INSO-ISO
80004-13

1st Edition
2018
Identical with

ISO/TS 80004-13:
2017

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران- ایزو
۸۰۰۰۴-۱۳

چاپ اول

۱۳۹۷

دارای محتوای رنگی

فناوری نانو- واژه نامه-
قسمت۱۳: گرافن و مواد دوبعدی مرتبط

Nanotechnologies –Vocabulary- Part13: Graphene and related two-dimential (2D) materials

ICS: 01.040.07; 07.120

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: http://www.isiri.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به‌عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«فناوری نانو- واژه نامه- قسمت۱۳: گرافن و مواد دوبعدی مرتبط»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
آقابزرگ اصله، حمیدرضا (دکترای شیمی)	عضو هیئت علمی پژوهشگاه صنعت نفت
دبیر:	
شاکری، روشنک (کارشناس ارشد فیزیک اتمی- مولکولی)	کارشناس استاندارد- سازمان ملی استاندارد ایران
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسلامی پور، الهه (کارشناس ارشد زیست شناسی)	کارشناس کمیته استاندارد و ایمنی- ستاد فناوری نانو
بحری کاظم پور، زهرا (کارشناس ارشد بیوتکنولوژی)	کارشناس استاندارد- سازمان ملی استاندارد ایران
دارابی، عادله (کارشناس ارشد فیزیک)	عضو مستقل
صادق حسنی، صدیقه (کارشناس ارشد شیمی)	عضو هیئت علمی- پژوهشگاه صنعت نفت
ظریف، محمود (کارشناس ارشد زبان شناسی)	نماینده فرهنگستان زبان و ادب فارسی
ویراستار:	
سیفی، مهوش (کارشناس ارشد مدیریت دولتی)	کارشناس استاندارد- نایب رئیس کمیته فنی متناظر فناوری نانو

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار و
مقدمه ز
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۱
۳- ۱ اصطلاحات مرتبط با مواد ۱
۳-۱-۱ اصطلاحات عمومی مرتبط با مواد دوبعدی ۱
۳-۱-۲ اصطلاحات مرتبط با گرافن ۳
۳-۱-۳ اصطلاحات مرتبط با مواد دوبعدی مرتبط ۷
۳-۲ اصطلاحات مرتبط با روش‌های تولید مواد دوبعدی ۸
۳-۲-۱ تولید گرافن و مواد دوبعدی مرتبط ۸
۳-۲-۲ تولید نانونوار ۱۳
۳-۳ اصطلاحات مرتبط با روش‌های مشخصه‌یابی مواد دوبعدی ۱۴
۳-۳-۱ روش‌های توصیف مشخصه‌یابی ساختاری ۱۴
۳-۳-۲ روش‌های توصیف مشخصه‌یابی شیمیایی ۱۷
۳-۳-۳ روش‌های مشخصه‌یابی الکتریکی ۱۹
۳-۴ اصطلاحات مرتبط با مشخصات مواد دوبعدی ۲۱
۳-۴-۱ مشخصات و اصطلاحات مرتبط با خواص ساختاری و ابعادی مواد دوبعدی ۲۱
۳-۴-۲ مشخصات و اصطلاحات مرتبط با خواص شیمیایی مواد دوبعدی ۲۵
۳-۴-۳ مشخصات و اصطلاحات مرتبط با خواص نوری و الکتریکی مواد دوبعدی ۲۶
۴ سرنام وکوته‌نوشت‌ها ۲۷
پیوست الف (آگاهی دهنده) نمایه ۲۸
کتاب‌نامه ۳۲

پیش‌گفتار

استاندارد «فناوری نانو – واژه‌نامه – قسمت۱۳: گرافن و مواد دوبعدی مرتبط» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تهیه و تدوین شده، در شصت و هشتمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد فناوری نانو مورخ ۹۷/۵/۱۵ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر درکمیسیون فنی مربوط، موردتوجه قرارخواهدگرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

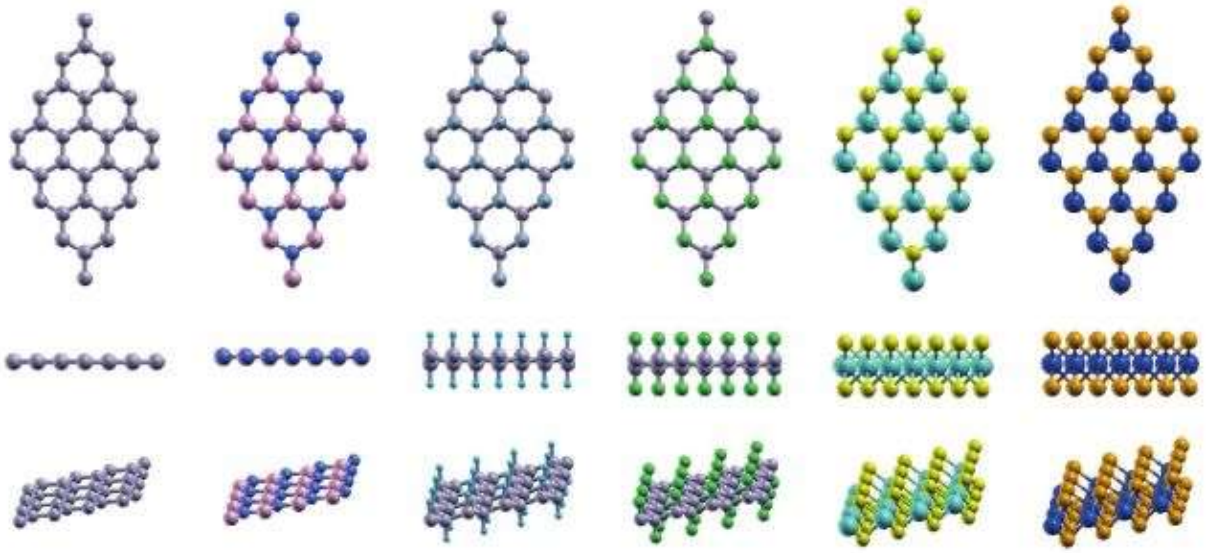
این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO/ TS 80004-13: 2017, Nanotechnologies- Vocabulary Part13: Graphene and related two-dimential (2D) materials

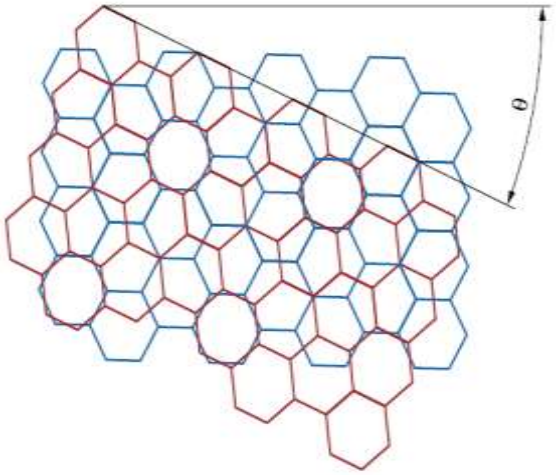
مقدمه

درطول دهه گذشته، توجه علمی و تجاری بسیاری در مورد گرافن به‌وجود آمده است، که به دلیل بسیاری از خواص استثنایی، مانند خواص رسانایی الکتریکی و گرمایی وابسته به این ماده است. اخیراً مواد دیگری با ساختاری مشابه گرافن، خواص نویدبخشی از خود نشان داده‌اند، ازجمله مدل‌های تک‌لایه و چندلایه‌ای از بورنیترید شش‌وجهی (hBN)[۱]، مولیبدن دی‌سولفید (MoS_2)[۲]، تنگستن دی‌سلنید (WSe_2)[۳]، سیلیسین[۴] و ژرمانین[۵] و مجموعه‌های لایه‌ای از ترکیب این مواد می‌باشند. ضخامت این مواد در محدوده نانومقیاس یا کوچکتر است و از یک تا چند لایه تشکیل شده‌اند. بدین ترتیب این مواد به‌عنوان مواد دوبعدی (2D) نامیده می‌شوند، زیرا آنها یک بعد در اندازه نانومقیاس یا کوچکتر دارند و دو بعد دیگر به‌طور کلی در مقیاس بزرگتر از اندازه نانو است. یک ماده لایه‌ای که از لایه‌های دوبعدی با انباشت یا پیوندی ضعیف تشکیل شده است، ساختاری سه‌بعدی را تشکیل می‌دهند. نمونه‌هایی از مواد دوبعدی و پیکربندی‌های مختلف انباشت گرافن در شکل۱ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که مواد دوبعدی لزوماً به لحاظ توپوگرافی[۶] در واقع مسطح نیستند و می‌توانند ساختار خمیده داشته باشند. آنها همچنین می‌توانند انبوهه[۷] و کلوخه[۸] تشکیل دهند که ممکن است ریخت‌های[۹] مختلفی داشته باشند. مواد دوبعدی یک زیرمجموعه مهم از نانومواد هستند.

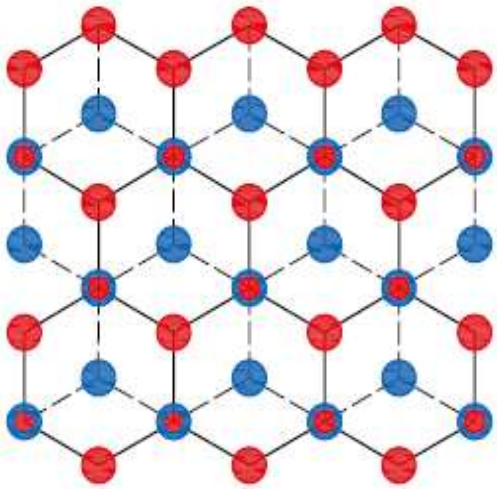
1 - Hexagonal boron nitride
2 - Molybdenum disulphide
3 - Tungsten diselenide
4 - Silicene
5 - Germanene
6 - Topographically
7 - Aggregate
8 - Agglomerate
9 - Morphology



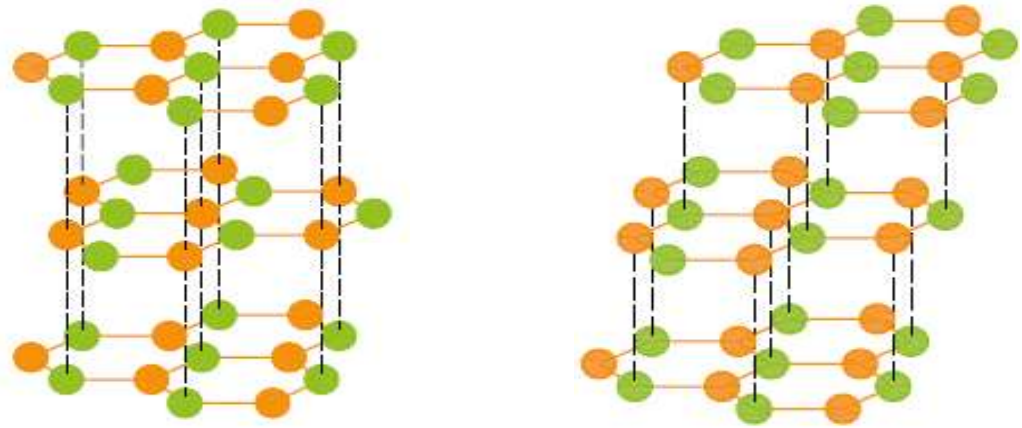
الف - نمونه‌هایی از مواد دوبعدی مختلف که شامل عناصر و ساختارهای مختلف هستند، با گوی های رنگی مختلف و از نمای بالا- پایین و جانبی نشان داده شده‌اند



ب- گرافن دولایه توربواستراتیکی یا دولایه پیچ‌خورده با زاویه انباشت نسبی، θ (۳-۱-۲-۷)



پ- گرافن دولایه با انباشت برنال (۳-۱-۲-۶)



سه‌لایه ABC　　سه‌لایه **ABA**

ت- انباشت برنال (AB) (۳-۴-۱-۱۰) گرافن سه‌لایه (۳-۱-۲-۹) و انباشت لوزوجهی (ABC) (۳-۴-۱-۱۱) انباشت گرافن سه‌لایه (۳-۱-۲-۹)

شکل ۱ – نمونه‌هایی از مواد دوبعدی و پیکربندی‌های گوناگون انباشت در لایه‌های گرافن

از آنجایی که تعداد نشریات، ثبت اختراعات و سازمان‌ها به سرعت در حال افزایش است، بسیار مهم است که اصطلاح‌شناسی گرافن، مشتقات گرافن و مواد دوبعدی مرتبط در سطح بین‌المللی استانداردسازی شود. با تجاری‌سازی و فروش این مواد در سرتاسر جهان به واژه‌نامه مشترکی نیاز است. این استاندارد متعلق به یک واژه‌نامه چند قسمتی است که جنبه‌های مختلف فناوری نانو را پوشش می‌دهد. این استاندارد بر پایه استانداردهای ملی ایران– ایزو شماره ۶-۸۰۰۰۴ و ۸-۸۰۰۰۴ و ISO/TS 80004-11 است و از تعاریف موجود در آن‌ها استفاده می‌کند.

استاندارد ISO/ TS 80004 متشکل از قسمت های زیر تحت نام عمومی «فناوری نانو- واژگان» تدوین شده ویا در حال تدوین است:

- قسمت ۱: اصطلاحات اصلی
- قسمت ۲: نانو اشیاء: نانوذرات، نانولیف‌ها و نانوصفحات
- قسمت ۳: نانواشیاء کربنی
- قسمت ۴: مواد نانوساختار
- قسمت ۵: فصل مشترک نانو/ زیست
- قسمت ۶: مشخصه‌یابی نانو اشیاء
- قسمت ۷: تشخیص و درمان برای مراقبت‌های بهداشتی
- قسمت ۸: فرایندهای تولید نانومواد
- قسمت ۹: محصولات و سامانه‌های الکترو، روش فعال شده با نانو

- قسمت ۱۰: اجزاء و سامانه‌های فوتونیک، فعال‌شده با نانو
- قسمت ۱۱: نانولایه، نانوپوشش، نانوفیلم و عبارات مرتبط
- قسمت ۱۲: پدیده کوانتومی در فناوری نانو
- قسمت ۱۳: گرافن و مواد دوبعدی مرتبط

فناوری نانو - واژه نامه - قسمت ۱۳: گرافن و مواد دوبعدی مرتبط

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه اصطلاحات و تعاریف برای گرافن و مواد دوبعدی مرتبط است و شامل اصطلاحات مرتبط با نام‌گذاری روش‌های تولید، خواص و مشخصه‌یابی آن‌ها می‌باشد.

این استاندارد ارتباطات بین سازمان‌ها و افرادی که در تحقیقات و صنعت اشتغال دارند و سایر طرف‌های علاقه‌مند و همه کسانی که با آن‌ها کار می‌کنند را آسان می‌کند.

۲ مراجع الزامی

در این استاندارد مراجع الزامی وجود ندارد.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات با تعاریف زیر به‌کار می‌رود.

۳-۱ اصطلاحات مرتبط با مواد

۳-۱-۱ اصطلاحات عمومی مرتبط با مواد دوبعدی

۳-۱-۱-۱

ماده دوبعدی

two-dimensional material
2D material

ماده متشکل از یک یا چند *لایه* (۳-۱-۱-۵) که اتم‌های هرلایه با اتم‌های همسایه خود در همان لایه پیوند قوی دارند و یک بعد، ضخامت آن، در مقیاس نانو یا کوچکتر است و ابعاد دیگر به‌طورکلی دارای مقیاس بزرگتر است.

یادآوری ۱- هنگامی که تعدادی از لایه‌های یک ماده دوبعدی به یک ماده توده‌ای تبدیل می‌شود، بسته به مواد موردنظر و خواص آن متفاوت است. در مورد *لایه‌های گرافن* (۳-۱-۲-۱)، یک ماده دوبعدی است که بیشتر از ۱۰ لایه برای اندازه‌گیری‌های الکتریکی ضخیم است [10]، و بیشتر از آن (اگر تعداد لایه‌ها بیشتر از ۱۰ لایه شود) خواص الکتریکی مواد با خواص توده [که به‌عنوان *گرافیت* (۳-۱-۲-۲) شناخته می‌شود.] یکسان است.

یادآوری ۲- پیوند بین‌لایه‌ای، متفاوت و ضعیف‌تر از پیوند درون‌لایه‌ای است.

یادآوری ۳- هرلایه ممکن است شامل بیش از یک عنصر باشد.

یادآوری ۴- یک ماده دوبعدی می‌تواند یک *نانوصفحه* (۳-۱-۱-۲) باشد.

۳-۱-۱-۲

نانوصفحه

nanoplate

نانوشیء با یک بعدخارجی درمقیاس نانو و دو بعدخارجی دیگرکه به‌طور قابل توجهی بزرگترند.

یادآوری- ابعاد خارجی بزرگتر لزوماً در مقیاس نانو نیستند.

[منبع: طبق زیربند ۴-۶، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵]

۳-۱-۱-۳

نانوورقه

nanofoil

nanosheet

نانوصفحه (۳-۱-۱-۲) با ابعاد جانبی گسترده شده است.

یادآوری ۱- نانوفویل و نانوورقه به‌طور مترادف در محدوده صنعتی خاص استفاده می‌شود.

یادآوری ۲- نانوفویل و نانوورقه، با توجه به طول و عرض آنها، در مقایسه با نانوصفحه یا نانوپوسته بیشترگسترش می‌یابند.

[منبع :ISO/TS 80004-11: 2017, 3.2.1.1]

۳-۱-۱-۴

نانونوار

nanoribbon
nanotape

نانوصفحه (۳-۱-۱-۲) با دو بعد بزرگترکه به‌طور قابل توجهی متفاوت از یکدیگرند.

[منبع: طبق زیربند ۴-۱۰، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵]

۳-۱-۱-۵

لایه

layer

ماده گسسته که محدود در یک بعد، در داخل و یا در سطح یک فازچگال است.

[منبع: ISO/TS 80004-11: 2017, 3.1. 2]

۳-۱-۱- ۶

نقطه کوانتومی

quantum dot

نانوذره یا ناحیه‌ای که محصور شدن[1] کوانتومی را در هر سه بعد فضایی نشان می‌دهد.

[منبع: طبق زیر بند۴-۱، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۱۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵]

۳-۱-۱-۷

انبوهه

aggregate

ذره متشکل از ذراتی با پیوندهای قوی یا جوش‌خورده که مساحت سطح خارجی آن‌ها به‌طور قابل‌توجهی کوچکتر از مجموع مساحت تک‌تک اجزای تشکیل‌دهنده است.

یادآوری ۱- نیروهایی که انبوهه را کنار یکدیگر نگاه می‌دارد، نیروهای قوی هستند، مثلاً، پیوندهای کووالانسی یا یونی یا نتیجه جوش‌خوردن و درهم‌تنیدگی فیزیکی پیچیده یا درغیراینصورت ، ذرات اولیه به هم چسبیده قبلی.

یادآوری ۲- انبوهه ذرات ثانویه هم نامیده می‌شوند و ذرات اصلی منشا، ذرات اولیه نامیده می‌شوند.

[منبع: طبق زیربند ۳-۵، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، تغییر یافته – یادآوری ۱و۲ اضافه شده اند]

۳-۱-۲ اصطلاحات مرتبط با گرافن

۳-۱-۲-۱

گرافن

لایه گرافن

گرافن تک لایه

گرافن یک لایه

graphene
graphene layer
single-layer graphene
monolayer graphene

تک‌لایه‌ای از اتم‌های کربن که در آن هر اتم به سه اتم همسایه در یک ساختار لانه‌زنبوری متصل شده است.

یادآوری ۱- گرافن، واحد سازنده مهم، در بسیاری از نانو اشیاءکربنی است.

یادآوری ۲- از آنجایی که گرافن تک‌*لایه* (۳-۱-۱-۵) است، گاهی برای متمایز شدن از گرافن *دولایه* (2LG) (۳-۱-۲-۶) و *گرافن چندلایه* (FLG) (۳-۱-۲-۱۰)، گرافن تک‌لایه یا یک‌لایه را به اختصار (1LG) نامیده می‌شود.

1- Confinement

یادآوری۳- گرافن لبه‌هایی دارد و می‌تواند نقص‌ها و مرزهای دانه‌ای داشته باشدکه درآن‌جا پیوندها از هم گسیخته می‌شود.

[منبع: طبق زیربند۲-۱۱، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۳-۱۸۳۹۲: سال ۱۳۹۴، تغییریافته - یادآوری۲ و۳ اضافه شده است]

۳-۱-۲-۲

گرافیت

graphite

یکی از شکل‌های آلوتروپی[1](حالت چند شکلی) عنصرکربن، متشکل از *لایه‌های گرافن* (۳-۱-۲-۱) است که به‌صورت موازی با هم و به‌طور سه بعدی، بلوری و با نظم بلنددامنه روی هم انباشته شده است.

یادآوری۱- از فرهنگ جامع اصطلاح‌شناسی شیمی IUPAC [2] اقتباس شده است.

یادآوری۲- دو شکل آلوتروپی دیگر با انباشت متفاوت وجود دارد: شش‌وجهی و لوزوجهی.

[منبع: طبق زیربند ۲-۱۲، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۳-۱۸۳۹۲: سال ۱۳۹۴ ، تغییر یافته– یادآوری۲ اضافه شده است]

۳-۱-۲-۳

گرافان

graphane

ماده تک‌لایه شامل ورقه دوبعدی کربن و هیدروژن با تکرار واحد $(CH)_n$ است.

یادآوری- گرافان شکل هیدروژنه کامل گرافن با پیوندهای کربن در پیکربندی پیوند sp^3 است.

۳-۱-۲-۴

پرفلوئوروگرافان

perfluorographane

ماده تک‌لایه شامل یک ورقه دوبعدی از کربن و فلوئور که هر اتم کربن با یک اتم فلوئور با تکرار واحد $(CF)_n$ پیوند خورده است.

یادآوری ۱- پرفلوئوروگرافان دارای پیوند کربن در پیکربندی پیوند sp^3 است.

یادآوری ۲- پرفلوئوروگرافان گاهی فلوئوروگرافن نامیده می‌شود.

1 -Allotropic
2 - International Union of Pure and Applied Chemistry

۵-۲-۱-۳

گرافن برآرایی‌شده

epitaxial graphene

< گرافن > *لایه گرافن* (۳-۱-۲-۱) که روی یک زیرلایه سیلیکون‌کاربید[1] رشد داده شده است.

یادآوری ۱- گرافن می‌تواند به‌وسیله برآرایی روی زیرلایه‌های دیگری مانند Ni(111) رشد پیدا کند، اما این‌گونه مواد گرافن‌برآرایی‌شده نامیده نمی‌شوند.

یادآوری ۲ - این تعریف خاص فقط در زمینه گرافن صادق است. به‌طورکلی، واژه «برآرایی‌شده» به رشد یک فیلم (پوسه) روی یک زیرلایه تک‌بلور به شیوه برآرایی اشاره دارد.

۶-۲-۱-۳

گرافن دولایه

bilayer graphene
2LG

ماده دوبعدی (۳-۱-۱-۱) شامل دو *لایه گرافن* (۳-۱-۲-۱) انباشتی متمایز که روی یکدیگر قرارگرفته‌اند.

یادآوری- اگر هویت انباشت معلوم باشد، می‌توان آن را به‌طورجداگانه مشخص کرد، مثلاً، «گرافن دولایه با انباشت برنال».

۷-۲-۱-۳

گرافن دولایه پیچ‌خورده (توربواستراتیک)

twisted bilayer graphene
turbostratic bilayer graphene
tBLG
t2LG

ماده دوبعدی (۳-۱-۱-۱) متشکل از دو *لایه گرافن* (۳-۱-۲-۱) متمایز که انباشتی پیچ‌خورده، با *زاویه انباشت* (۳-۴-۱-۱۲) نسبی هستند، همچنین درنتیجه چرخش مناسب، به جای *انباشت برنال* (شش‌وجهی) (۳-۴-۱-۱۰) یا *انباشت لوزوجهی* (۳-۴-۱-۱۱) شناخته می‌شود.

۸-۲-۱-۳

گرافن پیچ خورده چندلایه

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

ماده دوبعدی (۳-۱-۱-۱) متشکل از تعداد کمی لایه گرافن از n لایه با انباشت برنال که با یک *زاویه انباشت* (۳-۴-۱-۲) نسبی از m لایه با انباشت برنال واقع شده است.

1 -Silicon carbide

۳-۱-۲-۹

گرافن سه‌لایه

trilayer graphene
3LG

ماده دوبعدی (۳-۱-۱-۱) شامل سه *لایه گرافن* (۳-۱-۲-۱) متمایز که روی یکدیگر قرارگرفته‌اند.

یادآوری- اگرهویت انباشت معلوم باشد، می‌توان آن را به‌طور جداگانه مشخص کرد، مثلاً، «گرافن سه‌لایه پیچ خورده».

۳-۱-۲-۱۰

گرافن چندلایه

few-layer graphene
FLG

ماده دوبعدی (۳-۱-۱-۱) شامل سه تا ده *لایه‌گرافن* (۳-۱-۱-۱) متمایز که روی یکدیگر قرار گرفته‌اند.

۳-۱-۲-۱۱

نانوصفحه گرافنی

graphene nanoplate
graphene nanoplatelet
GNP

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

یادآوری- معمولاً GNPها ضخامت بین ۱ نانومتر تا ۳ نانومتر دارند و ابعاد جانبی آن‌ها از حدود ۱۰۰ نانومتر تا ۱۰۰ میکرومتر است.

۳-۱-۲-۱۲

گرافیت اکسید

graphite oxide

گرافیت (۳-۱-۲-۲) اصلاح‌شده شیمیایی که با اصلاح اکسایشی گسترده سطوح پایه[1] تهیه می‌شود.

یادآوری- ساختار و خواص گرافیت اکسید به درجه اکسایش و روش خاص سنتز بستگی دارد.

۳-۱-۲-۱۳

گرافن اکسید

graphene oxide
GO

گرافن (۳-۱-۲-۱) شیمیایی اصلاح‌شده، تهیه‌شده به‌وسیله اکسایش و لایه‌برداری از *گرافیت* (۳-۱-۲-۲) که باعث اصلاح گسترده اکسایشی سطوح پایه[1] می‌شود.

1- Basal planes

یادآوری- گرافن اکسید یک ماده تک‌لایه با *محتوای اکسیژن* (۳-۴-۲-۷) بالا است که به‌طور معمول با نسبت اتمی C/O تقریبا ۲/۰ است که براساس روش سنتز مشخصه‌یابی می‌شود.

۱۴-۲-۱-۳

گرافن اکسید کاهش‌یافته

reduced graphene oxide
rGO

شکلی است از *گرافن اکسید* (۳-۱-۲-۱۳) با *مقدار اکسیژن* (۳-۴-۲-۷) کاهش‌یافته.

یادآوری ۱- این ماده می‌تواند به‌وسیله روش‌های شیمیایی، حرارتی، مایکروویو، فوتو شیمیایی، فوتو حرارتی یا روش‌های میکروبی/ باکتریایی یا با لایه‌برداری گرافیت اکسید کاهش‌یافته، تولید شود.

یادآوری۲ - اگر گرافن اکسید به‌طورکامل کاهش یابد، محصول، گرافن خواهد بود. با این‌حال، درعمل برخی ازگروه‌های 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 گرافن اکسیدکاهش‌یافته می‌شود.

یادآوری ۳- گونه‌های متعدد ریخت‌شناسی می‌توانند مانند صفحات کوچک و سازه‌های کرم‌مانند باشد.

۳-۱-۳ اصطلاحات مرتبط با سایر مواد دوبعدی

۱-۳-۱-۳

ناهمساختار دوبعدی

2D heterostructure

ماده دوبعدی (۳-۱-۱-۱) متشکل از دو یا چند *لایه* (۳-۱-۱-۵) متمایز که از مواد دوبعدی مختلف است.

یادآوری ۱- این لایه‌ها می‌توانند به‌صورت برصفحه یا خارج صفحه انباشته شوند.

۲-۳-۱-۳

ناهمساختار عمودی دوبعدی

2D vertical heterostructure

ماده دوبعدی (۳-۱-۱-۱) متشکل از دو *لایه* (۳-۱-۱-۵) متمایز که از مواد دوبعدی مختلف به‌صورت خارج صفحه انباشته می‌شوند.

۳-۳-۱-۳

ناهمساختار برصفحه‌ای دوبعدی

2D in-plane heterostructure

ماده دوبعدی (۳-۱-۱-۱) متشکل از دو یا چند*لایه* (۳-۱-۱-۵) متمایز از مواد دوبعدی مختلف‌که با یکدیگر در جهت برصفحه‌ای پیوند می‌خورد.

۳-۲ اصطلاحات مرتبط با روش‌های تولید مواد دوبعدی

۳-۲-۱ تولید گرافن و مواد دوبعدی مرتبط

۳-۱-۲-۱

رسوب دهی بخار شیمیایی

CVD

chemical vapour deposition
CVD

رسوب یک ماده جامد به‌وسیله واکنش شیمیایی یک پیش‌ماده گازی یا ترکیبی از چند پیش‌ماده است که معمولاً به‌وسیله گرما روی یک زیرلایه آغازمی‌شود.

[منبع : طبق زیربند ۷-۲-۳، استاندارد ملی ایران – ایزو شماره ۸-۸۰۰۰۴ : سال۱۳۹۶]

۳-۱-۲-۲

تولید رول به رول

roll-to-roll production

R2R production

<ماده دوبعدی> رشد یک *ماده دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) به روش CVD روی یک زیرلایه پیوسته که مانند یک ورقه رولی ایجاد شده است و شامل انتقال یک ماده دوبعدی به یک زیرلایه جدا است.

۳-۱-۲-۳

لایه برداری مکانیکی

mechanical exfiation

<ماده دوبعدی> به جداسازی *لایه‌های* (۳-۱-۱-۵) مجزا/جدا ماده دوبعدی از بدنه ماده به روش‌های مکانیکی گفته می‌شود.

یادآوری- برای دستیابی به این هدف، روش‌های مختلفی وجود دارد. یک روش راه لایه‌برداری است، لایه‌لایه شدن مکانیکی یا لایه‌برداری/ لایه‌لایه شدن میکرومکانیکی که روش نوار چسب (اسکاچ) نامیده می‌شود. راه دیگر روش آسیاب گلوله‌ای خشک است.

۴-۱-۲-۳

لایه برداری فاز مایع

liquid-phase exfoliation

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

یاد آوری ۱ - این حلال ممکن است مایع آبی، آلی یا مایع یونی باشد.

یادآوری ۲- می‌توان از یک ماده سطح‌فعال[1] پراکنه‌های آبی برای ایجاد یا بهبود لایه‌برداری افزایش پایداری پراکنه استفاده کرد.

یادآوری ۳- نیروهای برشی ممکن است از طریق روش‌های مختلفی از جمله حباب‌سازی فراصوتی[2] یا مخلوط‌کردن برش بالا ایجاد شود.

۵-۱-۲-۳

رشد بر سیلیکون‌کاربید

growth on silicon carbide

<گرافن> تولید *لایه‌های گرافن* (۳-۱-۲-۱) از طریق گرمایش حرارت بالای کنترل‌شده یک زیرلایه سیلیکون‌کاربید به‌گونه‌ای که اتم‌های سیلیکون درون زیرلایه تصعید شوند وگرافن باقی بماند.

یادآوری ۱- گرافن ممکن است بر سمت کربن یا سمت سیلیکون یک زیرلایه سیلیکون‌کاربید با ایجاد تغییر در تعداد حاصله از لایه‌های گرافن انباشته شده رشد کند.

یادآوری ۲- این محصول معمولاً گرافن برآرایی‌شده نامیده می‌شود.

۶-۱-۲-۳

ته‌نشینی گرافن

graphene precipitation

<گرافن> به تولید *لایه‌های گرافن* (۳-۱-۲-۱) بر سطح یک فلز از طریق گرمایش و جداسازی کربن موجود مابین زیرلایه فلزی و سطح گفته می‌شود.

یادآوری- ناخالصی‌های کربن یا مواد آلاینده درون توده فلزی ممکن است تصادفی یا عمدی وارد شوند.

1- Surfactant
2 - Ultrasonic

۷-۱-۲-۳

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.

۸-۱-۲-۳

رشد پیش‌ماده الکل

alcohol precursor growth

<گرافن> رشد گرافن که با وارد کردن یک پیش‌ماده الکلی درون محیطی با دمای بالا برای تجزیه الکل و تشکیل گرافن انجام می‌شود.

۹-۱-۲-۳

برآرایی باریکه مولکولی

molecular beam epitaxy

MBE

فرایند رشد تک بلورهایی که در آن پرتوهایی از اتم یا مولکول‌ها روی یک زیرلایه تک بلور در خلاء لایه‌نشانی می‌شوند و باعث ایجاد بلورهایی می‌شود که جهت‌گیری بلورشناسی آن منطبق با آن زیرلایه می‌شود.

یادآوری ۱- پرتو با فراهم کردن امکان فرار بخار از طریق یک روزنه[1] کوچک از ناحیه تبخیر به ناحیه‌ای با خلاء بالا تعریف می‌شود.

یادآوری ۲- ساختارهایی با ویژگی‌های نانو مقیاس در این روش و با استفاده از کرنش می‌توانند رشد داده شوند، برای مثال، نقاط InAs[2] بر روی زیر لایه GaAs[3].

[منبع: طبق زیربند ۷-۲-۱۳، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۸- ۸۰۰۰۴ : سال۱۳۹۶]

۱۰-۱-۲-۳

پیوند آندی

anodic bonding

<گرافن> تولید *لایه گرافن* (۳-۱-۲-۱) بر یک زیرلایه با استفاده از یک پیش‌ماده گرافیت پوسته‌ای شکل، که با استفاده از یک میدان الکترواستاتیکی به شیشه متصل و سپس جدا می‌شود.

---

1 - Orifice
2 - Indium arsenide
3 - Gallium arsenide

۳-۲-۱-۱۱

برسایش لیزری

laser ablation

به سایش مواد از سطح هدف با استفاده از انرژی یک لیزر پالسی گفته می‌شود.

یادآوری- روشی برای تولید ویژگی‌های نانو مقیاس و میکرومقیاس بر روی یک سطح است.

[منبع : طبق زیربند ۷-۳-۱۵، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۸-۸۰۰۰۴ : سال۱۳۹۶]

۳-۲-۱-۱۲

لایه‌برداری نوری

photoexfoliation

به جداکردن (بخشی از) یک *لایه* (۳-۱-۱-۵) از یک *ماده دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) با تابش پرتو لیزرگفته می‌شود.

یادآوری- برای *لایه‌های گرافن* (۳-۲-۱-۱۱)، این روش باعث ایجاد تبخیر یا تصعید اتم‌های کربن مانند برسایش لیزری (۳-۲-۱-۱۱) نمی‌شود.

۳-۲-۱-۱۳

لایه‌برداری با روش تداخل شیمیایی

exfoliation via chemical intercalation

<مواد دوبعدی> *مواد دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) تک یا چند لایه‌ای که با قرار دادن اجزاء شیمیایی بین لایه‌های یک ماده لایه‌ای ضخیم‌تر و سپس غوطه‌وری در مایع، همراه با استفاده از انرژی مکانیکی یا حرارتی تولید می‌شوند.

۳-۲-۱-۱۴

لایه‌برداری الکتروشیمیایی

electrochemical exfoliation

<گرافن> تولید گرافن با استفاده از یک محلول رسانای الکتریکی یونی (الکترولیت) و یک مولد جریان مستقیم که برای ایجاد تغییرات ساختاری و لایه‌برداری از پیش ماده گرافیتی که به‌عنوان الکترود به منظور ایجاد *لایه‌های* (۳-۱-۱-۵) *گرافن* (۳-۱-۲-۱) استفاده می‌شود.

یادآوری- این روش استفاده از مواد شیمیایی بی‌خطر زیست‌محیطی را با حذف اکسیدکننده‌ها/کاهش‌دهنده‌های مضر، سرعت تولید نسبتاً سریع، و تولید انبوه در دما/ فشار محیط ارائه می‌کند.

۳-۲-۱-۱۵

اکسایش گرافیت

graphite oxidation

تولید *گرافیت*اکسید (۳-۱-۲-۱۲) از *گرافیت* (۳-۱-۲-۲) در محلولی که در آن از اکسیدکننده‌های قوی استفاده شده است.

یادآوری- روش‌های مختلفی برای تولید گرافیت یا *گرافن* اکسید (۳-۱-۲-۱-۱۳)، وجود دارد از جمله این روش‌ها، هامرز، استادن مایر، مارکانو- تور است [روش اصلاح شده *هامرز* (۳-۲-۱-۱۶)].

۳-۲-۱-۱۶

روش هامرز

Hummers' method

گرافن اکسید (۳-۱-۲-۱۳) که از *گرافیت* (۳-۱-۲-۲) محلول در سدیم نیترات و سولفوریک اسید بعد از افزودن پتاسیم پرمنگنات تولید می‌شود.

یادآوری- این روش در مرجع [11] شرح داده شده است.

۳-۲-۱-۱۷

لایه‌برداری حرارتی ازگرافیت اکسید

thermal exfoliation of graphite oxide

تولید *گرافن اکسید 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، تجزیه گونه‌های وارد شده و تولید گازها، در نتیجه لایه‌برداری لایه‌های گرافن اکسیدکاهش‌یافته حاصل می‌شود.

یادآوری- لایه‌برداری حرارتی و *گرافن اکسید کاهش‌یافته*(۳-۱-۲-۱۲) هم‌زمان اتفاق می‌افتد.

۳-۲-۱-۱۸

سنتز در فاز گازی

gas phase synthesis

<گرافن> صفحه گرافن که بر یک زیر لایه با واردکردن یک پیش‌ماده کربن در یک محیط گازی با دمای بالا تولید می‌شود.

۱۹-۱-۲-۳

رسوب‌دهی لایه اتمی

atomic layer deposition
ALD

فرآیند ساخت فیلم‌های یکپارچه یکنواخت از طریق رسوب چرخه‌ای مواد از طریق واکنش‌های سطحی خودپایان[1]، که کنترل ضخامت در مقیاس اتمی را ممکن می‌کند.

یادآوری- این فرآیند اغلب شامل استفاده از حداقل دو واکنش متوالی برای تکمیل یک چرخه است که می‌تواند چندین بار برای ایجاد ضخامت مورد نظر تکرار شود.

[منبع: طبق زیربند۷-۲-۲، استاندارد ملی ایران – ایزو شماره ۸-۸۰۰۰۴ : سال۱۳۹۶]

۲-۲-۳ تولید نانونوار

۱-۲-۲-۳

شکافت نانولوله کربنی

carbon nanotube unzipping

روشی که یک *نانونوار* (۳-۱-۱-۴) گرافن به‌وسیله شکافتن یک نانولوله کربن در راستای محور طولی تولید می‌شود.

۲-۲-۲-۳

رشد الگودار برسیلیکون کاربید

templated growth on SiC

روشی که یک *نانونوار* (۳-۱-۱-۴) گرافن با استفاده از یک پوشش نازک بلند و پس از آن *رشد بر سیلیکون‌کاربید* (۳-۲-۱-۵) تولید می‌شود.

۳-۲-۲-۳

رشد الگودار CVD

templated CVD growth

روشی که *نانونوار* (۳-۱-۱-۴) گرافن با استفاده از یک پوشش نازک بلند و روش **CVD** (۳-۲-۱-۱) تولید می‌شود.

1 - Self -terminating

۴-۲-۲-۳

رشد پیش‌ماده از پایین به بالا

bottom-up precursor growth

روشی‌که *نانوروبان‌گرافن* (۳-۱-۱-۴) با استفاده از اتصال کمک سطحی پیش‌ماده‌های مولکولی و سپس هیدروژن‌زدایی حلقوی تولید می‌شود.

۵-۲-۲-۳

الگودهی لیتوگرافی باریکه الکترونی

electron beam lithographic patterning

روشی که *نانونوار* (۳-۱-۱-۴) گرافن از طریق یک رویکرد بالا به پایین با استفاده از لیتوگرافی باریکه الکترونی و سپس حکاکی برای تولید نانونوار از یک *لایه گرافن* (۳-۱-۲-۱) تولید می‌شود.

۶-۲-۲-۳

الگودهی لیتوگرافی باریکه یونی

ion beam lithographic patterning

روشی‌که *نانونوار* (۳-۱-۱-۴) گرافن از طریق یک رویکرد بالا به پایین با استفاده از یک پرتو یونی کنترل‌شده برای حکاکی نانونوار از یک *لایه گرافن* (۳-۱-۲-۱) تولید می‌شود.

۳-۳ اصطلاحات مرتبط با روش‌های مشخصه‌یابی مواد دوبعدی

۳-۳-۱ روش‌های مشخصه‌یابی ساختاری

۳-۱-۳-۱

میکروسکوپی پروبی روبشی

scanning-probe microscopy
SPM

روش تهیه تصویر از سطوح با استفاده از روبش مکانیکی یک پروب روی سطح مورد مطالعه است، که درآن پاسخ یک آشکارساز اندازه‌گیری می‌شود.

یادآوری ۱- این اصطلاح عمومی شامل بسیاری از روش‌ها از جمله *میکروسکوپی نیروی اتمی* (AFM) (۳-۳-۱-۲)، میکروسکوپی روبشی نوری میدان نزدیک (SNOM)[1]، میکروسکوپی روبشی هدایت یونی (SICM)[2] و *میکروسکوپی تونل زنی روبشی* (STM) (۳-۳-۱-۳) می‌شود.

یادآوری ۲- تفکیک‌پذیری این روش‌ها از تفکیک‌پذیری STM، که درآن اتم‌های منفرد قابل تشخیص هستند تا میکروسکوپ حرارتی روبشی (STHM)[3] که درآن تفکیک‌پذیری در حدود یک میکرومتر است متغیر است.

1- Scanning Near field Optical Microscopy
2 - Scanning Ion Conductance Microscopy
3 - Scanning Thermal Microscopy

[منبع : ISO 18115-2: 2013, 3.30]

۲-۱-۳-۳

میکروسکوپی نیروی اتمی

atomic force microscopy
AFM

روش تهیه تصویر سطوح از طریق روبش مکانیکی پستی و بلندی سطح است و در آن انحراف یک سوزن تیز که نیروهای سطح را حس می‌کند و بر یک تیرک قرار دارد، رصد می‌شود.

یادآوری ۱- روش AFM می‌تواند یک تصویر کمی از ارتفاع سطوح عایق و رسانا ایجاد کند.

یادآوری ۲- بعضی از دستگاه‌های AFM نمونه را در جهت‌های x، y و z حرکت می‌دهند در حالی که موقعیت سوزن ثابت است و بعضی دیگر سوزن را حرکت می‌دهند در حالی‌که موقعیت نمونه را ثابت نگه می‌دارند.

یادآوری ۳- روش AFM را می‌توان در خلاء، مایع، اتمسفر کنترل‌شده یا هوا انجام داد. تفکیک‌پذیری اتمی ممکن است با نمونه‌های مناسب، سوزن‌های تیز و با استفاده از حالت مناسب برای تهیه تصویر قابل دستیابی باشد.

یادآوری ۴- انواع گوناگونی از نیروها مانند نیروهای عمودی، جانبی، اصطکاکی ویا نیروی برشی را می‌توان اندازه‌گیری کرد. وقتی نیروهای جانبی اندازه‌گیری می‌شود، روش میکروسکوپی نیروی جانبی، اصطکاکی و برشی خواهد بود. این اصطلاحات کلی شامل تمامی این روش‌های میکروسکوپی نیرو می‌شود.

یادآوری ۵- روش AFM را می‌توان برای اندازه‌گیری نیروهای عمودی سطح در نقاط منفرد در آرایه پیکسلی استفاده شده برای تهیه تصویر استفاده کرد.

یادآوری۶ - برای انواع رایج نوک سوزن AFM با شعاع کمتر از ۱۰۰ نانومتر توصیه می‌شود، نیروی عمودی کمتر از ۰/۱ میکرونیوتون باشد، تا اینکه باتوجه به جنس نمونه یا تغییر شکل برگشت‌ناپذیر سطح و ساییدگی بیش از حد سوزن رخ ندهد.

[منبع :ISO 18115-2:2013, 3.2]

۳-۱-۳-۳

میکروسکوپی تونل‌زنی روبشی

scanning tunnelling microscopy
STM

حالت SPM برای تهیه تصویر از سطوح رسانا با روبش مکانیکی سطح به‌وسیله یک پروب رسانا با ولتاژ پیش فرض و تیز است، که در آن داده‌های جریان تونلی و جدایی سطح - نوک سوزن برای تهیه تصویر استفاده می‌شود.

یادآوری ۱- روش STM می‌تواند در خلاء، مایع یا هوا انجام شود تفکیک‌پذیری اتمی با نمونه‌های مناسب و پروب‌های تیز قابل دستیابی است همچنین می‌تواند با نمونه‌های ایده‌آل، اطلاعات پیوندی موضعی در اطراف اتم‌های سطح را فراهم کند.

یادآوری ۲- تصاویر می‌توانند از داده‌های ارتفاعی در یک جریان تونلی ثابت یا جریان تونلی در ارتفاعی ثابت یا دیگر حالت‌ها از پتانسیل نسبی تعریف شده‌ای بین سوزن و نمونه حاصل شود.

یادآوری ۳- روش STM می‌تواند برای تهیه نقشه چگالی حالت‌ها در سطوح، یا در موارد ایده آل، در اطراف اتم‌های منفرد مورد استفاده قرار گیرد. تصاویر سطحی، بسته به ولتاژ پیش فرض نوک سوزن، حتی برای همان توپوگرافی می‌تواند به‌طرز قابل‌توجهی متفاوت باشد.

[منبع: ISO 18115-2:2013, 3.34]

۴-۱-۳-۳

میکروسکوپی الکترونی روبشی

scanning electron microscopy
SEM

روشی است که اطلاعات فیزیکی (مانند الکترون‌های ثانویه، برگشتی، جذب شده ونیز تابش پرتو ایکس) حاصل از تولید باریکه الکترونی را بررسی و تحلیل می‌کند و سطح نمونه را برای تعیین ساختار، ترکیب‌بندی و توپوگرافی نمونه روبش می‌کند.

[منبع : طبق زیربند ۳-۵-۵، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۶-۸۰۰۰۴ : سال۱۳۹۶]

۵-۱-۳-۳

میکروسکوپی الکترونی عبوری

TEM

transmission electron microscopy
TEM

روشی که تصاویر بزرگنمایی‌شده یا الگوهای پراش‌یافته از نمونه را به‌وسیله یک باریکه الکترونی که از نمونه عبور و با آن برهم‌کنش می‌نماید، تولید می‌کند.

[منبع: طبق زیربند ۳-۵-۶، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۶-۸۰۰۰۴ : سال۱۳۹۶]

۶-۱-۳-۳

طیف‌سنجی رامان

Raman spectroscopy

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

[منبع: ISO 18115-2: 2013, 5.128 and 5.129، تعاریف، ترکیب و اصلاح شده است.]

۳-۳-۱-۷

طیف‌سنجی نوردرخشایی

photoluminescence spectroscopy
PL spectroscopy

به طیف‌سنجی فوتون‌های جذب‌شده و بازتشعشعی گفته می‌شود.

[منبع: طبق زیربند ۴-۴، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۶-۸۰۰۰۴ : سال۱۳۹۶]

۳-۳-۱-۸

پراش پرتو ایکس

X-ray diffraction
XRD

روشی برای به‌دست آوردن اطلاعات بلورشناسی در مورد یک نمونه، با مشاهده الگوی پراش حاصل از برخورد باریکه پرتو ایکس با آن است.

یادآوری- از این روش می‌توان برای تخمین اندازه نواحی پراکندگی همدوس استفاده شود.

[منبع : طبق زیربند ۵-۲-۱، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۶-۸۰۰۰۴ : سال۱۳۹۶]

۳-۳-۱-۹

میکروسکوپی الکترون کم‌انرژی

low energy electron microscopy
LEEM

روشی است که در آن سطوح با تصاویر و یا الگوهای پراش سطوح، به‌وسیله الکترون‌های کم انرژی کشسان پس پراکنده حاصل از یک باریکه الکترونی غیرروبشی بررسی می‌شود.

یادآوری ۱- از این روش معمولاً برای تهیه تصویر و تجزیه و تحلیل از سطوح بسیار صاف و تمیز استفاده می‌شود.

یادآوری ۲- الکترون‌های کم‌انرژی معمولاً بین ۱ الکترون ولت تا ۱۰۰ الکترون ولت انرژی دارند.

[منبع : طبق زیربند ۳-۵-۸، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۶-۸۰۰۰۴: سال۱۳۹۶]

۳-۳-۱-۱۰

پراش الکترون کم‌انرژی

low energy electron diffraction
LEED

روشی است که برای تعیین ساختار سطح مواد تک‌بلوری به‌وسیله بمباران با پرتوهای موازی الکترون‌های کم‌انرژی و مشاهده الکترون‌های پراکنده استفاده می‌شود.

یادآوری- فواصل بین اتمی را می‌توان با اندازه‌گیری فاصله بین نقاط مشاهده شده در الگوی الکترونی پراش تعیین کرد.

۳-۳-۲ روش‌های مشخصه‌یابی شیمیایی

۳-۲-۳-۱

طیف‌سنجی الکترون اوژه

Auger electron spectroscopy
AES

روشی که در آن از یک طیف‌سنج الکترونی به منظور اندازه‌گیری توزیع انرژی الکترون‌های اوژه گسیل‌یافته از یک سطح استفاده می‌شود.

یادآوری- اغلب برای برانگیخته کردن الکترون اوژه از یک پرتو الکترون در محدوده انرژی ۲keV تا ۳۰keV استفاده می‌شود. الکترون‌های اوژه را می‌توان با پرتو ایکس، یون‌ها و سایر منابع برانگیخته کرد. اما عبارت طیف‌سنجی الکترون اوژه، بدون توصیف‌های اضافی، معمولاً به برانگیختگی القاشده با باریکهٔ الکترونی اختصاص دارد. جایی که از یک منبع پرتو ایکس استفاده می‌شود، انرژی الکترون‌های اوژه به سطح فِرمی ارجاع می‌شوند. اما جایی که یک باریکه الکترونی مورد استفاده قرار می‌گیرد، مرجع ممکن است سطح فرمی یا سطح خلاء باشد. به‌طور معمول ممکن است طیف در اشکال مستقیم یا تفاضلی ارائه شود.

[منبع: طبق زیربند ۴-۱۶، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۶ -۸۰۰۰۴ : سال۱۳۹۶]

۳-۲-۳-۲

طیف‌سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس

X-ray photoelectron spectroscopy
XPS

روشی است که درآن از یک طیف‌سنج الکترونی برای اندازه‌گیری توزیع انرژی فوتوالکترون‌ها والکترون‌های اوژهٔ گسیل‌یافته از یک سطح تحت تابش به‌وسیلهٔ فوتون پرتو ایکس استفاده می‌شود.

یادآوری - منابع معمول پرتو ایکس، Al Kα و Mg Kα غیرتکفام در به‌ترتیب ۱۴۸۶٫۶ eVو ۱۲۵۳٫۶ eV هستند.

دستگاه‌های جدید از پرتوهای تکفام Al Kα استفاده می‌کنند. برخی از دستگاه‌ها نیز از منابع مختلف پرتو ایکس با دیگر آندها یا تابش سنکروترون[1] استفاده می‌کنند.

[منبع: طبق زیربند۴-۱۸، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۶-۸۰۰۰۴ : سال۱۳۹۶]

۳-۲-۳-۳

طیف‌سنجی اتلاف انرژی الکترون

electron energy loss spectroscopy
EELS

روشی که درآن یک طیف‌سنج الکترونی طیف انرژی الکترون‌ها را از یک منبع اسمی تک انرژی گسیل‌شده پس از برهم‌کنش غیرکشسان با نمونه اندازه‌گیری می‌کند. اغلب به‌دلیل فرآیندهای اتلافی غیرکشسان پیک‌هایی نشان می‌دهد.

یادآوری ۱- طیفی که با استفاده ازیک پرتو الکترونی فرودی در حدود انرژی مشابه طیف‌سنجی الکترون اوژه یا طیف‌سنجی فوتوالکترون‌های پرتوایکس ایجاد می‌شود، تقریبا مجاور به طیف اتلاف انرژی مرتبط با آن پیک است.

یادآوری ۲- طیف اتلاف انرژی الکترون که بایک پرتو الکترونی فرودی اندازه‌گیری شده است، تابعی از انرژی پرتو، زاویه برخوردپرتو، زاویه تابش و خواص الکترونیکی نمونه است.

---

1 - Synchrotron radiation

[منبع: طبق زیربند۴-۱۴، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۶- ۸۰۰۰۴: سال۱۳۹۶]

۴-۲-۳-۳

طیف‌سنجی تفکیک انرژی پرتو ایکس

energy-dispersive X-ray spectroscopy
EDS
EDX

طیف‌سنجی پرتو ایکس که در آن انرژی فوتون‌های منفرد با یک آشکارساز موازی اندازه‌گیری می‌شود و برای نشان دادن نمودار ستونی نمایشگر توزیع پرتو ایکس برحسب انرژی استفاده می‌شود.

[منبع: طبق زیربند ۴-۲۱، استاندارد ملی ایران – ایزو شماره ۶-۸۰۰۰۴ : سال۱۳۹۶]

۵-۲-۳-۳

وزن سنجی حرارتی

thermal gravimetry
TG

روشی است که درآن تغییر در جرم نمونه، درحالی که نمونه تحت یک برنامه دمایی کنترل‌شده قراردارد، به‌عنوان تابعی از دما اندازه گیری می‌شود.

[منبع: طبق زیربند۵ -۱-۲، استاندارد ملی ایران –ایزو ۶-۸۰۰۰۴، تغییر یافته-اصطلاح "thermogravimetry" به thermal gravimetry تغییر کرده است.]

۶-۲-۳-۳

طیف‌سنجی پلاسمای جفت‌شده القایی- جرمی

inductively coupled plasma mass spectrometry
ICP-MS

روشی است که درآن یک تخلیهٔ دما بالا، در جریان گاز آرگون به‌وسیلهٔ یک میدان مغناطیسی متناوب ناشی از یک سیم‌پیچ بسامد رادیویی (RF) که اطراف لوله انتقال گاز دمنده را احاطه کرده، با استفاده از یک طیف‌سنج جرمی آشکارسازی می‌شود.

[منبع: طبق زیربند ۴-۲۲، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۶-۸۰۰۰۴ : سال ۱۳۹۶]

۳-۳-۳ روش‌های مشخصه‌یابی الکتریکی

۱-۳-۳-۳

سنجش چهار اتصالی

روش پروب چهار نقطه‌ای

four-terminal sensing
four point probe method

روشی است برای اندازه‌گیری مقاومت، رده‌بندی (امپدانس) یا رسانایی الکتریکی ورقه‌ای فیلم‌های نازک که از جفت الکترودهای جداگانه حامل جریان و حسگر ولتاژ استفاده می‌شود.

یادآوری- روشی سریع، قابل تنظیم و موضعی است.

۲-۳-۳-۳

چیدمان میله هال گرافن

graphene Hall bar setup

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

یادآوری- تغییرات در پتانسیل‌های نسبی منعکس‌کننده تغییرات در تابع‌کار[1] سطح است.

[منبع: ISO 18115-2:2013, 3.12]

۴-۳-۳-۳

طیف‌سنجی فوتوالکترونی فرابنفش

ultraviolet photoelectron spectroscopy
UPS

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

یادآوری- منابع فرابنفش رایج شامل انواع مختلف تخلیه‌ها می‌شوند که می‌توانند خطوط تشدید گازهای مختلف (خطوط انتشار He I و He II را به‌ترتیب در انرژی ۲۱٫۲ eV و ۴۰٫۸ eV) را تولید کنند. برای انرژی‌های متغیر، از تابش سنکروترون استفاده می‌شود.

[منبع: ISO 18115-1:2013, 4.22]

۵-۳-۳-۳

طیف‌سنجی نورگسیل با تفکیک زاویه‌ای

angle resolved photoemission spectroscopy
ARPES

روش UPS که در آن توزیع زاویه‌ای فوتوالکترون‌ها از یک سطح برای مطالعه خواص الکترونی سطح، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1 -Work function

۶-۳-۳-۳

میکروسکوپی گسیل فوتوالکترون

photoelectron emission microscopy
PEEM

به روش تهیه تصویر از انرژی توزیع فضایی سیگنال نورگسیلی با تفکیک انرژی با تفکیک‌پذیری فضایی (۵۰ نانومتر) و طیفی (۱۰۰meV) بالا، گفته می‌شود.

یادآوری ۱- شبیه به ARPES اما با تفکیک‌پذیری فضایی بالا (حدود۵۰ نانومتر) . تفکیک‌پذیری طیف‌سنجی در حدود ۱۰۰meV است.

یادآوری ۲- ممکن است از منابع آزمایشگاهی فرابنفش و پرتو ایکس استفاده شود. برای انرژی‌های متغیر، از تابش سنکروترون استفاده می‌شود.

۷-۳-۳-۳

روش میکروموج غیرتماسی

non-contact microwave method

روشی برای اندازه‌گیری رسانندگی سطح و یا به‌طور معادل مقاومت صفحه با کاواک تشدیدی شامل پایش انتقال بسامد تشدید و تغییر درضریب کیفیت است که قبل و بعد از قراردادن نمونه در داخل کاواک در ارتباط کمّی با سطح نمونه انجام می‌شود.

یادآوری– روشی سریع و غیرتماسی است.

۴-۳ اصطلاحات مرتبط با مشخصات مواد دوبعدی

۱-۴-۳ مشخصات و اصطلاحات مرتبط با خواص ساختاری و ابعادی مواد دوبعدی

۱-۱-۴-۳

نقص

Defect

<ماده دوبعدی> به انحراف موضعی از نظم در شبکه بلوری یک *ماده دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) گفته می‌شود.

۲-۱-۴-۳

نقص نقطه‌ای

point defect

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

یادآوری- انواع نقص‌های نقطه‌ای معمولا 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.

۳-۱-۴-۳

نقص تهی‌جا

vacancy defect

<ماده دوبعدی> به *نقص* (۳-۴-۱-۱) ناشی از نبودن یک یا چند اتم در یک لایه از یک *ماده دوبعدی* (۳-۱-۱-۵) گفته می‌شود.

۴-۱-۴-۳

نقص جانشینی

substitution defect

<ماده دوبعدی> به *نقص* (۳-۴-۱-۱) ناشی از یک اتم شبکه تکرارشونده که با یک اتم متفاوت در ماده دوبعدی (۳-۱-۱-۵) جایگزین می‌شود، گفته می‌شود.

۵-۱-۴-۳

نقص خطی

line defect

<ماده دوبعدی> *نقصی* (۳-۴-۱-۱) که در طول یک خط اتمی اتفاق می‌افتد که باعث ایجاد جابه‌جایی یک ردیف در *ماده دوبعدی* (۳-۱-۱-۵) می‌شود.

۶-۱-۴-۳

نقص سطحی

planar defect

<ماده دوبعدی> *نقصی* (۳-۴-۱-۱) که در توالی انباشت لایه‌های یک *ماده دوبعدی* (۳-۱-۱-۵) ایجاد می‌شود.

۷-۱-۴-۳

نقص اتم افزوده با پیوند sp^3

sp^3 bonded adatom defect

<گرافن> *نقصی* (۳-۴-۱-۱) که به علت وجود یک اتم اضافه خارج از صفحه *لایه گرافن* (۳-۱-۲-۱) است و در نتیجه یک پیوند هیبریدی sp^3 اتم یا اتم‌های کربن را ایجاد می‌کند.

۸-۱-۴-۳

مرز دانه

grain boundary

<ماده دوبعدی> سطح مشترک در صفحه بین دو یا چند حوزه بلورین یک *ماده دوبعدی* (۳-۱-۱-۵) که در آن، جهت بلورینگی شبکه تغییر می‌کند.

۳-۴-۱-۹

نقص نابه‌جایی

dislocation defect

<ماده دوبعدی> به نقص ناشی از انحراف موقعیت اتم‌ها نسبت به یکدیگر از یک شبکه تکرارشونده در یک *ماده دوبعدی* (۳-۱-۱-۵) گفته می‌شود.

۳-۴-۱-۱۰

انباشت برنال

Bernal stacking
AB stacking

<ماده دوبعدی> انباشت لایه‌های مواد دوبعدی روی یکدیگر، به‌طوری که فقط نیمی از اتم‌های لایه‌های همسایه در جهت خارج از صفحه، جایگاه یکسانی داشته باشند لایه سوم روی محور خارج از صفحه در جایگاه مشابه لایه اول قرار گیرد.

یادآوری- لایه دوم نسبت به لایه اول، به صورت افقی به اندازه نصف ثابت شبکه جابه‌جا شده است.

۳-۴-۱-۱۱

انباشت لوزوجهی

rhombohedral stacking
ABC stacking

<ماده دوبعدی> انباشت لایه‌های ماده دوبعدی شامل سه لایه تکرارشونده که درآن لایه دوم نسبت به لایه اول به اندازه نصف ثابت شبکه به‌صورت درصفحه جابه‌جا شده و لایه سوم به‌صورت افقی در همان جهت جابه‌جا شده است، بنابراین هر لایه چهارم در همان موقعیت لایه اول در محور عمودی قرار می‌گیرد.

یادآوری- سیستم سه‌لایه می‌تواند تکرار شود. لایه‌ها روی یکدیگر در محورعمودی قرار دارند به شکلی که لایه‌های مجاور فقط نیمی از اتم‌های لایه‌های همسایه را در موقعیت یکسان دارند.

۳-۴-۱-۱۲

زاویه انباشت

stacking angle

<ماده دوبعدی> زاویه‌ای در جهت افقی بین جهت دو لایه دوبعدی که به‌طور عمودی روی یکدیگر انباشته شده‌اند، اندازه‌گیری می‌شود.

۱۳-۱-۴-۳

انباشت توربواستراتیکی

turbostratic stacking

<ماده دوبعدی> انباشت لایه‌های *مواد دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) که نمی‌توانند به‌عنوان انباشت برنال یا لوزوجهی توصیف شوند، در عوض زاویه انباشت نسبی بین لایه‌ها دارد که امکان گسترش گروه‌های دیگری از صفحه اتم نمی‌دهد، به غیر از آن که موازی با صفحه پایه باشد، زیرا لایه‌های انباشت زاویه نسبی تصادفی یا چرخشی متناسب بین لایه‌ها را نشان می‌دهد.

یادآوری- به‌طور مشابه، تنها پیک پراکندگی با سه شاخص میلر در الگوهای XRD دیده می شود پیک‌های ۰۰۱ (۰۰۲،۰۰۴و غیره) هستند، بقیه فقط دو شاخص (به‌طور معمول ۱۰و۱۱) دارند.

۱۴-۱-۴-۳

اندازه دامنه

domain size

<ماده دوبعدی> به ابعاد جانبی یک محدوده بلوری همدوس منفرد در یک *لایه* (۳-۱-۱-۵) از یک *ماده دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) گفته می‌شود.

یادآوری ۱- اصطلاحات اندازه دانه و اندازه بلور با اصطلاح اندازه دامنه مترادف است.

یادآوری ۲- اگر دامنه تقریباً دایره‌ای باشد، این اندازه‌گیری معمولاً با استفاده از قطر دایره‌ای معادل یا درغیراینصورت از طریق اندازه‌گیری x، y در امتداد و عمود بر بلندترین قسمت اندازه‌گیری می‌شود.

یادآوری ۳- اگر قطر معادل دایره‌ای مورداستفاده قرار گیرد، اصطلاح مشابه قطر بلوری (L_a) است که اندازه جانبی یک بلور یا محدوده بلوری را توصیف می‌کند، برای مثال، همان‌گونه که با *پراش پرتو ایکس* (۳-۳-۱-۸) یا *طیف‌سنجی رامان* (۳-۳-۱-۶) اندازه‌گیری می‌شود.

۱۵-۱-۴-۳

اندازه جانبی

lateral size
flake size

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

یادآوری- اگر پوسته تقریباً دایره‌ای باشد، این اندازه‌گیری معمولاً با استفاده از قطر دایره‌ای معادل یا ازطریق اندازه‌گیری x، y در امتداد و عمود بر بزرگترین سمت انجام می‌شود.

۱۶-۱-۴-۳

لایه بافر

buffer layer

<ماده دوبعدی> *لایه‌ای* (۳-۱-۱-۵) از ماده، میان زیرلایه و *ماده دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) که خواص مورد نظر را نمایش می‌دهد.

یادآوری- لایه بافر در اغلب موارد دارای خواص متفاوت در مقایسه با زیرلایه و *ماده دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) مورد نیاز است و اغلب برای اصلاح کردن تفاوت ساختارهای بلورشناسی بین آن‌ها استفاده می‌شود.

۳-۴-۱- ۱۷

نقص استون - ولز

Stone-Wales defect

<ماده دوبعدی> نقص بلورشناختی که شامل تغییر اتصالات دو اتم کربن با پیوند π می‌شود و منجر به چرخش نود درجه‌ای آن‌ها نسبت به نقطه میانی پیوندشان می‌شود، از این رو چهار حلقه کربنی شش‌تایی به دو حلقه پنج‌تایی و دو حلقه هفت‌تایی تغییر می‌کند.

۳-۴-۲ مشخصات و اصطلاحات مرتبط با خواص شیمیایی مواد دوبعدی

۳-۴-۲-۱

آلودگی سطحی

surface contamination

ماده‌ای عموماً ناخواسته روی سطح نمونه که یا از مشخصات آن نمونه و هر فرآیند مورد بررسی نیست یا از قرار گرفتن نمونه در معرض محیط‌های خاصی به غیر از موارد مربوط به سطح اصلی یا فرایند مورد مطالعه ایجاد می‌شود.

یادآوری- آلاینده‌های سطحی معمولاً هیدروکربن‌ها و آب هستند. واکنش‌های موضعی با این‌ها (آلاینده‌ها) و محیط می‌تواند منجر به طیف وسیعی از اکسایش و سایر محصولات شود.

[منبع: ISO 18115-1:2013 , 4.459]

۳-۴-۲-۲

باقی‌مانده انتقال

transfer residue

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

یادآوری- یک نمونه آلودگی سطحی ناخواسته است که به علت استفاده از پلیمر فداشونده برای انتقال گرافن رشد یافته به روش *CVD* (۳-۲-۱-۱) روی یک کاتالیزور فلزی بر یک زیرلایه متفاوت ایجاد می‌شود.

۳-۴-۲-۳

آلایش

doping

افزودن مقدار ماده‌ای متفاوت به ماده میزبان که برای تغییر خواص آن اضافه می‌شود.

[منبع: طبق زیربند ۲-۲-۱۱، استاندارد ملی ایران – ایزو شماره ۲-۱- ۱۳۴۸۸ : سال۱۳۸۹]

۳-۴-۲-۴

آلایش شیمیایی

chemical doping

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

یادآوری ۱- این (آلایندگی شیمیایی) منجر به جایگزینی اتم‌ها در شبکه یا مولکول‌های غیر آلی یا آلی که به صورت فیزیکی روی سطح جذب شده‌اند، می‌شود.

یادآوری ۲- این (آلایندگی شیمیایی) معمولاً به منظور تنظیم خواص الکترونیکی یا واکنش پذیری شیمیایی انجام می‌شود.

۳-۴-۲-۵

آلایش الکتروشیمیایی

electrochemical doping

<ماده دوبعدی> *آلایش* (۳-۴-۲-۳) یک *ماده دوبعدی* (۳-۱-۱-۱)که از طریق قرار دادن یک ماده دوبعدی در یک محیط الکتروشیمیایی ایجاد می‌شود.

۳-۴-۲-۶

آلایش القایی زیرلایه

substrate induced doping

<ماده دوبعدی> *آلایش* (۳-۴-۲-۳) یک *ماده دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) که به دلیل حضور یک زیرلایه است.

۳-۴-۲-۷

مقدار اکسیژن

oxygen content

<ماده دوبعدی> به مقدار کل اکسیژن در *ماده دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) گفته می‌شود.

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

۳-۴-۳-۱

اثرات تداخل زیرلایه

substrate interference effects

<ماده دوبعدی> اثری که سبب می‌شود *مواد دوبعدی* (۳-۱-۱-۱) تک تا چندلایه در زیرلایه‌های سیلیکونی با یک لایه اکسید با ضخامت معین، به دلیل تغییر رنگ تداخلی مشاهده‌شده، شناسایی شوند.

۲-۳-۴-۳

اثر هال کوانتومی غیرعادی

anomalous quantum Hall effect

سهمی از مقاومت ویژه کوانتیده هال که مستقیماً به مغناطش ماده بستگی دارد.

یادآوری- معمولا خیلی بزرگتر از اثر هال کوانتومی عادی است

۳-۳-۴-۳

اثر هال کوانتومی کسری

fractional quantum Hall effect

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

یادآوری- مقادیر e^2/h نیمی از کوانتوم رسانندگی (رسانایی کوانتوم) G_0 است.

۴ سرنام وکوته نوشت‌ها

معادل فارسی	انگلیسی	سرنام وکوته نوشته
تک/ یک لایه	monolayer/single-layer	1L
گرافن تک‌لایه	monolayer/single-layer grapheme	1LG

2D	two-dimensional	دوبعدی
2L	Bilayer	دولایه
2LG	bilayer grapheme	گرافن دولایه
3L	Trilayer	سه لایه
3LG	trilayer grapheme	گرافن سه لایه
CVD	chemical vapour deposition	رسوب دهی بخار شیمیایی
FL	few-layer	چندلایه
FLG	few-layer grapheme	گرافن چندلایه
GNP	graphene nanoplatelet	نانوصفحه گرافن
GO	graphene oxide	گرافن اکسید
hBN	hexagonal boron nitride	بورنیترید شش‌وجهی
rGO	reduced graphene oxide	گرافن اکسیدکاهش‌یافته

پیوست الف
(آگاهی دهنده)

نمایه

زیربند	معادل فارسی	نمایه
۳-۱-۳-۱	ناهمساختار دوبعدی	2D heterostructure
۳-۱-۳-۳	ناهمساختار برصفحه‌ای دوبعدی	2D in-plane heterostructure
۳-۱-۳-۲	ناهمساختار عمودی دوبعدی	2D vertical heterostructure
۳-۴-۱-۱۰	انباشت برنال	AB stacking
۳-۴-۱-۱۱	انباشت لوزوجهی	ABC stacking
۳-۱-۱-۷	انبوهه	Aggregate
۳-۲-۱-۸	ماده الکل‌رشد پیش	alcohol precursor growth
۳-۳-۳-۵	طیف‌سنجی نورگسیل با تفکیک زاویه‌ای	angle resolved photoemission spectroscopy
۳-۲-۱-۱۰	پیوند آندی	anodic bonding
۳-۴-۳-۲	اثر هال کوانتومی غیرعادی	anomalous quantum Hall effect
۳-۳-۱-۲	میکروسکوپی نیروی اتمی	atomic force microscopy
۳-۲-۱-۱۹	رسوب لایه اتمی	atomic layer deposition
۳-۳-۲-۱	طیف‌سنجی الکترون اوژه	Auger electron spectroscopy
۳-۴-۱-۱۰	انباشت برنال	Bernal stacking
۳-۱-۲-۶	گرافن دولایه	bilayer graphene
۳-۲-۲-۴	رشد پیش‌ماده از پایین به بالا	bottom-up precursor growth
۳-۴-۱-۱۶	لایه بافر	buffer layer
۳-۲-۲-۱	شکافت نانولوله کربنی	carbon nanotube unzipping
۳-۴-۲-۴	آلایش شیمیایی	chemical doping
۳-۲-۱-۷	سنتز شیمیایی	chemical synthesis
۳-۲-۱-۱	رسوب‌دهی بخار شیمیایی	chemical vapour deposition
۳-۴-۱-۱	نقص	defect
۳-۴-۱-۹	نقص نابه‌جایی	dislocation defect
۳-۴-۱-۱۴	اندازه دامنه	domain size
۳-۴-۲-۳	آلایش	doping
۳-۴-۲-۵	آلایش الکتروشیمیایی	electrochemical doping
۳-۲-۱-۱۴	لایه‌برداری الکتروشیمیایی	electrochemical exfoliation
۳-۲-۲-۵	الگودهی لیتوگرافی باریکه الکترونی	electron beam lithographic patterning
۳-۳-۲-۳	طیف‌سنجی اتلاف انرژی الکترون	electron energy loss spectroscopy
۳-۳-۲-۴	طیف‌سنجی تفکیک انرژی پرتو ایکس	energy-dispersive X-ray spectroscopy
۳-۱-۲-۵	گرافن برآرایی‌شده	epitaxial graphene
زیربند	**معادل فارسی**	**نمایه**
۳-۲-۱-۱۳	لایه‌برداری با روش تداخل شیمیایی	exfoliation via chemical intercalation
۳-۱-۲-۱۰	گرافن چندلایه	few-layer graphene

flake size	اندازه پوسته	۳-۴-۱-۱۵
four point probe method	روش پروب چهار نقطه‌ای	۳-۳-۳-۱
four-terminal sensing	سنجش چهار اتصالی	۳-۳-۳-۱
fractional quantum Hall effect	اثر هال کوانتومی کسری	۳-۳-۴-۳
gas phase synthesis	سنتز در فاز گازی	۳-۱-۲-۱۸
grain boundary	مرز دانه	۳-۴-۱-۸
graphane	گرافان	۳-۲-۱-۳
graphene	گرافن	۳-۲-۱-۱
graphene layer	لایه گرافن	۳-۲-۱-۱
graphene Hall bar setup	چیدمان میله هال گرافن	۳-۳-۱-۲
graphene nanoplate	نانوصفحه گرافنی	۳-۲-۱-۱۱
graphene oxide	گرافن اکسید	۳-۲-۱-۱۳
graphene precipitation	ته‌نشینی گرافن	۳-۲-۱-۶
graphite	گرافیت	۳-۲-۱-۲
graphite oxidation	اکسایش گرافیت	۳-۲-۱-۱۵
graphite oxide	گرافیت اکسید	۳-۲-۱-۱۲
growth on silicon carbide	رشد برسیلیکون کاربید	۳-۲-۱-۱۵
Hummers' method	روش هامر	۳-۲-۱-۱۶
inductively coupled plasma mass spectrometry	طیف‌سنجی پلاسمای جفت شده القایی- جرمی	۳-۳-۲-۶
ion beam lithographic patterning	الگودهی لیتوگرافی باریکه یونی	۳-۲-۲-۶
Kelvin-probe force microscopy	میکروسکوپی نیروی پروبی کلوین	۳-۳-۳-۳
laser ablation	برسایش لیزری	۳-۲-۱-۱۱
lateral size	اندازه جانبی	۳-۴-۱-۱۵
layer	لایه	۳-۱-۱-۵
line defect	نقص خطی	۳-۴-۱-۵
liquid-phase exfoliation	لایه‌برداری فاز مایع	۳-۲-۱-۴
low energy electron microscopy	میکروسکوپی الکترون کم انرژی	۳-۳-۱-۹
low-energy electron diffraction	پراش الکترون کم انرژی	۳-۳-۱-۱۰
mechanical exfoliation	لایه‌برداری مکانیکی	۳-۲-۱-۳
molecular beam epitaxy	برآرایی باریکه مولکولی	۳-۲-۱-۹
monolayer graphene	گرافن تک لایه	۳-۲-۱-۱
nanofoil	نانوفویل	۳-۱-۱-۳
nanoplate	نانوصفحه	۳-۱-۱-۲
nanoribbon	نانونوار	۳-۱-۱-۴
نمایه	**معادل فارسی**	**زیربند**
non-contact microwave method	روش میکروموج غیرتماسی	۳-۳-۳-۷
oxygen content	مقدار اکسیژن	۳-۴-۲-۷

Perfluoro graphane	پرفلوئوروگرافان	۳-۲-۱-۴
photoelectron emission microscopy	میکروسکوپی گسیل فوتوالکترون	۳-۳-۳-۶
photoexfoliation	لایه برداری نوری	۳-۲-۱-۱۲
photoluminescence spectroscopy	طیف‌سنجی نوردرخشایی	۳-۳-۱-۷
planar defect	نقص سطحی	۳-۱-۴-۶
point defect	نقص نقطه‌ای	۳-۱-۴-۲
quantum dot	نقطه کوانتومی	۳-۱-۱-۶
Raman spectroscopy	طیف‌سنجی رامان	۳-۱-۳-۶
reduced graphene oxide	گرافن اکسیدکاهش‌یافته	۳-۲-۱-۱۴
rhombohedral stacking	انباشت لوزوجهی	۳-۱-۴-۱۱
roll-to-roll production	تولید رول به رول	۳-۱-۲-۲
single-layer graphene	گرافن تک‌لایه	۳-۲-۱-۱
scanning electron microscopy	میکروسکوپی الکترونی روبشی	۳-۱-۳-۴
scanning-probe microscopy	میکروسکوپی پروبی روبشی	۳-۱-۳-۱
scanning tunnelling microscopy	میکروسکوپی تونل‌زنی روبشی	۳-۱-۳-۳
sp3bonded adatom defect	نقص اتم افزوده با پیوند sp^3	۳-۱-۴-۷
stacking angle	زاویه انباشت	۳-۱-۴-۱۲
Stone-Wales defect	نقص استون- ولز	۳-۱-۴-۱۷
substitution defect	نقص جانشینی	۳-۱-۴-۴
substrate induced doping	آلایش القایی زیرلایه	۳-۲-۴-۶
substrate interference effects	اثرات تداخل زیرلایه	۳-۳-۴-۱
surface contamination	آلودگی سطحی	۳-۲-۴-۱
templated CVD growth	رشد الگودار CVD	۳-۲-۲-۳
templated growth on SiC	رشد الگودار برسیلیکون کاربید	۳-۲-۲-۲
thermal exfoliation of graphite oxide	لایه برداری حرارتی از گرافیت اکسید	۳-۲-۱-۱۷
thermal gravimetry	وزن سنجی حرارتی	۳-۲-۳-۵
transfer residue	باقی‌مانده انتقال	۳-۲-۴-۲
transmission electron microscopy	میکروسکوپی الکترونی عبوری	۳-۱-۳-۵
trilayer graphene	گرافن سه‌لایه	۳-۲-۱-۹
turbostratic bilayer graphene	گرافن دولایه توربواستراتیک	۳-۲-۱-۷
turbostratic stacking	انباشت توربواستراتیکی	۳-۱-۴-۱۳
twisted bilayer graphene	گرافن دولایه پیچ‌خورده	۳-۲-۱-۷
twisted few-layer graphene	گرافن پیچ خورده چندلایه	۳-۲-۱-۸
two-dimensional material	ماده دوبعدی	۳-۱-۱-۱
نمایه	**معادل فارسی**	**زیربند**
ultraviolet photoelectron spectroscopy	طیف‌سنجی فوتوالکترونی فرابنفش	۳-۳-۳-۴
vacancy defect	نقص تهی‌جا	۳-۱-۴-۳
X-ray diffraction	پراش پرتو ایکس	۳-۱-۳-۸

۳-۳-۲-۲	طیف‌سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس	X-ray photoelectron spectroscopy

کتاب‌نامه

[1] ISO18115-1:2013,Surfacechemicalanalysis-Vocabulary-Part1:Generaltermsandterms used in spectroscopy

[2] ISO18115-2:2013,Surfacechemicalanalysis-Vocabulary-Part2:Termsusedinscanning probe microscopy

[3] ISO/TS 80004-2:2015, Nanotechnologies — Vocabulary — Part 2: Nano-objects

[4] ISO/TS 80004-3:2010, Nanotechnologies — Vocabulary — Part 3: Carbon nano-objects

[5] ISO/TS 80004-6:2013, Nanotechnologies — Vocabulary — Part 6: Nano-object characterization

[6] ISO/TS 80004-8:2013, Nanotechnologies — Vocabulary — Part 8: Nanomanufacturing processes

[7] ISO/TS 80004-11:2017, Nanotechnologies— Vocabulary — Part 11: Nanolayer, nanocoatingnanofilm, and related terms

[8] ISO/TS 80004-12:2016, Nanotechnologies— Vocabulary — Part 12: Quantu phenomena in nanotechnology

[9] IEC 62341-1-2:2014, Organic light emitting diode (OLED) displays. Terminology and letter symbols

[10] Partoens B.,&PeetersF.M. Fromgraphenetographite: Electronic structure around the Kpoint. Phys. Rev. B. 2006, 74p. 075404

[11] HummersW.S.,&OffemanR.E. Preparation of Graphitic Oxide .Journal of the American Chemical Society.1958, 80(6):1339