



СӘТБАЕВ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

НАНОМАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ҚАСИЕТТЕРІ

7М07103 - МАТЕРИАЛТАНУ ЖӘНЕ ЖАҢА МАТЕРИАЛДАР
ТЕХНОЛОГИЯСЫ

5 (2/0/1/2) КРЕДИТ

СЕМЕСТР: 1, КУЗ, 2025- 2026 ОҚУ ЖЫЛЫ

ДӘРІСКЕР – КЕРИМКУЛОВА АЛМАГУЛЬ РЫСКУЛОВНА

5-Дәріс

Наноматериалдарды алудың «жоғарыдан-төмен» әдістері: түрлері және жіктелуі.

Дәрістің мақсаты

Бұл дәрістің мақсаты – наноматериалдарды синтездеудің негізгі физикалық тәсілдерінің бірі болып табылатын **«жоғарыдан-төмен» әдістерімен** таныстыру. Көлемді материалдарды нано-деңгейдегі құрылымдарға дейін бөлшектеу принципін түсіндіру. Әдістердің түрлері, олардың ерекшеліктері мен артықшылықтарын көрсету. Механикалық, плазмалық, сәулелік және электрлік әдістердің наноматериалдар алудағы қолданылуын ашып көрсету.

Дәрістің құрылымы

Кіріспе

«Жоғарыдан-төмен» әдістерінің негізгі түрлері:

1 Механикалық фрезерлеу (шарлы ұнтақтау әдісі)

- Экономикалық тиімділігі, нанокөмposиттер алу мүмкіндігі.

2. Электроспиннинг (электропрядение)

- Наноталшықтар алу, коаксиалды электроспиннинг арқылы «ядро–қабықша» құрылымдарын жасау.

3. Литография

- Маскалық (фотолитография, наноимпринтті литография, жұмсақ литография) және маскасыз литография (зондты, иондық шок, электрон-сәулелік).

4. Шашырату (распыление)

- Магнетрондық, радиожиілікті, тұрақты тоқты шашырату арқылы жұқа қабықшалар алу.

5. Доғалық разряд әдісі

- Көміртекті наноматериалдар (фуллерендер, CNT, графен, нанокорндар) алу, атмосфералық шарттардың әсері.

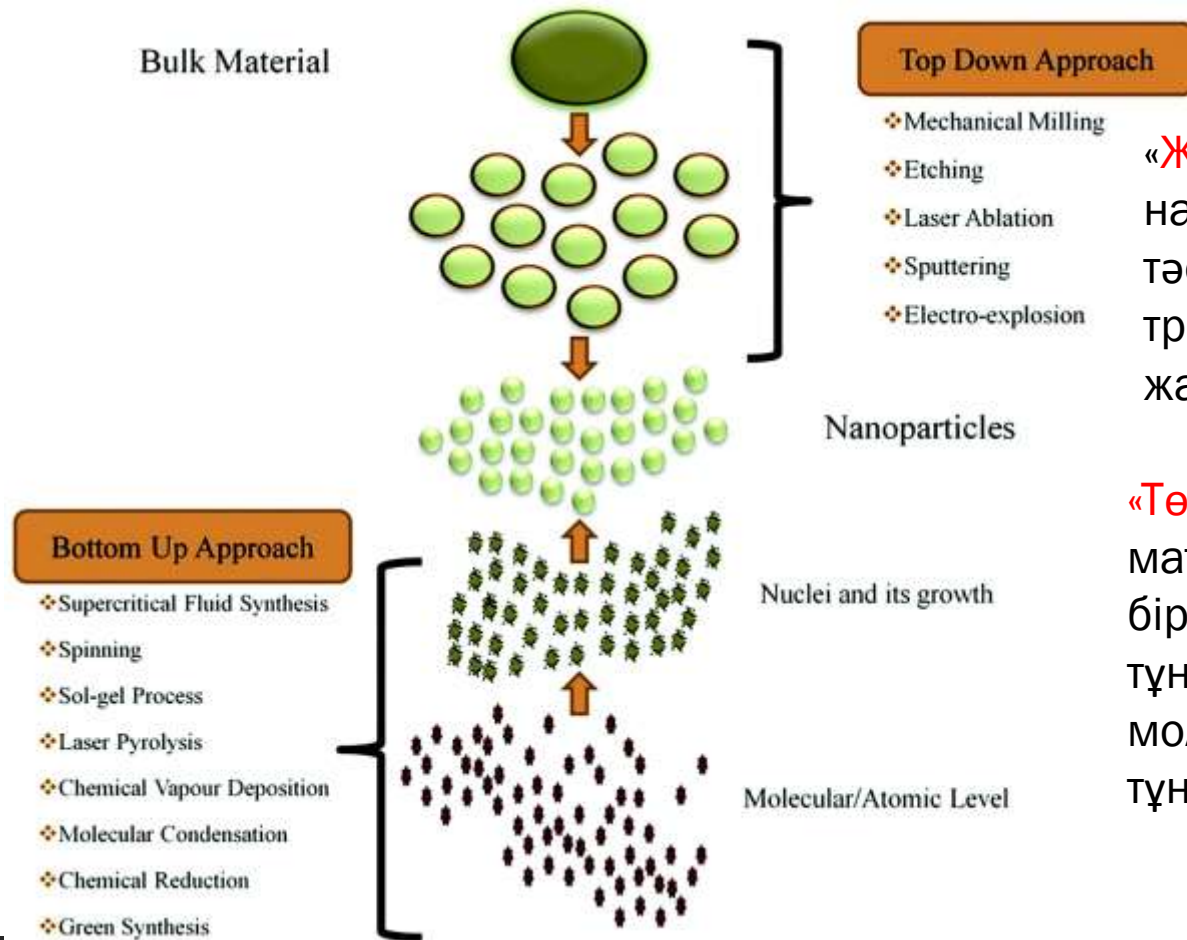
6. Лазерлік абляция

- Лазер сәулесімен нанобөлшектер түзу, сұйықтықтағы импульстік лазерлік абляция, «жасыл технология» ретіндегі маңызы.

Қорытынды

Қолданылған әдебиеттер

Наноматериалдарды синтездеуде екі негізгі тәсіл қолданылады (сурет 1): «жоғарыдан төмен» тәсілі және «төменнен жоғары» тәсілі.



«Жоғарыдан төмен» тәсілдерінде көлемді материалдар наноқұрылымды материалдар алу үшін бөлшектенеді. Бұл тәсілдерге механикалық фрезерлеу, лазерлік абляция, травление (қышқылмен өңдеу), шашырату және электрлік жарылыс жатады.

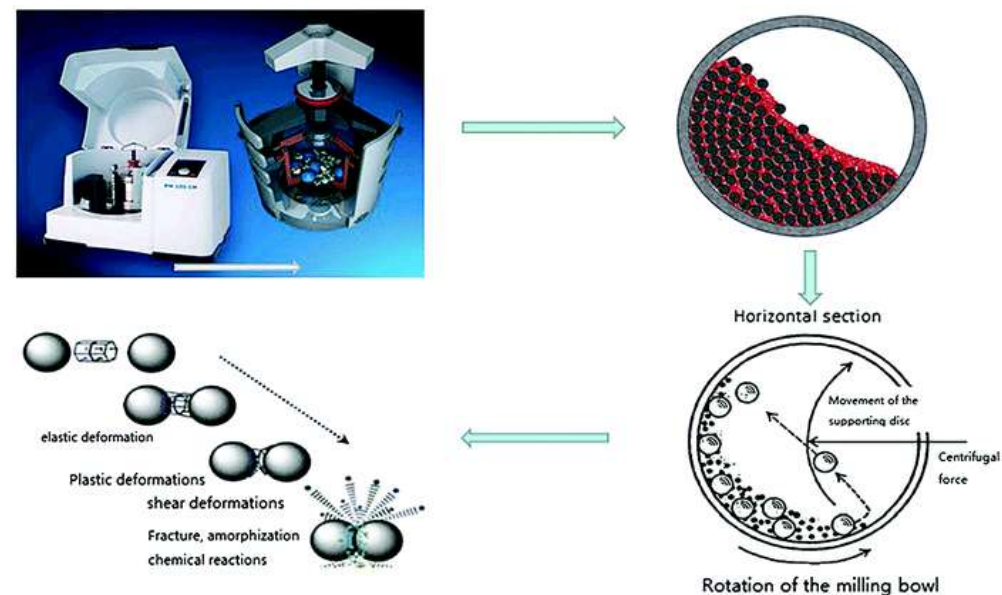
«Төменнен жоғары» тәсілдерінде наноқұрылымды материалдар атомдар мен молекулалардың біртіндеп бірігуі арқылы түзіледі. Бұл тәсілдерге химиялық тұндыру, зол-гель әдісі, өздігінен құралу (self-assembly), молекулалық-сәулелік эпитаксия және атомдық қабаттық тұндыру сияқты әдістер жатады.

Механикалық фрезерлеу

Механикалық ұнтақтау — көлемді материалдардан нано-деңгейдегі материалдарды алудың экономикалық жағынан тиімді әдісі. Бұл әдіс әртүрлі фазалардың қоспаларын алудың тиімді тәсілі болып табылады және нанокөміртектер өндірісінде пайдаланылады. Шарлы ұнтақтау әдісінің принципі 2-суретте көрсетілген.

Механикалық ұнтақтау тотығумен және карбидпен беріктендірілген алюминий қорытпаларын, тозуға төзімді бүрікпе қаптамаларды, алюминий, никель, магний және мыс негізіндегі наноқорытпаларды және көптеген басқа нанокөміртектер материалдарды өндіру үшін қолданылады.

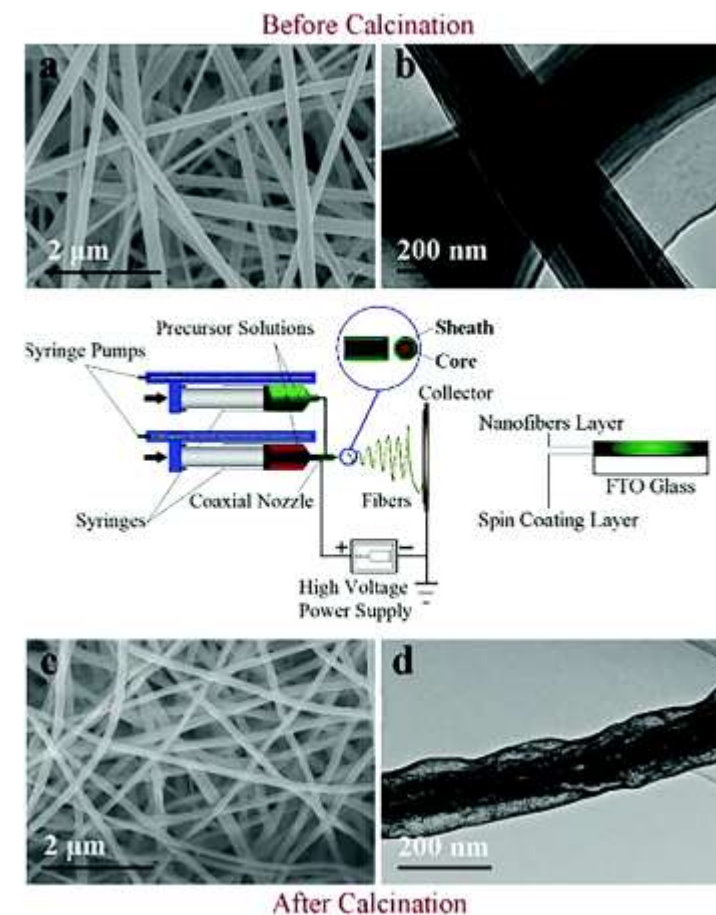
Шарлы ұнтақтау арқылы алынған көміртекті наноматериалдар — қоршаған ортаны қалпына келтіру, энергияны жинақтау және түрлендіру талаптарын қанағаттандыруға мүмкіндік беретін жаңа класты наноматериалдар ретінде қарастырылады.



2-сурет. Шарлы ұнтақтау әдісінің принципі.
Авторлық құқық: ©2016, John Wiley & Sons, Ltd.

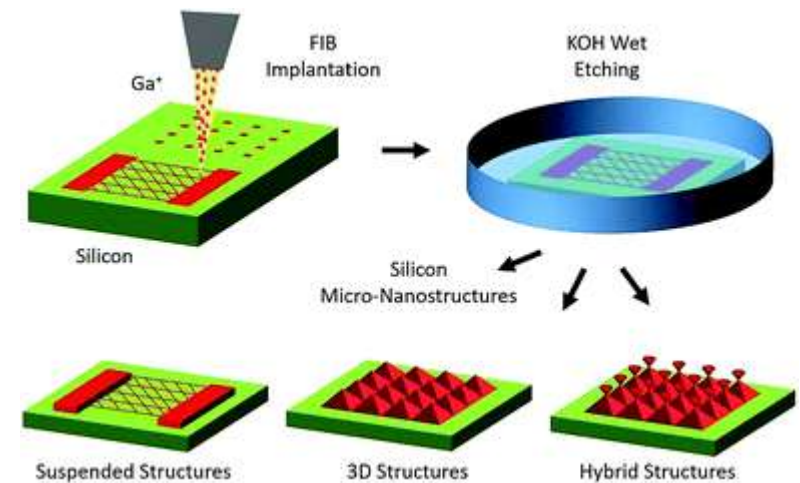
Электроспиннинг (электропрядение)

Электроспиннинг – нанокұрылымды материалдар алудың «жоғарыдан төменге» бағытталған ең қарапайым әдістерінің бірі. Ол әдетте әртүрлі материалдардан, негізінен полимерлерден нановолокондар алу үшін қолданылады. Электроспиннинг саласындағы маңызды жетістіктердің бірі – коаксиалды электроспиннинг әдісі. Коаксиалды электроспиннингте фильера екі коаксиалды капиллярдан тұрады. Бұл капиллярларда екі тұтқыр сұйықтық қолданылады: біреуі – қабықша ретінде тұтқыр сұйықтық, екіншісі – ядро ретінде тұтқырлығы төмен сұйықтық. Осылайша электр өрісінде «ядро–қабықша» типті наноархитектура қалыптастыруға болады. Коаксиалды электроспиннинг – «жоғарыдан төменге» бағытталған аса тиімді әрі қарапайым әдіс, ол ядро–қабықша типті аса жіңішке талшықтарды үлкен көлемде алуға мүмкіндік береді. Мұндай аса жіңішке наноматериалдардың ұзындығы бірнеше сантиметрге жетуі мүмкін. Бұл әдіс ядро–қабықша типті материалдарды, сондай-ақ қуыс полимерлік, бейорганикалық, органикалық және гибридік материалдарды жасау үшін қолданылды. 3-сурет. Коаксиалды электроспиннинг әдісінің сызбалық диаграммасы.



Литография

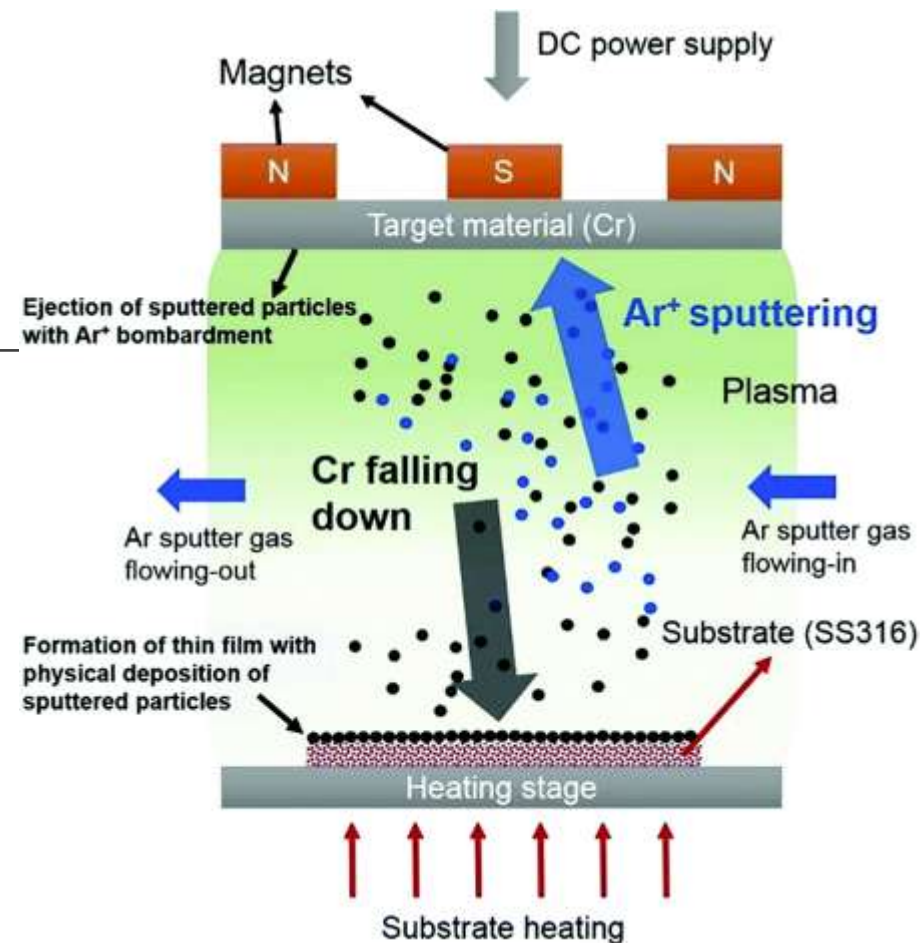
Литография – жарықтың немесе электрондардың фокусталған шоғын пайдалану арқылы наноархитектураларды жасауға арналған пайдалы құрал. Литографияны екі негізгі түрге бөлуге болады: маскалық литография және маскасыз литография. Маскалық нанолитографияда арнайы маска немесе үлгі көмегімен наносуреттер үлкен бет аймағына көшіріледі. Маскалық литографияға фотолитография, наноимпринтті литография және жұмсақ литография жатады. Маскасыз литографияға сканерлеуші-зондты литография, фокусталған иондық шоқпен литография және электрон-сәулелік литография кіреді. Маскасыз литографияда наносуреттерді еркін жазу маскасыз жүзеге асырылады. Еркін формадағы 3D микро-наноөндіріс фокусирленген иондық шоқпен иондық имплантацияны ылғалды химиялық қышқылмен өңдеу (травление) біріктіру арқылы жүзеге асырылуы мүмкін (4-суретте көрсетілген).



4-сурет. Si көлемдік құрылымдау арқылы иондық шоқпен 3D-микронаноқұрылымдар жасау схемасы. Бұл процесс Ga FIB литографиясын қолданып, Si-ге имплантация жүргізуді және нанометрлік ажыратымдылықпен маска бойынша жазуды қамтиды. Кейіннен KOH ерітіндісінде анизотропты сұйықтықтық тұздыру жүзеге асырылады және имплантацияланбаған аймақтарды селективті түрде жою арқылы Si-микронаноқұрылымдар алынады.. Авторлық құқық: ©2020, Elsevier BV. Барлық құқықтар қорғалған.

Шашырату (распыление)

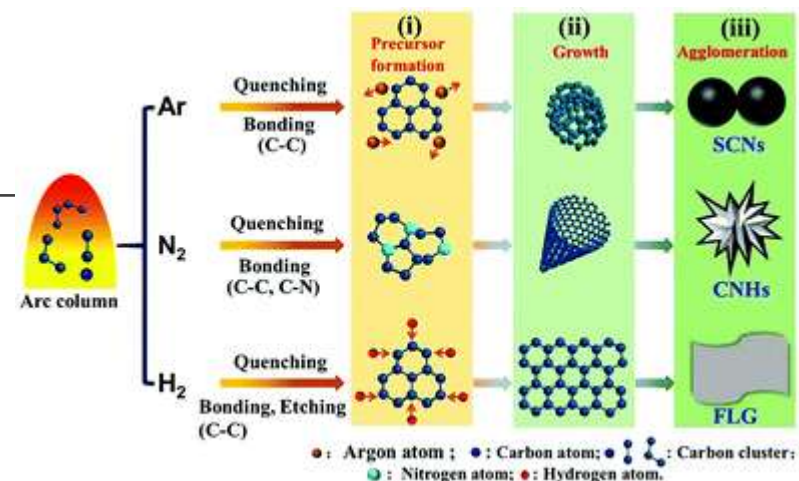
Шашырату – наноматериалдарды алу үшін қатты беттерді плазма немесе газ тәрізді жоғары энергиялы бөлшектермен бомбалауға негізделген процесс. Шашырату наноматериалдардың жұқа қабықшаларын алудың тиімді әдісі болып саналады. Шашырату арқылы қондыру процесінде жоғары энергиялы газ иондары мишень бетіне соққы беріп, нәтижесінде энергиясына байланысты кіші атомдық кластерлердің физикалық түрде бөлініп шығуына әкеледі (5-сурет). Шашырату процесі әртүрлі әдістермен жүзеге асырылуы мүмкін, мысалы: магнетрондық шашырату, радиожиілікті диодтық шашырату, тұрақты ток (DC) диодтық шашырату. Жалпы жағдайда шашырату вакуумдық камерада жүргізіледі. Камераға арнайы газ енгізіледі. Катодты мишеньге жоғары кернеу беріледі, бос электрондар газ молекулаларымен соқтығысып, газ иондарын түзеді. Позитивті зарядталған иондар электр өрісінде жылдамдатылып, катодты мишеньге қарай бағытталады да, оны үздіксіз соққылайды. Соның нәтижесінде мишень бетінің атомдары бөлініп шығып, қондырылады. Магнетрондық шашырату әдісі SiO_2 төсеніштерінде және көміртекті қағазда WSe_2 қабаттарынан наноқабықшалар алу үшін қолданылады. Бұл әдістің ерекшелігі – шашыратылған наноматериалдың құрамы бастапқы мишень материалының құрамына сәйкес келеді, қоспалар аз болады және ол электрон-сәулелік литографиямен салыстырғанда экономикалық тұрғыдан тиімді.



5-сурет. Тұрақты токтағы магнетрондық шашырату процесінің сызбалық схемасы. Авторлық құқық: ©2017, Elsevier Ltd. Барлық құқықтар қорғалған.

Доғалық разряд әдісі

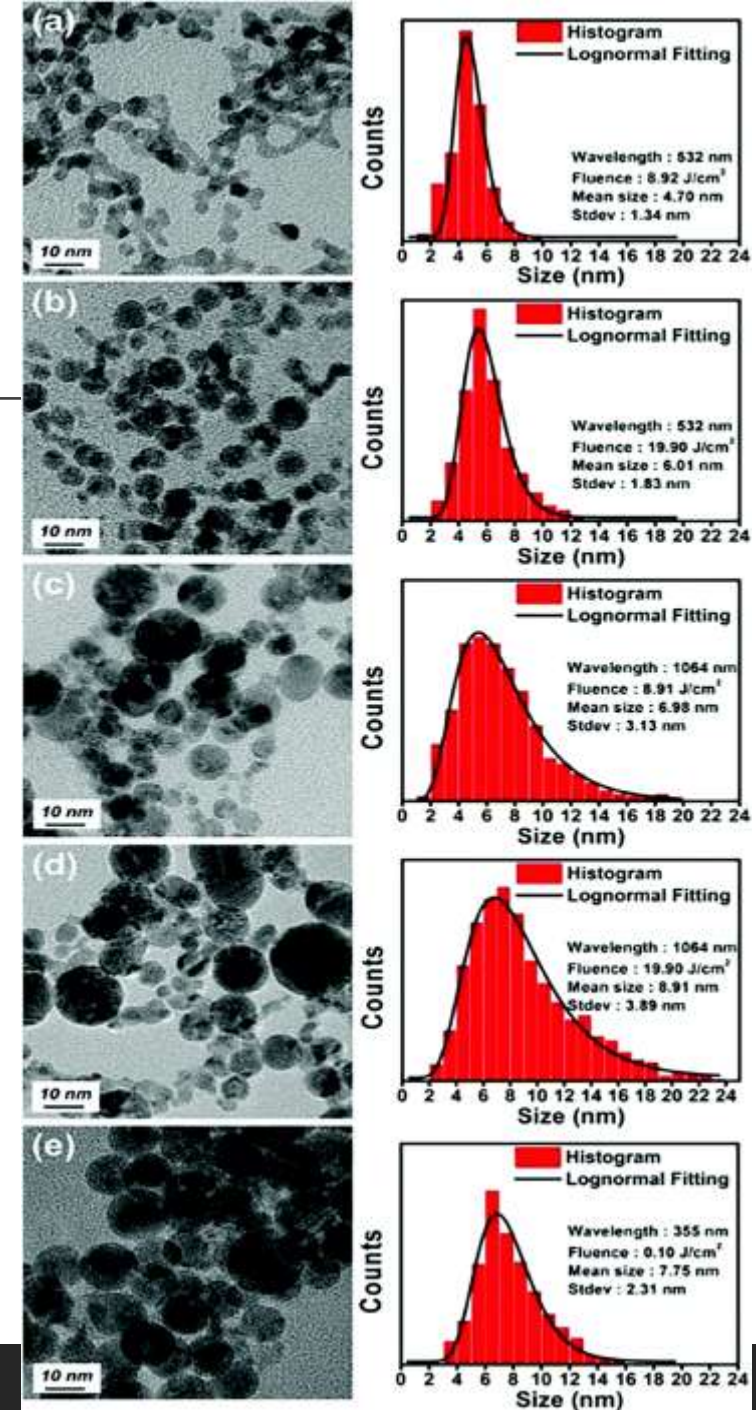
Доғалық разряд әдісі әртүрлі нанокұрылымды материалдарды алу үшін қолданылады. Бұл әдіс ең көп белгілі көміртек негізіндегі материалдарды алуда: фуллерендер, көміртекті наноқорндар (CNH), көміртекті нанотүтікшелер, аз қабатты графен (FLG) және аморфты сферикалық көміртекті нанобөлшектер. Доғалық разряд әдісі фуллерендік наноматериалдарды алуда үлкен маңызға ие. Процесс барысында екі графит стержені белгілі бір гелий қысымы сақталатын камераға орналастырылады. Камераны таза гелиймен толтыру маңызды, себебі ылғалдың немесе оттегінің болуы фуллерендердің түзілуіне кедергі келтіреді. Графит стержендерінің булануы олардың ұштарындағы доғалық разряд әсерінен жүреді. Доғалық разрядтың жүзеге асу шарттары жаңа формадағы наноматериалдарды алуда шешуші рөл атқарады. Әртүрлі көміртекті наноматериалдардың түзілу шарттары доғалық разряд әдісімен алынған кезде 6-суретте көрсетілген. Бұл әдіс барысында көміртекті наноматериалдар әртүрлі аймақтардан жиналады, себебі олардың өсу механизмдері өзгеше. Көпқабатты көміртекті нанотүтікшелер (MWCNT), жоғары тазалықтағы полиэдрлік графит бөлшектері, пиролитикалық графит және нанографит бөлшектері анодтық немесе катодтық шөгінділерден немесе екі электродтағы шөгінділерден де жиналуы мүмкін. Электродтардан бөлек, көміртекті наноматериалдарды ішкі камерадан да жинауға болады. Әртүрлі морфологиялы бірқабатты көміртекті наноқорндарды (SWCNH) әртүрлі атмосфераларда алуға болады.



6-сурет. Тұрақты тоқтағы доғалық разрядта әртүрлі газдарды қолдану арқылы көміртекті наноматериалдардың камераның ішкі қабырғасында түзілу механизмдерінің сызбалық көрінісі. Авторлық құқық: ©2018, Elsevier Ltd. Барлық құқықтар қорғалған.

Лазерлік абляция

Лазерлік абляция арқылы синтездеу қуатты лазерлік сәуленің нысана материалға бағытталуы нәтижесінде нанобөлшектердің түзілуін қамтиды. Лазерлік абляция процесінде бастапқы материал немесе прекурсор лазерлік сәулеленудің жоғары энергиясының әсерінен буланып, нанобөлшектердің пайда болуына әкеледі. Қымбат металдардың нанобөлшектерін алуда лазерлік абляцияны қолдану «жасыл технология» болып саналады, себебі тұрақтандырғыштар мен басқа химиялық заттарды пайдалануды қажет етпейді. Бұл технология көмегімен әртүрлі наноматериалдар алуға болады, мысалы: металл нанобөлшектері, көміртекті наноматериалдар, оксидті композиттер, керамика. Сұйықтықтарда жүзеге асырылатын импульстік лазерлік абляция – беттік-активті заттар немесе лиганда қолданбай-ақ мономұнтаздай коллоидтық ерітінділер алу үшін уәделі әдіс. Нанобөлшектердің қасиеттерін (орташа өлшемін және таралуын) энергия ағынының тығыздығын, толқын ұзындығын реттеу және арнайы тұз қоспаларын қосу арқылы басқаруға болады. 7-суретте импульстік лазердің толқын ұзындығы мен энергия ағынының тығыздығына байланысты синтезделген Pd нанобөлшектерінің өлшемдері айтарлықтай өзгередіні көрсетілген.





Қорытынды

Наноматериалдарды алудың «жоғарыдан-төмен» әдістері көлемді материалдарды нано-деңгейге дейін бөлшектеуге негізделген. Бұл тәсілдер механикалық фрезерлеу, электроспиннинг, литография, шашырату, доғалық разряд және лазерлік абляция сияқты әдістерді қамтиды. Аталған әдістердің артықшылықтары – салыстырмалы қарапайымдылығы, өндірісте кең қолданылуы және әртүрлі наноқұрылымдарды (наноталшықтарды, наноқабықшалар, көміртекті наноматериалдар, графен, фуллерендер) алуға мүмкіндік беруі. Сонымен бірге, кейбір әдістерде алынған өнімдердің өлшемі мен құрылымын қатаң бақылау қиындық тудырады, ал энергия шығыны мен жабдықтардың құны жоғары болуы мүмкін. Жалпы алғанда, «жоғарыдан-төмен» әдістері нанотехнологияның дамуына маңызды үлес қосып, жаңа функционалды наноматериалдарды өндіруде маңызды орын алады. Олар «төменнен-жоғары» әдістерімен үйлестіріле отырып, қазіргі заманғы наноматериалдар синтезінің кешенді технологиялық базасын құрайды.

Қолданылған әдебиеттер

Негізгі:

1. Мансұров З.А., Діністанова Б.Қ., Керімқұлова А.Р., Нәжіпқызы М. Нанотехнология негіздері. Оқу құралы. – Алматы: 2013. -244 б.
2. Т.А.Шабанова, Г.Қ.Тәжкенова, Р.М.Мансурова Электрондық микроскопия: оқу құралы. – Алматы: Қазақ университеті, 2004.-62 бет.
3. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы. – М.ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 456 с.
4. Д.Мырзакожа, А.Мырзаходжаева Современные методы исследования: учебное пособие: - Алматы, 2013.-428 с.

Қосымша:

5. Kumar N., Kumbhat S. Essentials in Nanoscience and Nanotechnology. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2016 P. 470
6. Bayda S., Adeel M., Tuccinardi N., Cordani M., Rizzolio F. (2020) The History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical-Physical Applications to Nanomedicine. Molecules 25:112-127 doi:10.3390/molecules25010112
7. AlJahdaly B.A., Elsadek M.F., Ahmed B.M., Farahat M.F., Taher M.M., Khalil A.M. (2021) Outstanding Graphene Quantum Dots from Carbon Source for Biomedical and Corrosion Inhibition Applications: A Review. Sustainability 13:2127 [https://doi.org/ 10.3390/su13042127](https://doi.org/10.3390/su13042127)
8. Acquah S.F.A. Penkova A.V., Markelov D.A., Semisalova A.S., Leonhardt B.E., Magi J.M. (2017) Review-The Beautiful Molecule: 30 Years of C60 and Its Derivatives ECS Journal of Solid State Science and Technology, 6 (6) M3155-M3162
9. Wang Zh., Hu T., Liang R., Wei M. (2020) Application of Zero-Dimensional Nanomaterials in Biosensing. Frontiers in Chemistry 8:320 doi: 10.3389/fchem.2020.00320