

Дәріс 11. Графенді синтездеуде қолданылатын «жоғарыдан-төмен» және «төменнен-жоғары» тәсілдері және оларға жататын әдістер.

Кең ауқымды өндіріс тақырыбы соңғы онжылдықта графенді зерттеудің жалпы доменінде ғылыми сала ретінде өзін таныту үшін айтарлықтай өсті. Өзірлеулер енді екі тәуелсіз өндірістік тәсіл бойынша жіктелуі мүмкін технологиялық маршруттарға айналды. Бұл тәсілдер «жоғарыдан төмен» және «төменнен жоғарыға» ретінде анықталады. Графенді синтездеудің «Төменнен жоғары» бағыты келесі әдістерді қамтиды: Химиялық буларды тұндыру, эпитаксиалды өсу және жалын синтезі; «Жоғарыдан төменге» бағыты сұйық фазалық, механикалық, электрохимиялық және химиялық қабыршақтануды, сондай-ақ химиялық қалпына келтіруді қамтиды.

«Төменнен жоғары» және «жоғарыдан төмен» тәсілдер арасында тікелей салыстыруды қамтамасыз ету қиын. Әрбір тәсілдің материал мен энергияны пайдалану, өңдеуге дейінгі және кейінгі талаптар, графен өнімінің сипаттамалары және басқа да көптеген маңызды аспектілер бойынша артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Дегенмен, әдетте жоғары сапалы графенді «төменнен жоғары» тәсілдер арқылы алуға болады, бірақ олардың шығымы өте аз. Керісінше, сұйық фазалық қабыршақтануды жиі қолданатын «жоғарыдан төмен» тәсілі кезінде графенді әлдеқайда жоғары өндіру жылдамдығымен шығарады, бірақ көбінесе айтарлықтай төмен сапаға әкеледі.

Жану мәселелері институтында графен және графен қабаттарын екі әдіспен синтездеуге болады. Осы ғылыми-зерттеу институтында графенді синтездеу үшін қолдануға болатын бірінші әдіс - CVD синтезі. CVD графенді өндірудің ең көп қолданылатын әдісі ретінде қарастырылады, өйткені ол ақау саны аз және жақсы біркелкілігі бар жоғары сапалы графен және графен қабаттарын синтездейді.

Жану мәселелері институтында қолданылатын екінші әдіс – жалын синтезі. Бір қабатты графенді никельді субстратта синтездеуге болатыны анықталды, экспозиция уақыты 1 мин бензол-оттегі жалынында төмен қысымда. Бірнеше қабатты графенді никельді субстратта алуға болады, әсер ету уақыты 5 мин атмосфера қысымында пропан-оттегі жалынында.

Графенді сипаттаудың бірнеше әдістері бар. Олар (КЛИК) Раман спектроскопиясы, электронды микроскопияның екі негізгі түрі: трансмиссиялық электронды микроскопия және сканерлеуші электронды микроскопия және атомдық күштік микроскопия. Раман спектроскопиясы графенді анықтаудың жылдам әдісі болып табылады және бір қабатты графенді екі және бірнеше қабатты графеннен сенімді түрде ажырата алады. Графен үшін де, графит үшін де Раман спектрінде екі негізгі шың байқалады: G- және 2D-диапазон. Трансмиссиялық электронды микроскопия - үлгі арқылы өтетін және онымен әрекеттесетін электронды сәуле арқылы үлгінің үлкейтілген кескіндерін немесе дифракциялық үлгілерін шығаратын әдіс. Бір және екі қабатты графеннің ТЕМ кескіндері осы суреттерде көрсетілген. Атомдық күш микроскопиясы - беттік контурларды механикалық сканерлеу арқылы беттерді бейнелеу әдісі, онда сәйкес консольге орнатылған беттік күштерді сезетін өткір ұшының ауытқуы бақыланады. Бірқабатты және екі қабатты графеннің AFM кескіндері, сондай-ақ Н-плазмалық өрнектен бұрын және кейін осы суреттерде көрсетілген.

Әдебиеттер тізімі:

1. Kumar N., Kumbhat S. Essentials in Nanoscience and Nanotechnology. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2016 P. 470
2. Geim A., Novoselov K. (2007) The rise of graphene. Nature Mater 6:183-191, doi: 10.1038/nmat1849
3. Sur U.K. (2012) Graphene: A Rising Star on the Horizon of Materials Science. International Journal of Electrochemistry 237689:1-12, doi: 10.1155/2012/237689

4. Stafford J., Patapas A., Uzo N., Matar O.M., Petit C. (2018) Towards scale-up of graphene production via non-oxidizing liquid exfoliation methods. *AIChE Journal* 64 (9):3246-3276, doi: 10.1002/aic.16174
5. Kumar N., Salehiyan R., Chauke V., Botlhoko O.J., Setshedi K., Scriba M., Masukume M., Ray S.S. (2021) Top-down synthesis of graphene: A comprehensive review. *FlatChem* 27:100224, doi: 10.1016/j.flatc.2021.100224