سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization

استاندارد ملی ایران/ایزو ۱۳-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۳

تجدیدنظر اول

INSO 80004-13:2024

1st Revision

(ISO/TS 80004-13:2024, IDT)

فنّاوری نانو- واژه‌نامه – قسمت ۱۳: گرافن و سایر مواد دوبعدی (2D)

Nanotechnologies - Vocabulary – Part 13: Graphene and other two– dimensional (2D) materials

ICS: 07.120; 01.040.07

استاندارد ملی ایران/ایزو ۱۳-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۳، فنّاوری نانو- واژه‌نامه – قسمت ۱۳: گرافن و سایرمواد دوبعدی (2D)

تجدیدنظر اول

INSO 80004-13:2024, Nanotechnologies - Vocabulary – Part 13: Graphene and other two - dimensional (2D) materials – 1st Revision

ناشر:

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران:

تهران، میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

کد پستی: ۱۴۳۵۶۹۴۵۶۱

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱ ۰۲۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ ۰۲۱

کرج:

کرج، میدان استاندارد

کد پستی: ۳۱۷۴۷۳۴۵۶۳

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ ۰۲۶

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ ۰۲۶

Published by:

Iran National Standards Organization (INSO)

Tehran:

No. 2592, Valiasr Avenue, Vanak Square, Tehran

Postal code: 1435694561

P.O. Box: 14155-6139

Tel: +98 21 88879461-5

Fax: +98 21 88887103

Karaj:

Standard Square, Karaj

Postal code: 3174734563

P.O. Box: 31585-163

Tel: +98 26 32806031-8

Fax: +98 26 32808114

standard@inso.gov.ir

www.inso.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

اولین گام نظام‌مند در حوزهٔ استانداردسازی در ایران در سال ۱۳۰۴ با تصویب قانون اوزان و مقیاس‌ها برداشته شد. در سال ۱۳۳۲ با توجه به نیاز کشور به تشکیلاتی خاص برای انجام فعالیت‌های مرتبط با نظارت و انطباق کالاها با استانداردهای مرتبط ازجمله کالاهای صادراتی، مرحلهٔ مطالعاتی راه‌اندازی ادارهٔ استاندارد آغاز و در سال ۱۳۳۹ قانون تأسیس مؤسسهٔ استاندارد مصوب شد.

در سال ۱۳۴۴ با افزایش توانمندی‌های مؤسسه در زمینه‌های مختلف ازجمله تدوین استانداردهای ملی، نظارت بر کیفیت کالاهای تولید داخل، صادراتی و وارداتی، توسعهٔ فعالیت‌های آزمایشگاهی و صدور گواهی‌نامه‌های مرتبط و پس از تأسیس آزمایشگاه‌های تخصصی، با تصویب اساسنامهٔ مؤسسه در مجلس شورای ملی، نام مؤسسهٔ استاندارد به مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تغییر یافت.

در سال ۱۳۹۶ به‌موجب قانون تقویت و توسعهٔ نظام استاندارد و با هدف افزایش پوشش استاندارد به تمامی محصولات، روزآمدسازی، تقویت، توسعه و ترویج استانداردها و تحکیم جایگاه مؤسسه در سطح کشور، عنوان مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر یافت.

به‌موجب این قانون، سازمان ملی استاندارد ایران به‌عنوان یک دستگاه اجرایی مستقل زیر نظر مستقیم رئیس جمهور اداره می‌شود و مرجع رسمی حاکمیتی در زمینه سیاست‌گذاری، حسن نظارت و هدایت نظام استاندارد و اطمینان‌بخشی به کیفیت کالاها و خدماتی است که در داخل کشور تولید، ارائه و/یا به کشور وارد یا از کشور صادر می‌شود.

فعالیت‌های سازمان ملی استاندارد ایران در چهار محور انجام می‌شود، در اینجا به برخی از فعالیت‌های هر محور اشاره شده است:

۱ـ استانداردسازی: تعیین، تدوین، به‌روزرسانی و نشر استانداردهای ملی، مشارکت در تدوین استانداردهای منطقه‌ای و بین‌المللی از طریق عضویت فعال در کارگروه‌های فنی، آموزش و ترویج استانداردها و فراهم کردن امکان دسترسی مردم به مشخصات و اطلاعات مربوط به استانداردهای کالا و خدمات در سطح کشور؛

۲ـ اندازه‌شناسی: برنامه‌ریزی و نظارت بر امور اندازه‌شناسی قانونی کشور، ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها به‌عنوان سامانهٔ رسمی اندازه‌شناسی قانونی در کشور و واسنجی وسایل سنجش؛

۳ـ تأیید صلاحیت: تأیید صلاحیت نهادهای ارزیابی انطباق مانند آزمایشگاه‌های آزمون و واسنجی، نهادهای بازرسی‌کنندهٔ داخلی و خارجی، نهادهای گواهی‌کنندهٔ محصول، گواهی‌کنندهٔ اشخاص حقیقی و حقوقی و گواهی‌کنندهٔ سامانه‌های مدیریتی؛

۴ـ ارزیابی انطباق: نظارت بر حسن اجرای استانداردها و تمام کالاها و خدمات دارای پروانهٔ کاربرد نشان استاندارد، کنترل کیفیت کالاهای وارداتی به‌منظور جلوگیری از ورود کالاهای نامرغوب و حمایت از مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان داخلی، کنترل کیفیت کالاهای صادراتی به‌منظور فراهم کردن امکان رقابت با کالاهای مشابه خارجی و حفظ بازارهای بین‌المللی.

در حوزهٔ تدوین استانداردهای ملی، سازمان ملی استاندارد ایران از طریق نیازسنجی و جمع‌آوری اطلاعات از وزارتخانه‌ها، سازمان‌ها، واحدهای تولیدی و خدماتی، مراکز علمی، دانشگاهی و پژوهشی، کارگروه‌های فنی، اتحادیه‌ها و انجمن‌های صنفی و صنعتی و دفاتر تخصصی سازمان نسبت به برگزاری کارگروه ملی برنامه‌ریزی استاندارد و تعیین اولویت‌های تدوین و تجدیدنظر استانداردها اقدام می‌کند.

براساس روش اجرایی فرایند تدوین استانداردهای ملی، تهیهٔ پیش‌نویس استانداردهای ملی به دبیران واجد شرایط واگذار می‌شود تا این پیش‌نویس‌ها را براساس منابع معتبر، دستاوردهای علمی، فنّاوری‌های نوآیند و تجربهٔ جمعی، با هدف ارتقای منافع جامعه تدوین کنند. پیش‌نویس استانداردها سپس به‌منظور نظرسنجی برای مراجع ذی‌نفع و ذی‌ربط ارسال و در کارگروه ملی تصویب استاندارد، مطرح و درصورت تأیید به‌عنوان استاندارد ملی مصوب می‌شوند. استانداردهای مصوب پس از اختصاص شمارهٔ ملی از طریق درگاه اطلاع‌رسانی سازمان در دسترس عموم قرار می‌گیرند.

آشنایی با استانداردهای تخصصی دستگاه‌های اجرایی

در راستای قانون تقویت و توسعهٔ نظام استاندارد، مادهٔ ۳، تبصرهٔ ۳ که به‌موجب آن تمامی دستگاه‌های اجرایی وظیفه دارند در راستای توسعه استانداردهای ملی، استانداردهای دستگاه اجرایی مربوط را در کمیسیون‌های ذی‌ربط طرح و تدوین کرده و سپس برای بررسی و تصویب در کارگروه‌های ملی تصویب استاندارد به سازمان ملی استاندارد ارائه کنند، ستاد فنّاوری‌های نانو و میکرو با بهره‌گیری از تخصص و توانمندی ذی‌ربطان نسبت به تهیه این استاندارد ملی اقدام کرده است.

برای آشنایی با فعالیت‌های صورت‌گرفته در ستاد توسعهٔ فنّاوری‌های نانو و میکرو به وبگاه www.nano.ir مراجعه شود.

کمیسیون تدوین استاندارد

مشارکت‌کنندگان	سِمت و محل اشتغال
رئیس:	
سهرابی جهرمی، ابوذر دکتری فنّاوری نانو	رئیس هیئت مدیرهٔ شرکت راصد توسعهٔ فنّاوری‌های پیشرفته
دبیر:	
برخی، محمد کارشناسی ارشد شیمی معدنی	سرپرست معاونت آزمایشگاه‌های مرکز پژوهش‌های کاربردی علـوم زمین البرز و عضو کارگروه فنی فنّاوری نانو INSO/ISO/TC 229
اعضا: (اسامی به‌ترتیب حروف الفبا)	
اسلامی‌پور، الهه کارشناسی ارشد زیست‌شناسی	کارشناس مسئول گروه استاندارد و ایمنی ستاد توسعهٔ فنّاوری‌های نانو و میکرو
دارابی، عادله دکتری فیزیک حالت جامد	عضو مستقل و عضو کارگروه فنـی فنّـاوری نـانو INSO/ISO/TC 229
سیفی، مهوش کارشناسی ارشد مدیریت دولتی	کارشناس رسمی استاندارد و نایب‌رئیس کارگروه فنی فنّاوری نـانو INSO/ISO/TC 229
شاکری، روشنک کارشناسی ارشد فیزیک اتمی مولکولی	کارشناس استاندارد سازمان ملی استاندارد ایران
صادق‌حسنی، صدیقه دکتری شیمی تجزیه الکتروشیمی	عضو هیئت علمی بازنشستهٔ پژوهشگاه صنعت نفت و مدیر تحقیـق و توسعهٔ شرکت آرال تجهیز آزما
ظریف، محمود کارشناسی ارشد زبانشناسی همگانی	پژوهشگر فرهنگستان زبان و ادب فارسی
کلایی، محمدرضا دکتری تخصصی مهندسی پلیمر	دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب
منتظری، مانی کارشناسی ارشد مهندسی مواد و متالورژی	مدیرعامل شرکت نوین فن سنجش آویسا
نجفی اصلی پاشاکی، شبنم دکتری شیمی- تجزیه جداسازی	مدیر فنی آزمایشگاه‌های مرکز پژوهش‌های کـاربردی علـوم زمـین البرز و عضو کارگروه فنی فنّاوری نانو INSO/ISO/TC 229

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ز
مقدمه ح
۱ هدف و دامنهٔ کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۱
۳-۱ اصطلاحات مربوط به مواد ۱
۳-۱-۱ اصطلاحات عمومی مربوط به گرافن و سایر مواد دوبعدی ۱
۳-۱-۲ اصطلاحات مربوط به مواد دوبعدی مرتبط با گرافن ۷
۳-۱-۳ اصطلاحات مربوط به سایر مواد دوبعدی ۱۲
۳-۲ اصطلاحات مربوط به روش‌های تولید مواد دوبعدی ۱۴
۳-۲-۱ گرافن و تولید مواد دوبعدی مرتبط ۱۴
۳-۲-۲ تولید نانوروبان ۲۰
۳-۳ اصطلاحات مربوط به روش‌های مشخصه‌یابی مواد دوبعدی ۲۱
۳-۳-۱ روش‌های مشخصه‌یابی ساختاری ۲۱
۳-۳-۲ روش‌های مشخصه‌یابی شیمیایی ۲۵
۳-۳-۳ روش‌های مشخصه‌یابی الکتریکی ۲۶
۳-۴ اصطلاحات مربوط به مشخصه‌های مواد دوبعدی ۲۹
۳-۴-۱ مشخصه‌ها و اصطلاحات مربوط به خواص ساختاری و ابعادی مواد دوبعدی ۲۹
۳-۴-۲ مشخصه‌ها و اصطلاحات مربوط به خواص شیمیایی مواد دوبعدی ۳۳
۳-۴-۳ مشخصه‌ها و اصطلاحات مربوط به خواص نوری و الکتریکی مواد دوبعدی ۳۴
۴ اصطلاحات کوته‌نوشت ۳۵
کتابنامه ۳۷

فهرست الفبایی واژه‌های به‌کاررفته به‌ترتیب الفبای فارسی ۳۸
فهرست الفبایی واژه‌های به‌کاررفته به‌ترتیب الفبای انگلیسی ۴۲

شکل ۱: نمونه‌هایی از مواد دوبعدی و پیکربندی‌های گوناگون انباشت¬شده در لایه‌های گرافن ح
شکل ۲ : اصطلاحات عمومی برای توصیف مادهٔ دوبعدی تقسیم¬شده به دو دسته اصطلاحات مرتبط با عملکرد و ترکیب‌بندی ط
شکل ۳: طرح‌نمونه‌ای از ذره گرافن چند لایهٔ توربواستراتیک ۱۱

پیشگفتار

این استاندارد به‌استناد بند ۱ مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعهٔ نظام استاندارد، مصوب ۱۳۹۶/۱۰/۰۲ منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران براساس استاندارد ملی ایران ۵ و روش اجرایی تدوین استانداردهای ملی ایران تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم، فنّاوری و خدمات، استانداردهای ملی درصورت لزوم تجدیدنظر شده یا برای آن‌ها اصلاحیه و/یا تصحیح‌نامه منتشر می‌شود.

این استاندارد، استاندارد ملی زیر را باطل و جایگزین آن می‌شود:

استاندارد ملی ایران/ایزو ۱۳-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۷، *فناوری نانو- واژه‌نامه – قسمت ۱۳: گرافن و مواد دوبعدی مرتبط*

این استاندارد در جلسهٔ شمارهٔ ... مورخ .../.../... کارگروه ملی تصویب استانداردهای فنّاوری نانو مصوب شده است.

این استاندارد برمبنای پذیرش منبع زیر به‌روش «همسان» تهیه و تدوین شده است:

– ISO/TS 80004-13 :2024, Nanotechnologies - Vocabulary – Part 13: Graphene and other two - dimensional (2D) materials

مقدمه

در طول دهۀ گذشته، توجه علمی و تجاری بسیاری به گرافن جلب شده است که به‌دلیل بسیاری از خواص استثنایی، مانند خواص رسانندگی الکتریکی و گرمایی وابسته به این ماده است. اخیراً، مواد دیگری با ساختاری مشابه گرافن، خواص نویدبخشی از خود نشان داده‌اند، از جمله:

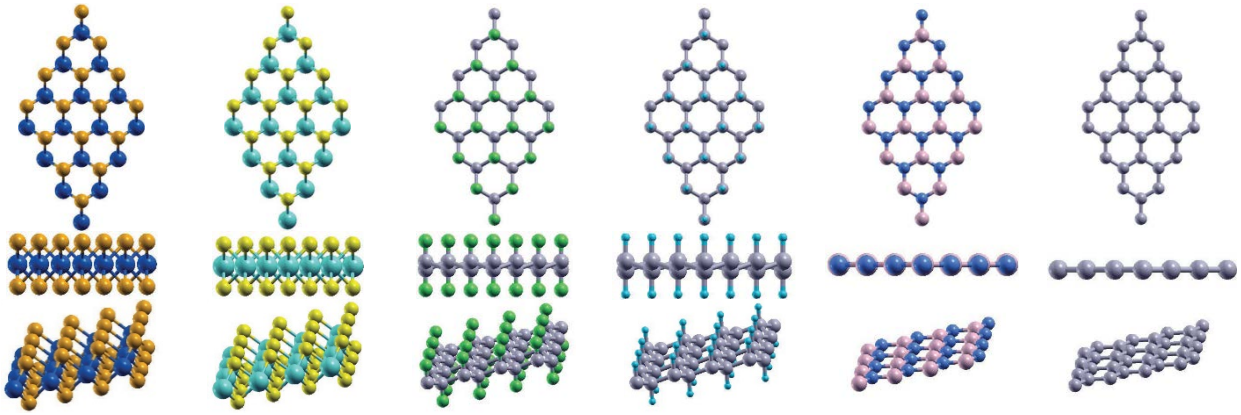
الف) گونه‌های تک‌لایه و کم‌لایۀ بور نیترید شش‌گوشه‌ای(hBN)[1].

ب) دی کالکوژنیدهای[2] فلزات واسطه مانند مولیبدن دی‌سولفید (MoS_2)[3] و تنگستن دی‌سلنید (WSe_2)[4].

پ) سیلیسین[5] و ژرمانن[6].

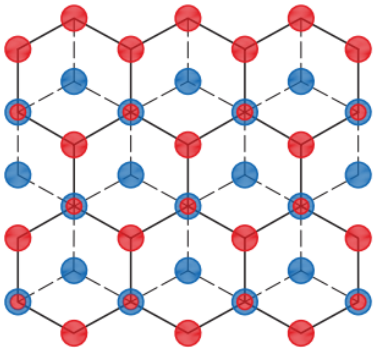
ت) مجموعه‌های لایه‌ای از مخلوط این مواد.

ضخامت این مواد در محدودۀ نانومقیاس یا کوچکتر است و از یک تا چند لایه تشکیل شده است. بدین‌ترتیب این مواد، مواد دوبعدی (2D) نامیده می‌شوند، زیرا آنها یک بعد در اندازۀ نانومقیاس یا کوچکتر دارند و دو بعد دیگر به‌طور کلی در مقیاس بزرگتر از اندازۀ نانو است. یک مادۀ لایه‌ای شامل لایه‌های دوبعدی با انباشت یا پیوندی ضعیف است که ساختاری سه‌بعدی را تشکیل می‌دهند. نمونه‌هایی از مواد دوبعدی و پیکربندی‌های مختلف انباشت گرافن در شکل ۱ نشان داده شده است. مادۀ دوبعدی لزوما به لحاظ توپوگرافی درواقع مسطح نیستند و می‌توانند ساختار خمیده داشته باشند. این مواد همچنین می‌توانند انبوهه‌ها[7] و کلوخه‌هایی[8] تشکیل دهند که ممکن است ریخت‌شناسی‌های[9] مختلفی داشته باشند. مواد دوبعدی زیرمجموعۀ مهمی از نانومواد هستند.

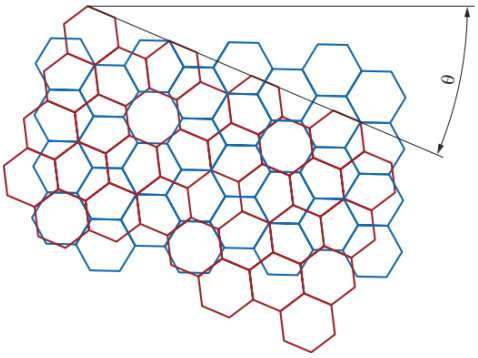


الف) نمونه‌هایی از مواد دوبعدی مختلف شامل عناصر و ساختارهای مختلف نشان داده شده با گوی‌های رنگی مختلف و نمای بالا به پایین و جانبی

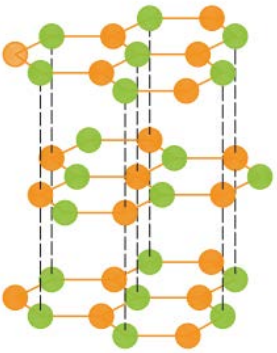
[1] hexagonal boron nitride
[2] dichalcogenides
[3] Molybdenum disulphide
[4] Tungsten diselenide
[5] Silicene
[6] Germanene
[7] aggregate
[8] agglomerate
[9] morphology



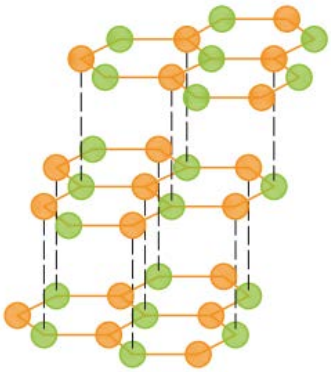
ب) گرافن دولایه با انباشت برنال (۳-۱-۲-۷)



پ) گرافن دولایهٔ ی یا دولایهٔ پیچ‌خورده با زاویهٔ انباشت نسبی (θ) (۳-۱-۲-۸)



ABA سه‌لایه



ABC سه‌لایه

ت) گرافن سه‌لایه (۳-۱-۲-۱۰) با انباشت برنال (AB) (۳-۱-۴-۱۲) و گرافن سه‌لایه (۳-۱-۲-۱۰) با انباشت لوزوجهی (ABC) (۳-۱-۴-۱۳)

شکل ۱: نمونه‌هایی از مواد دوبعدی و پیکربندی‌های گوناگون انباشت‌شده در لایه‌های گرافن

از آنجایی‌که تعداد نشریات، ثبت اختراعات و سازمان‌ها به‌سرعت در حال افزایش است، بسیار مهم است که اصطلاح‌شناسی گرافن، مواد مرتبط با گرافن و سایر مواد دو بعدی در سطح بین‌المللی استانداردسازی شود. با توجه به تجاری‌سازی و فروش این مواد در سرتاسر جهان به واژه‌نامهٔ مشترکی برای این مواد نیاز است.

این استاندارد شامل اصطلاحات عمومی مربوط به مواد دوبعدی، اصطلاحات مربوط به گرافن و سایر مواد دوبعدی است. این استاندارد اصطلاحات مربوط به روش‌های متداول مورد استفاده برای تولید و مشخصه‌یابی مواد دوبعدی را به‌همراه اصطلاحات مربوط به مشخصه‌های مواد دوبعدی ارائه می‌کند. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده، این استاندارد شامل اصطلاحات مربوط به عملکرد، مانند «-بهبود» و «-پدیدآمده» و موارد مرتبط با ترکیب‌بندی، مانند «-پایه» و «-اصلاح‌شده» است.

شکل ۲ : اصطلاحات عمومی برای توصیف مادهٔ دوبعدی تقسیم‌شده به دو دسته اصطلاحات مرتبط با عملکرد و ترکیب‌بندی

این استاندارد مربوط به یک واژه‌نامهٔ چندقسمتی است که جنبه‌های مختلف فناوری نانو را پوشش می‌دهد. این استاندارد برپایهٔ استانداردهای ملی ایران/ایزو شماره‌های ۱-۸۰۰۰۴، ۳-۸۰۰۰۴ و ۶-۸۰۰۰۴ تدوین شده است و از تعاریف موجود در آنها استفاده می‌کند.

مجموعه استاندارد ملی ایران/ایزو ۸۰۰۰۴ و مجموعه استاندارد ملی ایران ۱۸۳۹۲تحت عنوان کلی فناوری نانو- واژه‌نامه، شامل قسمت‌های زیر است:

- قسمت ۱: واژگان پایه
- قسمت ۲: نانواشیاء
- قسمت ۳: نانواشیاء کربنی
- قسمت ۴: مواد نانوساختار
- قسمت ۵: فصل مشترک نانو/ زیست
- قسمت ۶: مشخصه‌یابی نانواشیاء
- قسمت ۷: تشخیص و درمان برای سلامتی
- قسمت ۸: فرآیندهای ساخت نانومواد
- قسمت ۹: محصولات و سامانه‌های برقی نانوپدید
- قسمت ۱۰: اجزا و سامانه‌های فوتونیک نانوپدید
- قسمت ۱۱: نانولایه‌ها، نانوپوشش‌ها، نانولایه‌های نازک و واژه‌نامه مربوط به آن
- قسمت ۱۲: پدیده‌های کوانتومی در فناوری نانو
- قسمت ۱۳: گرافن و سایرمواد دوبعدی

فنّاوری نانو- واژه‌نامه – قسمت ۱۳: گرافن و سایر مواد دوبعدی (2D)

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

این استاندارد، اصطلاحاتی را برای گرافن، مواد دوبعدی (2D) مرتبط با گرافن و سایر مواد دوبعدی تعریف می‌کند. این استاندارد شامل اصطلاحات مربوط به روش‌های تولید، خواص و مشخصه‌یابی است.

این استاندارد به منظور تسهیل ارتباطات بین سازمان‌ها و افرادی که در تحقیقات و صنعت اشتغال دارند و سایر طرف‌های علاقه‌مند و همهٔ کسانی که با آن‌ها تعامل دارند، تدوین شده است.

۲ مراجع الزامی

در این استاندارد، مراجع الزامی وجود ندارد.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود[۱].

۳-۱ اصطلاحات مربوط به مواد

۳-۱-۱ اصطلاحات عمومی مربوط به گرافن و سایر مواد دوبعدی

۳-۱-۱-۱

مادهٔ دوبعدی

two-dimensional material

2D material

مادهٔ متشکل از یک یا چند *لایه* (۳-۱-۱-۸) که اتم‌های هر لایه با اتم‌های همسایهٔ خود در همان لایه پیوند قوی دارند و در یک بعد، ضخامت آن، در مقیاس نانو یا کوچکتر است و ابعاد دیگر به‌طور کلی دارای مقیاس بزرگتر است.

نکتهٔ ۱ مدخل: هنگامی‌که یک مادهٔ دوبعدی به یک مادهٔ توده‌ای تبدیل می‌شود، تعداد لایه‌ها بسته به ماده و خواص مورد اندازه‌گیری متفاوت است. در مورد *لایه‌های گرافن* (۳-۱-۲-۱)، برای اندازه‌گیری‌های الکتریکی تا ۱۰ لایه یک ماده دوبعدی محسوب می‌شود (ردیف [۱۰] کتاب‌نامه) و برای تعداد لایه‌های بیشتر از آن، خواص الکتریکی مواد با خواص الکتریکی توده [که به‌عنوان *گرافیت* (۳-۱-۲-۲) نیز شناخته می‌شود] تمایزی ندارند.

نکتهٔ ۲ مدخل: پیوند بین‌لایه‌ای، متمایز و ضعیف‌تر از پیوند درون‌لایه‌ای است.

---

[۱] اصطلاحات و تعاریف به‌کاررفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه‌های زیر قابل دسترس است:

www.iso.org/obp
www.electropedia.org

نکتهٔ ۳ مدخل: هر لایه می‌تواند بیش از یک عنصر داشته باشد.

نکتهٔ ۴ مدخل: یک مادهٔ دوبعدی می‌تواند یک *نانوصفحه* (۳-۱-۱-۵) باشد.

۳-۱-۱-۲

مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن

منسوخ: مادهٔ پایه‌گرافنی، مادهٔ گرافنی

graphene-related 2D material

GR2M

DEPRECATED: graphene-based material, graphene-material

مادهٔ دوبعدی (۳-۱-۱-۱) پایه‌کربنی متشکل از یک تا ۱۰ *لایه* (۳-۱-۱-۸)، شامل *گرافن* (۳-۱-۲-۱)، *گرافن‌اکسید* (۳-۱-۲-۱۵)، *گرافن‌اکسید کاهش‌یافته* (۳-۱-۲-۱۶) و انواع عامل‌دارشدهٔ آن.

نکتهٔ ۱ مدخل: مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن شامل *گرافن دولایه* (۳-۱-۲-۷)، *گرافن سه‌لایه* (۳-۱-۲-۱۰) و *گرافن کم‌لایه* (۳-۱-۲-۱۱) است.

نکتهٔ ۲ مدخل: اصطلاحات مادهٔ پایه‌گرافنی و مادهٔ گرافنی در اینجا منسوخ هستند. از آنها برای توصیف موادی غیر از گرافن، مانند گرافن‌اکسید استفاده شده است.

نکتهٔ ۳ مدخل: «مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن» در مقابل *پایه‌گرافنی* (۳-۱-۱-۲۰) و *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن* (۳-۱-۱-۲۱) تعریف شده است.

۳-۱-۱-۳

پَرَک

flake

<مادهٔ دوبعدی> ذرهٔ مجزا با ریخت‌شناسی مسطح، متشکل از یک یا چند *لایه* (۳-۱-۱-۸) از مواد، با ضخامت در مقیاس نانو که به‌طور قابل‌توجهی کوچکتر از ابعاد جانبی آن است.

۳-۱-۱-۴

برگ

sheet

<مادهٔ دوبعدی> *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) که معمولاً روی یک بستره[1]، با ابعاد جانبی گسترده در مقیاس میکرو تا ماکرو قرار می‌گیرند.

۳-۱-۱-۵

نانوصفحه

nanoplate

نانوشیئی با یک بعد خارجی در مقیاس نانو و دو بعد خارجی دیگر که به‌طور قابل ملاحظه‌ای بزرگترند.

[1] substrate

نکتهٔ ۱ مدخل: ابعاد خارجی بزرگتر، لزوما در مقیاس نانو نیستند.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۲، (ردیف [۳] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۳-۳-۶]

۳-۱-۱-۶

نانوفویل

نانوبرگ

nanofoil

nanosheet

نانوصفحه‌ای (۳-۱-۱-۵) که در ابعاد جانبی، گسترده شده است.

یادآوری ۱- نانوفویل و نانوبرگ در صنایع خاص، به‌صورت هم‌معنا استفاده می‌شوند.

یادآوری ۲- نانوفویل و نانوبرگ نسبت به نانوصفحه یا نانوپرک طول و عرض بزرگتری دارند.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۲، (ردیف [۳] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۳-۳-۶-۲]

۳-۱-۱-۷

نانوروبان

نانونوار

nanoribbon
nanotape

نانوصفحه‌ای (۳-۱-۱-۵) با دو بعد بزرگتر که به‌طور قابل‌توجهی متفاوت از یکدیگرند.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۲، (ردیف [۳] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۳-۳-۱۰]

۳-۱-۱-۸

لایه

تک‌لایه

layer

monolayer

ماده‌ای مجزا در سطح یا داخل یک فاز چگال که در یک بعد محدود شده است.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۲، (ردیف [۳] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۳-۶-۲]

۳-۱-۱-۹

نقطهٔ کوانتومی

quantum dot

نانوذره یا ناحیه‌ای که محصورشدن کوانتومی را در هر سه بعد فضایی نشان می‌دهد.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۱۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، (ردیف [۷] کتابنامه) مدخل اصطلاحی ۴-۱]

۳-۱-۱-۱۰

بهبود

بهبودیافته

Enhanced

<مادۀ دوبعدی> ظهور عملکرد یا کارکردی که با استفاده از یک *مادۀ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) شدت یا بهبود یافته است.

مثال: فیلم گرافن‌اکسیدبهبود (فیلم بهبودیافته باگرافن‌اکسید)

نکتۀ ۱ مدخل: در محصولات بهبودیافته، مادۀ دوبعدی معمولاً در غلظت کم در محصول استفاده می‌شود.

نکتۀ ۲ مدخل: استفادۀ معمول عبارت است از: «ب الف‌بهبود» (مثال: فیلم گرافن‌اکسیدبهبود) که در آن الف مادۀ دوبعدی و ب محصول است.

نکتۀ ۳ مدخل: با *پایه* (۳-۱-۱-۱۹) مقایسه کنید.

۳-۱-۱-۱۱

گرافن‌بهبود

graphene-enhanced

ظهور عملکرد یا کارایی که با استفاده از *گرافن* (۳-۱-۲-۱) شدت یا بهبود یافته است.

مثال: سلول‌های خورشیدی گرافن‌بهبود (سلول‌های خورشیدی بهبودیافته با گرافن).

نکتۀ ۱ مدخل: در محصولات گرافن‌بهبود، گرافن معمولاً در غلظت کم در محصول استفاده می‌شود.

نکتۀ ۲ مدخل: در استفادۀ متداول، این اصطلاح اغلب به اشتباه فقط برای *گرافن تک‌لایه* (۳-۱-۲-۱) استفاده نمی‌شود، بلکه برای *مادۀ دوبعدی مرتبط با گرافن* (۳-۱-۱-۲) نیز به‌کار می‌رود. اصطلاح صحیح، *مادۀ دوبعدی مرتبط با گرافن‌بهبود* (۳-۱-۱-۱۲) یا برای مثال هنگام اشاره به نانوصفحه‌های کوچک گرافن: نانوصفحه‌های کوچک گرافن‌بهبود است.

نکتۀ ۳ مدخل: با *گرافن‌پایه* (۳-۱-۱-۲۰) مقایسه شود.

۳-۱-۱-۱۲

مادۀ دوبعدی مرتبط با گرافن‌بهبود

منسوخ: گرافن‌بهبود

GR2M-enhanced
DEPRECATED: graphene-enhanced

ظهور عملکرد یا کارکردی که با استفاده از *مادۀ دوبعدی مرتبط با گرافن* (۳-۱-۱-۲) شدت یا بهبود یافته است

مثال: سلول‌های خورشیدی مادۀ دوبعدی مرتبط با گرافن‌بهبود.

نکتۀ ۱ مدخل: در محصولات مادۀ دوبعدی مرتبط با گرافن‌بهبود، مادۀ دوبعدی مرتبط با گرافن معمولاً در غلظت کم در محصول استفاده می‌شود.

نکتۀ ۲ مدخل: با *مادۀ دوبعدی مرتبط با گرافن‌پایه* (۳-۱-۱-۲۱) مقایسه شود.

نکتهٔ ۳ مدخل: گرافن‌بهبود منسوخ است زیرا استفاده از این اصطلاح فقط برای استفاده از گرافن *(تک لایه)* (۳-۱-۲-۱) همانطور که در زیربند ۳-۱-۱-۱۱ تعریف شده است کاربرد دارد.

۳-۱-۱-۱۳

اصلاح

اصلاح‌شده

modified

<مادهٔ دوبعدی> افزودن هدفمند *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) است.

نکتهٔ ۱ مدخل: استفاده معمول این است: «الف‌اصلاح» (مثال: گرافن‌اصلاح یا گرافن اصلاح‌شده) که در آن الف یک مادهٔ دوبعدی خاص یا یک رده از مادهٔ دوبعدی است.

نکتهٔ ۲ مدخل: استفاده از این اصطلاح به معنای افزایش خواص یا عملکرد از طریق استفاده از مادهٔ دوبعدی نیست.

۳-۱-۱-۱۴

گرافن‌اصلاح

گرافن اصلاح‌شده

graphene-modified

افزودن هدفمند *گرافن* (۳-۱-۲-۱) به یک ماده است.

نکتهٔ ۱ مدخل: در استفادهٔ متداول، این اصطلاح اغلب به اشتباه فقط برای *گرافن تک‌لایه* (۳-۱-۲-۱) استفاده نمی‌شود، بلکه برای *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن* (۳-۱-۱-۲) نیز به‌کار می‌رود. اصطلاح صحیح، *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن اصلاح‌شده* (۳-۱-۱-۱۵) یا برای مثال هنگام اشاره به نانوصفحه‌های کوچک گرافن: نانوصفحه‌های کوچک گرافن‌اصلاح است.

نکتهٔ ۲ مدخل: استفاده از این اصطلاح به معنای افزایش خواص یا عملکرد از طریق استفاده از گرافن نیست.

۳-۱-۱-۱۵

مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن‌اصلاح

مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن اصلاح‌شده

منسوخ: گرافن‌اصلاح

GR2M-modified
DEPRECATED: graphene-modified

افزودن هدفمند *مادهٔ دوبعدی مرتبط به گرافن* (۳-۱-۱-۲) به یک ماده است.

نکتهٔ ۱ مدخل: گرافن‌اصلاح منسوخ است، زیرا استفاده از این اصطلاح فقط برای استفاده از *گرافن تک‌لایه* (۳-۱-۲-۱) مطابق با تعریف مدخل اصطلاحی ۳-۱-۱-۱۴ اعمال می‌شود.

نکتهٔ ۲ مدخل: استفاده از این اصطلاح به معنای افزایش خواص یا عملکرد از طریق استفاده از *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن* نیست.

۳-۱-۱-۱۶

پدید

پدیدآمده

Enabled

<مادهٔ دوبعدی> ظهور عملکرد یا کارکردی که با استفاده از *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) امکان‌پذیر است.

نکتهٔ ۱ مدخل: استفاده معمول این است: «الف‌پدید»، که در آن الف یک مادهٔ دوبعدی خاص یا یک رده از مادهٔ دوبعدی است.

۳-۱-۱-۱۷

گرافن‌پدید

graphene-enabled

ظهور عملکرد یا کارکردی که با استفاده از *گرافن* (۳-۱-۲-۱) امکان‌پذیر است.

نکتهٔ ۱ مدخل: در استفادهٔ متداول، این اصطلاح اغلب به اشتباه فقط برای *گرافن تک‌لایه* (۳-۱-۲-۱) استفاده نمی‌شود و برای *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن* (۳-۱-۱-۲) نیز استفاده می‌شود. اصطلاح صحیح، *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن‌پدید* (۳-۱-۱-۱۸) است یا برای مثال هنگام اشاره به نانوصفحه‌های کوچک گرافن: نانوصفحه‌های کوچک *گرافن‌پدید* است.

۳-۱-۱-۱۸

مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن‌پدید

منسوخ: گرافن‌پدید

GR2M-enabled
DEPRECATED: graphene-enabled

ظهور عملکرد یا کارکردی که با استفاده از *مادهٔ دوبعدی مرتبط به گرافن* (۲-۱-۱-۳) امکان‌پذیر است.

نکتهٔ ۱ مدخل: گرافن‌پدید منسوخ است زیرا استفاده از گرافن‌پدید فقط برای استفاده از *گرافن تک‌لایه* (۳-۱-۲-۱) همانطور که در زیربند ۳-۱-۱-۱۷ تعریف شده است اعمال می‌شود.

۳-۱-۱-۱۹

پایه

برپایهٔ

Based

<مادهٔ دوبعدی> عمدتاً متشکل از یک جزء کلیدی یا به‌عنوان یک جزء کلیدی است.

مثال: مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن‌پایه، برپایه گرافن‌کم‌لایه،

نکتهٔ ۱ مدخل: استفاده معمولی عبارت است از: «الف ب‌پایه»، که در آن ب یک *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) خاص یا رده‌ای از مادهٔ دوبعدی است و الف محصول است.

نکتهٔ ۲ مدخل: هنگام استفاده این اصطلاح به‌عنوان محصول، منظوراین است که بیشتر قسمت کاربردی محصول از مادهٔ دوبعدی مشخص‌شده تشکیل شده است.

۳-۱-۱-۲۰

گرافن‌پایه

برپایهٔ‌گرافن

graphene-based

عمدتاً متشکل از *گرافن* (۳-۱-۲-۱) یا با گرافن به‌عنوان یک جزء کلیدی است.

مثال: حسگر گرافن‌پایه، جوهر گرافن‌پایه.

نکتهٔ ۱ مدخل: به‌طور معمول، بیشتر قسمت عملکردی محصول، از گرافن تشکیل شده است.

نکتهٔ ۲ مدخل: درحالی‌که گرافن‌پایه یک عبارت متداول است، در بسیاری از موقعیت‌ها استفاده از اصطلاحات متفاوتی مانند *گرافن‌بهبود* (۳-۱-۱-۱۱)، *گرافن اصلاح* (۳-۱-۱-۱۴) یا *گرافن‌پدید* (۳-۱-۱-۱۷) صحیح‌تر است.

نکتهٔ ۳ مدخل: در استفادهٔ متداول، این اصطلاح اغلب به اشتباه فقط برای *گرافن تک‌لایه* (۳-۱-۲-۱) استفاده نمی‌شود، بلکه برای *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن* (۳-۱-۱-۲) نیز به کارمی‌رود. عبارت صحیح، *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن‌پایه* (۳-۱-۱-۲۱) یا برای مثال هنگام اشاره به نانوصفحه‌های کوچک گرافن: نانوصفحه‌های کوچک گرافن‌پایه است.

۳-۱-۱-۲۱
مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن‌پایه

منسوخ: گرافن‌پایه

GR2M-based
DEPRECATED: graphene-based

عمدتاً متشکل از *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن* (۲-۱-۱-۳) است یا با مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن به‌عنوان یک جزء کلیدی است.

نکتهٔ ۱ مدخل: به‌طور معمول، در این تعریف منظور این است که بیشترین بخش عملکردی محصول از مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن تشکیل شده است.

نکتهٔ ۲ مدخل: در بسیاری از مواقع، استفاده از عبارت متفاوتی مانند *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن‌بهبود* (۳-۱-۱-۱۲)، *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن‌اصلاح* (۳-۱-۱-۱۵) یا *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن‌پدید* (۳-۱-۱-۱۸) صحیح‌تر است.

نکتهٔ ۳ مدخل: گرافن‌پایه منسوخ است، زیرا استفاده از گرافن‌پایه تنها برای استفاده از *گرافن تک‌لایه* (۳-۱-۲-۱) همانطور که در (۳-۱-۱-۲۰) تعریف شده است، اعمال می‌شود.

۳-۱-۲ اصطلاحات مربوط به مواد دوبعدی مرتبط با گرافن

۳-۱-۲-۱
گرافن
لایهٔ گرافن
گرافن تک‌لایه
گرافن یک‌لایه

graphene
graphene layer
single layer graphene
monolayer graphene
1LG

تک‌لایه‌ای (۳-۱-۱-۸) از اتم‌های کربن که در آن هر اتم به سه اتم همسایه در یک ساختار لانه‌زنبوری متصل شده است.

نکتهٔ ۱ مدخل: گرافن، واحد سازندهٔ مهم در بسیاری از نانواشیاء کربنی است.

نکتهٔ ۲ مدخل: ازآنجایی‌که گرافن تک‌لایه است، گاهی برای متمایز شدن از *گرافن دولایه* (2LG) (۳-۱-۲-۷) و گرافن کم‌لایه (FLG) (۳-۱-۲-۱۱)، گرافن تک‌لایه یا یک‌لایه و به اختصار 1LG نامیده می‌شود.

نکتهٔ ۳ مدخل: گرافن لبه‌هایی دارد و در جاهایی که پیوندها از هم گسیخته می‌شود می‌تواند نقص‌ها و مرزهای دانه‌ای داشته باشد.

نکتهٔ ۴ مدخل: در شرایطی که واژهٔ گرافن به‌عنوان صفت استفاده می‌شود، از جمله در اصطلاحاتی مانند گرافن‌پدید، این اصطلاح معمولاً و به اشتباه به *مواد دوبعدی مرتبط با گرافن* (۳-۱-۲-۷) و گرافن تک‌لایه اشار دارد.

۳-۱-۲-۲

گرافیت

Graphite

یکی از شکل‌های آلوتروپی[1] (حالت چندشکلی) عنصر کربن، متشکل از *لایه‌های گرافن* (۳-۱-۲-۱) که به‌صورت موازی با هم و به‌طور سه‌بعدی، بلورین و با نظم بلندبرد روی هم انباشته شده است.

نکتهٔ ۱ مدخل: از فرهنگ جامع اصطلاح‌شناسی شیمی IUPAC[2] اقتباس شده است.

نکتهٔ ۲ مدخل: دو شکل آلوتروپی دیگر با انباشتی متفاوت وجود دارد: شش‌گوشه‌ای و لوزوجهی.

۳-۱-۲-۳

نانوگرافیت

nanographite

پَرکی (۳-۱-۱-۳) که از *لایه‌های* (۳-۱-۱-۸) گرافن با ضخامت یازده *لایه* یا بیشتر، با ضخامت کلی تا ۱۰۰ nm تشکیل شده است.

۳-۱-۲-۴

گرافان

Graphane

مادهٔ *تک‌لایه* (۳-۱-۱-۸) شامل *برگ* (۳-۱-۱-۴) دوبعدی کربن و هیدروژن با تکرار واحد $(CH)_n$ است.

نکتهٔ ۱ مدخل: گرافان شکل هیدروژنهٔ کامل گرافن با اتم‌های کربن در پیکربندی پیوند sp^3 است.

۳-۱-۲-۵

پرفلوئوروگرافان

Perfluorographane

مادهٔ *تک‌لایه* (۳-۱-۱-۸) شامل یک برگ (۳-۱-۱-۴) دوبعدی کربن و فلوئور که هر اتم کربن با یک اتم فلوئور با تکرار واحد $(CF)_n$ پیوند خورده است.

نکتهٔ ۱ مدخل: پرفلوروگرافان دارای اتم‌های کربن در پیکربندی پیوند sp^3 است.

نکتهٔ ۲ مدخل: پرفلوروگرافان گاهی فلوروگرافن نامیده می‌شود.

---

[1] allotropic
[2] International Union of Pure and Applied Chemistry

۳-۱-۲-۶

گرافن برآرایی‌شده

epitaxial graphene

لایهٔ گرافن (۳-۱-۲-۱) که روی یک زیرلایهٔ سیلیکون کاربید[1] رشد داده شده است.

نکتهٔ ۱ مدخل: گرافن می‌تواند با برآرایی روی سایر زیرلایه‌ها، به‌عنوان مثال، Ni(111) رشد پیدا کند، اما این‌گونه مواد گرافن برآرایی‌شده نامیده نمی‌شوند.

نکتهٔ ۲ مدخل: این تعریف خاص، فقط در زمینهٔ گرافن کاربرد دارد. به‌طور کلی، اصطلاح «برآرایی‌شده» به رشد یک فیلم (پوسه) روی یک زیرلایهٔ تک‌بلور به شیوهٔ برآرایی‌شده اشاره دارد.

۳-۱-۲-۷

گرافن دولایه

bilayer graphene
2LG

مادهٔ دوبعدی (۳-۱-۱-۱) شامل دو لایه گرافن انباشتی به‌خوبی مشخص‌شده که روی یکدیگر قرار گرفته‌اند.

نکتهٔ ۱ مدخل: اگر هویت انباشت معلوم باشد، می‌توان آن را به‌طور جداگانه مشخص کرد؛ مثلا: «گرافن دولایه با انباشت برنال».

۳-۱-۲-۸

گرافن دولایهٔ پیچ خورده

گرافن دولایهٔ توربواستراتیک

twisted bilayer graphene
turbostratic bilayer graphene
tBLG
t2LG

مادهٔ دوبعدی (۳-۱-۱-۱) متشکل از دو *لایه گرافن* (۳-۱-۲-۱) به‌خوبی مشخص‌شده که به‌جای انباشت برنال (شش‌گوشه‌ای) (۳-۴-۱-۱۲) یا انباشت لوزوجهی (۳-۴-۱-۱۳)، انباشتی توربواستراتیک، با *زاویهٔ انباشت* (۳-۴-۱-۱۴) نسبی دارند که به آن چرخش متناسب هم می‌گویند.

۳-۱-۲-۹

گرافن پیچ‌خوردهٔ کم‌لایه

twisted few-layer graphene
t(*n*+*m*)LG

مادهٔ دوبعدی (۳-۱-۱-۱) متشکل از تعداد کمی لایه گرافن که n *لایه* (۳-۱-۱-۸) با انباشت برنال با یک *زاویهٔ انباشت* (۳-۴-۱-۱۴) نسبی روی m لایه با انباشت برنال واقع شده است.

۳-۱-۲-۱۰

گرافن سه‌لایه

trilayer grapgene
3LG

[1] Silicon carbide

مادهٔ دوبعدی (۳-۱-۱-۱) شامل سه *لایهٔ گرافن* (۳-۱-۲-۱) انباشتی به‌خوبی مشخص‌شده که روی یکدیگر قرار گرفته‌اند.

نکتهٔ ۱ مدخل: اگر هویت انباشت معلوم باشد، می‌توان آن را به‌طور جداگانه مشخص کرد؛ مثلا: «گرافن سه‌لایه پیچ‌خورده».

۳-۱-۲-۱۱

گرافن کم‌لایه

few-layer graphene
FLG

مادهٔ دوبعدی (۳-۱-۱-۱) شامل سه تا ده *لایهٔ گرافن* (۳-۱-۲-۱) انباشتی به‌خوبی مشخص‌شده که روی یکدیگر قرار گرفته‌اند.

۳-۱-۲-۱۲

نانوصفحه کوچک گرافنی

graphene nanoplatelet

GNP

نانوصفحه‌ای (۳-۱-۱-۵) که شامل لایه‌های *گرافن* (۳-۱-۲-۱) است.

نکتهٔ ۱ مدخل: معمولاً نانوصفحه‌های کوچک گرافنی ضخامتی بین ۱ نانومتر تا ۳ نانومتر دارند و ابعاد جانبی آنها از حدود ۱۰۰ نانومتر تا ۱۰۰ میکرومتر است.

۳-۱-۲-۱۳

ذره گرافن کم‌لایهٔ توربواستراتیک

ذره tFLG

turbostratic few-layer graphene particle

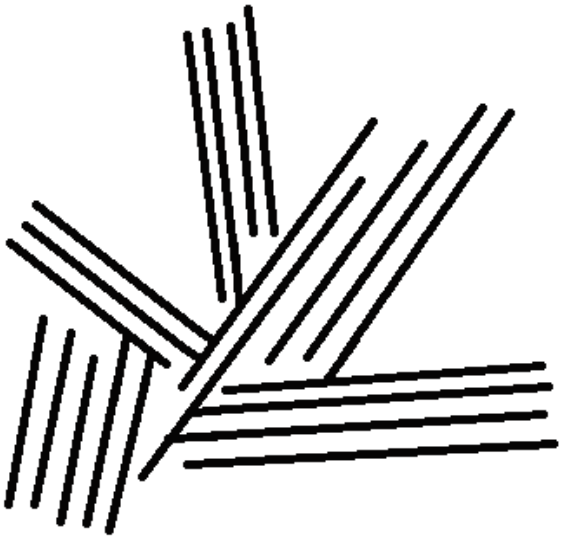
tFLG particle

قطعهٔ ریز غیرمسطح ماده با مرزهای فیزیکی مشخص متشکل از گرافن تک‌لایه، دولایه یا انباشت‌هایی از گرافن کم‌لایه که در جهت‌های مختلف نسبت به یکدیگر می‌توانند زوایای انباشتگی تصادفی و متفاوتی داشته باشند.

نکتهٔ ۱ مدخل: این ذرات، اولیه هستند و معمولاً از طریق تولید پایین به بالا تولید می‌شوند. آنها پیوندهای کووالانسی قوی و همچنین نیروهای ضعیف‌تر واندروالس دارند.

نکتهٔ ۲ مدخل: این ذرات را می‌توان با استفاده از TEM آنالیز کرد. یک مثال در ردیف [11] کتابنامه، نشان داده شده است.

نکتهٔ ۳ مدخل: نمونه‌ای از طرح یک ذرهٔ tFLG در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: طرح‌نمونه‌ای از ذره گرافن چند لایهٔ توربواستراتیک

۳-۱-۲-۱۴

گرافیت‌اکسید

graphite oxide

گرافیت (۳-۱-۲-۲) اصلاح‌شدهٔ شیمیایی که با اصلاح اکسایشی گستردهٔ صفحات پایه[1] تهیه می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل: ساختار و خواص گرافیت‌اکسید به درجهٔ اکسایش و روش خاص سنتز بستگی دارد.

نکتهٔ ۲ مدخل: در شکل پودری بازانباشت *لایه‌های* (۳-۱-۱-۸) گرافیت‌اکسید می‌تواند رخ دهد.

۳-۱-۲-۱۵

گرافن‌اکسید

graphene oxide
GO

گرافن (۳-۱-۲-۱) شیمیایی اصلاح‌شده، با اصلاح اکسایشی گستردهٔ سطوح پایه است.

نکتهٔ ۱ مدخل: گرافن‌اکسید یک مادهٔ تک‌لایه با *محتوای اکسیژن* (۳-۴-۲-۷) بالا است که بسته به روش سنتز به‌طور معمول با نسبت اتمی C/O تقریبی ۰٫۵ (نسبت اتمی C/O تقریبی ۰٫۲)مشخصه‌یابی می‌شود.

نکتهٔ ۲ مدخل: گرافن‌اکسید عمدتا به‌وسیلهٔ اکسایش و لایه‌برداری گرافیت تهیه می‌شود.

نکتهٔ ۳ مدخل: اصلاح اکسایشی همچنین می‌تواند در لبه‌ها رخ دهد.

نکتهٔ ۴ مدخل: ممکن است انباشت مجدد گرافن‌اکسید رخ دهد. بنابراین، هنگام تهیهٔ نمونه‌ها یا محصولات از پراکنه‌های مایع بسیار غلیظ باید دقت شود، زیرا این امر می‌تواند باعث ایجاد کلوخه و انبوهۀ ذرات اولیه شود که یک لایه هستند.

۳-۱-۲-۱۶

گرافن‌اکسید کاهش‌یافته

Reduced gtaphene oxide
rGO

[1] basal planes

گرافن‌اکسید (۳-۱-۲-۱۵) با مقدار *اکسیژن کاهش‌یافته* (۳-۴-۲-۷) است.

نکتهٔ ۱ مدخل: این ماده می‌تواند به‌وسیلهٔ روش‌های شیمیایی، گرمایی، ریزموج، نورشیمیایی، نورگرمایی یا روش‌های میکروبی یا باکتریایی یا با لایه‌برداری گرافیت اکسید کاهش‌یافته، تولید شود.

نکتهٔ ۲ مدخل: اگر گرافن‌اکسید به‌طور کامل کاهش یابد، محصول، گرافن خواهد بود. با این‌حال، در عمل، برخی از گروه‌های عاملی حاوی اکسیژن باقی خواهند ماند و تمام پیوندهای sp^3 به پیکربندی sp^2 باز نمی‌گردد. عوامل کاهش‌دهنده موجب نسبت‌های گوناگون کربن به اکسیژن و ترکیب‌بندی‌های شیمیایی مختلفی در گرافن‌اکسید کاهش‌یافته می‌شود.

نکتهٔ ۳ مدخل: گونه‌های متعدد ریخت‌شناسی می‌توانند مانند صفحات کوچک و سازه‌های کرم‌مانند باشد.

نکتهٔ ۴ مدخل: نسبت اتمی O/C تقریبا ۰٫۱ تا ۰٫۵ (نسبت C/O، ۲ تا ۱۰) است.

۳-۱-۲-۱۷

عامل‌دارشدن

Functionalization

فرایندی که به‌صورت هدفمند خواص شیمیایی سطح را از طریق یک فرایند شیمیایی متمایز، تغییر می‌دهد.

نکتهٔ ۱ مدخل: لازم است مادهٔ عامل‌دارشده به‌عنوان «الف عامل‌دارشده» نامیده شود که الف به موادی مانند گرافن، نانوصفحه کوچک گرافن و غیره اشاره دارد.

۳-۱-۲-۱۸

نانوصفحه‌های کوچک گرافن عامل‌دارشده

GNPs عامل‌دارشده

functionalized graphene nanoplatelets
functionalized GNPs

نانوصفحه‌های کوچک *گرافن* (۳-۱-۲-۱۲) که خواص شیمیایی سطح آنها به‌صورت هدفمند از طریق یک فرایند شیمیایی متمایز، تغییر کرده است.

۳-۱-۳ اصطلاحات مربوط به سایر مواد دوبعدی

۳-۱-۳-۱

مَکسین

MXene

کاربیدها و نیتریدهای فلزی دوبعدی، با ساختاری متشکل از دو یا چند صفحهٔ اتمی از اتم‌های فلز واسطهٔ (M) که در یک شبکهٔ دوبعدی شبه‌لانه‌زنبوری فشرده شده‌اند و موقعیت‌های هشت‌وجهی بین صفحات اتمی فلز واسطهٔ مجاور با لایه‌های کربن یا نیتروژن (اتم X) یا هر دو، اشغال شده است.

نکتهٔ ۱ مدخل: اکسیژن همچنین می‌تواند در موقعیت‌های X در برخی از مَکسین‌ها به‌صورت اکسی‌کاربید یا اکسی‌نیترید وجود داشته باشد.

۳-۱-۳-۲

دی‌کالکوژنید فلز واسطه

transition metal dichalcogenide TMDC
TMD

مادهٔ دوبعدی (۳-۱-۱-۱) نیم‌رسانا متشکل از سه صفحهٔ اتمی: صفحهٔ مرکزی با اتم‌های فلز واسطه بین دو صفحهٔ اتم کالکوژن، در یک شبکهٔ لانه زنبوری شش وجهی با تقارن سه‌گانه است.

نکتهٔ ۱ مدخل: نمونه‌هایی از TMDs عبارتند از MoS_2، WS_2، $MoSe_2$، WSe_2، $MoTe_2$.

۳-۳-۱-۳
سیلیسین

Silicene

مادهٔ دوبعدی (۳-۱-۱-۱) متشکل از یک *لایه* (۳-۱-۱-۸) از اتم‌های سیلیکون که هر اتم در یک ساختار لانه‌زنبوری به سه همسایه متصل است.

نکتهٔ ۱ مدخل: یک لایهٔ دوبعدی سیلیسین کاملاً مسطح نیست، بلکه دارای ریخت‌شناسی موجدار است.

۴-۳-۱-۳
ژرمانین

Germanene

مادهٔ دوبعدی (۳-۱-۱-۱) متشکل از یک *لایهٔ* (۳-۱-۱-۸) اتم‌های ژرمانیم که هر اتم در یک ساختار لانه‌زنبوری به سه همسایه متصل است.

نکتهٔ ۱ مدخل: یک لایهٔ دوبعدی ژرمانین کاملاً مسطح نیست، بلکه دارای ریخت‌شناسی موجدار است.

۵-۳-۱-۳
استانین

Stanene

مادهٔ دوبعدی (۳-۱-۱-۱) متشکل از یک *لایه* (۳-۱-۱-۸) از اتم‌های قلع که هر اتم در یک ساختار لانه زنبوری به سه همسایه متصل است.

نکتهٔ ۱ مدخل: یک لایهٔ دوبعدی استانین کاملاً مسطح نیست، بلکه دارای ریخت‌شناسی موجدار است.

۶-۳-۱-۳
فسفورین

Phosphorene

مادهٔ دوبعدی (۳-۱-۱-۱) متشکل از یک *لایه* (۳-۱-۱-۸) از فسفر سیاه، متشکل از چهار اتم فسفر که هر کدام از طریق هیبریداسیون[1] sp^3 به سه همسایه در یک ساختار هرمی چهارگوش متصل هستند.

۷-۳-۱-۳
ناهمساختار دوبعدی عمودی

2D heterostructure

[1] hybridisation

مادهٔ دوبعدی (۳-۱-۱-۱) متشکل از دو یا چند *لایهٔ* (۳-۱-۱-۸) به‌خوبی مشخص‌شده که از مواد دوبعدی مختلف تشکیل‌شده است.

نکتهٔ ۱ مدخل: این لایه‌ها می‌توانند به‌صورت برصفحه[1] یا خارج صفحه[2] با یکدیگر انباشت شوند.

۳-۱-۳-۸

ناهمساختار دوبعدی عمودی

2D vertical heterostructure

مادهٔ دوبعدی (۳-۱-۱-۱) متشکل از دو یا چند *لایهٔ* (۳-۱-۱-۸) به‌خوبی مشخص‌شده از مواد دوبعدی مختلف که به‌صورت خارج صفحه انباشت شده‌اند.

نکتهٔ ۱ مدخل: گاهی اوقات به این ساختار، ناهمساختار واندروالس نیز گفته می‌شود.

۳-۱-۳-۹

ناهمساختار درصفحه‌ای دوبعدی

ناهمساختار جانبی دوبعدی

2D in-plane heterostructure
2D lateral heterostructure

مادهٔ دوبعدی (۳-۱-۱-۱) متشکل از دو یا چند *لایهٔ* (۳-۱-۱-۸) به‌خوبی مشخص‌شده از مواد دوبعدی مختلف که با یکدیگر در جهت درصفحه‌ای پیوند خورده‌اند.

۳-۲ اصطلاحات مربوط به روش‌های تولید مواد دوبعدی

۳-۲-۱ گرافن و تولید مادهٔ دوبعدی مرتبط

۳-۲-۱-۱

تولید از بالا به پایین

top-down production

<مادهٔ دوبعدی> فرایند ایجاد *مواد دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) از اشیاء بزرگتر است.

نکتهٔ ۱ مدخل: این فرایندها معمولاً شامل انرژی به شکل‌های مختلف به‌منظور لایه‌برداری *لایه‌ها* (۳-۱-۱-۸) از هم هستند.

نکتهٔ ۲ مدخل: برای مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن، گرافیت مادهٔ اولیه است.

۳-۲-۱-۲

تولید پایین به بالا

bottom-up production

<مادهٔ دوبعدی> فرایند ایجاد *مواد دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) از واحدهای بنیادی کوچکتر است.

[1] in-plane
[2] out-of-plane

نکتهٔ ۱ مدخل: برای مواد دوبعدی مرتبط با گرافن، بسیاری از این فرآیندها از گازهای غنی از کربن و دماهای بالا استفاده می‌کنند.

۳-۱-۲-۳

نهشت شیمیایی بخار

chemical vapour deposition
CVD

نهشت یک مادهٔ جامد روی یک بستره به‌وسیلهٔ واکنش شیمیایی، ترکیبی از چند پیش‌مادهٔ گازی یا مخلوطی از پیش‌ماده‌ها است که معمولا به‌وسیلهٔ گرما آغاز می‌شود.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۸-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۶] کتابنامه) مدخل اصطلاحی ۸-۲-۴]

۴-۱-۲-۳

نهشت شیمیایی بخار آلی‌فلزی

metal organic chemical vapour deposition
MOCVD

نهشت شیمیایی بخار (۳-۲-۱-۳) به‌وسیلهٔ واکنش شیمیایی یک پیش‌ماده یا مخلوطی از پیش‌ماده‌ها، از جمله یک گونهٔ آلی‌فلزی، بدون نیاز به بسترهٔ کنش‌یار (کاتالیست) است.

نکتهٔ ۱ مدخل: مواد معمولاً مستقیماً روی یک بسترهٔ نیم‌رسانا قرار می‌گیرند.

۵-۱-۲-۳

نهشت شیمیایی بخار پلاسمابهبود

نهشت شیمیایی بخار بهبودیافته با پلاسما

plasma-enhanced chemical vapour deposition
PECVD

نهشت شیمیایی بخار (۳-۲-۱-۳) که در آن با استفاده از پلاسما، سرعت‌های واکنش شیمیایی، بهبودیافته است.

نکتهٔ ۱ مدخل: این روش امکان نهشت در دماهای پایین‌تر از نهشت شیمیایی بخار معمولی را فراهم می‌کند.

۶-۱-۲-۳

تولید رول‌به‌رول

تولید R2R

roll-to-roll production
R2R production

<مادهٔ دوبعدی> رشد یک *مادهٔ (مواد) دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) به روش نهشت شیمیایی بخار روی یک بسترهٔ پیوسته که مانند یک *برگ* (۳-۱-۱-۴) رولی فراوری شده است و اغلب شامل انتقال یک مادهٔ دوبعدی به یک زیرلایهٔ جدا است.

۳-۲-۱-۷

لایه‌برداری مکانیکی

mechanical exfoliation

<مادهٔ دوبعدی> جداسازی *لایه‌های* (۳-۱-۱-۸) مجزای *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) از بدنهٔ ماده به روش‌های مکانیکی است.

نکتهٔ ۱ مدخل: برای دستیابی به لایه‌برداری مکانیکی، روش‌های مختلفی وجود دارد. یک روش لایه‌برداری (که روش نوار چسب اسکاچ نیز نامیده می شود)، برش مکانیکی یا لایه‌برداری و برش میکرومکانیکی است. روش دیگر از طریق آسیاب گلوله‌ای خشک است.

۳-۲-۱-۸

لایه‌برداری فاز مایع

liquid-phase exfoliation

<مادهٔ دوبعدی> لایه‌برداری *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) که از مواد لایه‌ای توده در یک حلال از طریق نیروهای برشی هیدرودینامیکی انجام می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل: این حلال می‌تواند آبی، آلی یا مایع یونی[1] باشد.

نکتهٔ ۲ مدخل: یک مادهٔ سطح‌فعال[2] را می‌توان در پراکنه‌های آبی برای ایجاد یا بهبود لایه‌برداری و افزایش پایداری پراکنه استفاده کرد.

نکتهٔ ۳ مدخل: نیروهای برشی را می‌توان با روش‌های مختلفی از جمله کاواک‌زایی فراصوت[3] یا مخلوط‌کردن در برش‌های بالا ایجاد کرد.

۳-۲-۱-۹

رشد روی سیلیکون‌کاربید

growth on silicon carbide

تولید لایه‌های *گرافن* (۳-۱-۲-۱) از طریق حرارت‌دهی با دما بالای کنترل‌شدهٔ یک زیرلایهٔ سیلیکون‌کاربید به‌گونه‌ای که اتم‌های سیلیکون نزدیک به سطح بسترهٔ تصعید شوند و گرافن باقی بماند.

نکتهٔ ۱ مدخل: گرافن می‌تواند در سمت کربن یا سمت سیلیکون یک زیرلایهٔ سیلیکون‌کاربید با ایجاد تغییر در تعداد حاصله و از انباشت لایه‌های گرافن، رشد کند.

نکتهٔ ۲ مدخل: این محصول معمولاً گرافن برآرایی‌شده (۳-۱-۲-۶) نامیده می‌شود.

۳-۲-۱-۱۰

ته‌نشینی گرافن

graphene precipitation

---

[1] ionic liquid
[2] surfactant
[3] ultrasonic cavitation

تولید لایه‌های *گرافن* (۳-۱-۲-۱) روی سطح فلز، از طریق حرارت دادن و جداسازی کربن موجود مابین زیرلایهٔ فلزی و سطح است.

نکتهٔ ۱ مدخل: ناخالصی‌های کربن یا مواد آلاینده می‌توانند تصادفی یا هدفمند درون تودهٔ فلزی وارد شوند.

۳-۲-۱-۱۱

سنتز شیمیایی

chemical synthesis

<گرافن> مسیر تولید گرافن از پایین به بالا با استفاده از مولکول‌های آلی کوچک که از طریق واکنش‌های سطحی واسط و درجه حرارت بالا به‌صورت حلقه‌های کربن به‌هم متصل می‌شود.

۳-۲-۱-۱۲

رشد پیش‌مادهٔ الکلی

alcohol precursor growth

<گرافن> رشد *گرافن* (۳-۱-۲-۱) با وارد کردن یک پیش‌مادهٔ الکل درون محیطی با دمای بالا برای تجزیه الکل و تشکیل گرافن انجام می‌شود.

۳-۲-۱-۱۳

برآرایی باریکهٔ‌مولکولی

molecular beam epitaxy
MBE

فرایند رشد تک‌بلورها که در آن باریکه‌هایی از اتم‌ها یا مولکول‌ها در خلاء روی یک بسترهٔ تک‌بلور نهشت می‌کنند که باعث ایجاد بلورهایی با جهت‌گیری بلورشناختی منطبق با آن بستره می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل: باریکه با فراهم‌کردن امکان فرار بخار از طریق یک روزنهٔ کوچک، از منطقهٔ تبخیر به منطقه‌ای با خلاء بالا تعریف می‌شود.

نکتهٔ ۲ مدخل: ساختارهایی با شاخصه‌های نانومقیاس به‌عنوان مثال نقاط InAs بر روی بسترهٔ GaAs می‌توانند در این روش و با بکارگیری کرنش رشد کنند.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۸-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۶] کتابنامه) مدخل اصطلاحی ۸-۲-۱۳تغییریافته: اصطلاح «برآرایی» جایگزین «رونشانی» شده است]

۳-۲-۱-۱۴

پیوند آندی

anodic bonding

<گرافن> تولید *لایه‌های گرافن* (۳-۱-۲-۱) روی یک بستره با استفاده از یک پیش‌مادهٔ گرافیت به شکل پرک (۳-۱-۱-۳) که با استفاده از یک میدان الکترواستاتیکی به شیشه پیوند خورده و سپس جدا می‌شود.

۳-۲-۱-۱۵

برسابش لیزری

laser ablation

فرایندی که با استفاده از انرژی یک لیزر تپی برای برسابش مواد از سطح یک هدف است.

نکتهٔ ۱ مدخل : برسابش لیزری یک روش برای تولید شاخصه‌های نانومقیاس روی یک سطح است.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۸-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۶] کتابنامه) مدخل اصطلاحی ۸-۳-۱۵]

۳-۲-۱-۱۶

لایه‌برداری نوری

Photoexfoliation

جداکردن (بخشی از) یک *لایه* (۳-۱-۱-۸) از یک *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) با تابش باریکهٔ لیزر است.

نکتهٔ ۱ مدخل: برای *لایه‌های گرافن* (۳-۱-۲-۱)، این روش مانند *برسابش لیزری* (۳-۲-۱-۱۵) باعث ایجاد تبخیر یا تصعید اتم‌های کربن نمی‌شود.

۳-۲-۱-۱۷

لایه‌برداری با روش اینترکالیشن شیمیایی

exfoliation via chemical intercalation

<مادهٔ دوبعدی> تولید *مواد دو بعدی* (۳-۱-۱-۱) تک یا کم‌لایه با جای‌دهی گونه‌های شیمیایی بین لایه‌های یک مادهٔ لایه‌ای ضخیم‌تر و سپس غوطه‌وری در مایع، همراه با استفاده از انرژی مکانیکی یا گرمایی است.

۳-۲-۱-۱۸

لایه‌برداری الکتروشیمیایی

electrochemical exfoliation

<گرافن> تولید *گرافن* (۳-۱-۲-۱) با استفاده از یک محلول رسانای یونی (الکترولیت) و یک مولد جریان مستقیم که برای ایجاد تغییرات ساختاری و لایه‌برداری از پیش‌مادهٔ گرافیتی که به‌عنوان الکترود به‌منظور ایجاد *لایه‌های* (۳-۱-۱-۸) گرافن، استفاده می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل: این روش، استفاده از مواد شیمیایی بی‌خطر محیط زیستی را با حذف اکسیدکننده‌ها و کاهنده‌های شدید، سرعت ساخت نسبتاً سریع و پتانسیل تولید انبوه در فشار و دمای محیط ارائه می‌کند.

۳-۲-۱-۱۹

اکسایش گرافیت

graphite oxidation

تولید *گرافیت‌اکسید* (۳-۱-۲-۱۴) از *گرافیت* (۳-۱-۲-۲) در محلولی که در آن از اکسیدکننده‌های بسیار قوی استفاده شده است.

نکتهٔ ۱ مدخل: روش‌های مختلفی برای تولید گرافیت یا *گرافن‌اکسید* (۳-۱-۲-۱۵)، وجود دارد از جملهٔ این روش‌ها، هامرز، برودی[1]، استادن مایر[2]، مارکانو-تور[3] است. [روش تغییریافته *هامرز* (۳-۲-۱-۲۰)]

[1] Brodie
[2] Staudenmaier
[3] Marcano-Tour

۳-۲-۱-۲۰

روش هامرز

Hummers' method

روش تولید *گرافن‌اکسید* (۳-۱-۲-۱۵) از *گرافیت* (۳-۱-۲-۲) در محلول سدیم‌نیترات و سولفوریک‌اسید پس از افزودن پتاسیم‌پرمنگنات است.

نکتهٔ ۱ مدخل: این روش در ردیف [12] کتابنامه توضیح داده شده است.

۳-۲-۱-۲۱

لایه‌برداری گرمایی گرافیت‌اکسید

thermal exfoliation of graphite oxide

تولید *گرافن‌اکسید کاهش‌یافته* (۳-۱-۲-۱۴) که پس از وارد کردن گروه‌های عاملی حاوی اکسیژن بین *لایه‌های گرافن* (۳-۱-۲-۱) در *گرافیت* (۳-۱-۲-۲) و حرارت دادن، تجزیهٔ گونه‌های واردشده و تولید گازها، در نتیجهٔ لایه‌برداری *لایه‌های* (۳-۱-۱-۸) گرافن‌اکسید کاهش‌یافته، حاصل می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل: لایه‌برداری گرمایی و کاهش *گرافیت اکسید* (۳-۱-۲-۱۴) همزمان اتفاق می‌افتد.

۳-۲-۱-۲۲

سنتز در فاز گازی

gas phase synthesis

<مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن> تولید *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن* (۳-۱-۱-۲) با ورود یک پیش‌مادهٔ کربنی در محیط گازی با دمای بالا است.

۳-۲-۱-۲۳

نهشت لایه اتمی

atomic layer deposition
ALD

فرایند ساخت لایه‌های نازک یکپارچه و یکنواخت از طریق نهشت چرخه‌ای مواد با واکنش‌های خودتخریب سطحی که کنترل ضخامت در مقیاس اتمی را ممکن می‌کنند.

نکتهٔ ۱ مدخل: این فرایند اغلب شامل استفاده از حداقل دو واکنش متوالی برای تکمیل یک چرخه است که می‌تواند برای ایجاد ضخامت مورد نظر چندین بار تکرار شود.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۸-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۶] کتابنامه) مدخل اصطلاحی ۸-۲-۲]

۳-۲-۱-۲۴

تَف‌کافت

Pyrolysis

<مادهٔ دوبعدی مرتبط به گرافن> تجزیهٔ برگشت‌ناپذیر شیمیایی مواد آلی برای ایجاد *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن* (۳-۱-۱-۲) در اثر افزایش دما بدون اکسایش است.

نکتهٔ ۱ مدخل: این فرایند همچنین به یک مرحلهٔ جداسازی نیاز دارد تا مادهٔ دوبعدی مرتبط به گرافن از سایر مواد موجود جدا شود.

[منبع: استاندارد ISO4880:1997، مدخل اصطلاحی ۵۳، تغییریافته: نکتهٔ ۱ مدخل و عبارت « مواد آلی برای ایجاد مادهٔ دوبعدی مرتبط به گرافن» افزوده شده است.]

۳-۲-۱-۲۵

انفجار

Detonation

<مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن> گیرانش[1] گاز حاوی کربن که منجر به تشکیل ذرات *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن* (۳-۱-۱-۲) می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل : گاهی اوقات مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن به‌عنوان محصول جانبی فرایند برای ایجاد مادهٔ دیگری مانند هیدروژن تولید می‌شود.

۳-۲-۲ تولید نانوروبان

۳-۲-۲-۱

بازشدن نانولولهٔ کربن

carbon nanotube unzipping

روش تولید یک *نانوروبان* (۳-۱-۱-۷) گرافنی با شکافتن یک نانولولهٔ کربنی در راستای محور بلند آن است.

۳-۲-۲-۲

رشد الگودار بر سیلیکون کاربید

templated growth on SiC

روش تولید *نانوروبان* (۳-۱-۱-۷) گرافنی با استفاده از یک پوشش نازک بلند و رشد متعاقب آن به روش *رشد بر سیلیکون کاربید* (۳-۲-۱-۹) است.

۳-۲-۲-۳

رشد الگودار نهشت شیمیایی بخار

templated CVD growth

روش تولید *نانوروبان* (۳-۱-۱-۷) گرافنی با استفاده از یک پوشش نازک بلند و روش *نهشت شیمیایی بخار* (۳-۲-۱-۳) است.

۳-۲-۲-۴

رشد پیش‌ماده از پایین به بالا

bottom-up precursor growth

[1] ignition

روش تولید *نانوروبان* (۳-۱-۱-۷) گرافنی با استفاده از «جفت‌شدگی به کمک سطح»[1] پیش‌ماده‌های مولکولی و سپس هیدروژن‌زدایی حلقوی است.

۳-۲-۲-۵

الگودهی لیتوگرافی باریکهٔ الکترونی

electron beam lithographic patterning

روش تولید *نانوروبان* (۳-۱-۱-۷) گرافنی از طریق یک رویکرد بالا به پایین با استفاده از لیتوگرافی باریکهٔ الکترونی و سپس حکّاکی برای تولید نانوروبان از یک لایهٔ *گرافن* (۳-۱-۲-۱) است.

۳-۲-۲-۶

الگودهی لیتوگرافی باریکهٔ یونی

ion beam lithographic patterning

روش تولید *نانوروبان* (۳-۱-۱-۷) گرافنی از طریق یک رویکرد بالا به پایین با استفاده از یک لیتوگرافی باریکهٔ یونی و سپس حکّاکی برای تولید نانوروبان از یک لایه *گرافن* (۳-۱-۲-۱) است.

۳-۳ اصطلاحات مربوط به روش‌های مشخصه‌یابی مواد دوبعدی

۳-۳-۱ روش‌های مشخصه‌یابی ساختاری

۳-۳-۱-۱

میکروسکوپی پروبی روبشی

scanning-probe microscopy
SPM

روش تصویربرداری از سطوح با استفاده از روبش مکانیکی یک پروب روی سطح مورد مطالعه است که در آن پاسخ همزمان یک آشکارساز اندازه گیری می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل: این اصطلاح عمومی شامل بسیاری از روش‌ها از جمله *میکروسکوپی نیروی اتمی (AFM)* (۳-۳-۱-۲)، میکروسکوپی روبشی نوری میدان نزدیک (SNOM)[2]، میکروسکوپ روبشی رسانایی یونی (SICM)[3] و *میکروسکوپی تونل‌زنی روبشی (STM)* (۳-۳-۱-۳) است.

نکتهٔ ۲ مدخل: تفکیک‌پذیری این روش‌ها از تفکیک‌پذیری STM که در آن اتم‌های منفرد قابل رویت هستند تا میکروسکوپی گرمایی روبشی (SThM)[4] که در آن تفکیک‌پذیری در حدود یک میکرومتر است، متغیر است.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۵] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۴-۵-۱]

۳-۳-۱-۲

میکروسکوپی نیروی اتمی

atomic force microscopy
AFM

[1] surface-assisted coupling
[2] scanning near field optical microscopy
[3] scanning ion conductance microscopy
[4] scanning thermal microscopy

روش تصویربرداری سطوح با روبش مکانیکی شمارندهٔ سطح آن‌ها که در آن، انحراف یک سوزن تیز که نیروهای سطحی را حس می‌کند و روی یک تیرک قرار دارد، پایش می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل: روش AFM می‌تواند یک تصویر کمّی از ارتفاع سطوح عایق و رسانا فراهم کند.

نکتهٔ ۲ مدخل: برخی از دستگاه‌های AFM، نمونه را درحالی‌که موقعیت سوزن ثابت است در جهت‌های x، y و z جابه‌جا می‌کند و برخی دیگر سوزن را حرکت می‌دهند در حالی‌که موقعیت نمونه ثابت است.

نکتهٔ ۳ مدخل: روش AFM را می‌توان در خلاء، مایع، اتمسفر کنترل‌شده و یا هوا انجام داد. تفکیک‌پذیری اتمی می‌تواند با نمونه‌های مناسب، سوزن‌های تیز و استفاده از حالت تصویربرداری مناسب قابل دستیابی باشد.

نکتهٔ ۴ مدخل: انواع گوناگونی از نیروها مانند نیروهای عمودی یا جانبی، اصطکاک یا برشی را می‌توان اندازه‌گیری کرد. هنگامی که نیروی جانبی اندازه گیری می‌شود، این روش به‌عنوان میکروسکوپی نیروی جانبی، اصطکاکی یا برشی نامیده می‌شود. این اصطلاحات کلی همه این انواع میکروسکوپ نیرو را در بر می‌گیرد.

نکتهٔ ۵ مدخل: روش AFM را می‌توان برای اندازه‌گیری نیروهای عمودی سطح در نقاط منفرد در آرایهٔ پیکسلی استفاده شده برای تصویربرداری استفاده کرد.

نکتهٔ ۶ مدخل: برای انواع رایج نوک‌های سوزن AFM با شعاع کمتر از ۱۰۰ نانومتر، لازم است نیروی عمودی باید کمتر از ۱ میکرونیوتن باشد تا تغییر فرم برگشت ناپذیر و یا فرسایش بیش از حد سوزن رخ ندهد.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۶] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۴-۵-۲]

۳-۱-۳-۳
میکروسکوپ تونل‌زنی روبشی

scanning tunnelling microscopy
STM

حالت SPM برای تصویربرداری از سطوح رسانا با روبش مکانیکی سطح به‌وسیلهٔ یک سوزن پروب رسانا با ولتاژ سودار[1] و تیز است، که در آن داده‌های جریان تونل‌زنی و جدایی سوزن–سطح برای تشکیل تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نکتهٔ ۱ مدخل: حالت میکروسکوپی تونل‌زنی روبشی می‌تواند در خلاء، مایع یا هوا انجام شود. تفکیک‌پذیری اتمی با نمونه‌های مناسب و پروب‌های تیز همچنین با استفاده از نمونه‌های مناسب و داده‌های موضعی پیوندی اتم‌های اطراف سطح فراهم می‌شود.

نکتهٔ ۲ مدخل: تصاویر می‌توانند از داده‌های ارتفاع در یک جریان تونل‌زنی ثابت یا جریان تونل‌زنی در یک ارتفاع ثابت یا حالات دیگر از پتانسیل‌های نسبی تعریف‌شده‌ای بین سوزن و نمونه حاصل شود.

نکتهٔ ۳ مدخل : حالت میکروسکوپی تونل‌زنی روبشی را می‌توان برای نقشه‌برداری چگالی حالت‌ها در سطوح، یا در موارد ایده‌آل، اطراف اتم‌های مجزا مورد استفاده قرار داد. تصاویر سطح، بسته به ولتاژ سودار سوزن می‌توانند حتی برای همان توپوگرافی نیز به‌شدت تغییر کنند.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۶] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۴-۵-۳]

[1] voltage-biased

۴-۱-۳-۳

میکروسکوپی الکترونی روبشی

scanning electron microscopy
SEM

روشی است که اطلاعات فیزیکی (مانند الکترون‌های ثانویه، بس‌پراکندگی بازگشتی، جذب‌شده و نیز تابش پرتو ایکس) حاصل از تولید باریکهٔ الکترونی را بررسی و تحلیل می‌کند و سطح نمونه را برای تعیین ساختار، ترکیب‌بندی و توپوگرافی نمونه روبش می‌کند.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۶] کتابنامه) مدخل اصطلاحی ۴-۵-۵]

۵-۱-۳-۳

میکروسکوپی الکترونی عبوری

transmission electron microscopy
TEM

روشی که تصاویر بزرگنمایی‌شده و یا الگوهای پراش نمونه را به‌وسیلهٔ یک باریکهٔ الکترونی که از نمونه عبور و با آن برهم‌کنش کرده، تولید می‌کند.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۶] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۴-۵-۶]

۶-۱-۳-۳

طیف‌سنجی رامان

Raman spectroscopy

طیف‌سنجی که در آن تابش گسیل‌شده از یک نمونهٔ تحت تابندگی با تابش تک‌فام از طریق کاهش یا افزایش انرژی ناشی از برانگیختگی چرخشی، ارتعاشی یا فونونی مشخصه‌یابی می‌شود.

[منبع: ISO 18115-2:2021، (ردیف [۲] کتابنامه)، مدخل‌های اصطلاحی 5-128 و 5-129، تغییریافته: تعاریف تلفیق و بازنویسی شده‌اند].

۷-۱-۳-۳

طیف‌سنجی فوتولومینسانس (نوردرخشایی)

photoluminescence spectroscopy
PL spectroscopy

طیف‌سنجی فوتون‌های جذب‌شده و بازتابشی است.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۵] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۵-۴]

۸-۱-۳-۳

پراش پرتو ایکس

X-ray diffraction
XRD

روشی برای به‌دست آوردن اطلاعات بلورشناختی یک نمونه، با مشاهدهٔ الگوی پراش حاصل از برخورد باریکهٔ پرتو ایکس با آن است.

نکتهٔ ۱ مدخل: از این روش می‌توان برای تخمین اندازه و شکل مناطق پراکندگی همدوس[1] و ترکیب فازی مواد حاوی نانواشیاء استفاده شود.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۶] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۶-۳-۱]

۳-۱-۳-۹

میکروسکوپی الکترون کم‌انرژی

low energy electron microscopy
LEEM

روشی است که در آن سطوح با تصاویر و/یا رژیم‌های پراش سطح، به‌وسیلهٔ الکترون‌های کم‌انرژی کشسان پس‌پراکندهٔ[2] حاصل از یک باریکهٔ الکترونی غیرروبشی بررسی می‌شود.

یادآوری ۱- از این روش به‌طور معمول برای آنالیز و تصویربرداری از سطوح بسیار صاف و تمیز استفاده می‌شود.

یادآوری ۲- الکترون‌های کم‌انرژی معمولا گسترهٔ بین ۱ الکترون‌ولت تا ۱۰۰ الکترون‌ولت انرژی دارند.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۵] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۴-۵-۸]

۳-۱-۳-۱۰

پراش الکترون کم انرژی

low energy electron diffraction
LEED

روشی برای تعیین ساختار سطح مواد تک‌بلورین به‌وسیلهٔ بمباران با پرتوهای موازی الکترون‌های کم‌انرژی و مشاهدهٔ الکترون‌های پراشیده است.

نکتهٔ ۱ مدخل: فواصل بین اتمی را می‌توان با اندازه‌گیری فاصلهٔ بین نقاط مشاهده‌شده در الگوی پراشیدهٔ الکترونی تعیین کرد.

۳-۱-۳-۱۱

روش برونِر- اِمِت-تِلِر

Brunauer–Emmett–Teller method

روش بِت

BET method

روش تعیین مساحت کل سطح ویژهٔ داخلی و خارجیِ پودر پخش‌شده و/یا جامدات متخلخل با اندازه‌گیری گازهایی است که به‌طور فیزیکی برجذب شده‌اند و با استفاده مدل توسعه‌یافتهٔ برونِر- اِمِت-تِلِر برای تفسیر هم‌دمای برجذب گاز است.

نکته ۱ مدخل: منشأ این روش ردیف [13] کتابنامه است.

نکته ۱ مدخل: روش بِت فقط برای برجذب هم‌دمای نوع دوم (جامدات پخش‌شده نانومتخلخل یا میکرومتخلخل) و نوع چهارم (جامدات مزومتخلخل با قطر تخلخل بین ۲ نانومتر تا۵۰ نانومتر) کاربرد دارد و تخلخل‌های غیرقابل دسترس تشخیص داده نمی‌شوند. روش بِت را نمی‌توان با اطمینان برای جامداتی که گاز اندازه‌گیری‌کننده را برجذب می‌کنند، استفاده کرد.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۵] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۴-۶-۳]

---

[1] coherent
[2] backscattered

۳-۳-۲ روش‌های مشخصه‌یابی شیمیایی

۳-۳-۲-۱
طیف‌سنجی الکترون اوژه

Auger electron spectroscopy
AES

روشی که در آن از یک طیف‌سنج الکترونی برای اندازه‌گیری توزیع انرژی الکترون‌های اوژهٔ نشریافته از یک سطح استفاده می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل: اغلب برای برانگیخته کردن الکترون اوژه از یک باریکهٔ الکترون در محدودهٔ انرژی ۲ تا ۳۰ کیلوالکترون‌ولت استفاده می‌شود. الکترون‌های اوژه را می‌توان با پرتو ایکس، یون‌ها و سایر منابع برانگیخته کرد. اما عبارت «طیف‌سنجی الکترون اوژه»، بدون توصیفگرهای افزوه، معمولا برای برانگیختگی القاشده با باریکهٔ الکترونی استفاده می‌شود. جایی‌که از یک منبع پرتو ایکس استفاده می‌شود، انرژی الکترون‌های اوژه به سطح فِرمی ارجاع می‌شوند. اما جایی که با یک باریکهٔ الکترونی مورداستفاده قرار می‌گیرد، مرجع ممکن است سطح فِرمی یا سطح خلاء باشد. به‌طور معمول ممکن است طیف در شکل‌های مستقیم یا تفاضلی ارائه شود.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۵] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۵-۱۶]

۳-۳-۲-۲
طیف‌سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس

X-ray photoelectron spectroscopy
XPS

روشی است که در آن از طیف‌سنج الکترونی برای اندازه‌گیری توزیع انرژی فوتوالکترون‌ها و الکترون‌های اوژهٔ نشریافته از یک سطح تحت تابش فوتون پرتو ایکس، استفاده می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل: منابع معمول پرتو ایکس، Al Kα و Mg Kα غیر تک‌فام به‌ترتیب ۱۴۸۶٫۶ الکترون‌ولت و ۱۲۵۳٫۶ الکترون‌ولت هستند. دستگاه‌های جدید از پرتوهای ایکس تک‌فام Al Kα استفاده می‌کنند. برخی از دستگاه‌ها نیز از منابع مختلف پرتو ایکس با دیگر آندها یا تابش‌های سینکروترون استفاده می‌کنند.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۶] کتابنامه) مدخل اصطلاحی ۵-۱۹]

۳-۳-۲-۳
طیف‌سنجی اتلاف انرژی الکترون

lectron energy loss spectroscopy
EELS

روشی که در آن یک طیف‌سنج الکترونی طیف انرژی الکترون‌ها را از یک منبع نامی (اسمی) تک‌انرژی پس از برهم‌کنش غیرکشسان با نمونه اندازه‌گیری می‌کند و اغلب به‌دلیل فرایندهای کاهش غیرکشسان پیک‌هایی نشان می‌دهد.

نکتهٔ ۱ مدخل: طیفی که با استفاده از یک پرتو الکترونی فرودی در حدود انرژی مشابه طیف‌سنجی الکترون اوژه (۳-۳-۲-۱) یا طیف‌سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس (۳-۳-۲-۲) ایجاد می‌شود، تقریبا مجاور به طیف اتلاف انرژی مرتبط با آن پیک است.

نکتهٔ ۲ مدخل: طیف اتلاف انرژی الکترون که با یک پرتو الکترونی فرودی اندازه‌گیری شده‌است، تابعی از انرژی پرتو، زاویهٔ برخورد پرتو، زاویهٔ نشر و خواص الکترونی نمونه است.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۵] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۵-۱۴]

۴-۲-۳-۳

طیف‌سنجی پرتو ایکس تفکیک انرژی

energy-dispersive X-ray spectroscopy
EDS
EDX

طیف‌سنجی پرتو ایکس که در آن انرژی فوتون‌های مجزا با یک آشکارساز موازی اندازه‌گیری می‌شود. برای نشان دادن نمودار ستونی (بافت‌نگاشت)[1]، نمایشگر توزیع پرتو ایکس با انرژی استفاده می‌شود.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۵] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۵-۲۲]

۵-۲-۳-۳

آنالیز وزن‌سنجی گرمایی

thermo gravimetric analysis
TGA

روشی است که در آن تغییر در جرم نمونه، درحالی‌که با یک برنامهٔ دمایی تحت کنترل قرار دارد، به‌عنوان تابعی از دما اندازه‌گیری می‌شود.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۵] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۶-۱-۲]

۶-۲-۳-۳

طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شدهٔ القایی

inductively coupled plasma mass spectrometry
ICP-MS

روش آنالیزی شامل یک سامانهٔ ورود نمونه، یک منبع پلاسمای جفت‌شدهٔ القایی برای یونیزه کردن آنالیت‌ها، یک فصل مشترک پلاسما/خلاء و یک طیف‌سنج جرمی شامل یک سامانهٔ متمرکزساز، جداساز و آشکارسازی یون است.

[منبع: استاندارد ملی ایران/ ایزو ۶-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، (ردیف [۵] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۵-۲۳]

۳-۳-۳ روش‌های مشخصه‌یابی الکتریکی

۱-۳-۳-۳

سنجش چهاراتصالی

روش پروب چهار نقطه‌ای

four-terminal sensing
four point probe method

روش اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی برگ (۳-۱-۱-۴)، رده‌بندی (امپدانس) یا رسانایی فیلم‌های نازک است که از جفت الکترودهای جداگانهٔ حامل جریان و حسگر ولتاژ استفاده می‌کند.

[1] histogram

نکتهٔ ۱ مدخل: این روش سریع، قابل تنظیم و موضعی است.

۲-۳-۳-۳

چیدمان میلهٔ هال گرافن

graphene Hall bar setup

لایهٔ گرافن (۳-۱-۲-۱) با وضعیت اتصالات مناسب برای اندازه‌گیری اثر هال است.

۳-۳-۳-۳

میکروسکوپ نیروی پروبی کلوین

Kelvin-probe force microscopy
KPFM

حالت پویای AFM با استفاده از سوزن پروب رسانا که برای اندازه‌گیری تغییرات فضایی یا زمانی در پتانسیل‌های الکتریکی نسبی سوزن و سطح به‌کار می‌رود.

نکتهٔ ۱ مدخل: تغییرات در پتانسیل‌های نسبی منعکس‌کنندهٔ تغییرات در تابع‌کار[1] سطح است.

[منبع: استاندارد ISO 18115-2:2021، (ردیف [۲] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی 3.1.1.12]

۴-۳-۳-۳

طیف‌سنجی فوتوالکترون فرابنفش

ultraviolet photoelectron spectroscopy
UPS

روشی که در آن از طیف‌سنج الکترونی برای اندازه‌گیری توزیع انرژی فوتوالکترون‌های گسیل‌شده از سطح تحت تابش فوتون‌های فرابنفش استفاده می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل: منابع پرتو فرابنفش در کاربرد رایج& شامل انواع مختلفی از تخلیه‌کننده‌ها هستند که می‌توانند خطوط تشدید گازهای مختلف (به‌عنوان مثال خطوط گسیل He I و He II به‌ترتیب با انرژی‌های ۲۱٫۲ الکترون‌ولت و ۴۰٫۸ الکترون‌ولت) را تولید کنند. برای انرژی‌های متغیر، تابش سنکروترون مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نکتهٔ ۲ مدخل: طیف‌سنجی فوتوالکترون فرابنفش با تفکیک زاویه‌ای ARPES نامیده می‌شود.

[منبع: استاندارد ISO 18115-2:2021، (ردیف [۲] کتابنامه) مدخل اصطلاحی 11.8]

۵-۳-۳-۳

طیف‌سنجی نورگسیل با تفکیک زاویه‌ای

angle resolved photoemission spectroscopy
ARPES

روش *طیف‌سنجی فوتوالکترون فرابنفش* (۳-۳-۳-۴) که در آن توزیع زاویه‌ای فوتوالکترون‌های گسیل‌شده از یک سطح برای مطالعهٔ خواص الکترونی سطح مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶-۳-۳-۳

میکروسکوپی گسیل فوتوالکترون

[1] work function

photoelectron emission microscopy
PEEM

روش تصویربرداری از توزیع فضایی سیگنال فوتوگسیل با تفکیک انرژی و تفکیک‌پذیری بالای فضایی (۵۰ نانومتر) و طیفی (۱۰۰ میلی‌الکترون‌ولت)، گفته می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل: این روش مشابه ARPES، اما با تفکیک‌پذیری فضایی بالا (حدود ۵۰ نانومتر) است. تفکیک‌پذیری طیفی حدود ۱۰۰ میلی‌الکترون‌ولت است.

نکتهٔ ۲ مدخل: می‌توان از منابع آزمایشگاهی فرابنفش و پرتوی ایکس استفاده کرد. برای انرژی‌های متغیر، از تابش سنکروترون استفاده می‌شود.

۷-۳-۳-۳

روش میکروموج غیرتماسی

non-contact microwave method

روش اندازه‌گیری رسانندگی سطح یا به‌طور معادل مقاومت برگ (۳-۱-۱-۴) با کاواک تشدیدی شامل پایش انتقال بسامد تشدید و تغییر در ضریب کیفیت است که قبل و بعد از وارد کردن نمونه در داخل کاواک و در همبستگی کمّی با سطح نمونه انجام می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل: این روش سریع و غیرتماسی است.

۸-۳-۳-۳

طیف‌سنجی دامنهٔ زمانی تراهرتز

terahertz time-domain spectroscopy
THz-TDS

روش اندازه‌گیری تابع دی‌الکتریک با مقدار مختلط یا رسانایی یک ماده در گسترهٔ فرکانس تِراهرتز (THz) (معمولا ۰٫۱ تِراهرتز تا ۵ تِراهرتز) که با اندازه‌گیری شکل زمانی یک تپ الکترومغناطیسی با مدت زمان گسترهٔ پیکوثانیه، از نمونه منعکس شده یا از طریق آن منتقل می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل: دامنه و فاز اجزای بسامد سیگنال با سیگنال مرجع مقایسه می‌شود و می‌تواند با ضریب شکست مختلط، گذردهی یا رسانایی نمونه مرتبط باشد.

[منبع: استاندارد IEC/TS 62607-6-10:2021، (ردیف [۹] کتابنامه) مدخل اصطلاحی 3.3.1].

۹-۳-۳-۳

اندازه‌گیری جریان ادی

eddy current measurement

روشی برای اندازه‌گیری جریان القائی که در مسیرهای بسته در یک ماده در گردش است.

۳-۴ اصطلاحات مربوط به مشخصه‌های مواد دوبعدی

۳-۴-۱ مشخصه‌ها و اصطلاحات مربوط به خواص ساختاری و ابعادی مواد دوبعدی

۳-۴-۱-۱

نقص

Defect

<مادهٔ دوبعدی> انحراف موضعی از نظم در شبکهٔ بلوری یک *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) است.

۳-۴-۱-۲

نقص نقطه‌ای

point defect

<مادهٔ دوبعدی> *نقصی* (۳-۴-۱-۱) که فقط درون یا اطراف یک تک‌نقطه از شبکهٔ یک ماده دوبعدی (۳-۱-۱-۱) رخ دهد.

نکتهٔ ۱ مدخل: انواع نقص‌های نقطه‌ای معمولاً شامل نبود تعداد کمی اتم، تعداد کمی اتم جابه‌جاشده یا متفاوت که تهی‌جا یا جاهای خالی، اتم‌های اضافی (نقص بین‌نشین) یا اتم‌های جایگزین را ایجاد می‌کنند.

۳-۴-۱-۳

نقص تهی‌جا

vacancy defect

<مادهٔ دوبعدی> *نقصی* (۳-۴-۱-۱) که ناشی از نبود یک یا چند اتم در یک لایه از یک *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۸) است.

۳-۴-۱-۴

نقص جانشینی

substitution defect

<مادهٔ دوبعدی> *نقصی* (۳-۴-۱-۱) که ناشی از جایگزینی اتم شبکهٔ تکرارشونده با اتم متفاوت در یک *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) است.

۳-۴-۱-۵

نقص خطی

line defect

<مادهٔ دوبعدی> *نقصی* (۳-۴-۱-۱) که در طول یک خط اتمی اتفاق می‌افتد که باعث ایجاد جابه‌جایی یک ردیف در *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) می‌شود.

۳-۴-۱-۶

نقص سطحی

planar defect

<مادهٔ دوبعدی> *نقصی* (۳-۴-۱-۱) که در توالی انباشت *لایه‌های* (۳-۱-۱-۸) یک *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) ایجاد می‌شود.

۳-۱-۴-۷

نقص اتم افزوده با پیوند sp^3

sp^3 bonded adatom defect

<گرافن> *نقصی* (۳-۴-۱-۱) که به‌دلیل وجود یک اتم اضافه خارج از صفحهٔ *لایهٔ گرافن* (۳-۱-۲-۱) است و در نتیجه یک پیوند با اتم یا اتم‌های با هیبریداسیون sp^3 ایجاد می‌کند.

۳-۱-۴-۸

مرزِ دانه

grain boundary

<مادهٔ دوبعدی> سطح مشترک در صفحهٔ بین دو یا چند حوزهٔ بلورین یک *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) که در آن جهت بلورینگی شبکه تغییر می‌کند.

۳-۱-۴-۹

نقص نابه‌جایی

dislocation defect

<مادهٔ دوبعدی> نقصی که ناشی از انحراف موقعیت اتم‌ها نسبت به یکدیگر از یک شبکهٔ تکرارشونده در یک *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) است.

۳-۱-۴-۱۰

میزان بی‌نظمی

level of disorder

<مادهٔ دوبعدی مرتبط باگرافن، طیف‌سنجی رامان> کمّی‌سنجی بی‌نظمی موجود در *مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن* (۳-۱-۱-۲) که با نسبت شدت‌های قلهٔ رامان D و قلهٔ G اندازه‌گیری‌شده با طیف‌سنجی رامان است که نشان‌دهنده تلفیقی از مقدار، اندازه و نوع نقص است.

نکتهٔ ۱ مدخل: این مقدار می‌تواند به روش وابسته باشد که در آن پیکربندی‌های مختلف دستگاه می‌تواند نتایج متفاوتی را ارائه دهد.

نکتهٔ ۲ مدخل: شدت قله را می‌توان با استفاده از مساحت یا ارتفاع اندازه‌گیری کرد که بستگی به این دارد که کدامیک بیشتر مرتبط است.

۳-۱-۴-۱۱

هم‌ترازی

Alignment

<مادهٔ دوبعدی> شرح شکل انباشت بین *لایه‌های* (۳-۱-۱-۸) دوبعدی است.

نکتهٔ ۱ مدخل: به‌عنوان مثال می‌توان به *انباشت برنال* (۳-۴-۱-۱۲)، *انباشت لوزوجهی* (۳-۴-۱-۱۳)، *انباشت توربوستراتیک* (۳-۴-۱-۱۵) اشاره کرد.

۳-۴-۱-۱۲

انباشت برنال

انباشت AB

انباشت شش‌گوشه‌ای

Bernal stacking
AB stacking
hexagonal stacking

<مادهٔ دوبعدی> انباشت *لایه‌های* (۳-۱-۱-۸) *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) روی یکدیگر، به‌گونه‌ای که لایه‌های همسایه فقط نیمی از اتم‌های خود را با هر لایهٔ سوم در جهت خارج از صفحه در جایگاه یکسانی در محور خارج از صفحه قرار دهند.

نکتهٔ ۱ مدخل: لایهٔ دوم نسبت به لایهٔ اول با نصف ثابت شبکه به‌صورت افقی جابه‌جا شده است.

۳-۴-۱-۱۳

انباشت لوزوجهی

انباشت ABC

rhombohedral stacking
ABC stacking

<مادهٔ دوبعدی> انباشت *لایه‌های* (۳-۱-۱-۸) *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) شامل سه لایهٔ تکرارشونده که در آن لایهٔ دوم نسبت به لایهٔ اول به‌اندازهٔ نصف ثابت شبکه به‌صورت درصفحه جابه‌جا شده و لایهٔ سوم به‌صورت افقی در همان جهت جابه‌جا شده‌است، بنابراین هر لایهٔ چهارم در همان موقعیت لایهٔ اول در محور عمودی قرار می‌گیرد.

نکتهٔ ۱ مدخل: سامانه سه‌لایه می‌تواند تکرار شود. لایه‌ها روی یکدیگر در محور عمودی انباشت شده‌اند به‌گونه‌ای که لایه‌های مجاور فقط نیمی از اتم‌های لایه‌های همسایه را در موقعیت یکسان دارند.

۳-۴-۱-۱۴

زاویهٔ انباشت

stacking angle

<مادهٔ دوبعدی> زاویهٔ اندازه‌گیری‌شده در صفحهٔ افقی بین جهت‌های دو *لایه* (۳-۱-۱-۸) از یک *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) که به‌صورت عمودی روی هم انباشته شده‌اند.

۳-۴-۱-۱۵

انباشت توربواستراتیکی

turbostratic stacking

<مادهٔ دوبعدی> انباشت *لایه‌های* (۳-۱-۱-۸) *مواد دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) که نمی‌توان آنها را به‌عنوان *انباشت برنال* (۳-۴-۱-۱۲) یا *انباشت لوزوجهی* (۳-۴-۱-۱۳) توصیف کرد، در عوض دارای *زاویهٔ انباشت* (۳-۴-۱-۱۴) نسبی بین لایه‌ها است و امکان گسترش گروه‌های دیگری از صفحهٔ اتمی به‌جز موارد موازی با صفحه پایه را نمی‌دهد، زیرا لایه‌های انباشت زاویهٔ نسبی تصادفی یا چرخشی متناسب بین لایه‌ها را نشان می‌دهند.

نکتهٔ ۱ مدخل: به همین ترتیب، فقط قله‌های پراش با سه شاخص میلر که در الگوهای *پراش پرتو ایکس* (۳-۳-۱-۸) دیده می‌شود، قله‌های ۰۰۱ (۰۰۲، ۰۰۴، و غیره) هستند و بقیه فقط دو شاخص (معمولاً ۱۰ و ۱۱) دارند.

نکتهٔ ۲ مدخل: توربواستراتیکی ویژگی بلوری است که در آن صفحات پایه از همراستایی با صفحات دیگر خارج شده‌اند.

۳-۴-۱-۱۶

زاویهٔ جادویی

magic angle

<گرافن> زاویهٔ انباشت $1{,}1^\circ$ بین دو لایه گرافن برای نشان دادن خواص الکترونی جدید، یعنی اَبَررسانایی است.

نکتهٔ ۱ مدخل: دو لایه گرافن در این زاویه را می‌توان *گرافن دولایهٔ پیچ‌خورده* (۳-۱-۲-۸) با *زاویهٔ انباشت* (۳-۴-۱-۱۴) $1{,}1^\circ$ در نظر گرفت.

نکتهٔ ۲ مدخل: این زاویه، یک الگوی موآره[1] ایجاد می‌کند که در مقیاس طولی بسیار بلندتر از ساختار بلوری گرافن تکرار می‌شود.

۳-۴-۱-۱۷

اندازهٔ دامنه

domain size

<مادهٔ دوبعدی> ابعاد جانبی یک ناحیهٔ بلورین همدوس منفرد در یک *لایه* (۳-۱-۱-۸) از یک *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) است.

نکتهٔ ۱ مدخل: اصطلاحات «اندازهٔ دانه» و «اندازهٔ بلورک» مترادف با اصطلاح «اندازهٔ دامنه» هستند.

نکتهٔ ۲ مدخل: اگر دامنه تقریباً دایره‌ای باشد، این اندازه‌گیری معمولاً با استفاده از قطر دایره‌ای معادل یا در غیراین‌صورت از طریق اندازه‌گیری x، y در امتداد و عمود بر بلندترین ضلع انجام می‌شود.

نکتهٔ ۳ مدخل: اگر از قطر معادل دایره‌ای استفاده شود، این اصطلاح مشابه قطر بلورک (L_a) است که اندازه جانبی یک بلور یا محدودهٔ بلورک را توصیف می‌کند، برای مثال، با *پراش پرتو ایکس* (۳-۳-۱-۸) یا *طیف‌سنجی رامان* (۳-۳-۱-۶) اندازه گیری می‌شود.

۳-۴-۱-۱۸

اندازهٔ جانبی

اندازهٔ پرک

lateral size
flake size

<مادهٔ دوبعدی> به ابعاد جانبی پرک (۳-۱-۱-۳) یک *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) گفته می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل: اگر پرک تقریباً دایره‌ای باشد، معمولاً با استفاده از قطر دایره‌ای معادل یا درغیر این صورت، از طریق اندازه‌گیری‌های x، y در امتداد و عمود بر بلندترین ضلع اندازه‌گیری می‌شود.

[1] moiré

۳-۴-۱-۱۹

لایهٔ بافر

buffer layer

<مادهٔ دوبعدی> لایه‌ای (۳-۱-۱-۸) از ماده، میان زیرلایه و *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) که خواص مورد نظر را نشان می‌دهد.

نکتهٔ ۱ مدخل: لایهٔ بافر اغلب دارای خواص متفاوتی در مقایسه با زیرلایه و *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) مورد نیاز است و اغلب برای تطبیق تفاوت در ساختارهای بلورشناسی بین آنها استفاده می‌شود.

۳-۴-۱-۲۰

نقص استون- ولز

Stone-Wales defect

<مادهٔ دوبعدی> نقص بلورشناختی که شامل تغییر اتصالات دو اتم کربن با پیوند π می‌شود که منجر به چرخش نود درجه‌ای آنها نسبت به نقطه میانی پیوندشان می‌شود، بنابراین چهار حلقهٔ کربنی شش‌تایی مجاور به دو حلقهٔ پنج‌تایی و دو حلقهٔ هفت‌تایی تبدیل می‌شود.

۳-۴-۲ مشخصه‌ها و اصطلاحات مربوط به خواص شیمیایی مواد دوبعدی

۳-۴-۲-۱

آلودگی سطحی

surface contamination

ماده‌ای، عموماً ناخواسته، روی سطح نمونه که از مشخصه‌های آن نمونه و یا فرایندهای مورد بررسی نیست یا از قرار گرفتن نمونه در معرض محیط‌های خاصی به‌غیر از محیط‌های مربوط به سطح اصلی یا فرایند مورد مطالعه، ناشی شده است.

نکتهٔ ۱ مدخل: آلاینده‌های سطح معمولا هیدروکربن‌ها و آب هستند. واکنش‌های موضعی با این آلاینده‌ها و محیط می‌تواند منجر به گستره وسیعی از اکسایش و سایر محصولات شود.

[منبع: استاندارد ISO 18115-1:2023، (ردیف [۱] کتابنامه) مدخل اصطلاحی 5.16]

۳-۴-۲-۲

باقی‌ماندهٔ انتقال

transfer residue

<مادهٔ دوبعدی> *آلودگی سطحی* (۳-۴-۲-۱) که پس از انتقال *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) از یک زیرلایه به زیرلایهٔ دیگر باقی می‌ماند.

نکتهٔ ۱ مدخل: یک مثال، آلودگی سطحی ناخواسته است که به‌دلیل استفاده از پلیمر فداشونده برای انتقال گرافن رشدیافته به روش *نهشت بخار شیمیایی* (۱-۱-۲-۳) روی یک کاتالیزور (کنش‌یار) فلزی بر یک زیرلایهٔ متفاوت ایجاد می‌شود.

۳-۴-۲-۳

آلاییدن

دوپه کردن

Doping

افزودن مقداری از ماده‌ای متفاوت به مادهٔ میزبان به منظور اصلاح خواص آن است.

[منبع: استاندارد ملی ایران ۲-۱-۱۳۴۸۸: سال ۱۳۹۶، (ردیف [۸] کتابنامه)، مدخل اصطلاحی ۲-۲-۱۰]

۳-۴-۲-۴

آلاییدن شیمیایی

chemical doping

<مادهٔ دوبعدی> *آلاییدن* (۳-۴-۲-۳) یک *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) از طریق قرار دادن در معرض گونه‌های شیمیایی متفاوت با ترکیب مادهٔ دوبعدی است.

نکتهٔ ۱ مدخل: آلاییدن شیمیایی معمولاً از طریق جایگزینی اتم‌ها در شبکه است.

نکتهٔ ۲ مدخل: این آلاییدن معمولاً برای تنظیم خواص الکترونی یا واکنش‌پذیری شیمیایی آن انجام می‌شود.

۳-۴-۲-۵

آلاییدن الکتروشیمیایی

electrochemical doping

<مادهٔ دوبعدی> *آلاییدن* (۳-۴-۲-۳) یک *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) از طریق قرار گرفتن در یک محیط الکتروشیمیایی است.

۳-۴-۲-۶

آلاییدن بسترهالقا

substrate induced doping

<مادهٔ دوبعدی> *آلاییدن* (۳-۴-۲-۳) یک *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) در حضور یک بستره است.

۳-۴-۲-۷

محتوای اکسیژن

oxygen content

<مادهٔ دوبعدی> مقدار کل اکسیژن در *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) است.

۳-۴-۳ مشخصه‌ها و اصطلاحات مربوط به خواص نوری و الکتریکی مواد دوبعدی

۳-۴-۳-۱

اثرات تداخل بستره

substrate interference effects

<مادهٔ دوبعدی> اثری که اجازه می‌دهد تا *مادهٔ دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) تک تا چندلایه روی زیرلایه‌های سیلیکونی با یک *لایهٔ* (۳-۱-۱-۸) اکسیدی با ضخامت معین، به دلیل تغییر رنگ تداخلی مشاهده‌شده، شناسایی شود.

۲-۳-۴-۳

اثر هال کوانتومی غیرعادی

anomalous quantum Hall effect

سهمی از مقاومت ویژهٔ کوانتیدهٔ هال که مستقیماً به مغناطش ماده بستگی دارد.

نکتهٔ ۱ مدخل: این اثر اغلب بسیار بزرگتر از اثر هال کوانتومی معمولی است.

۳-۳-۴-۳

اثر هال کوانتومی کسری

fractional quantum Hall effect

پدیدهٔ فیزیکی که در آن رسانایی هال در مضرب‌های کسری از e^2/h کوانتیده می‌شود.

نکتهٔ ۱ مدخل: کمیت e^2/h نصف کوانتوم رسانایی G_0 است.

۴ اصطلاحات کوته‌نوشت

کوته‌نوشت	اصطلاح انگلیسی	معادل فارسی
1L	monolayer/single-layer	تک‌لایه
1LG	monolayer/single-layer graphene	گرافن تک‌لایه
2D	two-dimensional	دوبعدی
2L	bilayer	دولایه
2LG	bilayer graphene	گرافن دولایه
3L	trilayer	سه‌لایه
3LG	trilayer graphene	گرافن سه‌لایه
AES	Auger electron spectroscopy	طیف‌سنجی الکترون اوژه
AFM	atomic force microscopy	میکروسکوپی نیروی اتمی
ALD	atomic layer deposition	نهشت لایه اتمی
ARPES	angle resolved photoemission spectroscopy	طیف‌سنجی نورگسیل با تفکیک زاویه‌ای
BET method	Brunauer–Emmett–Teller method	روش برونر-اِمِت-تِلِر
CVD	chemical vapour deposition	نهشت شیمیایی بخار
EDS	energy-dispersive X-ray spectroscopy	طیف‌سنجی پرتو ایکس تفکیک انرژی
EDX	energy dispersive X-ray spectrometry	طیف‌سنجی پرتو ایکس تفکیک انرژی
EELS	electron energy loss spectroscopy	طیف‌سنجی اتلاف انرژی الکترون
FL	few-layer	کم‌لایه
FLG	few-layer graphene	گرافن کم‌لایه
GNP	graphene nanoplatelet	نانوصفحهٔ کوچک گرافنی
GO	graphene oxide	گرافن‌اکسید
GR2M	graphene-related 2D material	مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن

hBN	hexagonal boron nitride	بورنیترید شش‌گوشه‌ای
ICP-MS	inductively coupled plasma mass spectrometry	طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شدهٔ القایی
KPFM	Kelvin-probe force microscopy	میکروسکوپی نیروی پروبی کلوین
LEED	low energy electron diffraction	پراش الکترون کم‌انرژی
LEEM	low energy electron microscopy	میکروسکوپی الکترون کم‌انرژی
MBE	molecular beam epitaxy	برآرایی باریکهٔ‌مولکولی
MOCVD	metal organic chemical vapour deposition	نهشت شیمیایی بخار آلی فلزی
PECVD	plasma-enhanced chemical vapour deposition	نهشت شیمیایی بهبودیافته با پلاسمای بخار
PEEM	photoelectron emission microscopy	میکروسکوپی گسیل فوتوالکترون
rGO	reduced graphene oxide	گرافن اکسید کاهش‌یافته
SEM	scanning electron microscopy	میکروسکوپی الکترونی روبشی
SPM	scanning-probe microscopy	میکروسکوپی پروبی روبشی
STM	scanning tunnelling microscopy	میکروسکوپی تونل‌زنی روبشی
TEM	transmission electron microscopy	میکروسکوپی الکترونی عبوری
TGA	thermo gravimetric analysis	آنالیز وزن‌سنجی گرمایی
THz-TDS	terahertz time-domain spectroscopy	طیف‌سنجی دامنهٔ زمانی تراهرتز
TMD	transition metal dichalcogenide	دی‌کالکوژنید فلز واسطه
T2LG	twisted bilayer graphene	گرافن دولایهٔ پیچ خورده
t(n+m)LG	twisted few-layer graphene	گرافن پیچ‌خوردهٔ کم‌لایه
UPS	ultraviolet photoelectron spectroscopy	طیف‌سنجی فوتوالکترون فرابنفش
XPS	X-ray photoelectron spectroscopy	طیف‌سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس
XRD	X-ray diffraction	پراش پرتو ایکس

کتابنامه

[1] ISO 18115-1:2023, Surface chemical analysis — Vocabulary — Part 1: General terms and terms used in spectroscopy

[2] ISO 18115-2:2021, Surface chemical analysis — Vocabulary — Part 2: Terms used in scanning-probe microscopy

[۳] استاندارد ملی ایران/ایزو ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۲، *فناوری نانو- واژه‌نامه- قسمت ۱: واژگان پایه* (ISO 80004-1:2023، همسان)

[۴] استاندارد ملی ایران/ایزو شماره ۳-۸۰۰۰۴: ۱۴۰۲، *فناوری نانو- واژه‌نامه - قسمت۳: نانوشیاء کربنی* (ISO 80004-6 :2021، همسان)

[۵] استاندارد ملی ایران شماره ۶-۸۰۰۰۴: ۱۴۰۰، *فناوری نانو- واژه‌نامه - قسمت ۶: مشخصه‌یابی نانوشیء*، (ISO 80004-6 :2021، همسان)

[۶] استاندارد ملی ایران شماره ۸-۸۰۰۰۴: ۱۴۰۰، *فناوری نانو- واژه‌نامه - قسمت ۸: فرآیندهای نانوساخت*، (ISO 80004-8 :2020، همسان)

[۷] استاندارد ملی ایران شماره ۱۲-۸۰۰۰۴: ۱۳۹۵، *فناوری نانو- واژه‌نامه - قسمت ۱۲: پدیده‌های کوانتومی در فناوری نانو*، (ISO 80004-12 :2016، همسان)

[۸] استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱-۱۳۴۸۸: ۱۳۹۶، *نمایشگرهای دیود نور- گسیل آلی (OLED)-قسمت ۱-۲: و نمادهای حرفی*، (IEC 62341-1-2:2014، همسان)

[9] IEC/TS 62607-6-10:2021, Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-10: Graphene-based material - Sheet resistance: Terahertz time-domain spectroscopy

[10] Partoens B., Peeters F.M. From graphene to graphite: Electronic structure around the K point. Phys .Rev. B. 2006, 74 p. 075404

[11] HOF F., KAMPIOTI K., HUANG K., JAILLET C., DERRÉ A., POULIN P., YUSOF H., WHITE T., KOZIOL K., PAUKNER C., PÉNICAUD A, Conductive inks of graphitic nanoparticles from a sustainable carbon feedstock, Carbon, 111,p. 142-149

[12] Hummers W.S., Offeman R.E. Preparation of Graphitic Oxide. Journal of the American Chemical Society. 1958, 80 (6):1339

[13] BRUNAUER, S., EMMETT, P.H. AND TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. J. Am. Chem. Soc. 1938, 60, p. 309.

[14] International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), Compendium of Chemical Terminology, Blackwell Scientific Publications

فهرست الفبایی واژه‌های به‌کاررفته در این استاندارد به‌ترتیب الفبای فارسی

واژهٔ فارسی	نشانی	معادل انگلیسی
GNPs عامل‌دارشده← نانوپلاک‌های گرافن عامل‌دارشده		
اثر هال کوانتومی غیرعادی	۲-۳-۴-۳	anomalous quantum Hall effect
اثر هال کوانتومی کسری	۳-۳-۴-۳	fractional quantum Hall effect
اثرات تداخل زیرلایه	۱-۳-۴-۳	substrate interference effects
استانین	۵-۳-۱-۳	Stanene
اصلاح	۱۳-۱-۱-۳	modified
اصلاح‌شده← اصلاح		
اکسایش گرافیت	۱۹-۲-۱-۳	graphite oxidation
آلاییدن	۳-۲-۴-۳	doping
آلاییدن القایی زیرلایه	۶-۲-۴-۳	substrate induced doping
آلاییدن الکتروشیمیایی	۵-۲-۴-۳	electrochemical doping
آلاییدن شیمیایی	۴-۲-۴-۳	chemical doping
آلودگی سطحی	۱-۲-۴-۳	surface contamination
آنالیز وزن‌سنجی گرمایی	۵-۲-۳-۳	thermo gravimetric analysis
انباشت AB← انباشت برنال		
انباشت ABC← انباشت لوزوجهی		
انباشت برنال	۱۲-۱-۴-۳	Bernal stacking
انباشت توربوستراتیکی	۱۵-۱-۴-۳	turbostratic stacking
انباشت شش‌گوشه‌ای← انباشت برنال		
انباشت لوزوجهی	۱۳-۱-۴-۳	rhombohedral stacking
اندازه‌گیری جریان ادی	۹-۳-۳-۳	eddy current measurement
اندازهٔ پِرک← اندازهٔجانبی		
اندازهٔ دامنه	۱۷-۱-۴-۳	domain size
اندازهٔجانبی	۱۸-۱-۴-۳	lateral size
انفجار	۲۵-۱-۲-۳	detonation
بازشدن نانولولهٔ کربن	۱-۲-۲-۳	carbon nanotube unzipping
باقی‌ماندهٔ انتقال	۲-۲-۴-۳	transfer residue
برپایهٔ←پایه		
برسابش لیزری	۱۵-۱-۲-۳	laser ablation
برگ	۳-۱-۱-۴	sheet
بهبود	۱۰-۱-۱-۳	enhanced
بهبودیافته←بهبود		
پایه	۱۹-۱-۱-۳	based
پایه‌گرافن	۲۰-۱-۱-۳	graphene-based
پدید	۱۶-۱-۱-۳	enabled

واژهٔ فارسی	نشانی	معادل انگلیسی
پدیدآمده←پدید		
پراش الکترون کم انرژی	۳-۳-۱-۱۰	low energy electron diffraction
پراش پرتو ایکس	۳-۳-۱-۸	X-ray diffraction
پرفلوئوروگرافان	۳-۱-۲-۵	Perfluorographane
پرک	۳-۱-۱-۳	flake
پیوند آندی	۳-۲-۱-۱۴	anodic bonding
تَف‌کافت	۳-۲-۱-۲۴	pyrolysis
تک‌لایه←لایه		
ته‌نشینی گرافن	۳-۲-۱-۱۰	graphene precipitation
تولید R2R← تولید رول‌به‌رول		
تولید از بالا به پایین	۳-۲-۱-۱	top-down production
تولید پایین به بالا	۳-۲-۱-۲	bottom-up production
تولید رول‌به‌رول	۳-۲-۱-۶	roll-to-roll production
چیدمان میلهٔ هال گرافن	۳-۳-۳-۲	graphene Hall bar setup
دی‌کالکوژنید فلز واسطه	۳-۳-۱-۲	transition metal dichalcogenide
ذرات گرافن کم‌لایهٔ توربوستراتیک	۳-۲-۱-۱۳	turbostratic few-layer graphene particle
ذره tFLG← ذرات گرافن کم‌لایهٔ توربوستراتیک		
رشد الگودار بر سیلیکون کاربید	۳-۲-۲-۲	templated growth on SiC
رشد الگودار نهشت شیمیایی بخار	۳-۲-۲-۳	templated CVD growth
رشد بر سیلیکون‌کاربید	۳-۲-۱-۹	growth on silicon carbide
رشد پیش‌ماده از پایین به بالا	۳-۲-۲-۴	bottom-up precursor growth
رشد پیش‌مادهٔ الکلی	۳-۲-۱-۱۲	alcohol precursor growth
روش بِت← روش برونِر-اِمِت-تِلِر		
روش برونِر-اِمِت-تِلِر	۳-۳-۱-۱۱	Brunauer–Emmett–Teller method
روش پروب چهارنقطه‌ای← سنجش چهاراتصالی		
روش میکروموج غیرتماسی	۳-۳-۳-۷	non-contact microwave method
روش هامرز	۳-۲-۱-۲۰	Hummers’ method
رونشانی باریکهٔ‌مولکولی	۳-۲-۱-۱۳	molecular beam epitaxy
زاویهٔ انباشت	۳-۱-۴-۱۴	stacking angle
زاویهٔ جادویی	۳-۱-۴-۱۶	magic angle
ژرمانین	۳-۳-۱-۴	Germanene
سنتز در فاز گازی	۳-۲-۱-۲۲	gas phase synthesis
سنتز شیمیایی	۳-۲-۱-۱۱	chemical synthesis
سنجش چهاراتصالی	۳-۳-۳-۱	four-terminal sensing
سیلیسین	۳-۳-۱-۳	Silicene
طیف‌سنجی اتلاف انرژی الکترون	۳-۳-۲-۳	lectron energy loss spectroscopy
طیف‌سنجی الکترون اوژه	۳-۳-۲-۱	Auger electron spectroscopy

واژهٔ فارسی	نشانی	معادل انگلیسی
طیف‌سنجی پرتو ایکس تفکیک انرژی	۳-۳-۲-۴	energy-dispersive X-ray spectroscopy
طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شدهٔ القایی	۳-۳-۲-۶	inductively coupled plasma mass spectrometry
طیف‌سنجی دامنهٔ زمانی تراهرتز	۳-۳-۳-۸	terahertz time-domain spectroscopy
طیف‌سنجی رامان	۳-۳-۱-۶	Raman spectroscopy
طیف‌سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس	۳-۳-۲-۲	X-ray photoelectron spectroscopy
طیف‌سنجی فوتوالکترون فرابنفش	۳-۳-۳-۴	ultraviolet photoelectron spectroscopy
طیف‌سنجی فوتولومینسانس (نوردرخشایی)	۳-۳-۱-۷	photoluminescence spectroscopy
طیف‌سنجی نورگسیل با تفکیک زاویه‌ای	۳-۳-۳-۵	angle resolved photoemission spectroscopy
عامل‌دارشدن	۳-۱-۲-۱۷	functionalization
فسفورین	۳-۱-۳-۶	phosphorene
گرافان	۳-۱-۲-۴	graphane
گرافن	۳-۱-۲-۱	graphene
گرافن اکسید کاهش‌یافته	۳-۱-۲-۱۶	reduced gtaphene oxide
گرافن برآرایی‌شده	۳-۱-۲-۶	epitaxial graphene
گرافن پیچ‌خوردهٔ کم‌لایه	۳-۱-۲-۹	twisted few-layer graphene
گرافن تک لایه← گرافن		
گرافن دولایه	۳-۱-۲-۷	bilayer graphene
گرافن دولایهٔ پیچ خورده	۳-۱-۲-۸	twisted bilayer graphene
گرافن دولایهٔ توربواستراتیک← گرافن دولایهٔ پیچ خورده		
گرافن سه‌لایه	۳-۱-۲-۱۰	trilayer grapgene
گرافن کم‌لایه	۳-۱-۲-۱۱	few-layer graphene
گرافن یک لایه←گرافن		
گرافن‌اصلاح	۳-۱-۱-۱۴	graphene-modified
گرافن‌اکسید	۳-۱-۲-۱۵	graphene oxide
گرافن‌بهبود	۳-۱-۱-۱۱	graphene-enhanced
گرافن‌پدید	۳-۱-۱-۱۷	graphene-enabled
گرافیت	۳-۱-۲-۲	graphite
گرافیت‌اکسید	۳-۱-۲-۱۴	graphite oxide
الگودهی لیتوگرافی باریکهٔ الکترونی	۳-۲-۲-۵	electron beam lithographic patterning
الگودهی لیتوگرافی باریکهٔ یونی	۳-۲-۲-۶	ion beam lithographic patterning
لایه	۳-۱-۱-۸	layer
لایه‌برداری الکتروشیمیایی	۳-۱-۲-۱۸	electrochemical exfoliation
لایه‌برداری با روش اینترکالیشن شیمیایی	۳-۱-۲-۱۷	exfoliation via chemical intercalation
لایه‌برداری فاز مایع	۳-۱-۲-۸	liquid-phase exfoliation
لایه‌برداری گرمایی گرافیت‌اکسید	۳-۱-۲-۲۱	thermal exfoliation of graphite oxide
لایه‌برداری مکانیکی	۳-۱-۲-۷	mechanical exfoliation

واژهٔ فارسی	نشانی	معادل انگلیسی
لایه‌برداری نوری	۳-۲-۱-۱۶	photoexfoliation
لایهٔ بافر	۳-۴-۱-۱۹	buffer layer
لایهٔ گرافن←گرافن		
مادهٔ دوبعدی	۳-۱-۱-۱	two-dimensional material
مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن	۳-۱-۱-۲	graphene-related 2D material
مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن بهبود	۳-۱-۱-۱۲	GR2M-enhanced
مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن پایه	۳-۱-۱-۲۱	GR2M-based
مادهٔ دوبعدی مرتبط با گرافن پدید	۳-۱-۱-۱۸	GR2M-enabled
محتوای اکسیژن	۳-۴-۲-۷	oxygen content
مرز دانه	۳-۴-۱-۸	grain boundary
مَکسین	۳-۱-۳-۱	mxene
میزان بی‌نظمی	۳-۴-۱-۱۰	level of disorder
میکروسکوپ تونل‌زنی روبشی	۳-۳-۱-۳	scanning tunnelling microscopy
میکروسکوپ نیروی پروبی کلوین	۳-۳-۳-۳	Kelvin-probe force microscopy
میکروسکوپی الکترون کم‌انرژی	۳-۳-۱-۹	low energy electron microscopy
میکروسکوپی الکترونی روبشی	۳-۳-۱-۴	scanning electron microscopy
میکروسکوپی الکترونی عبوری	۳-۳-۱-۵	transmission electron microscopy
میکروسکوپی پروب-روبشی	۳-۳-۱-۱	scanning-probe microscopy
میکروسکوپی گسیل فوتوالکترون	۳-۳-۳-۶	photoelectron emission microscopy
میکروسکوپی نیروی اتمی	۳-۳-۱-۲	atomic force microscopy
نانوبرگ←نانوفویل		
نانوروبان	۳-۱-۱-۷	nanoribbon
نانوصفحه	۳-۱-۱-۵	nanoplate
نانوصفحه‌های کوچک گرافنی	۳-۱-۲-۱۲	graphene nanoplatelet
نانوصفحه‌های کوچک گرافنی عامل‌دارشده	۳-۱-۲-۱۸	functionalized graphene nanoplatelets
نانوفویل	۳-۱-۱-۶	nanofoil
نانوگرافیت	۳-۱-۲-۳	nanographite
نانونوار← نانوروبان		
ناهمساختار جانبی دوبعدی← ناهمساختار درصفحه‌ای دوبعدی		
ناهمساختار درصفحه‌ای دوبعدی	۳-۱-۳-۹	2D in-plane heterostructure
ناهمساختار دوبعدی	۳-۱-۳-۷	2D heterostructure
ناهمساختار دوبعدی عمودی	۳-۱-۳-۸	2D vertical heterostructure
نقص	۱-۱-۴-۳	defect
نقص اتم افزوده با پیوند sp^3	۳-۱-۴-۷	sp^3 bonded adatom defect
نقص استون- ولز	۳-۱-۴-۲۰	Stone-Wales defect
نقص تهی‌جا	۳-۱-۴-۳	vacancy defect

واژهٔ فارسی	نشانی	معادل انگلیسی
نقص جانشینی	۳-۴-۱-۴	substitution defect
نقص خطی	۳-۴-۱-۵	line defect
نقص سطحی	۳-۴-۱-۶	Planar defect
نقص نابه‌جایی	۳-۴-۱-۹	dislocation defect
نقص نقطه‌ای	۳-۴-۱-۲	point defect
نقطهٔ کوانتومی	۳-۱-۱-۹	quantum dot
نهشت شیمیایی آلی فلزی بخار	۳-۲-۱-۴	metal organic chemical vapour deposition
نهشت شیمیایی بخار	۳-۲-۱-۳	chemical vapour deposition
نهشت شیمیایی بهبودیافته با پلاسمای بخار	۳-۲-۱-۵	plasma-enhanced chemical vapour deposition
نهشت لایه اتمی	۳-۲-۱-۲۳	atomic layer deposition
هم‌ترازی	۳-۴-۱-۱۱	alignment

فهرست الفبایی واژه‌های به‌کاررفته در این استاندارد به‌ترتیب الفبای انگلیسی

معادل انگلیسی	نشانی	واژهٔ فارسی
1LG→ graphene		
2D heterostructure	۳-۱-۳-۷	ناهمساختار دوبعدی
2D in-plane heterostructure	۳-۱-۳-۹	ناهمساختار درصفحه‌ای دوبعدی
2D lateral heterostructure→2D in-plane heterostructure		
2D material→ two-dimensional material		
2D vertical heterostructure	۳-۱-۳-۸	ناهمساختار دوبعدی عمودی
2LG→ bilayer graphene		
3LG→ trilayer grapgene		
AB stacking→ Bernal stacking		
ABC stacking→ rhombohedral stacking		
AES→ Auger electron spectroscopy		
AFM→ atomic force microscopy		
alcohol precursor growth	۳-۲-۱-۱۲	رشد پیش‌مادهٔ الکلی
ALD→ atomic layer deposition		
alignment	۳-۴-۱-۱۱	هم‌ترازی
angle resolved photoemission spectroscopy	۳-۳-۳-۵	طیف‌سنجی نورگسیل با تفکیک زاویه‌ای
anodic bonding	۳-۲-۱-۱۴	پیوند آندی
anomalous quantum Hall effect	۳-۴-۳-۲	اثر هال کوانتومی غیرعادی
ARPES→ angle resolved photoemission spectroscopy		
atomic force microscopy	۳-۳-۱-۲	میکروسکوپی نیروی اتمی
atomic layer deposition	۳-۲-۱-۲۳	نهشت لایه اتمی
Auger electron spectroscopy	۳-۳-۲-۱	طیف‌سنجی الکترون اوژه
based	۳-۱-۱-۱۹	پایه
Bernal stacking	۳-۴-۱-۱۲	انباشت برنال
BET method→ Brunauer–Emmett–Teller method		
bilayer graphene	۳-۱-۲-۷	گرافن دولایه
bottom-up precursor growth	۳-۲-۲-۴	رشد پیش‌ماده از پایین به بالا
bottom-up production	۳-۲-۲-۲	تولید پایین به بالا
Brunauer–Emmett–Teller method	۳-۳-۱-۱۱	روش برونر- امت-تلر
buffer layer	۳-۴-۱-۱۹	لایهٔ بافر
carbon nanotube unzipping	۳-۲-۲-۱	بازشدن نانولولهٔ کربن
chemical doping	۳-۴-۲-۴	آلایش شیمیایی
chemical synthesis	۳-۲-۱-۱۱	سنتز شیمیایی

معادل انگلیسی	نشانی	واژهٔ فارسی
chemical vapour deposition	۳-۱-۲-۳	نهشت شیمیایی بخار
CVD→ chemical vapour deposition		
defect	۳-۴-۱-۱	نقص
detonation	۲۵-۱-۲-۳	انفجار
dislocation defect	۹-۱-۴-۳	نقص نابه‌جایی
domain size	۱۷-۱-۴-۳	اندازهٔ دامنه
doping	۳-۲-۴-۳	آلاییدن
eddy current measurement	۹-۳-۳-۳	اندازه‌گیری جریان ادی
EDS→ energy-dispersive X-ray spectroscopy		
EDX→ energy-dispersive X-ray spectroscopy		
EELS→ **e**lectron energy loss spectroscopy		
electrochemical doping	۵-۲-۴-۳	آلایش الکتروشیمیایی
electrochemical exfoliation	۱۸-۱-۲-۳	لایه‌برداری الکتروشیمیایی
electron beam lithographic patterning	۵-۲-۲-۳	الگودهی لیتوگرافی باریکهٔ الکترونی
electron energy loss spectroscopy	۳-۲-۳-۳	طیف‌سنجی اتلاف انرژی الکترون
enabled	۱۶-۱-۱-۳	پدید
energy-dispersive X-ray spectroscopy	۴-۲-۳-۳	طیف‌سنجی پرتو ایکس تفکیک انرژی
enhanced	۱۰-۱-۱-۳	بهبود
epitaxial graphene	۶-۲-۱-۳	گرافن برآرایی‌شده
exfoliation via chemical intercalation	۱۷-۱-۲-۳	لایه‌برداری با روش اینترکالیشن شیمیایی
few-layer graphene	۱۱-۲-۱-۳	گرافن کم‌لایه
flake	۳-۱-۱-۳	پرک
flake size→ lateral size		
FLG→ few-layer graphene		
four point probe method→ four-terminal sensing		
four-terminal sensing	۱-۳-۳-۳	سنجش چهاراتصالی
fractional quantum Hall effect	۳-۳-۴-۳	اثر هال کوانتومی کسری
functionalization	۱۷-۲-۱-۳	عامل‌دارشدن
functionalized GNPs→ functionalized graphene nanoplatelets		
functionalized graphene nanoplatelets	۱۸-۲-۱-۳	نانوپلاک‌های گرافن عامل‌دارشده
gas phase synthesis	۲۲-۱-۲-۳	سنتز در فاز گازی
germanene	۴-۳-۱-۳	ژرمانین
GNP→ graphene nanoplatelet		
GO→ graphene oxide		
GR2M→ graphene-related 2D material		

واژهٔ فارسی	نشانی	معادل انگلیسی
مادهٔ دوبعدی مرتبط به گرافن پایه	۳-۱-۱-۲۱	GR2M-based
مادهٔ دوبعدی مرتبط به گرافن پدید	۳-۱-۱-۱۸	GR2M-enabled
مادهٔ دوبعدی مرتبط به گرافن بهبود	۳-۱-۱-۱۲	GR2M-enhanced
مرز دانه	۳-۱-۴-۸	grain boundary
گرافان	۳-۲-۱-۴	graphane
گرافن	۳-۲-۱-۱	graphene
چیدمان میلهٔ هال گرافن	۳-۳-۳-۲	graphene Hall bar setup
		graphene layer→ graphene
نانوپلاک گرافن	۳-۲-۱-۱۲	graphene nanoplatelet
گرافن‌اکسید	۳-۲-۱-۱۵	graphene oxide
ته‌نشینی گرافن	۳-۱-۲-۱۰	graphene precipitation
پایه گرافنی	۳-۱-۱-۲۰	graphene-based
گرافن‌پدید	۳-۱-۱-۱۷	graphene-enabled
گرافن‌بهبود	۳-۱-۱-۱۱	graphene-enhanced
گرافن‌اصلاح‌شده	۳-۱-۱-۱۴	graphene-modifie
مادهٔ دوبعدی مرتبط به گرافن	۲-۱-۱-۳	graphene-related 2D material
گرافیت	۳-۲-۱-۲	graphite
اکسایش گرافیت	۳-۲-۱-۱۹	graphite oxidation
گرافیت‌اکسید	۳-۲-۱-۱۴	graphite oxide
رشد بر سیلیکون‌کاربید	۳-۲-۱-۹	growth on silicon carbide
		hexagonal stacking→ Bernal stacking
روش هامرز	۳-۲-۱-۲۰	Hummers’ method
		ICP-MS→ inductively coupled plasma mass spectrometry
طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شدهٔ القایی	۳-۳-۲-۶	inductively coupled plasma mass spectrometry
الگودهی لیتوگرافی باریکهٔ یونی	۳-۲-۲-۶	ion beam lithographic patterning
میکروسکوپ نیروی پروبی کلوین	۳-۳-۳-۳	Kelvin-probe force microscopy
		KPFM→ Kelvin-probe force microscopy
برسابش لیزری	۳-۲-۱-۱۵	laser ablation
اندازهٔجانبی	۳-۱-۴-۱۸	lateral size
لایه	۳-۱-۱-۸	layer
		LEED→ low energy electron diffraction
		LEEM→ low energy electron microscopy
میزان بی‌نظمی	۳-۱-۴-۱۰	level of disorder
نقص خطی	۳-۱-۴-۵	line defect
لایه‌برداری فاز مایع	۳-۲-۱-۸	liquid-phase exfoliation

واژهٔ فارسی	نشانی	معادل انگلیسی
پراش الکترون کم انرژی	۳-۳-۱-۱۰	low energy electron diffraction
میکروسکوپی الکترون کم‌انرژی	۳-۳-۱-۹	low energy electron microscopy
زاویهٔ جادویی	۳-۴-۱-۱۶	magic angle
		MBE→ molecular beam epitaxy
لایه‌برداری مکانیکی	۳-۲-۱-۷	mechanical exfoliation
نهشت شیمیایی آلی فلزی بخار	۳-۲-۱-۴	metal organic chemical vapour deposition
		MOCVD→ metal organic chemical vapour deposition
اصلاح	۳-۱-۱-۱۳	modified
رونشانی باریکهٔ‌مولکولی	۳-۲-۱-۱۳	molecular beam epitaxy
		monolayer graphene→ graphene
		monolayer→ layer
مَکسین	۳-۱-۳-۱	mxene
نانوورق	۳-۱-۱-۶	nanofoil
نانوگرافیت	۳-۱-۲-۳	nanographite
نانوصفحه	۳-۱-۱-۵	nanoplate
نانوروبان	۳-۱-۱-۷	nanoribbon
		nanosheet→ nanofoil
		nanotape→ nanoribbon
روش میکروموج غیرتماسی	۳-۳-۳-۷	non-contact microwave method
محتوای اکسیژن	۳-۴-۲-۷	oxygen content
		PECVD→ plasma-enhanced chemical vapour deposition
		PEEM→ photoelectron emission microscopy
پرفلوئوروگرافان	۳-۱-۲-۵	Perfluorographane
فسفورین	۳-۱-۳-۶	Phosphorene
میکروسکوپی گسیل فوتوالکترون	۳-۳-۳-۶	photoelectron emission microscopy
لایه‌برداری نوری	۳-۲-۱-۱۶	Photoexfoliation
طیف‌سنجی فوتولومینسانس (نوردرخشایی)	۳-۳-۱-۷	photoluminescence spectroscopy
		PL spectroscopy→ photoluminescence spectroscopy
نقص سطحی	۳-۴-۱-۶	Planar defect
نهشت شیمیایی بهبودیافته با پلاسمای بخار	۳-۲-۱-۵	plasma-enhanced chemical vapour deposition
نقص نقطه‌ای	۳-۴-۱-۲	point defect
تَف‌کافت	۳-۲-۱-۲۴	pyrolysis
نقطهٔ کوانتومی	۳-۱-۱-۹	quantum dot
		R2R production→ roll-to-roll production

معادل انگلیسی	نشانی	واژهٔ فارسی
Raman spectroscopy	۶-۱-۳-۳	طیف‌سنجی رامان
reduced gtaphene oxide	۱۶-۲-۱-۳	گرافن اکسید کاهش‌یافته
rGO→ Reduced gtaphene oxide		
rhombohedral stacking	۱۳-۱-۴-۳	انباشت لوزوجهی
roll-to-roll production	۶-۱-۲-۳	تولید رول به رول
scanning electron microscopy	۴-۱-۳-۳	میکروسکوپی الکترونی روبشی
scanning tunnelling microscopy	۳-۱-۳-۳	میکروسکوپ تونل‌زنی روبشی
scanning-probe microscopy	۱-۱-۳-۳	میکروسکوپی پروبی‌روبشی
SEM→ scanning electron microscopy		
sheet	۳-۱-۱-۴	برگ
silicene	۳-۳-۱-۳	سیلیسین
single layer graphene→ graphene		
sp^3 bonded adatom defect	۷-۱-۴-۳	نقص اتم افزوده با پیوند sp^3
SPM→ scanning-probe microscopy		
stacking angle	۱۴-۱-۴-۳	زاویهٔ انباشت
stanene	۵-۳-۱-۳	استانین
STM→ scanning tunnelling microscopy		
Stone-Wales defect	۲۰-۱-۴-۳	نقص استون- ولز
substitution defect	۴-۱-۴-۳	نقص جانشینی
substrate induced doping	۶-۲-۴-۳	آلایش القایی زیرلایه
substrate interference effects	۱-۳-۴-۳	اثرات تداخل زیرلایه
surface contamination	۱-۲-۴-۳	آلودگی سطحی
t(n+m)LG→ twisted few-layer graphene		
t2LG→ twisted bilayer graphene		
tBLG→ twisted bilayer graphene		
TEM→ transmission electron microscopy		
templated CVD growth	۳-۲-۲-۳	رشد الگودار نهشت شیمیایی بخار
templated growth on SiC	۲-۲-۲-۳	رشد الگودار بر سیلیکون کاربید
terahertz time-domain spectroscopy	۸-۳-۳-۳	طیف‌سنجی دامنهٔ زمانی تراهرتز
tFLG particle→ turbostratic few-layer graphene particle		
TGA→ thermo gravimetric analysis		
thermal exfoliation of graphite oxide	۲۱-۱-۲-۳	لایه‌برداری گرمایی گرافیت‌اکسید
thermo gravimetric analysis	۵-۲-۳-۳	آنالیز وزن‌سنجی گرمایی
THz-TDS→ terahertz time-domain spectroscopy		
TMD→ transition metal		

معادل انگلیسی	نشانی	واژهٔ فارسی
dichalcogenide		
TMDC→ transition metal dichalcogenide		
top-down production	۳-۲-۱-۱	تولید از بالا به پایین
transfer residue	۳-۴-۲-۲	باقی‌ماندهٔ انتقال
transition metal dichalcogenide	۳-۱-۳-۲	دی‌کالکوژنید فلز واسطه
transmission electron microscopy	۳-۳-۱-۵	میکروسکوپی الکترونی عبوری
trilayer grapgene	۳-۱-۲-۱۰	گرافن سه‌لایه
turbostratic bilayer graphene → twisted bilayer graphene		
turbostratic few-layer graphene particle	۳-۱-۲-۱۳	ذرات گرافن کم‌لایهٔ توربوستراتیک
turbostratic stacking	۳-۴-۱-۱۵	انباشت توربوستراتیکی
twisted bilayer graphene	۳-۱-۲-۸	گرافن دولایهٔ پیچ‌خورده
twisted few-layer graphene	۳-۱-۲-۹	گرافن پیچ‌خوردهٔ کم‌لایه
two-dimensional material	۱-۱-۱-۳	مادهٔ دوبعدی
ultraviolet photoelectron spectroscopy	۳-۳-۳-۴	طیف‌سنجی فوتوالکترون فرابنفش
UPS→ ultraviolet photoelectron spectroscopy		
vacancy defect	۳-۴-۱-۳	نقص تهی‌جا
XPS→ X-ray photoelectron spectroscopy		
X-ray diffraction	۳-۳-۱-۸	پراش پرتو ایکس
X-ray photoelectron spectroscopy	۳-۳-۲-۲	طیف‌سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس
XRD→ X-ray diffraction		