

Дәріс 15.

Арнайы физикалық қасиеттері бар наноматериалдар

Дәрістің жоспары:

- 1 Жартылай өткізгішті наноматериалдарға қысқаша шолу
- 2 Наноталшықтар
- 3 Композитті наноматериалдар

Соңғы жылдары 1D нанокұрылымды жартылайөткізгіштер өздерінің көптеген бірегей қасиеттерінің және оларды болашақ электроника мен фотоника үшін құрылыс блоктары ретінде пайдалану мүмкіндіктерінің арқасында көп көңіл бөледі. 1D нанокұрылымдары электр және жылу тасымалының немесе механикалық қасиеттерінен және өлшемінің азаюынан тәуелділігін зерттеу үшін пайдалы материалдар болып табылатыны көпшілік мойындаған. Сондай-ақ, олар электрондық, оптоэлектронды, электрохимиялық және электромеханикалық нанокұрылымдарды өндіруде байланыс пен функционалдық блоктар ретінде маңызды рөл атқарады деп болжанады. Соңғы бірнеше жылда әртүрлі 1D нанокұрылымды **жартылайөткізгіштерді** әзірлеуге көп күш жұмсалды. Бу–сұйық-қатты дене (VLS) және бу–қатты дене (VS) механизмі жоғары температурада талшықтарды өсіру үшін жақсы белгілі және III–V және II–VI топтағы әртүрлі күрделі нанокұрылымды жартылайөткізгіштерді синтездеу үшін қолданылған. 1D нанокұрылымды жартылайөткізгіштер лазерлік абляция-каталитикалық өсу, ерітінді-сұйықтық-органикалық еріткіштердегі қатты дене, бу фазасынан металл–органикалық химиялық тұндыру (MOCVD) және т.б. әдістер көмегімен алынды.

ZnO – бұл кристалды материал, A_2B_6 қосылыстар тобына кіретін n-типті жартылайөткізгіш болып табылады. 300 К кезінде тыйым салынған аймақтың ені шамамен 3,37 эВ құрайды. Тыйым салынған аймақ енінің арқасында ZnO 320-400 нм диапазонында ультракүлгін сәулеленуді тіркеу үшін пайдалануға болады. ZnO әртүрлі қолданбалы қолдануларға үлкен қызығушылық тудырады. ZnO текстураланған қабықшалары жоғары тиімді электрондық автоэммиттерлер ретінде пайдаланылуы мүмкін. Одан басқа, бұл материал болашағы бар катодолуминофор болып табылады. Экситондар байланысы энергиясының арқасында (60 мэВ) бөлме температурасында тиімді лазерлік генерацияға қол жеткізуге мүмкіндік бар.

ZnO көмегімен күн батареяларын, сұйық кристалды дисплейлерді, фотодиодтарды және т.б., яғни оптикалық-электрондық құрылымдарды жасау кезінде қолдануында потенциалды болып келеді, оның себебі ZnO бірегей электрфизикалық қасиеттерге ие. ZnO-нің түсі стехиометриядан ауытқуына және түрлі қоспалардың болуына байланысты ақ түстен сары-жасыл түске дейін өзгереді. ZnO қосылысының тығыздығы $5,6 \cdot 10^{-6} \pm 0,001$ кг/м³ құрайды.

Наноталшықтар наноматериалдар деп аталатын үлкен бір әлемнің бір бөлшегі болып табылады. Өзіндік құрылымына орай наноталшықтар алуан түрлі салаларда және де жаңа өнімдерді жасап шығаруда кеңінен қолданылады. Мұндай қасиеттердің негізіне мыналар жатады:

- 1) Жоғарғы меншікті беттік қабат;
- 2) Жоғары кеуектілік;
- 3) Кеуек диаметрлерінің кіші болуы;
- 4) Талшықтардың диаметрлері.

Наноталшықтарды алудың электроспиннинг әдісімен қатар басқа да құймадан түзу арқылы наноталшықтарды алу, темплатты синтез, күштік спиннинг секілді басқа да тәсілдері белгілі. Бүгінгі күні электроспиннинг – өндірістегі наноталшықтардың түзілуінің және жоғарғы энергетикалық кернеудің негізгі көзі ретінде полимерлер қолданылатын әдістердің бірі емес бірегейі.

Наноталшықтардың қасиеттері көп жағдайда бастапқы материалға байланысты болып келеді. Қазіргі кезде өндірістік шарттарда наноталшықтарды полимерлердің он шақты түрінен алуға болады. Наноталшықтардың көмегімен белгілі материалдардың қасиеттерін өзгертіп, басқа қасиеттерге ие жаңа материалдар алуға болады. Наноталшықтар мен оларға негізделінген материалдардың микроаналогтармен салыстырғанда болашақта алуан түрлі салаларда қолданылуының ықтималдылығы жоғары.

Композитті материалдар (композиттер) екі немесе одан да көп құрамдауыштан тұрады, бұл ретте әрқайсысы өзінің қасиеттерін сақтайды.

Құрамдауыштардың бірі — матрица — материалдың тұтастылығын құрайды. Матрицаның ішінде таралған өзге де құрамдауыштар жабдықтайтын (күшейтілген) болып табылады. Осы материалдардың сызықтық және көлемдік кеңеюдің температуралық коэффициенттері температура өзгерген кезде құрамдауыштар арасында бөлім шекараларында тұтастылық бұзылмауы үшін жақын болуы тиіс. Матрицалық материал металдар, қорытпалар, термоактивтік немесе термопластикалық полимерлер, керамика немесе өзге де заттар болуы мүмкін. Жабдықтайтын құрамдауыштар — *бұл ұсақ дисперсиялық ұнтақ немесе түрлі жаратылыстағы талшықты материалдар*. Жабдықтайтын материалдың түрі бойынша композиттер екі негізгі топқа — дисперсиялық-беріктендірілген және талшықты болып бөлінеді.

Дисперсиялық-беріктендірілген композиттер: Осы материалдың құрылымы металл матрицасын білдіреді, онда екінші құрамдауыштың ұсақ дисперсиялық бөлшектері біркелкі орналасқан. Осындай материалдардың орнығысуына дисперсиялық қаттумен металл қорытпаларында, мысалы Al— Si жүйесінде жүретіндей ұқсас орындарды ауыстыруға кедергілерді құру есебінен қол жеткізіледі. Анағұрлым орнығысуға екінші орнығысу фазасы ретінде қаттылықтың, беріктіктің, сондай-ақ жоғары химиялық төзімділіктің жоғары мәндеріне ие химиялық қосылыстардың бөлшектерін: карбидтерді, нитридтерді, оксидтерді қолдану кезінде қол жеткізіледі.

Дисперсиялық-беріктендірілген композитті алудың анағұрлым таралған технологиясы — ұнтақтық металлургия. Өнеркәсіпте алюминий, магний, титан, никель, вольфрам және басқа матрицалармен композиттердің қолданысы табылды.

Алюминий негізіндегі композиттер. Al₂O₃ оксидті бөлшектермен нығайтылған өзін алюминий матрицасы ретінде ұсынатын ҚАҰ (қақталған алюминий ұнтағы) типінің композиттері кеңінен, әсіресе авиация өнеркәсібінде қолданылады.

Бериллий негізіндегі композиттер. Осы композиттер жоғары температуралар кезінде ұзақ жұмыс жасауға арналған. Бериллий матрицасы беріктендіру ретінде BeO оксиді және Be₂C бериллий карбиді қолданылады. Сырғыстықтың анағұрлым тиімді қарсы тұруы Be — Be₂C жүйесінің композиттерінде артады. 650 °C температурасы кезінде композиттің 100-сағаттық беріктігі таза бериллий беріктігінен 3 есе, ал 730 °C температурасы кезінде — 5 есе жоғары.

Магний негізіндегі композиттер. Оттегінің магнийдегі елеусіз ерігіштігі оны түрлі оксидтермен беріктендіруге мүмкіндік береді. Едәуір әсерге оксидтің шамамен 1 % енгізу кезінде қол жеткізіледі. Магний негізіндегі композиттер төмен тығыздылыққа, жоғары ұзақ беріктікке және сырғыштықтың жоғары қарсылығына ие. Массасы шағын және беріктігі жоғары бұйымдарды жасау үшін авиацияда композиттің қолданылуы анағұрлым перспективті.

Никель және кобальт негізіндегі композиттер. Осы композиттер жоғары температуралар — 1000 °C астам кезінде пайдалануға арналған. Беріктендіруге 2.4 % шамасында торий оксидтерін немесе гафнийді енгізу есебінен қол жеткізіледі. Осы композиттердің матрицалары таза металдардан немесе олардың негізіндегі қорытпалардан тұрады. Осылайша, матрица ретінде нихром (80%Ni, 20%Cr), циркониймен (2 %) кобальттің қорытпасы қолданылады.

Нихром негізіндегі композиттер таза никель композитімен салыстырғанда 600-800 °C дейін температура кезінде аса жоғары беріктікке ие. Кобальт матрицасын циркониймен

қоспалау температуралардың барлық диапазонында механикалық қасиеттердің артуына әкеледі, алайда бұл ретте материалдың иілімділігі айтарлықтай төмендейді. Композиттерді негізгі қолдану — авиация және ғарыш техникасы

Талшықты композиттер: Құрамдауыштарға қойылатын талаптар. Талшықты композиттерде матрица (көбінесе иілімді) жүктемені қабылдайтын беріктігі жоғары талшықтармен (жіп тәрізді кристалдар, сыммен және басқалармен) жабдықталған, оның есебінен композиттердің беріктігіне қол жеткізіледі. Осылайша, белгіленген пайдалану шарттары үшін алдын ала берілген сипаттамалармен материалдарды немесе тікелей бұйымдарды жасау мүмкіндігі бар. Талшық пен матрицаның материалдары арасында матрица мен талшықтың сызықтық кеңеюдің температуралық коэффициенттерінің түрлі болу нәтижесінде туындайтын қыздыру кернеуінің әсер етуі кезінде композиттің тұтастылығын қамтамасыз ететін қатты адгезиялық байланыс болуы тиіс.

Талшықты композиттердің қасиеттері матрица мен талшық материалдарының табиғатымен, сондай-ақ жабдықтау қасиеттерімен айқындалады; оларды дәл осы параметрлер бойынша сыныпталады.

Матрицакомпозиттің бүтіндігін қамтамасыз ету, бұйымның пішінін және жабдықталатын талшықтардың өзара орналасуын белгілеу қажет. Жабдықталған талшықтарпайдалану процесінде туындайтын негізгі кернеуді қабылдайды және талшықтың бағдары бағытында композиттің қаттылығы мен беріктігін қамтамасыз етеді. Осылайша, талшықтар жоғары беріктік пен қаттылыққа, яғни Е серпімділіктің ең үлкен модуліне, химиялық тұрақтылығына ие болуы тиіс және осы қасиеттерді пайдалану температураларының интервалында сақтау қажет.

Талшықтың композиттердің сыныптамасы. Композит матрицасының материалына байланысты пластикқа (полимерлік матрица), металл композиттеріне (металл матрицасы), керамикалық матрицасы бар композиттерге және көміртегіден жасалған матрицаға бөлінеді. Композициялық материалдарды құру барысында шыныдан, бордан, көміртегіден, металл сымынан және жіп тәрізді оксид кристалдардан, нитридтерден және басқа да химиялық қосылыстардан жасалған беріктігі жоғары талшықтар қолданылады. Жабдықталған құрамдауыштар композиттердің құрамына моноталшықтар, сымдар, бұрау, торлар, маталар, ленталар, кенептер ретінде енгізіледі.

Жабдықтайтын құрамдауыштар мен матрицалардың материалдары. Жабдықтайтын құрамдауыштар ретінде моноталшықтар, бұраулар немесе маталар қолданылады. Талшықтардың келесідей типтері негізінен қолданылады. Жабдықтайтын құрамдауыштардың (талшықтардың) материалдары. Шыны талшықтар металл емес матрицамен композиттердің құру барысында кеңінен қолданылады. Кішігірім тығыздылық кезінде олардың беріктігі мен жылуға төзімділігі жоғары, химиялық және биологиялық әсерлерге бейтарап. Үздіксіз талшықтар диаметрі 0,8...3 мм болатын фильера арқылы балқыған шыны массасын тартумен және одан әрі оларды 3...19 мкм болатын диаметрге дейін тез тартумен алынады. Шыны талшықтардың беті тасымалдау және технологиялық операциялар кезінде талшықтардың қажалуын болдырмау үшін майланады (мысалы, парафин майымен). Органикалық талшықтар полимерлік матрицасы бар композиттерді алу үшін қолданылады. Төмен тығыздылық нәтижесінде олар қазіргі уақытта бәріне мәлім барлық жабдықтайтын талшықтар мен металл қорытпаларынан асып түсетін беріктіктің жоғары үлесіне ие. Талшықтарды хош иісті полиамидтер негізінде қолданылады, олар созу кезінде беріктік шегінің және серпімділік модулінің жоғары мәндеріне ие. Көміртекті талшықтар үшін механикалық сипаттамалардың жоғары мәндері, жоғары жылуға төзімділік (тотықтырғыш болмайтын ортада 2 000 °С жоғары), үйкеліс пен температуралық кеңеюдің төмен коэффициенттері, химиялық реагенттерге жоғары төзімділік тән. Бор талшықтары басқа жабдықтайтын құрамдауыштармен салыстырғанда G ығысудың ең үлкен модуліне тең. Бор жартылай өткізгіш болып табылады, сондықтан осындай талшықпен композиттерде төмендетілген жылу және электр өткізгіштік болады. Осы талшықтар металл және полимерлік матрицамен композиттерді құру кезінде қолданылады.

Композиттерді қолдану облысы. Полимерлік матрицасы бар композиттердің құндылықтарына жоғары үлестік беріктік және серпімді сипаттамаларды, химиялық агрессивтік орталарға төзімділікті, сондай-ақ дайындаудың жеткілікті қарапайымдылығын жатқызуға болады. Оларға оларға полимерлік матрицаның қасиеттерімен айқындалатын бірқатар жетіспеушіліктер тән. Бұл алдын ала қысу және ығысу кезіндегі беріктіктің төмен мәндері (осы шамалардың жоғары үлестік мәндері кезінде), жылуға төмен төзімділік, гигроскоптылық және климаттық факторлардың әсерінен тозуға деген бейімділік.

Дәрісті бекіту сұрақтары:

- 1 Нанокұрылымды жартылай өткізгіштерге мысал келтіріңіз.
- 2 Композитті наноматериалдардың жіктелуін атаңыз.
- 3 Композиттердің қолдану облысын атаңыз.

Әдебиеттер:

1. Кобояси Н. Введение в нанотехнологию. М.: БИНОМ. 2005, -134 с.
2. Суздаев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. (Синергетика: от прошлого к будущему). М.: КомКнига, 2006, -592 с.
3. Пул-мл. Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии, (Мир материалов и технологий). М.: Техносфера, 2006, -336 с.