

Дәріс 8. Көміртекті нанотүтікшелерді синтездеуде қолданылатын «жоғарыдан-төмен» және «төменнен-жоғары» тәсілдері және оларға жататын әдістер.

Көміртекті нанотүтіктерді синтездеудің бірнеше әдістері бар, бірақ үш негізгі әдіс, атап айтқанда доғалық разряд, лазерлік абляция және химиялық буларды тұндыру кеңінен қолданылады. Соның ішінде плазмамен күшейтілген химиялық буларды тұндыру (PE-CVD) әдісін толық қарастырамыз.

PE-CVD синтез әдісі термиялық өңдеуден басқа плазманы пайдаланады. Плазма - бұл заттың айтарлықтай иондалған бөлігі, сондықтан ол электр тоғын өткізгіш болып табылатын жоғары энергиялы газ күйіндегі зат. Плазмада бос зарядтар болғанымен, жалпы теріс және оң зарядтар бір-бірін өтейді. Сондықтан плазмалар электрлік бейтарап, бұл қасиет квазибейтараптық деп аталады. Плазмалар әдетте газды қыздыру және иондау, атомдардан электрондарды алу арқылы түзіледі, осылайша оң және теріс зарядтардың еркін қозғалуына мүмкіндік береді. Плазманы пайдалану прекурсорлардың ыдырау температурасын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде синтезге кететін шығындарды төмендетеді, әсіресе жоғары температураға өте сезімтал прекурсорлар үшін.

Термиялық белсендіруден айырмашылығы плазма көмегімен пиролиздің басты артықшылығы - бастапқы бөлшектердің агломерация үрдісін төмендететін төмен температуралық реакция. Сонымен қатар, ол жоғары концентрацияда метастабилді фазалар мен наноөлшемді бөлшектерді өндіруге мүмкіндік береді. Синтез реактордың саптамалары арқылы сөндіргіш газды енгізуден басталады. Бұдан кейін газды қыздыру және иондау, атомдардан электрондарды алу, осылайша оң және теріс зарядтардың еркін қозғалуына мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде потенциалды молекулалардың ядролануын және реактордың суық аймақтарында нанобөлшектердің өсуін бастайды. Соңында, төмен температуралар мен жоғары салқындату жылдамдығын қолдану қажетті наноматериалды шығарады.

PE-CVD көміртекті наноматериалдарды синтездеу үшін де қолданылуы мүмкін. Мысалы, жану проблемалары институтының зерттеушілері гидроксипатитте өсірілген көміртекті нанотүтіктерді шығарды. Бұл композициялық материал биомедициналық қолданбалар үшін қолданылатын сүйек пен имплант арасындағы интерфейсті жақсартуға мүмкіндік берді. Көміртекті нанотүтікшелердің беті таза және аморфты көміртексіз болды. Көміртекті нанотүтіктердің диаметрлері 30-дан 70 нм-ге дейін болды. Реакция температурасын төмендету үшін плазманы пайдалану арқылы синтез 750°C өсу температурасында жүргізілді. СНТ-ның гидроксипатитке SEM және EDX талдауының нәтижелері схемалық диаграммада көрсетілген.

Синтез процесі кезінде нанотүтікшелер металл нанобөлшектерімен, фуллерендермен, нанокристалды графитпен және нанотүтікшелердің бөлшектерімен қапталған аморфты көміртекпен ластанады. Көміртек нанотүтіктеріне зиян келтірмейтін қоспаларды жою үшін тиімді және жұмсақ тазарту әдістерін қолдану керек. Әдістердің көпшілігі бір мезгілде қоспаларды кетіру және тазарту процесін дәлелдеу үшін қолданылады. Негізінен қолданылатын әдістерге сұйық фаза, химиялық әдістерде газ фазасы және физикалық әдістерде фильтрация, ультрадыбыстық, хроматография жатады.

Әдебиеттер тізімі:

1. Kumar N., Kumbhat S. Essentials in Nanoscience and Nanotechnology. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2016, 470
2. Jagalur Basheer, H., Baba, K. and Bahlawane, N. Thermal Chemical Vapor Deposition of Superblack Randomly Oriented Carbon Nanotube Coatings. Phys. Status Solidi A: 2020, 217: 2070032: <https://doi.org/10.1002/pssa.202070032>

3. El-Shazly M. Duraia, A. Hannora, Z. Mansurov, Gary W. Beall. Direct growth of carbon nanotubes on hydroxyapatite using MPECVD, *Materials Chemistry and Physics*: 2012, 132(1): 119-124: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2011.11.006>
4. Zaytseva, O., Neumann, G. Carbon nanomaterials: production, impact on plant development, agricultural and environmental applications. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 2016, 3, 17 <https://doi.org/10.1186/s40538-016-0070-8>
5. Moon, H., Seong, H., Shin, W. et al. Synthesis of ultrathin polymer insulating layers by initiated chemical vapour deposition for low-power soft electronics. *Nature Mater.*: 2015, 14, 628–635. <https://doi.org/10.1038/nmat4237>