



مواد پایه گرافنی

علم و فناوری

تألیف:

سوبیا الوالیان

آشوک کومار

ترجمه:

دکتر میثم جلالی

عضو هیأت علمی دانشگاه علم و صنعت

دکتر مهدی ملکی

پاییز ۱۳۹۵

سرشناسه	: آلواراپان، سوبیا
عنوان و نام پدیدآور	Alwarappan, Subbiah
مشخصات نشر	: مواد پایه گرافنی علم و فناوری/ تألیف سوبیا آلواراپان، آشوک کومار؛ ترجمه میثم جلالی، مهدی ملکی.
مشخصات ظاهری	: تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ۱۳۹۵.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۶۴۸-۶
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Graphene-based materials: science and technology, c2014.
موضوع	: مواد نانوساختار
موضوع	: Nanostructured materials
موضوع	: گرافین
موضوع	: Graphene
شناسه افزوده	: کومار، آشوک
شناسه افزوده	: Kumar, Askor
شناسه افزوده	: جلالی، میثم، ۱۳۶۲- مترجم
شناسه افزوده	: ملکی، مهدی، ۱۳۶۰- مترجم
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
رده‌بندی کنگره	: TA۴۰۱/۷۵ ۱۳۹۵
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۰/۱۱۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۸۴۷۵۴

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۵/۳/۲۳ شورای چاپ و نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب
ترجمه
ناشر
لیتوگرافی، چاپ و صحافی
چاپ اول
تیراژ
قیمت
شابک

مواد پایه گرافنی علم و فناوری
دکتر میثم جلالی، دکتر مهدی ملکی
انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
پاییز ۱۳۹۵
۳۰۰ نسخه
۱۰۷۰۰ تومان

ISBN : 978-964-463-648-6

۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۶۴۸-۶

آدرس مرکز پخش: خیابان ولیعصر، زویروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر
دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸
حق چاپ برای ناشر محفوظ است.
این کتاب برای جلوگیری از انتشار غیرمجاز رمزگذاری شده است.

« فهرست مطالب »

۵	پیشگفتار مؤلفین
۹	پیشگفتار مترجمین
۱	فصل اول: مقدمه‌ای بر گرافن
۱	۱-۱- گرافن؛ تاریخچه و پیش‌زمینه
۴	۲-۱- خواص گرافن
۴	۳-۱- ویژگی انتقال الکتریکی
۱۲	۴-۱- اثر هال کوانتومی
۱۴	۳-۲-۱- خواص نوری
۱۷	۴-۲-۱- خواص مکانیکی
۱۸	۵-۲-۱- خواص حرارتی
۲۰	مراجع
۲۹	فصل دوم: سنتز گرافن
۲۹	۱-۲- مقدمه
۲۹	۲-۲- لایه‌برداری مکانیکی
۳۳	۳-۲- جایگزین‌هایی برای لایه‌برداری مکانیکی
۳۳	۱-۳-۲- روش شیمیایی
۳۵	۲-۳-۲- سنتز از مواد آلی
۳۶	۳-۳-۲- لایه‌نشانی
۳۶	۱-۳-۳-۲- مرور کلی
۳۷	۲-۳-۳-۲- رسوب شیمیایی بخار
۳۹	۳-۳-۳-۲- رسوب شیمیایی بخار به کمک پلاسما
۴۰	۴-۳-۲- تجزیه حرارتی
۴۲	۵-۳-۲- تجزیه حرارتی روی سایر زیرلایه‌ها
۴۲	۶-۳-۲- باز کردن نانولوله‌های کربنی چنددیواره
۴۲	۷-۳-۲- سنتز الکتروشیمیایی
۴۵	۸-۳-۲- سایر روش‌های در دسترس
۴۶	مراجع

۵۳	فصل سوم: مشخصه‌یابی سطحی گرافن
۵۳	۱-۳- مشخصه‌یابی گرافن
۵۳	۱-۱-۳- تصویربرداری نوری از لایه‌های گرافن
۵۴	۲-۱-۳- روش فرونشانی فلئورسانس
۵۶	۳-۱-۳- میکروسکوپ نیروی اتمی
۵۸	۴-۱-۳- میکروسکوپ الکترونی عبوری
۶۱	۵-۱-۳- طیف‌سنجی رامان
۶۲	۶-۳- مشخصه‌یابی الکتروشیمیایی
۶۶	مراجع

۶۹	فصل چهارم: مواد پایه‌ای در گرافنی در حسگرهای گاز
۶۹	۱-۴- مواد گرافنی به نوا، حسگر گاز
۷۶	۱-۱-۴- بهبود تشخیص روی گرافن از طریق ورود افزودنی‌ها یا نواقص
۷۹	۱-۱-۱-۴- مونوکسید روی گرافن
۸۲	۲-۱-۱-۴- مونوکسید نیتروژن گرافن
۸۲	۳-۱-۱-۴- دی‌اکسید نیتروژن روی گرافن
۸۳	۴-۱-۱-۴- آمونیاک روی گرافن
۸۴	۲-۱-۴- چگالی حالت‌ها در سیستم گرافن-اکون
۸۶	۳-۱-۴- منحنی‌های $I-V$ مولکول‌ها روی گرافن
۸۷	۴-۱-۴- نگرانی‌ها برای کاربرد عملی
۸۸	۲-۴- گرافن به عنوان یک غشاء برای جداسازی گازها
۱۰۰	مراجع

۱۰۵	فصل پنجم: مواد پایه گرافنی در زیست‌حسگرها و ذخیره‌سازی انرژی
۱۰۵	۱-۵- زیست‌حسگرهای الکتروشیمیایی مبتنی بر گرافن
۱۰۵	۱-۱-۵- زیست‌حسگرهای آنزیمی پایه گرافنی
۱۰۷	۲-۱-۵- زیست‌حسگرهای گرافن-DNA
۱۰۸	۳-۱-۵- حسگرهای گرافنی برای آشکارسازی یون فلزات سنگین
۱۰۹	۴-۱-۵- گرافن برای تعیین سریع توالی مولکول‌های DNA

۱۱۷	۲-۵- گرافن برای کاربردهای ذخیره انرژی
۱۱۷	۱-۲-۵- الکترودهای شفاف مبتنی بر گرافن
۱۱۸	۲-۲-۵- ابرخازن های مبتنی بر گرافن
۱۲۵	۳-۲-۵- گرافن حاوی افزودنی نیتروژن برای احیای اکسیژنی در پیل های سوختی
۱۳۱	مراجع

۱۴۱	فصل ششم: مواد پایه گرافنی در فوتونیک و اپتوالکترونیک
۱۴۱	۱-۶- مقدمه
۱۴۳	۲-۶- جذب نور - خطی
۱۴۵	۳-۶- جذب اشباع پذیر
۱۴۶	۴-۶- لومینسانس
۱۴۸	۵-۶- هادی های شفاف
۱۴۹	۶-۶- ادوات فوتوولتائیک
۱۵۱	۷-۶- ادوات نورافشان
۱۵۲	۸-۶- آشکارسازهای نوری
۱۵۴	۹-۶- صفحات لمسی
۱۵۵	۱۰-۶- پنجره های هوشمند منعطف و نمایشگرهای در حالت
۱۵۶	۱۱-۶- جاذب های اشباع پذیر و لیزرهای فوق سریع
۱۵۹	۱۲-۶- محدودکننده های نوری
۱۶۱	۱۳-۶- مبدل های فرکانس نوری
۱۶۲	۱۴-۶- تجهیزات تراهرتز
۱۶۲	مراجع

۱۷۱	نمایه
۱۷۵	واژه نامه فارسی به انگلیسی
۱۷۹	واژه نامه انگلیسی به فارسی

پیشگفتار مؤلفین

شکلی از کربن با ضخامت یک تک‌اتم که به گرافن معروف است، به‌دلیل خواص متنوعش همچون الکتریک بی‌نظیر، اثر کوانتومی هال نیمه‌صحیح، انتقال پرتابی الکترون، ویژگی‌های اپتوالکترونیک، و کیفیت بالای کریستالی، از زمان اکتشاف تا کنون به‌طور پیوسته مورد مطالعه قرار داشته است. گرافن همچنین فرصت‌های واقعاً منحصر به فردی را در اختیار می‌گذارد، حال آنکه برخلاف اغلب سیستم‌های نیمه‌هادی، حالات الکترونی دوبعدی آن در عمق زیر سطح مدفون نبوده و می‌توان به راحتی و مستقیم از طریق تونل‌زنی یا سایر پروب‌های موضعی به آن دسترسی داشت. گرافن پراستحکام‌ترین و نازک‌ترین ماده شناخته‌شده تا به امروز است. سبب می‌شود. پیشرفت‌های شگرفی برای به کارگیری گرافن در نانوالکترونیک حاصل شده است. به علاوه، گرافن در سیستم‌های زیستی برای شناسایی DNA، RNA، پروتئین‌ها و اَبادهای نوکلئیک مورد استفاده قرار گرفته است. در ضمن، نانواپزارهای پایه گرافنی برای تشخیص باکتری‌ها و عوامل بیماری‌زا در دسترس قرار گرفته‌اند. در حال حاضر، گرافن کلید دستیابی به همه چیز، از رایانه‌های کوچک گرفته تا باتری‌ها و خازن‌های با توان ذخیره بالا محسوب می‌شود. خواص گرافن به چندین دلیل برای فیزیک‌دان‌ها، دانشمندان علم مواد و مهندسان برق حائز اهمیت و جذابیت است که یکی از آنها و نه کمترین آنها این است که ساخت مدارهایی کوچک‌تر و سریع‌تر از آنچه می‌توان با سیلیکون ساخت را ممکن می‌سازد. به‌دلیل تمام خواصی که از گرافن بروز می‌کند، گیم و نوووسیلوف که مبدعین گرافن بودند، برنده جایزه نوبل در سال ۲۰۱۰ شدند. در این کتاب،

پیشرفت‌های اخیر در پژوهش‌های مربوط به گرافن، از قبیل سنتز، خواص و کاربردهای مهم در حوزه‌های گوناگون تحلیل خواهند شد.

فصل اول یک مقدمه مختصر در خصوص تاریخچه گرافن و خواص مهم آن ارائه می‌دهد. فصل ۲ در مورد روش‌های متفاوت سنتز گرافن که در منابع مطالعاتی به آنها اشاره شده است، بحث می‌کند. فصل ۳ مروری کلی بر تعدادی از تکنیک‌های مهم مشخصه‌یابی که می‌توانند گرافن را از سایر آلوتروپی‌های آن متمایز سازند، را مطرح می‌کند. به کاربرد گرافن در حسگرهای گازی به‌طور مفصل در فصل ۴ پرداخته شده است. در فصل ۵، کاربرد گرافن در حسگرهای زیستی و ذخیره‌سازی انرژی با جزئیات زیاد مورد مطالعه قرار گرفته است. فصل ۶ نیز تجهیزات مهم فوتونیک و ادوات اپتوالکترونیک که از مواد پایه گرافنی بهره برده‌اند را معرفی می‌نماید.

علاقه‌مندیم که با پروفسور شیام موهاپاترا، محقق برجسته در مرکز پژوهشی نانوداروها، کالج دارو، دانشگاه فلوریدای جنوبی در شهر تامپا، به‌پاس پیشنهادات و نظرات ذی‌قیمتش در حین تهیه این کتاب قدردانی نماییم.

دکتر آلوارپان همچنین تمایز دارد از پروفیسور چن-ژونگ لی، دانشکده مهندسی زیست‌پزشکی، دانشگاه بین‌المللی فای‌بد در شهر میامی تشکر نماید که پژوهش‌های خود در خصوص حسگرهای زیستی الکتروشیمیایی مبتنی بر گرافن را به همراه او آغاز کرد. دکتر آلوارپان از سال ۲۰۰۹ توسط دانشکده پزشکی در تحقیقات مرتبط با گرافن حمایت شده است.

همچنین تمایل داریم از کارکنان فنی مستقر در مرکز پژوهشی-آموزشی نانوفناوری در دانشگاه فلوریدای جنوبی در شهر تامپا، به‌خاطر حمایت آنها از تحقیقاتمان درباره گرافن در دو سال اخیر تشکر نماییم.

ما قدردان حامیان مالی خود برای تهیه هزینه‌های پژوهش‌هایمان هستیم. در نهایت، دکتر آلوارپان از همسر و خانواده‌اش به‌دلیل حمایت و ترغیب آنها در مسیر آماده‌سازی این کتاب قدردانی می‌نماید.

پیشگفتار مترجمین

گرافن، تک‌لایه‌ای از اتم‌های کربن با پیوند sp^2 در یک شبکهٔ لانه‌زنبوری است که به دلیل خواص فوق‌العاده‌اش همچون چگالی جریان بالا، خنثی بودن شیمیایی، هدایت حرارتی بالا، قابلیت عبور نور، و غیره، آفاق گریزی در مقیاس نانو متری، انقلابی در علوم مربوطه ایجاد نموده است. این ماده، عنوان یکی از مواد معجزه‌آسا در قرن بیست و یکم به‌شمار می‌رود.

گرافن پس از کشف در سال ۲۰۰۴ میلادی، به‌طور پیوسته در معرض مطالعات و پژوهش‌های عمیق قرار داشته است. این ماده فرصت‌های حقیقتاً بی‌نظیری عرضه می‌کند، چرا که برخلاف اغلب سیستم‌های نیمه‌هادی، در ساختار الکترونی دوبعدی آن در عمق زیاد زیر سطح مدفون نشده و به‌راحتی می‌توان به‌طور مستقیم از طریق تونل‌زنی یا سایر پروب‌های موضعی به آن دست یافت.

با کنکاش و تحلیل آخرین پیشرفت‌ها و دستاوردها در مورد تحولات پیرامون گرافن، کتاب «مواد پایه گرافنی، دانش و فناوری» به‌سنتز، خواص و کاربردهای مهم این ماده در حوزه‌های گوناگون می‌پردازد. این کتاب روش‌های مختلف برای سنتز گرافن به‌همراه مشخصه‌یابی سطحی، خواص، و کاربرد در زیست‌حسگرها و ذخیره‌سازی انرژی را ارزیابی می‌نماید.

کتاب حاضر، ترجمه کتاب «Graphene-based materials, science and technology» نوشتهٔ سویا آلواراز پان و آشوک کومار (دانشگاه فلوریدای جنوبی، ایالات متحده) است که در سال ۲۰۱۴ میلادی توسط انتشارات معتبر و بین‌المللی CRC Press به چاپ رسیده

است. این کتاب، با یک بررسی مختصر بر تاریخچه گرافن و بحثی پیرامون خواص حائز اهمیت آن آغاز می‌شود. سپس روش‌های متنوع و در دسترس سنتز گرافن و متعاقباً، مروری کلی بر چند تکنیک مهم مشخصه‌یابی که می‌توانند گرافن را از سایر آلوتروپی‌های کربن متمایز سازند، ارائه می‌شوند. کاربردهای گرافن در الکترونیک پر سرعت، ترانزیستورهای اثر میدانی، زیست‌حسگرها، حسگرهای گاز، ابرخازن‌ها، فوتونیک، اپتوالکترونیک و رهایش دارو در ادامه مطرح می‌شوند.

این کتاب که توسط محققینی با سال‌ها تجربه در حوزه پژوهش‌های نانو فناوری نگاشته شده است، حاوی آخرین و جدیدترین یافته‌ها و دستاوردهای موجود در منابع مطالعاتی است. تأکید کتاب بر کاربردهای مختلف، خصوصاً کاربردهای زیست‌پزشکی، الکتروشیمیایی، نانو ساختار سازی انرژی، و الکترونیک، آن را از سایر کتب موجود در این زمینه متمایز ساخته است. این کتاب می‌تواند برای کسانی که بر روی گرافن و مواد مرتبط با آن کار می‌کنند، منبعی سودمند محسوب شود و می‌توانند به کمک آن، تحقیقات خود را جهت دستیابی به نتایج بهتر از دیدگاه دانشگاهی، این کتاب در سطوح عالی تحصیلات تکمیلی در رشته‌های مختلفی همچون مهندسی نانومواد، نانوشیمی، نانوفیزیک، و نانو الکترونیک قابلیت استفاده و تدریس و انجام پروژه‌های تحقیقاتی را دارا می‌باشد.

مترجمین بر خود لازم می‌دانند از انتشار این اثر در این دانشگاه صنعتی امیرکبیر که شرایط داوری، پذیرش، چاپ و انتشار کتاب حائز اهمیت را به آنها نمودند، قدردانی نمایند. امید است این کتاب برای عموم دانشگاهیان، پژوهشگران و صنعتگران عزیز مفید واقع شود. مترجمین حاصل تلاش خود را در آن می‌بینند که این اثر در راه پویایی و بالندگی دانش و فناوری کشور سهمی مفید داشته باشد.

میثم جلالی - مهدی ملکی

دانشگاه علم و صنعت ایران

تابستان ۱۳۹۵