

Дәріс 7. Көміртекті нанотүтікшелер, олардың түрлері: БҚНТ, КҚНТ, наножіпше, наносым, нанобелбеу, наномұрттар (нановискерс), қасиеттері, қолдану аясы

Бір-өлшемді наноматериалдарға бір қабатты нанотүтікшелер (БҚНТ), қос қабатты нанотүтікшелер (КҚНТ), көп қабатты нанотүтікшелер (КҚНТ), наножіпше, наносым, нанобелбеу, наномұрттар жатады. Бұл бір-өлшемді наноматериалдардың ішінде көміртекті нанотүтікшелер кеңінен зерттелінген [1].

1991 жылы Иидзима [2] фуллеренді синтездеуде қолданылатын доғалық разрядты булану әдісін қолдана отырып көміртекті нанотүтікше синтезін сипаттады.

Көптеген БҚНТ диаметрі 1 нм-ге жақын, ал түтіктің ұзындығы оның диаметрінен миллиондаған есе үлкен болуы мүмкін. БҚНТ құрылымын қалыңдығы бір көміртегі атомы графен қабатын жіксіз цилиндрге айналдыру арқылы тұжырымдауға болады. Бұл жағдайда КҚНТ цилиндрге оралған графеннің бірнеше қабаттары болып табылады. КҚНТ қабат аралық қашықтық графиттегі графен қабаттары арасындағы қашықтыққа жақын, шамамен 3,3 Å.

Көміртекті нанотүтікшені графен қабаттарының санына қарай бір және көп қабырғалы көміртекті нанотүтікке бөлуге болады. Бір қабырғалы көміртекті нанотүтіктер - бұл диаметрі 1-2 нм болатын графен парағының бір атомдық қабатын білдіретін бал торынан алынған жіксіз цилиндрлер. Көп қабырғалы көміртекті нанотүтіктер басқа нанотүтіктер ішіндегі графеннің концентрлік нанотүтіктерінің бірнеше орам қабаттарынан тұрады. Графен парақтарының болуына байланысты көп қабырғалы көміртекті нанотүтіктер жан-жақты болуы мүмкін.

Соңғы жылдары КҚНТ көп зерттелуде. Себебі оның морфологиясы мен қасиеттері жағынан БҚНТ-ге жақын, бірақ олардың химиялық заттарға төзімділігі әлдеқайда жоғары. Сонымен қатар, олардың алу жолдары БҚНТ-лерді синтездегендей қиын емес, КҚНТ-де қолданылатын синтез жолдарымен алуға болады. КҚНТ-дің ерекше түрі - КҚНТ. Олар бір қабырғалы және көп қабырғалы нанотүтіктердің синтетикалық қоспасы, екі түрдің арасындағы аралық қасиеттерді көрсетеді. КҚНТ 0,35-0,40 нм-ге бөлінген дәл екі концентрлік нанотүтіктерден тұрады, өрістік транзисторларда пайдалану үшін жеткілікті жолақ аралықтары бар.

Көміртекті нанотүтіктер ең берік материалдардың бірі болып табылады. Осылайша, КҚНТ созылу күші 63 ГПа, ал жоғары көміртекті болаттікі шамамен 1,2 ГПа болуы мүмкін. Нанотүтіктердің Юнг модулі 1 ТПа-ға жетуі мүмкін, бұл алмаздардың модулінен бірнеше есе артық. 1-кестеде кейбір белгілі материалдармен салыстырғанда БҚНТ және КҚНТ қасиеттерінің салыстырмалы сипаттамалары берілген.

Кесте 1. БҚНТ және КҚНТ-дің механикалық қасиеттерін басқа материалдармен салыстыру

Материалдар	Юнг модулі (ГПа)	Созылу беріктігі (GPa)	Тығыздығы (г/см ³)
БҚНТ	1054	150	-
КҚНТ	1200	150	2.6
Болат	208	0.4	7.8
Эпоксидті шайыр	3.5	0.005	1.25

Әдебиеттер тізімі:

1. Kumar N., Kumbhat S. Essentials in Nanoscience and Nanotechnology. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2016, 470
2. Iijima S. (1991) Helical microtubules of graphitic carbon. Nature 354:56–58 doi:10.1038/354056a0.