



**Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу
университеті**

**Пән: «ФУНКЦИОНАЛДЫ МАТЕРИАЛДАР МЕН
НАНОҚҰРЫЛЫМДАРДЫ АЛУ ӘДІСТЕРІ»**

Дәріс-9

**Синтез әдістерінің морфологияға әсері. Нанотүтікшелер, наноталшықтар, кванттық
нүктелер, «cloudy» және «octopus» бөлшектер**

7M07103 - Материалтану және жаңа материалдар технологиясы

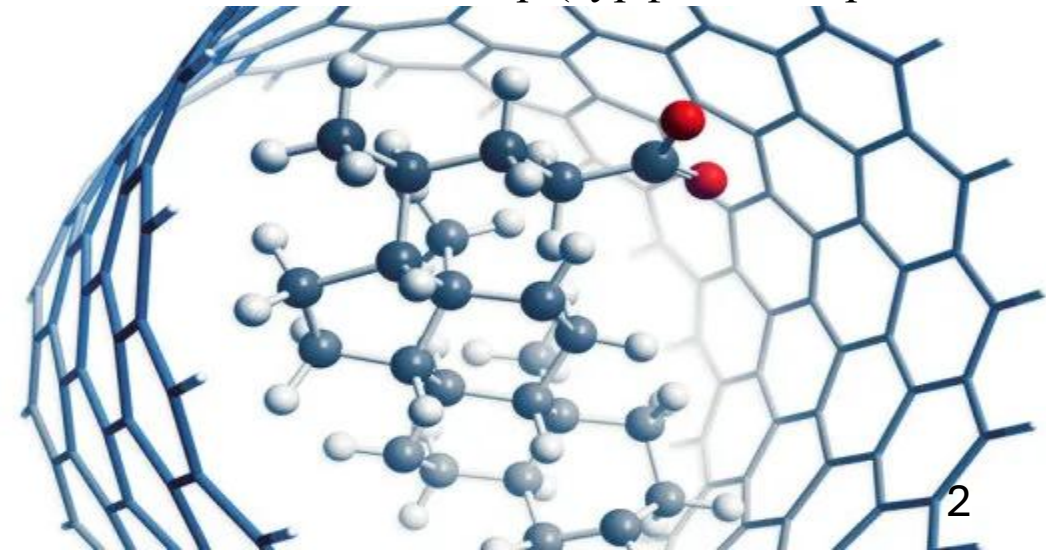
5 (1/0/2/2) кредит

Семестр: 1, күзгі, 2025-2026 оқу жылы

Дәріскер – Керімкулова Алмагуль Рыскуловна

Синтез әдістерінің морфологияға әсері. Нанотүтікшелер, наноталшықтар, кванттық нүктелер, «cloudy» және «octorpus» бөлшектер

- Наноматериалдардың (0-, 1-, 2-, 3-өлшемді) морфологиясы — яғни бөлшектердің пішіні, өлшемі, аспекті қатынасы, беткі құрылымы — олардың физика-химиялық қасиеттерін (сорбциялық қабілеті, электрөткізгіштігі, каталитикалық белсенділігі және т.б.) айқындайтын өте маңызды параметр болып табылады. Және бұл морфологияны негізінен синтез әдісі (және синтез барысында қолданылған шарттар) анықтайды. Мысалы, синтез әдісінің төмендегі факторлары морфологияны өзгертеді: прекурсор концентрациясы, температура, реакция уақыты, еріткіштің табиғаты, шаблон немесе катализатор қолданылуы, су/газ ортасы, тірек бетінің бар-жоқтығы, қосымша агенттер (сурфактанттар, шаблондар) және соңғы термиялық өңдеу.



Негізгі синтез тәсілдері және олардың морфологияға әсері

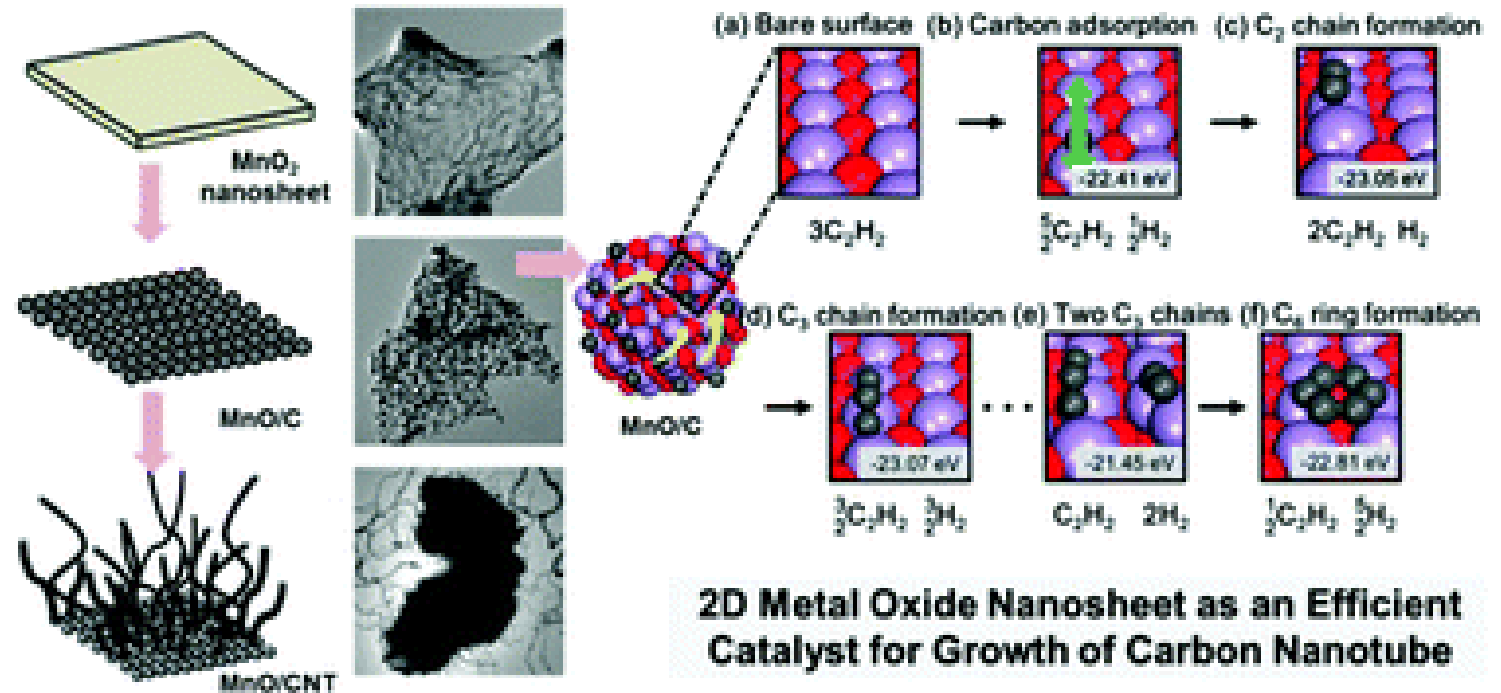
- **Топ-даун (top-down) әдістер:** мысалы, шарлы тоздыру (ball-milling), лазерлік абляция, еріткішсіз конденсация. Бұл әдістерден көбіне балшық тәрізді, жоғары дефектілі бөлшектер, күрделі пішінді емес, бөліктерге «соқталған» құрылымдар шығады. PMC+2jchemrev.com+2
- **Боттом-ап (bottom-up) әдістер:** мысалы, гель-желі (sol-gel), гидротермалдық, солвотермалдық, химиялық сарттыру (precipitation), CVD (химиялық бу тұндыру) және т.б. Бұл әдістер бөлшектердің пішінін, өлшемін, аспекті қатынасын, беткі құрылымын жақсы бақылауға мүмкіндік береді.
- **Физикалық және химиялық әдістердің вариациялары:** Газ-фазалық, бу-фазалық тәсілдер (мысалы CVD) морфологияны талдауда өте сезімтал: температура, ауа ағыны, прекурсор концентрациясы бөлшектердің ұзындығы, диаметрі, пішіні (түйіндер, түтікшелер, табақшалар) сияқты параметрлерді айқындайды.
- **Биогенді / жасыл синтез:** өсімдік сығындылары, микроорганизм қолдану арқылы жүргізілген синтездер морфологияны «экологиялық» шарттарда өзгертеді — мысалы, тұрақты беткі агенттерсіз, төмен температурада, бірақ кейде күрделі пішінді құрылымдар (түйіршікті, жіпшелі,

Көміртекті нанотүтікшелер (қысқаша. CNT) — бұл аллотропты модификация көміртектер, ол қуыс болып табылады цилиндрлік диаметрі оннан бірнеше ондағанға дейінгі құрылым нанометрлер және ұзындығы бір микрометрден бірнеше сантиметрге дейін (айтуынша, оларды шексіз ұзындықтағы жіптерге тоқуға мүмкіндік беретін технологиялар бар) түтікке оралған бір немесе бірнеше түтіктерден тұрады графенді ұшақтардың.

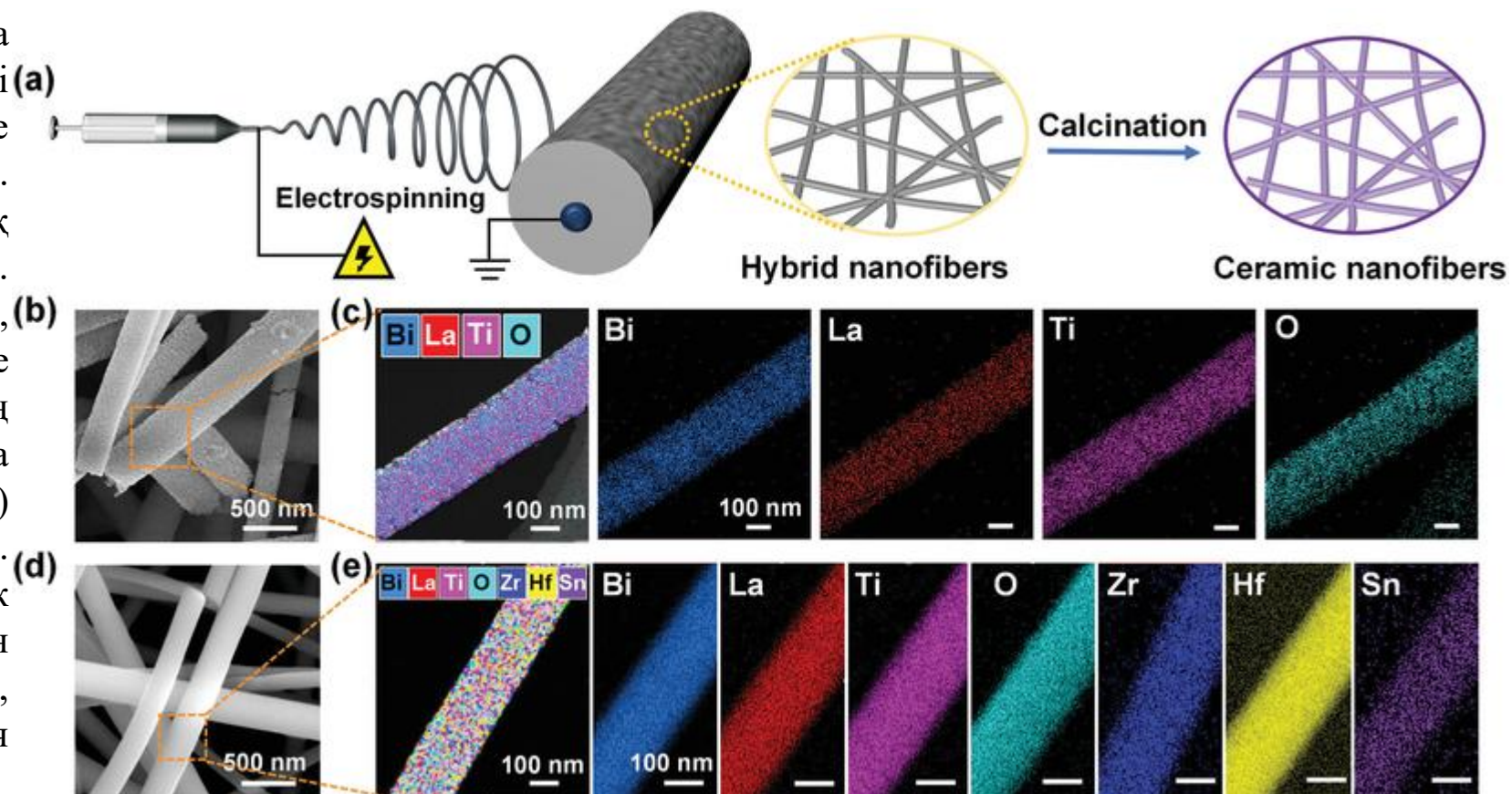
Көміртекті нанотүтіктер графит қабатынан түзілген, түтіктерге оралған. КНТ бір қабырғалы (БҚКНТ) және көп қабырғалы (КҚКНТ) болуы мүмкін, көміртекті көп қабырғалы нанотүтікше бір-біріне орналасқан коаксиалды түтіктердің жиынтығы немесе көп рет оралған графиттік қатпарлардың жиынтығы болып табылады. Қабаттар арасындағы арақашықтық КҚКНТ жуық шамамен $\sim 0,34$ нм (графиттегі сияқты), көміртектің көршілес атомдарының арақашықтығын графитті жазықтықтармен 0.142 нм салыстыруға болады.

Әдеттегі БҚКНТ көлденең өлшемі жуық шамамен ~ 1 нм–ден бірнеше нм құрайды, КҚКН – 10 нм – ден жоғары. КНТ ерекше қасиетке ие. Олар жарылуға қарсы жоғары механикалы беріктілікке ие, БҚКНТ Юнг модулі $(1 \div 5) \cdot 10^{12}$ Па дейін жетеді, болатқа қарағанда бір саты жоғары.

Нанотүтікшелер — ұзындығы бірнеше микрометрге дейін, диаметрі нанометрлік өлшемде болатын түтікше-тәріздес құрылымдар. Синтез шарттарына (температура, катализатор, прекурсор, еріткіш) байланысты түтікшенің ұзындығы, қабырғасының қалыңдығы, түтікшелердің бірдейлік деңгейі өзгеруі мүмкін. Мысалы, түтікше пішінін алу үшін CVD (химиялық бу тұндыру) әдісі, катализатор металдары, жоғары температура қолданылады. Морфологиясы: ұзын, біртекті түтікшелі құрылым — бұл жоғары аспект-бөлшек қатынасына ие, өткізгіштік, катализ және сорбция үшін тиі



Наноталшықтар — өте жұқа талшық-тәріздес құрылымдар, диаметрі (a) - нанометрден ондаған нанометрге дейін, ұзындығы микрометрлерге дейін. Әдетте электроспиннинг, шаблондық методтар арқылы дайындалады. Морфологиясы талшықтың диаметріне, беттік морфологиясына (гладкая немесе шероховатая), талшықтардың ұштарында немесе беткейінде қосымша бөлшектердің (шашақтар, бұтақтар) болуы мүмкін. Бұл құрылымдар жоғары беттік ауданмен, порт-құрылыммен ерекшеленеді, сондықтан сорбция, матрицалық материалдар, фильтрация саласында пайдаланылады.



Кванттық нүктелер — өлшемі бірнеше нм болатын бөлшектер, кванттық confinement әсеріне ие. Синтез әдісі (топ-даун немесе боттом-ап) және прекурсор, температура, пассивация (беттік агенттер) морфология мен өлшемді қатты анықтайды. Мысалы, көміртекті кванттық нүктелер (CQDs) төмен температурада, табиғи шикізаттан дайындалуы мүмкін. MDPI+1 Морфологиясы: жақсы контрольделген өлшемді, көбі шар тәрізді бөлшектер — бірақ кейде «шашақты» немесе «распушенные», «бұлт-тәріздес» күйлерде болуы мүмкін.

(a) — HRTEM кескінінде графит тәрізді тордың (100) жазықтығына сәйкес келетін 0,212 нм жазықтық аралығы бар кристалды аймақтар көрсетілген.

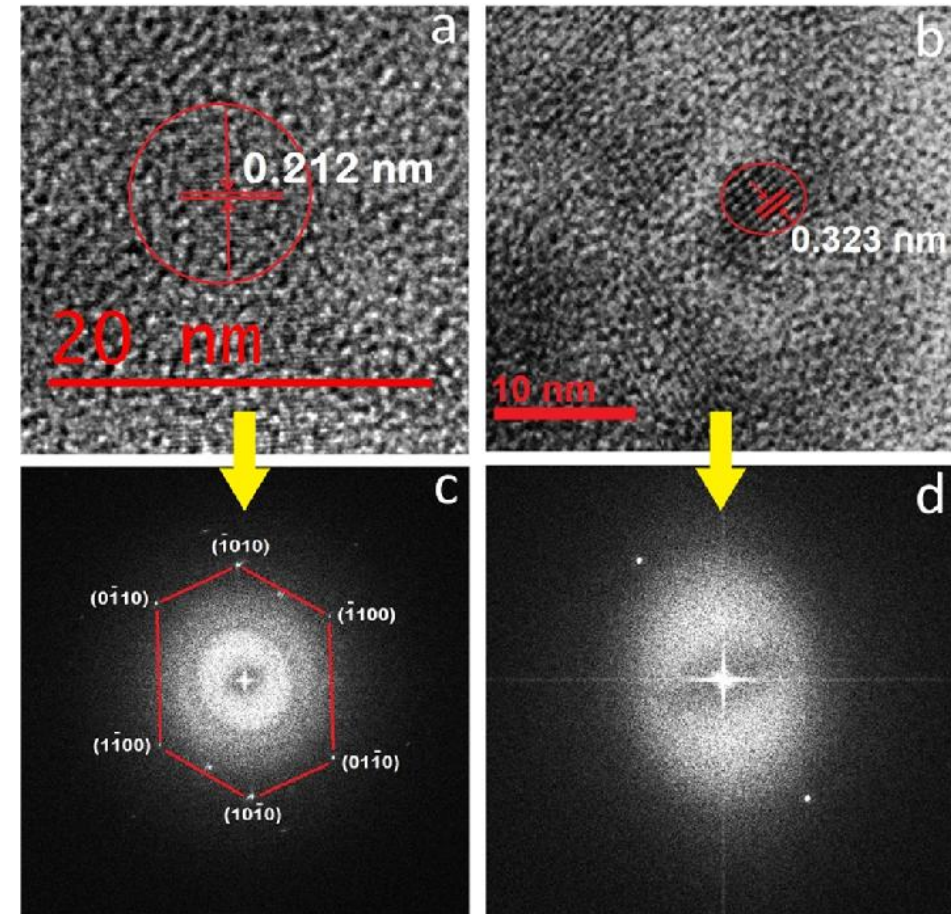
(b) — Басқа аймақта графиттің (002) жазықтығына сәйкес келетін 0,323 нм жазықтық аралығы көрсетілген.

Бұл деректер аморфты көміртек матрицасында реттелген аймақтардың болуын растайды, бұл CD-лердің ішінара кристалды сипатын көрсетеді.

(c) — Графит құрылымына тән айқын дифракциялық сақиналары және алтыбұрышты симметриясы бар FFT кескіні.

(d) — Нанобөлшектердің жеке аймақтарында локализацияланған аморфизацияны көрсететін дифракция нүктелері аз айқындалған FFT үлгісі.

HRTEM-анализ (High-Resolution Transmission Electron Microscopy)

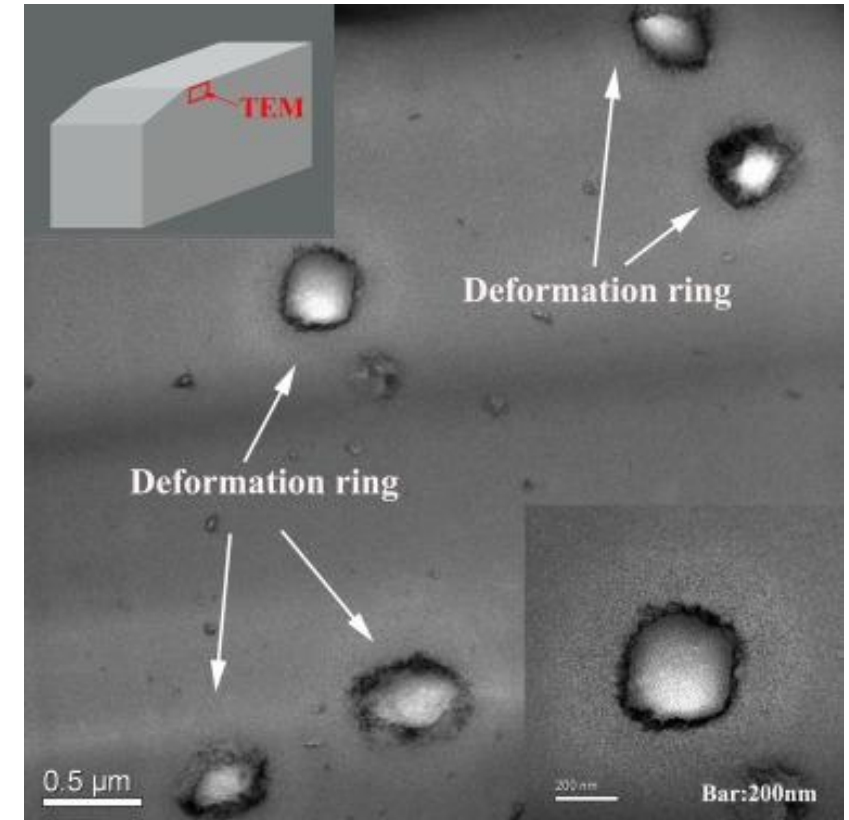


Сурет 3. Азот және күкіртпен легирленген көміртекті кванттық нүктелердің (S–N-CQDs) HRTEM және FFT кескіндері.

«Cloudy» және «Octopus-like» бөлшектер

Octopus-like (ақпарат көздерінде «octopus-tentacle-like» деп аталатын) құрылымдар — негізгі «дене» (ядро, түтікше) және одан көптеген «ұштары», «шашақтары» (тентакли тәрізді) шыққан наноқұрылымдар. Мысалы: Synthesis of octopus-tentacle-like Cu nanowire-Ag nanocrystals heterostructures мақалада Cu нанотүтікшелерінің үстіне Ag нанокристалдары өсуімен «тентаклелі» құрылым алынған.

Cloudy-morphology немесе «бұлт-тәрізді» морфологиясы — нанобөлшектің беті немесе құрылымы шашақты, өте көп бұтақты/қырлы, «бүлдіршік» тәріздес жабынды, микропоры және микробұтақтар жиымын құрайды. Мысалы: Octopus-like Microstructure of Graphene Oxide Generated through Laser-Microdroplet Interaction for Adhesive Coating — мақалада лазер-микродроплет әсерімен GO-да «octopus-like» микроструктура алынған. Мұндай күрделі морфология көбіне жоғары беттік аудан, көпфункционалы беттік сайттар, шашақтық шығарғыштар арқылы сорбция, катализация, интерфейс қолданбалар үшін жақсы.



Синтез әдістерінің морфологияға әсері

Тип	Синтез әдісі	Морфологияға әсер ететін факторлар
Нанотүтікшелер	CVD, плазма, шаблондық тәсілдер	Температура жоғары болу → түтікшелердің ұзындығы ұзаюы; катализатор өлшемі → диаметрі өзгеруі; шаблон (мысалы кремнезем түтікшелері) → түтікшелердің біртектілігі; газ ағымы/қуаты → түтікше қабырғасының сапасы.
Наноталшықтар	Электроспиннинг, гидротермалдық, солвотермалдық	Прекурсор концентрациясы (жоғары → қалың талшық); кернеу (электроспиннинг) → талшық диаметрі; еріткіш/температура/көмекші агент (сурфактант) → беттік морфология (гладкая/шероховатая).
Кванттық нүктелер	Топ-даун (шарлау) немесе боттом-ап (синтезтену) тәсілдері	Реакция уақыты мен температура өте маңызды — өлшемді тарарту; пассивация агенттері (беттік) → бөлшектердің агрегаттылығы азаюы; прекурсор түрі → құрамына байланысты морфология (шар тәрізді, дискі тәрізді).
«Octopus-like» / «Cloudy»	Гетерогенді тұндыру, селективті өсу, лазер-микродроплеттер, шаблонсыз өсу	Бір реттік «дене» қалыптасқаннан кейін көпшақты өсудің (branching) жағдайлары: катализатордың бөлінуі, бұтақтар өсуге қолайлы ортаның болуы; еріткіш/иондар/мысалдар (Ag кристалдар Si нанотүтікше үстіне) → «тентаклелі» құрылым; өте төмен немесе жоғары температура, газ шығару, зақымдану эффекттері → «бұлт тәрізді» құрылым. Мысалы, жоғары температура + газ шығару → микропорлы, шашақты құрылым. PubMed +2

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Nano-octopus: a new form of branching carbon nanofiber (Pradhan et al., 2003) — көміртекті наноталшықтардың термохимиялық CVD әдісі арқылы «ақысы» (branching) көп, «octopus-type» құрылымы алынған.

PubMed

2. Synthesis of octopus-tentacle-like Cu nanowire-Ag nanocrystals heterostructures and their enhanced electrocatalytic performance for oxygen reduction reaction (Han et al., 2012) — Cu нанотүтікшелерге Ag нанокристалдар өсуі арқылы гетероструктура ретінде «тентаклелі» морфология алынған.

PubMed

3. Carbon Nanodots from an In Silico Perspective (Mocci et al., 2022) — кванттық нүктелердің синтезі, морфологиясы, үлестері және қолданбалары талданған.

pubs.acs.org

4. Nanocellulose-Based Passivated-Carbon Quantum Dots (P-CQDs) for Antimicrobial Applications: A Practical Review (Hindi et al., 2023) — табиғи шикізаттан алынған кванттық нүктелер, олардың синтез әдісінің морфологияға әсері қарастырылған.

MDPI

5. RAFT-mediated polymerization-induced self-assembly (PISA): Morphology control of block copolymer nano-objects (Wan et al., 2022) — блоккополимерлер арқылы «валент» нанобөлшектер морфологиясын басқару; «cloudy», «worm-like», «rod», «vesicle» тәрізді морфологиялар алынған.