

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده‌ی مهندسی برق

سمینار درس نانوالکترونیک

ادوات الکترونیکی مبتنی بر گرافن

استاد :

دکتر شهرام محمدنژاد

خرداد ۹۶



سرفصل مطالب

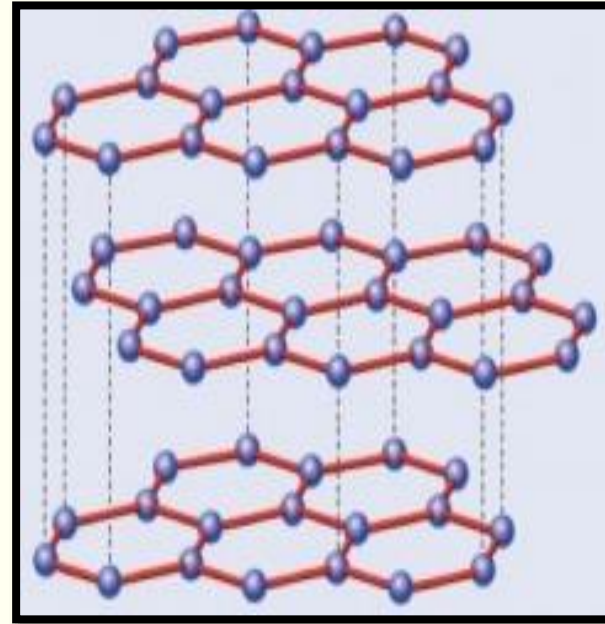
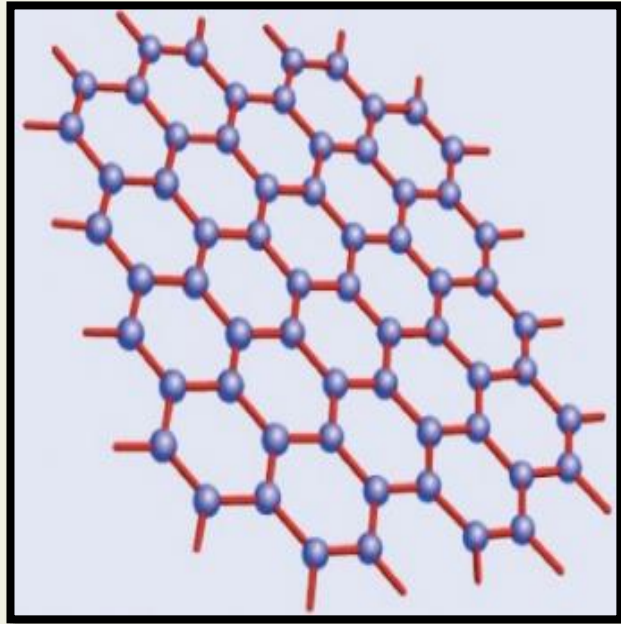
معرفی گرافن

خواص گرافن

روش های ساخت گرافن

ادوات الکترونیکی مبتنی بر گرافن

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



معرفی گرافن

خواص گرافن

روش های ساخت
گرافن

ادوات الکترونیکی
مبتنی بر گرافن

منابع

سلول واحد شش وجهی

شفافیت نوری

رسانایی الکتریکی

خواص
گرافن

رسانایی گرمایی

رسانایی گرمایی گرافن که مقاومت بر
۳۱ اهم است

رسانایی گرمایی گرافن تقریباً
۵۰۰۰ وات بر متر درجه کلوین

شکاف باند

مقاومت مکانیکی

مقاومت شکست گرافن
۴۲ نیوتن بر متر مربع

استحکام گرافن ۱۰۰ برابر
فولاد





معرفی گرافن

خواص گرافن

روش های ساخت
گرافن

ادوات الکترونیکی
مبتنی بر گرافن

منابع

روش های ساخت گرافن

از بالا به پایین:

لایه برداری مکانیکی
چسب نواری
لایه برداری شیمیایی
سنتز شیمیایی
با امواج فرا صوتی
AFM
روش شیمیایی

از پایین به بالا:

شکاف گرمایی
CVD
رشد برآرایی
پلاسما
گرمایی



معرفی گرافن

خواص گرافن

روش های ساخت
گرافن

ادوات الکترونیکی
مبتنی بر گرافن

منابع

تهیه گرافن از طریق لایه برداری گرافیت

روش های تهیه
و سنتز گرافن

تهیه گرافن از طریق تورق شیمیایی گرافیت

سنتز گرافن از طریق رسوب بخار شیمیایی

سنتز گرافن از طریق رشد هم بافته روی SiC



معرفی گرافن

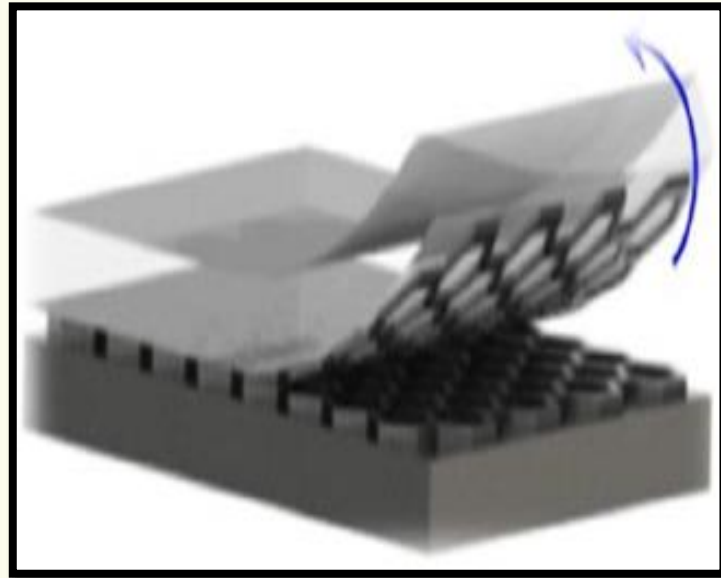
خواص گرافن

روش های ساخت
گرافن

ادوات الکترونیکی
مبتنی بر گرافن

منابع

تهیه گرافن از طریق لایه برداری گرافیت

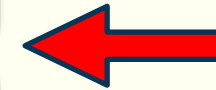


یک گرافیت کریستالی اولیه ، به کمک روش های میکرومکانیکی مانند استفاده از **چسب دو طرفه** ، لایه برداری می شود.

محدودیت صفحات گرافنی

جمع شدن کناره های صفحات گرافنی

معایب





معرفی گرافن

خواص گرافن

روش های ساخت
گرافن

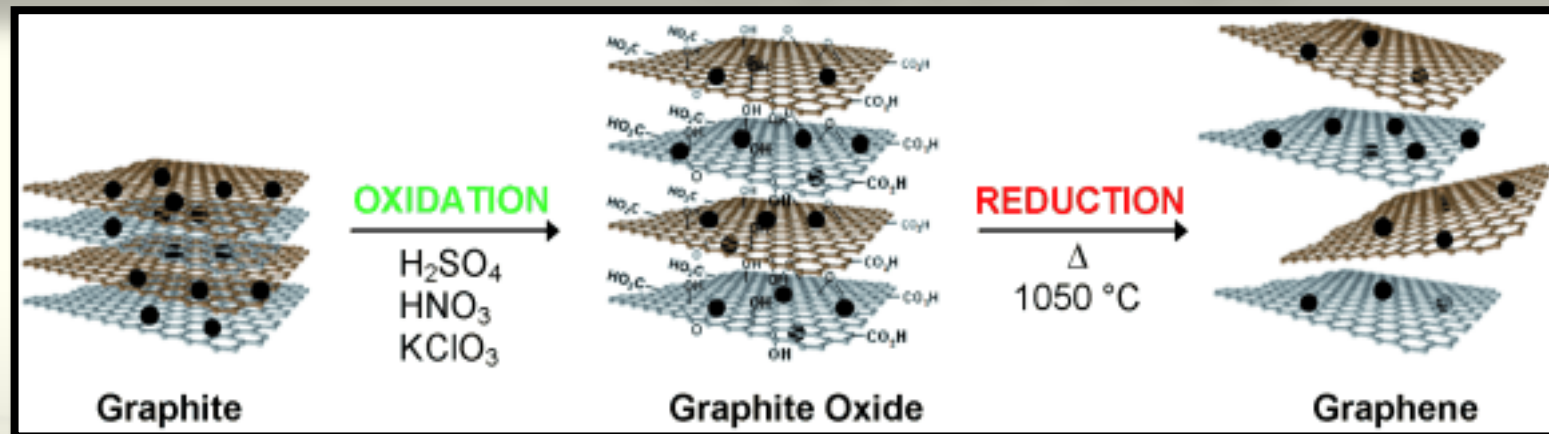
ادوات الکترونیکی
مبتنی بر گرافن

منابع

تهیه گرافن از طریق تورق شیمیایی گرافیت

این روش برگرفته از یک روش صنعتی تولید گرافن قابل انعطاف است. در این روش از **اکسیداسیون قوی** برای افزایش فاصله بین صفحات گرافنی و در نتیجه جدا شدن خود به خود صفحات گرافنی از یکدیگر بهره می برد

احیا (کاهش) دوباره صفحات اکسید گرافن ضروری است. چون **هدایت الکتریکی و کنترل شوندگی اکسید** گرافن بسیار کمتر از گرافن است



معایب



معرفی گرافن

خواص گرافن

روش های ساخت
گرافن

ادوات الکترونیکی
مبتنی بر گرافن

منابع

سنتز گرافن از طریق رسوب بخار شیمیایی

یک گاز هیدروکربنی در یک محیط به شدت خلا بر سطح یک فلز کریستالی با دمای بالا آزاد می شود. پیوند های گاز هیدروکربنی، در سطح فلز شکسته شده و اتم کربن تا حدودی درون فلز نفوذ می کنند. سپس این اتم کربن دوباره به سطح فلز بازگشته و به دلیل مسطح بودن فلز و کریستالی بودن آن، شرایط برای تشکیل صفحه گرافنی فراهم است. بنابراین یک یا چند لایه گرافن در سطح فلز ایجاد می شود

برای تهیه گرافن تک لایه، فلزهایی که شکست هیدروکربن ها در سطح آن ها کم باشد؛ برای مثال از مس می توان برای تهیه گرافن تک لایه استفاده نمود، ولی در سطح نیکل شکست هیدروکربن ها زیاد است و در سطح آن، گرافن چند لایه تشکیل می شود.



معرفی گرافن

خواص گرافن

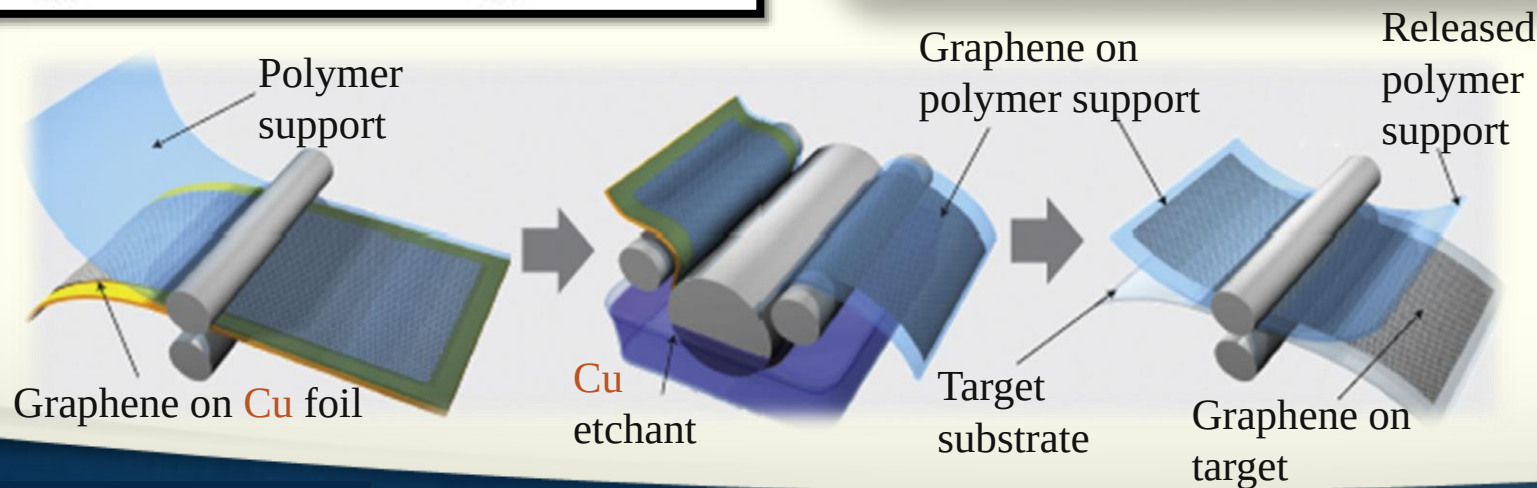
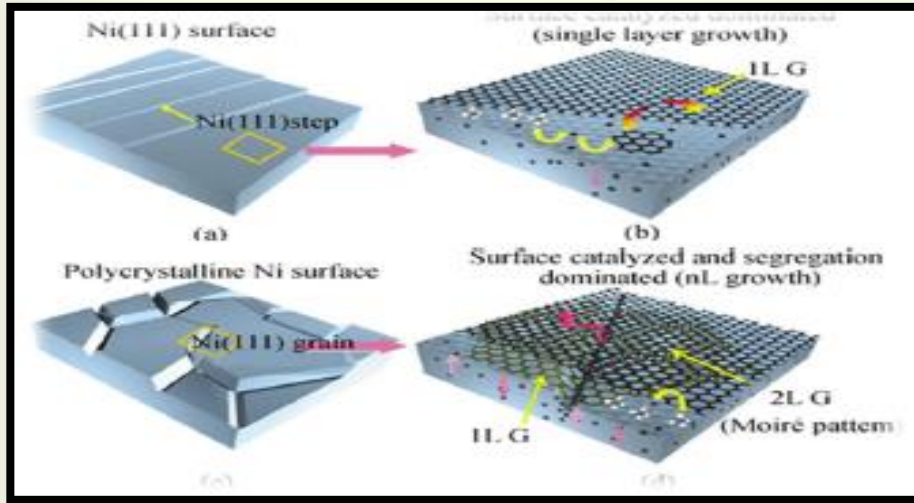
روش های ساخت
گرافن

ادوات الکترونیکی
مبتنی بر گرافن

منابع

سنتز گرافن از طریق رسوب بخار شیمیایی

گرافن حاصل با استفاده از روش های الکتروشیمیایی از سطح نیکل جدا می شود، به این صورت که فلزی که گرافن بر سطح آن شکل گرفته را به عنوان کاتد یک سلول الکتروشیمیایی قرار می دهند، تا گرافن از سطح آن جدا شود. مشکل این است که موجب می شود نقص های زیادی بر سطح گرافن ایجاد شود.



جدا کردن گرافن از سطح مس
با کمک حمایت کننده پلیمری



معرفی گرافن

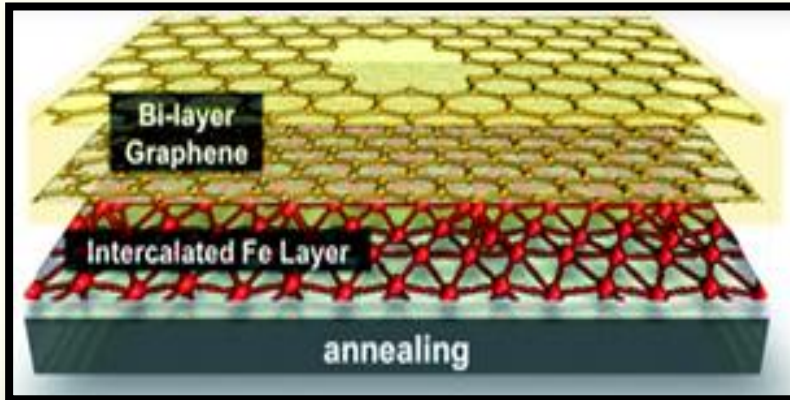
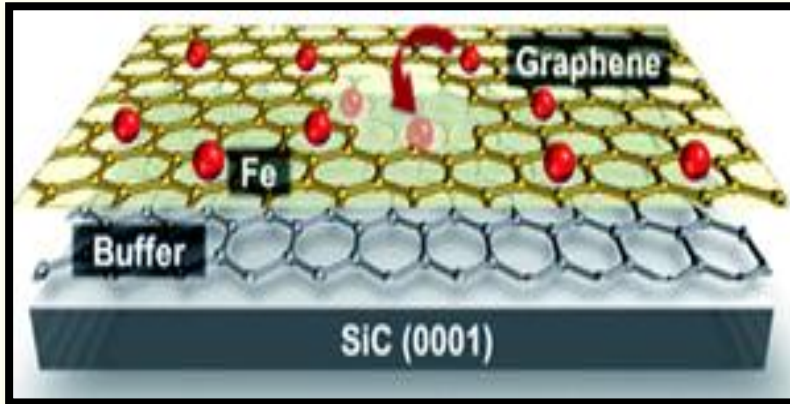
خواص گرافن

روش های ساخت
گرافن

ادوات الکترونیکی
مبتنی بر گرافن

منابع

سنتز گرافن از طریق رشد هم بافته روی SiC



این روش نیاز به استفاده از دمای بسیار بالا، حدود ۱۳۰۰ درجه سلسیوس دارد و بنابراین روش نسبتاً گرانی است. از طرف دیگر جداسازی گرافن تشکیل شده روی سطح SiC بسیار مشکل است



معرفی گرافن

خواص گرافن

روش های ساخت
گرافن

ادوات الکترونیکی
مبتنی بر گرافن

منابع

آشکارسازهای مبتنی بر ترکیب QD و گرافن

کانال فوتوترانزیستور شامل لایه گرافن تحت پوشش PbS

جذب در لایه QD رخ می دهد

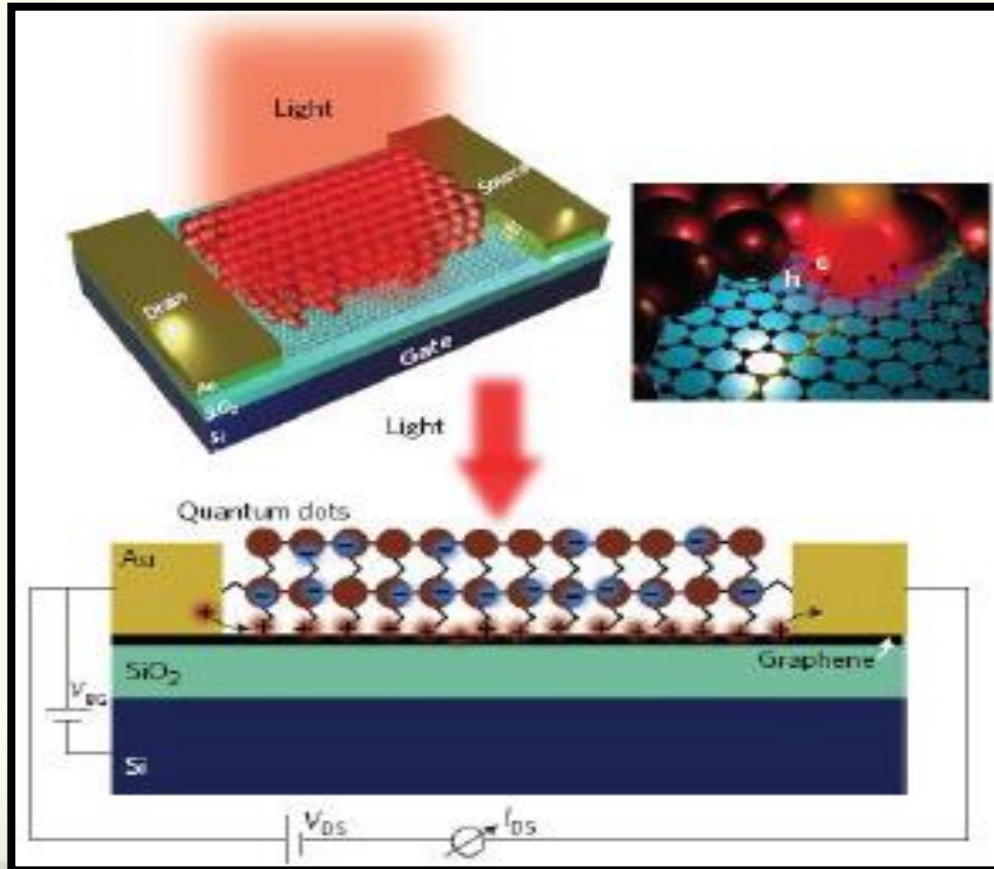
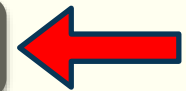
گرافن با موبیلیتی بالا برای انتقال حامل های برانگیخته

بهره بالا

پاسخ سریع

تنظیم پذیری طیف جذبی

مزایا





معرفی گرافن

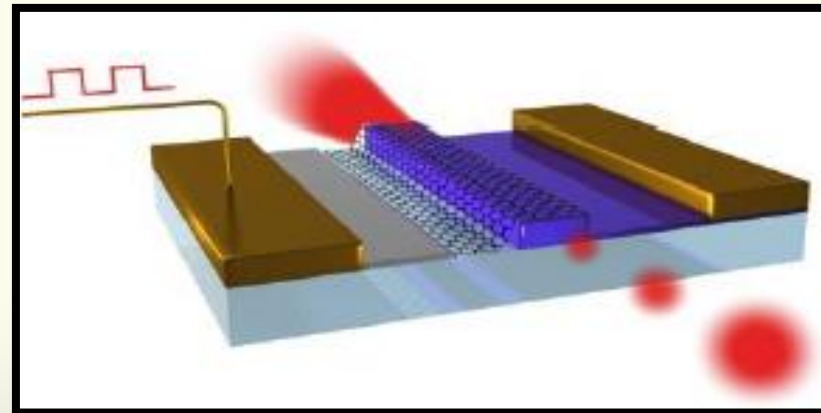
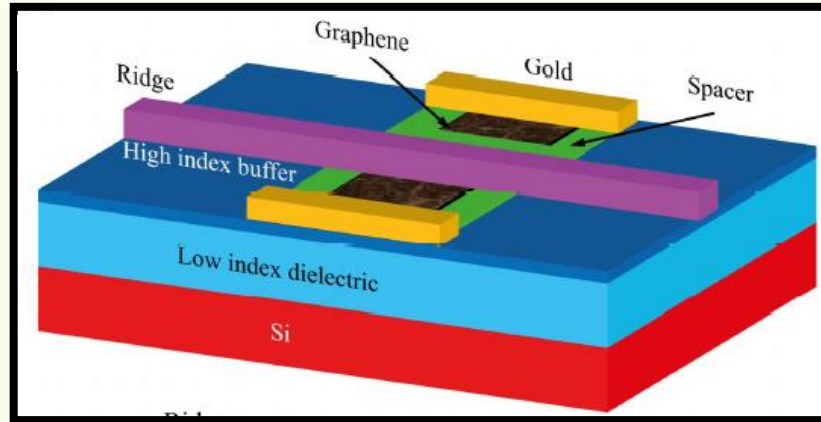
خواص گرافن

روش های ساخت
گرافن

ادوات الکترونیکی
مبتنی بر گرافن

منابع

مدولاتورهای نوری مبتنی بر گرافن



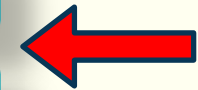
اندازه کوچک

کلید خاموش و روشن با میدان الکتریکی

۱۰۰ برابر پهنای باند گسترده تر

۱۰ برابر سریعتر از تکنولوژی فعلی

مزایا





معرفی گرافن

خواص گرافن

روش های ساخت
گرافن

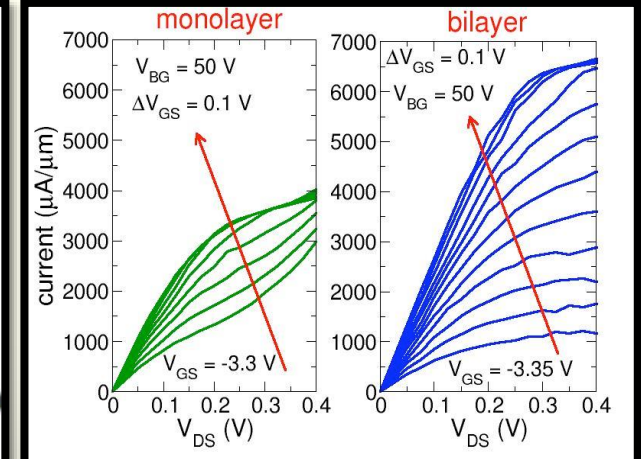
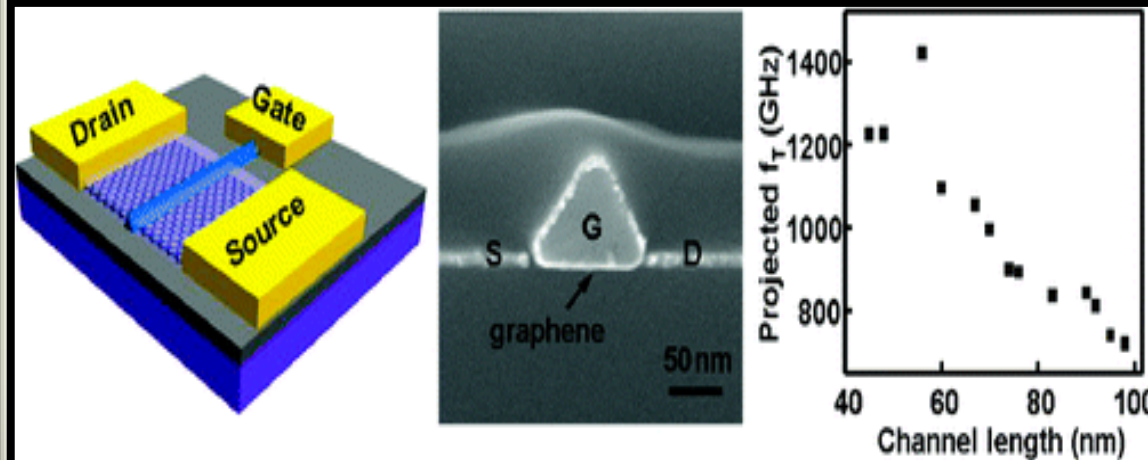
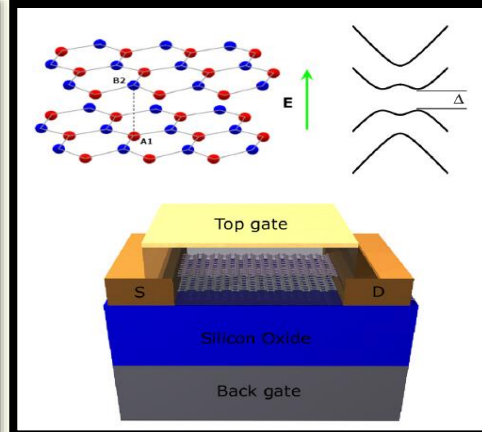
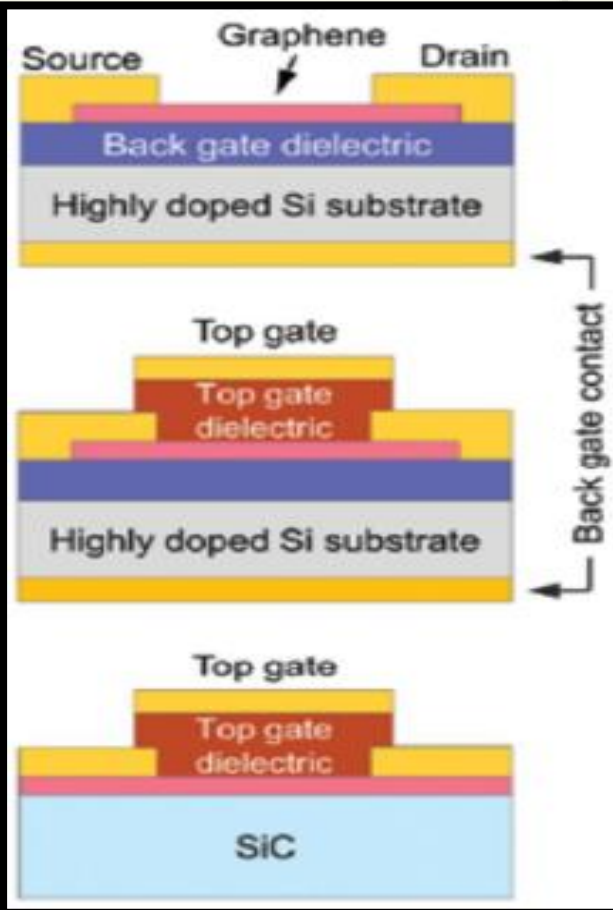
ادوات الکترونیکی
مبتنی بر گرافن

منابع

FET های گرافن برای کاربرد RF

مهمترین پارامتر در الکترونیک گرافن RF ، f_{MAX} است نه f_T

گرافن دولایه می تواند یک باند گپ کوچک میسر سازد





معرفی گرافن

خواص گرافن

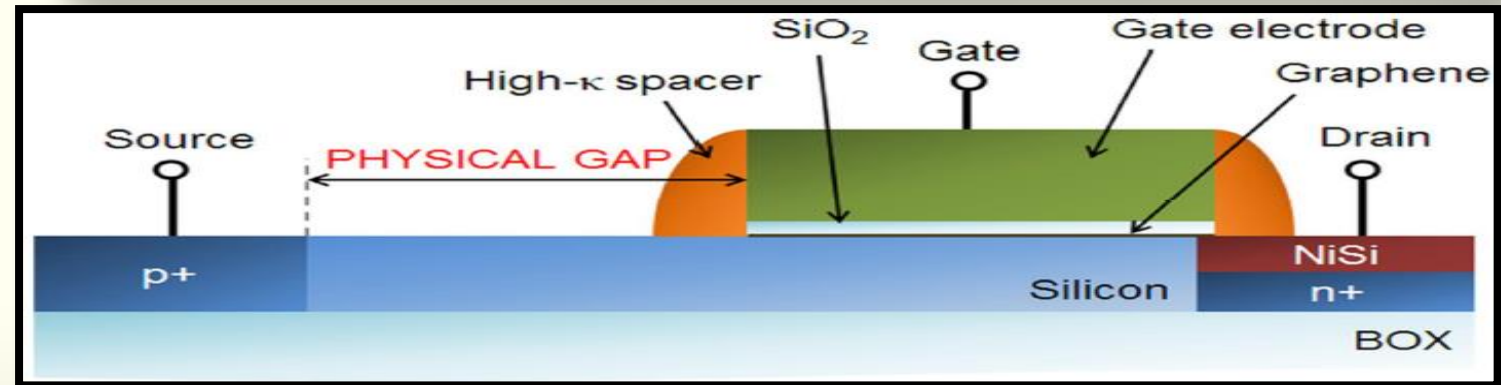
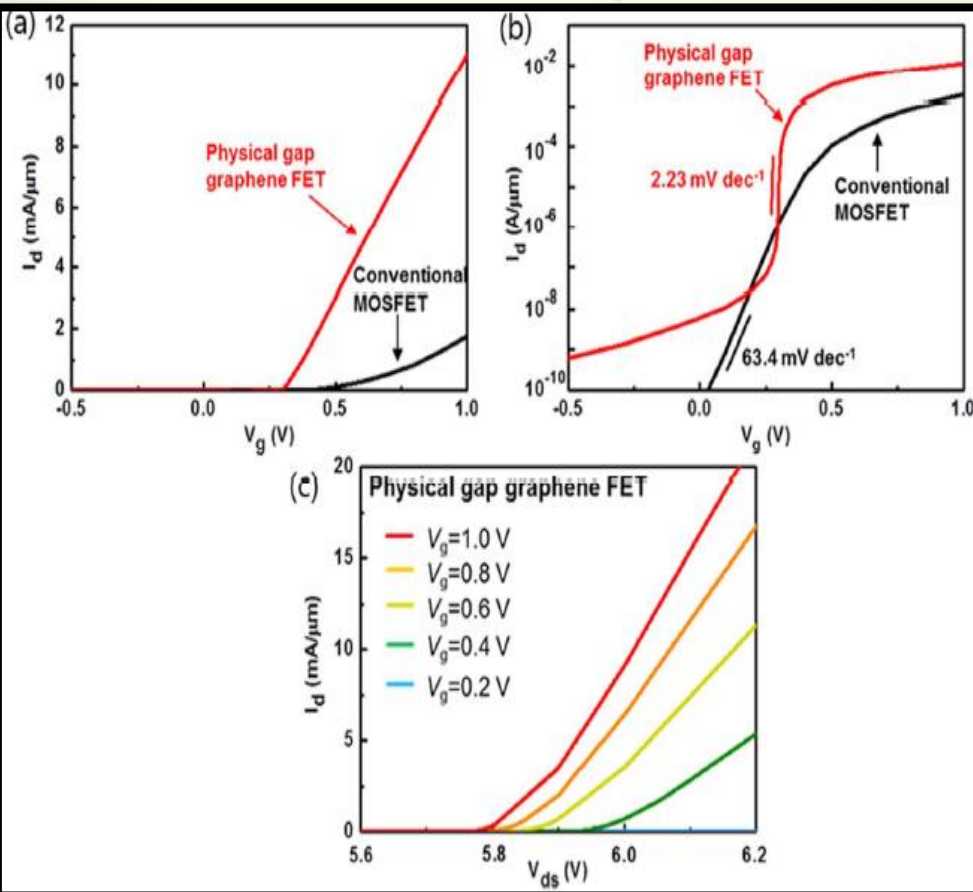
روش های ساخت
گرافنادوات الکترونیکی
مبتنی بر گرافن

منابع

کاربردهای دیجیتال Graphene FET

سرعت سوئیچ زنی خیلی بالا

نمودار روشن شدن ترانزیستور گرافنی با گاف فیزیکی خطی است و جریان آن هنگام روشن شدن، با سرعت بیشتری در حال افزایش است. (a)
 شیب تغییر حالت بسیار بزرگ ترانزیستور با گاف فیزیکی (b)
 مقاومت خروجی کم این نوع ترانزیستور (c)





معرفی گرافن

خواص گرافن

روش های ساخت
گرافن

ادوات الکترونیکی
مبتنی بر گرافن

منابع

گرافن در سلول خورشیدی

گرافن در سلول های خورشیدی نقطه کوانتومی (QDSC)

گرافن در سلول های خورشیدی رنگدانه ای (DSSC)

گرافن در سلول های خورشیدی آلی

گرافن در سلول های خورشیدی مبتنی بر پیوند شاتکی

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



معرفی گرافن

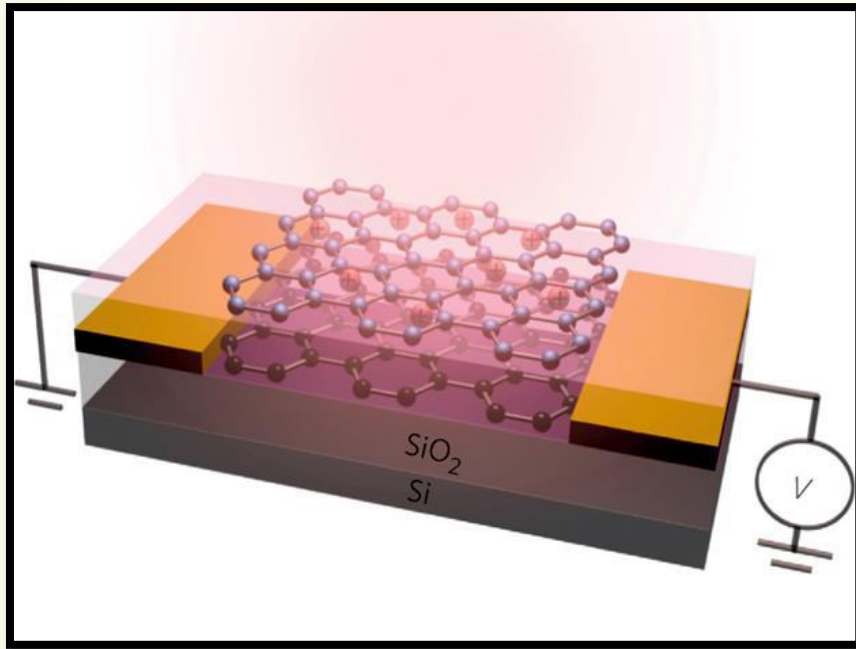
خواص گرافن

روش های ساخت
گرافن

ادوات الکترونیکی
مبتنی بر گرافن

منابع

آشکارسازهای نوری مادون قرمز گرافینی



گاف انرژی قابل تنظیم

تحرک پذیری بالای حامل ها

قدرت انتقالات بین بانندی بالا

عملکرد در دمای بالا

استفاده از آرایه های نوارهای گرافینی

جریان تاریکی کوچک

ساخت راحت و ارزان قیمت ماده اولیه آن

وجود گاف انرژی گرافین در محدوده انرژی مادون قرمز



معرفی گرافن

خواص گرافن

روش های ساخت
گرافن

ادوات الکترونیکی
مبتنی بر گرافن

منابع

منابع

- [1] V.Skákalová, A.B.Kaiser, “Graphene : Properties, preparation, characterization and devices”, Woodhead Publishing, 2014
- [2] P.J.Wessely, F.Wessely, E.Birinci, B.Riedinger, U.Schwalke, “Transfer-free grown bilayer graphene transistors for digital applications”, Solid-State Electronics 81 ,2013, pp.86–90
- [3] Konstantatos, Gerasimos, et al. "Hybrid graphene-quantum dot phototransistors with ultrahigh gain." *Nature nanotechnology* 7.6 (2012): 363-368.
- [4] J. Mun, B.J.Cho, "Physical-gap-channel graphene field effect transistor with high on/off current ratio for digital logic applications" APPLIED PHYSICS LETTERS 101,143102,2012
- [5] A.Paussa, G.Fiori, P.Palestri, M.Geromel, et al, “Simulation of the Performance of Graphene FETs With a Semiclassical Model, Including Band-to-Band Tunneling” , IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES 61, 2014, 1567-1574
- [6] Wang, Xiaomu, and Xuetao Gan. "Graphene integrated photodetectors and opto-electronic devices—a review." *Chinese Physics B* 26.3 (2017): 034203.
- [7] E. Ahmadi, A. Asgari, K. Ahmadi, “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).
- [8] Goscinia, Jacek, and Dawn TH Tan. "Theoretical investigation of graphene-based photonic modulators." *Scientific reports* 3 (2013).



از توجه شما
سپاسگزارم