S. Basu, P. Bhattacharyya, “recent developments on graphene and graphene oxide based solid state gas sensors”, Sens. Actuators B: Chem. (2012).

[9] T. Naveen Kumar, “Solar Cell Made Using Graphene”, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), Nov- Dec. 2014.

[10] Li, Xiaoqiang, et al. "High performance solar cells based on graphene-GaAs heterostructures." *arXiv preprint arXiv:1409.3500* (2014).
[11] L. Lancellotti, T. Polichetti, F. Ricciardella, O. Tari, S. Gnanapragasam, S. Daliento, G. Di Francia, Graphene applications in Schottky barrier solar cells, Thin Solid Films (2012), doi: 10.1016/j.tsf.2012.09.040.
[12] Xiaochang Miao, Sefaattin Tongay, Maureen K. Petterson, Kara Berke, Andrew G. Rinzler, Bill R. Appleton, Arthur F. Hebard, et. al., "High Efficiency Graphene Solar Cell By Chemical Doping", ACS Nano Lett (2012), 12, 2745−2750.
[13] X. Li, H. Zhu, K. Wang, A. Cao, J. Wei, C. Li, Y. Jia, Z. Li, X. Li, D. Wu, Adv. Mater. 22 (2010) 2743–2748.
[14] Yuxuan Lin, Xinming Li, “Graphene/semiconductor heterojunction solar cellswith modulated antireflection and graphene work Function”, RSC Publishing 2012
[15] C.X. Guo, G.H. Guai, C.M. Li, Adv. Energy Mater. 1 (2011) 448–452.
[16] E. Ahmadi, A. Asgari, K. Ahmadiniar, “The optical responsivity in IR-photodetector based on armchair graphene nanoribbons with p–i–n structure”, Superlattices and Microstructures, Vol. 52, pp. 605–611, (2012).
[17] Dr. Magan P. Ghatule, Ulka A. Devare, “Study and Analysis on Synthesis of Graphene and its Applications in Solar Cells”, International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE) ,Issue 1, Volume 2 (January 2015).
[18] M. Cox, A. Gorodetsky, B. Kim, K.S. Kim, Z. Jia, P. Kim, C. Nuckolls, I. Kymissis, et. al., "Single-Layer Graphene Cathode For Organic Photovoltaics "Appl. Phys. Lett. 98 (2011) 123303.
[19]Galina V. Dubacheva, Chih-Kai Liang, Dario M.Bassani, et. al., "Functional monolayers from carbon nanostructures – fullerenes, carbon nanotubes, and graphene – as novel materials for solar energy conversion", Elsevier Coordination Chemistry Reviews 256 (2012) 2628– 2639.

از توجه شما
سپاسگزارم