

ЛЕКЦИЯНЫҢ ҚЫСҚА СИПАТТАМАСЫ

№10 дәріс: Нанокеукті материалдар және кванттық нүктелер

Дәріс мақсаты: Нанокеукті материалдардың түрлерін, кеуктердің жіктелуін, кванттық нүктелердің анықтамасын және олардың негізгі типті кванттық нүктелер, ядро-қабық кванттық нүктелері, легирленген кванттық нүктелер сияқты түрлерін түсіндіру.

1. Нанокеукті материалдар

Куыстары, арналары немесе аралықтары бар қатты материалды кеукті деп санауға болады. Нанокеукті материалдар жоғары бетінің ауданына, реттелетін кеук өлшеміне, реттелетін қаңқасына және беттік қасиеттеріне байланысты катализ, адсорбция, сезу, энергияны сақтау және электроникадан бастап әртүрлі қолданбаларда үлкен қызығушылық тудырады. Нақты бетінің ауданы материалға байланысты грамына бірнеше мың шаршы метрге дейінгі мәндерге жетуі мүмкін. Мұндай материалдардың мінез-құлқы мен өнімділігін бетінің ауданы, кеуктілігі және кеук өлшемдерінің таралуы сияқты көптеген сипаттамалар арқылы анықтауға болады. Тығыздық, жылу өткізгіштік және беріктік сияқты физикалық қасиеттер қатты дененің кеукті құрылымына байланысты. Кеуктілік қатты заттардың химиялық реактивтілігіне және қатты заттардың газдармен және сұйықтармен физикалық әрекеттесуіне әсер етеді. Бетінің ауданы жоғары кеукті материалдар, әсіресе катализатор, катализатор тіректері, жылу изоляторлары, сенсорлар, сүзгі электродтары және оттық материалдары ретінде үлкен маңызға ие. Кеукті материалдардың ғылымы мен технологиясы тұрақты түрде дамыды және өңдеу әдістері мен қолданбаларына қатысты көптеген жаңа бағыттар бойынша кеңеюде.

Кеуктерді жіктеу: Сыртқы сұйықтықтың қол жетімділігіне байланысты тері тесігін жабық, ашық және соқыр тесіктерге бөлуге болады. Жабық тесіктер өздерінің көршілерінен және бөлшектің бетінен толығымен оқшауланған. Олар көлемдік тығыздық, механикалық беріктік және жылу өткізгіштік сияқты макроскопиялық қасиеттерге әсер етеді; дегенмен олар сұйықтық ағыны және газдардың адсорбциясы сияқты процестерде белсенді емес. Дененің сыртқы бетімен үздіксіз байланыс арнасы бар саңылаулар ашық саңылаулар, ал бір ұшы жабық саңылаулар деп аталады. Кеуктің өлшеміне қарай IUPAC кеукті материалдарды микрокеукті (0–2 нм), мезокеукті (2–50 нм) және макрокеукті (>50 нм) деп жіктеді. Нанокеукті материалдарды синтездеу, әзірлеу және қолдану тек микромасштабқа және мезошкалаға бағытталған, өйткені макрокеуктер ықпал ететін адсорбциялық қабілет шамалы. Микрокеукті материалдар әдетте газ тәріздес қолдану үшін пайдаланылады, ал мезокеукті материалдар әдетте су негізіндегі ортада қолданылады, өйткені газ молекулалары (CO₂, метан және сутегі) сулы негіздегі түрлерге (ауыр металдар және органикалық заттар) қарағанда кішірек болады. Микрокеукті материалдардың ең үлкен тобын білдіретін цеолиттер SiO₄ және AlO₄ (алюминосиликат) оттегі атомдары арқылы қосылған 3D тетраэдрлік орналасуына негізделген кристалды бейорганикалық полимерлер. Ең танымал минералды цеолиттерге клиноптилолит, шабазит, филлипсит, морденит және анальцит жатады.

Белсендірілген көмір (АС): жақсы қалыптасқан нанокеуекті материал, ол негізінен микро-және мезокеуектердің кең желісі бар аморфты органикалық материал болып табылады. Ағаш және ауылшаруашылық қалдықтары сияқты биомасса көздері алмастырғыш ретінде жиі қолданылуда, дегенмен АС-ның әдеттегі прекурсоры көмір болып табылады. Айнымалы ток әдетте екі сатылы процесс арқылы өндіріледі, атап айтқанда, қара көміртекті өндіру үшін күйдіру және кеуектер шығару үшін кейінгі физикалық (термиялық) және/немесе химиялық белсендіру. Цеолит пен белсендірілген көмірден басқа, болашақта жоғарыда аталған адсорбенттермен қатар көрнекті түрде пайдаланылуы мүмкін көптеген жаңа синтетикалық нанокеуекті материалдар бар. Осындай жаңа синтетикалық нанокеуекті материалдардың бірі 1992 жылы алғаш рет хабарланған Mobil Crystalline Material № 41 (МСМ-41) болып табылады. Бұл негізінен катализатор тірегі ретінде қолдану үшін бастапқыда синтезделген бейорганикалық, алтыбұрышты мезокеуекті материал. Металл-органикалық қаңқалар (MOF) деп аталатын органикалық байланыстырғыштармен қосылған металл иондарынан жасалған кеуекті координациялық полимерлер және жеңіл элементтерден (көміртек, бор, сутегі және оттегі) тұратын молекулалық құрылымдар

2. Кванттық нүктелер: 1980 жылы ашылған кванттық нүктелер диаметрі 2–10 нм (10–50 атом) аралығындағы жартылай өткізгіш материалдың ұсақ бөлшектері немесе нанокристалдары. Кванттық нүктелер көлемді жартылай өткізгіштер мен дискретті молекулалар арасындағы аралық бірегей электрондық қасиеттерді көрсетеді, бұл ішінара осы бөлшектер үшін әдеттен тыс жоғары бет-көлем қатынасының нәтижесі болып табылады [30]. Мұның ең айқын нәтижесі флуоресценция болып табылады, онда нанокристалдар бөлшектердің өлшемімен анықталатын ерекше түстерді шығара алады. Кішігірім өлшемдеріне байланысты кванттық нүктелердегі электрондар шағын кеңістікте (кванттық қорап) шектеледі және жартылай өткізгіш нанокристалдың радиустары қозу Бор радиусынан кіші болған кезде (қозу Бор радиусы - бұл электрондар арасындағы орташа қашықтық, өткізгіштік жолағы және оның валенттік жолағында қалдыратын тесігі). Паулидің алып тастау принципі бойынша энергия деңгейлерінің квантталуы бар. Кванттық нүктелердің дискретті, квантталған энергия деңгейлері оларды көлемді материалдарға емес, молекулаға жақынырақ байланыстырады және кванттық нүктелерге «жасанды атомдар» деген лақап ат берілді. Жартылай өткізгіштік технологиядағы прогресс олардың құрамында бір ғана жылжымалы электрон болатындай шағын құрылымдарды жасауға мүмкіндік берді. Осы «жасанды атомдардағы» электрондардың санын бақыланатын түрде өзгерту және кезекті электрондарды қосу үшін қажетті энергияны өлшеу арқылы нақты атомдардағы эксперименттер үшін қол жетімсіз режимде атомдық физика эксперименттерін жүргізуге болады. Әдетте, кристалл өлшемі кішірейген сайын ең жоғары валенттік аймақ пен ең төменгі өткізгіштік зонасы арасындағы энергия айырмашылығы артады. Содан кейін нүктені қоздыру үшін көбірек энергия қажет және бір мезгілде кристал негізгі күйіне оралған кезде көбірек энергия бөлінеді, нәтижесінде шығарылатын жарықта түс қызылдан көкке ауысады. Осы құбылыстың нәтижесінде кванттық нүктелер жай ғана кванттық нүктенің өлшемін өзгерту арқылы бір материалдан жарықтың кез келген түсін шығара алады. Сонымен қатар, жартылай өткізгіштердің құрамын өзгерту арқылы нанокристалдардың жолақ аралығын бақылауға болады; сондықтан кванттық нүктелердің эмиссиялық түсін синтез кезінде қоспаны өзгерту арқылы да реттеуге болады. Кванттық нүктелерді өзек, өзек-қабық және легирленген кванттық нүкте ретінде жіктеуге болады.

Негізгі типті кванттық нүктелер - халькогенидтер (селенидтер немесе кадмий немесе мырыш сияқты металдардың сульфидтері, мысалы, ZnS, CdS немесе CdSe) сияқты біркелкі

ішкі құрамы бар бір компонентті материалдар. Өзек типті нанокристалдардың фотолюминесценция және электролюминесценция қасиеттері кристаллит өлшемін жай ғана өзгерту арқылы дәл баптаңыз.

Негізгі-қабық кванттық нүктелері (CSQDs) бір материалдың шағын аймақтары кеңірек жолақ саңылауы бар екіншісіне енгізілген наноматериалдар, мысалы, ядродағы CdSe және қабық ретінде ZnS. Кванттық нүктелерді қабықшалармен жабу радиациялық емес рекомбинация учаскелерін пассивациялау арқылы кванттық шығымдылықты жақсартады, сонымен қатар оларды әртүрлі қолданбалар үшін өңдеу шарттарына берік етеді. Өзек-қабық QD-ларды гидрофильді полимерлермен одан әрі жабу оларды суда еритін және әртүрлі медициналық қолдану үшін биоүйлесімді етеді. Легирленген кванттық нүктелер екі жартылай өткізгішті біріктіру арқылы түзіледі

диапазонының әртүрлі энергиялары және олардың тек көлемді аналогтарының қасиеттерінен ғана емес, сонымен қатар олардың негізгі жартылай өткізгіштерінің қасиеттерінен де ерекшеленетін қызықты қасиеттерді көрсетеді. Осылайша, легирленген нанокристалдар кванттық шектеу әсерінен пайда болатын қасиеттерден басқа жаңа және қосымша композицияны реттейтін қасиеттерге ие. Кванттық нүктелерді жасаудың бірнеше әдістері, атап айтқанда, молекулалық сәулелік эпитаксиалды (MBE), электронды сәулелік литография және MBE, металл-органикалық химиялық буларды тұндыру (MOCVD) және коллоидтық синтез практикада. Әрбір әдістің өзіндік артықшылықтары бар. Жартылай өткізгішті кванттық нүктелерді оптика, медицина және кванттық есептеулерді қоса алғанда, көптеген қолданбалар үшін реттеуге және реттеуге болады. Кванттық нүктелер биологиялық таңбалауда, контрафактілікке қарсы қосымшаларда арнайы сияларды, бояғыштарды және бояуларды, жарық дисплейлерін және химиялық зонды жасау үшін қолданылады.