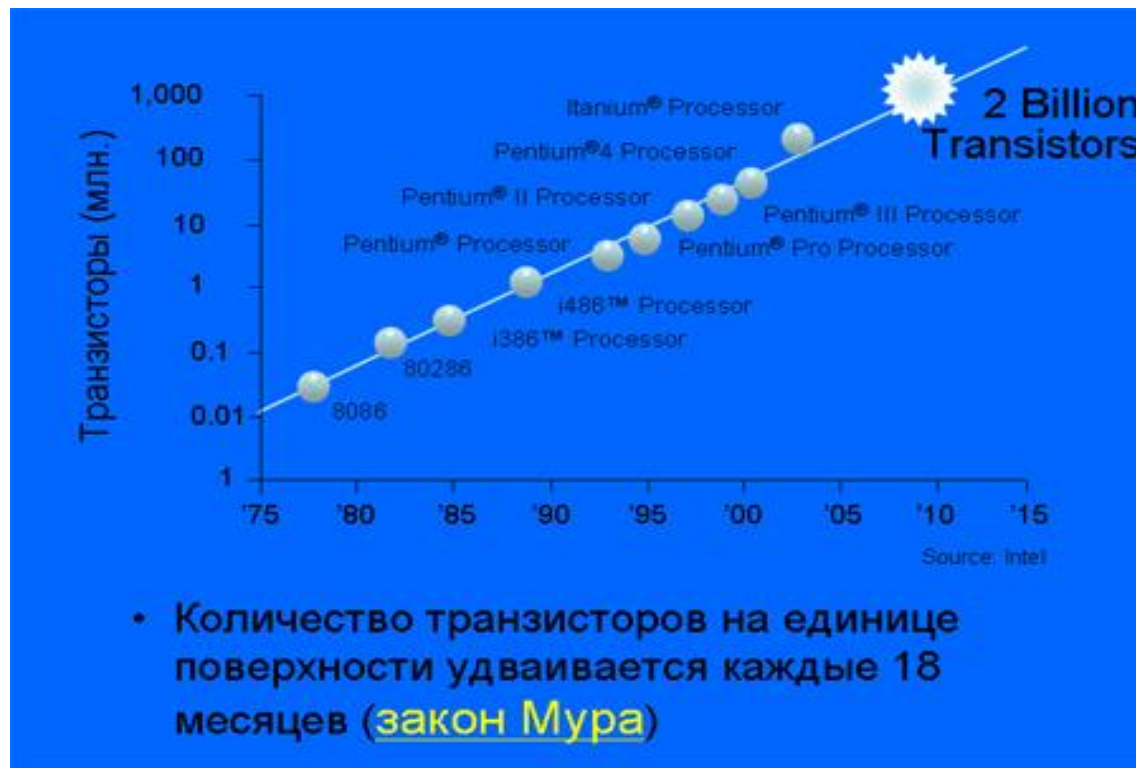


Микроэлектрониканың дамуы. Наноматериалдардың түрлері, алу әдістері мен қолданулары (3-4 дәрістер)

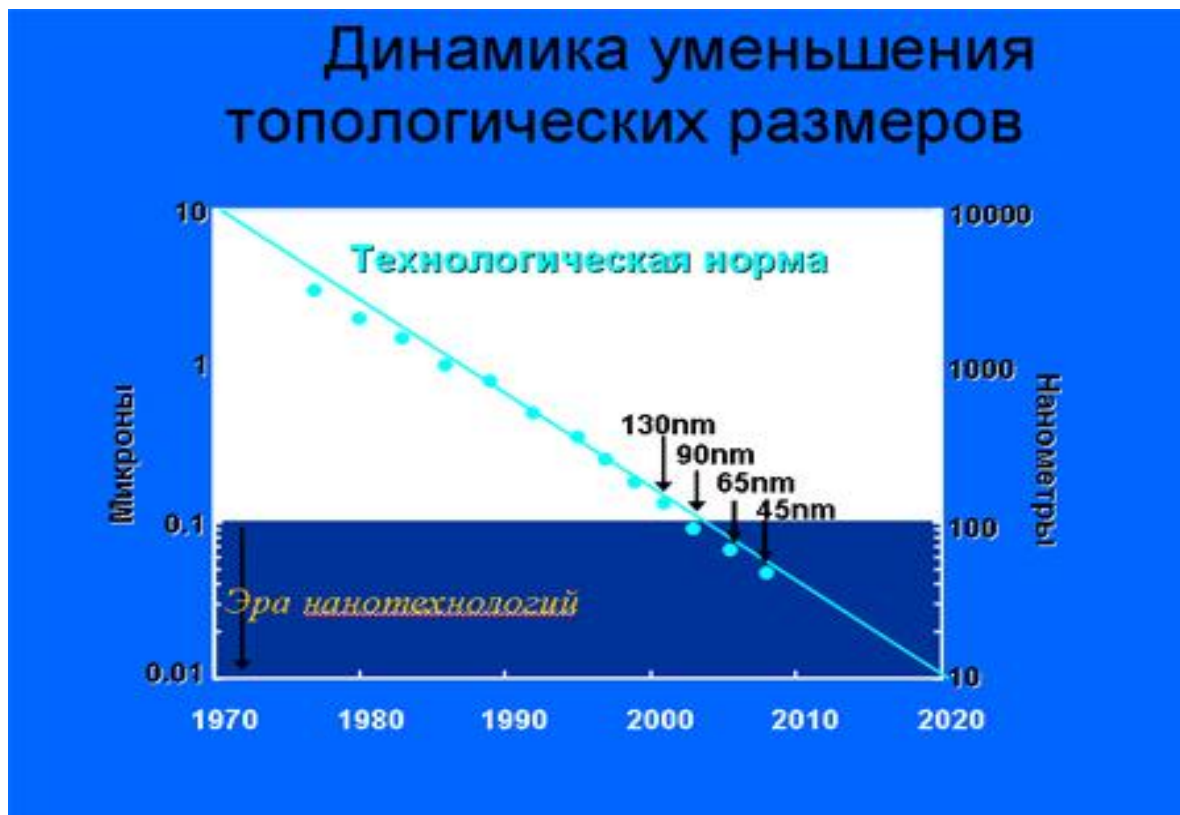
Ең алғашқы транзисторды **Бардин, Браттейн және Шокли** 1947 жылы жасады, ал осы табысы үшін оларға физика саласынан Нобель премиясы 1956 жылы берілді. Бірінші микросхеманы Texas Instruments компаниясында **Джек Килби** мен **Роберт Нойс** 1958 жылы жасаған, ал Нобель премиясын олар осы үшін 2000 жылы ғана алды. Бірінші транзистор жасалған уақыттан бастап, шалаөткізгіштік техниканың қарқынды дамуы басталды. Сол даму процессінің барысында кремнийден жасалған құрылғылардың өлшемдері ылғи кішірейтіліп келді (интегралдық схемалар, үлкен интегралдық схемалар, асқынүлкен интегралдық схемалар және әрі қарай). Басқа жағынан магниттік және оптикалық есте сақтау құрылғыларының жылдамдығы мен жазылатын ақпарат көлемі ылғи өсіп отырды. Сонымен 20-шы ғасырдың екінші жартысында кремний технологиялары өте қарқынды дамыды.

Техникалық құрылғылар мен олардың элементтерінің өлшемдерін кішірейту жаңа технологияларды жасаудың және жалпы техникалық прогрестің негізгі себебі болып келеді. Инженерлер мен ғалымдар техникалық элементтердің шамаларын кішірейтуге, сонымен бірге жүйенің функционалдығын және қолдану қолайлығын арттыруға тырысады. Мысалы, микроэлектроникада элементтердің өлшемдері азайған сайын, олардың функционалдығы арттады. Қазіргі компьютерлер шапшаңдығын арттыру үшін кіретін сигналдардың өтуін және өңдеуін қамтамасыз ететін электрлік тізбектердің өлшемін кішірейту керек. Микросхемалардың өлшемдерін кішірейту процессі **Мур** заңы деп аталатын белгілі эмпирикалық заңға бағынады. 1965 жылдың сәуір айында Electronics (vol. 39, № 8) журналында Гордон Мурдың «Интегралдық схемаларда компоненттердің көбірек санын біріктіру» деп аталатын мақаласы жарияланды. Ода келешек Intel корпорациясының негізін құраушысы микроэлектроника саласының алдыңғы онжылдықта дамуын болжады. Оның айтуынша электрондық микросхемалар кристалдарында орналастырылатын элементтердің саны 18 ай сайын екі есе артып отырады (1-сур).



Мур заңы басқа салаларда болмаған шалаөткізгіштік индустрия дамуының ғажайып шапшандығын көрсетеді. Қазіргі бүкіләлемдік экономика осы саланың шапшаң өркендеуіне сүйенеді, өйткені компьютерсіз экономиканың мұндай дамуы мүмкін емес. Бұл заң жарияланған кезде микроэлектроника енді-енді дами бастаған және 1965 жылы ең күрделі микросхемада бар-жоғы 64 транзистор ғана болған.

Мур заңы жарияланған уақыттан бері 44 жыл өтті, осы уақыт ішінде көптеген скептиктер Мур заңының аяқталуын талай рет болжады, бірақ осы уақытқа дейін бұл заң дәл орындалып келеді. 1980 жылдары Intel корпорациясының инженерлері микропроцессорлар өндірісінде 1 мкм тең технологиялық норма енгізуді мақсат еткен. 90-шы жылдары олардың алдындағы мақсат - 0,1 мкм болатын, ал 2002 жылы – 0,01 мкм болды.



2005 жылы 65 нм технологиясы бойынша чиптер өндірісі басталды, 2007 жылы – 45 нм процестер, 2009 жылда – 32 нм, 2011 жылда – 22 нм процестердің кезегі келеді.

Корпорацияның технологиялық стратегиясының директоры **Паоло Джарджинидің** айтуынша Intel осындай технологиямен транзисторлады 2020-шы жылға дейін жасай алады. Бірақ ол кезде транзистордың барлық элементтері атомдық өлшемге жақындайды да оларды әрі қарай кішірейту мүмкін емес болады. Бұл мәселені шешу үшін жаңа әдістерді табу қажет. Қазіргі уақытта лабораторияларда жаңа әдістер қарастырылуда, және олар өндіріске 10-15 жылдан кейін енгізіледі. Олардың ішінде нанотүтікшеден немесе бірнеше молекуладан тұратын транзисторлар, диодтар, есте сақтау элементтері.

Сонымен микроэлектроника саласының дамуы бірте-бірте наноэлектроника саласына айналып келеді.

Нанотехнологиялардың басымды бағыттары

Қазіргі уақытта нанотехнологиялар үш негізгі бағыт бойынша дамуда:

- элементтері бірнеше атом немесе бірнеше молекуладан тұратын электрондық схемалар жасау;
- өлшемдері молекулаға жуық наномашиналар жасау;
- молекулалар мен атомдардан әртүрлі объектілерді құрастыру.

АҚШ-тың нанотехнологияларды дамыту бағдарламасында бұл саланың барлық мәселелерін шешу үшін мыңнан астам бағыт бойынша іргелі және қолданбалы зерттеулер жүргізу жоспарланған. Бұл зерттеу бағытары наноэлектроника, нанобиотехнология, молекулалық электроника, наноэлектромеханика, наноэнергетика, оптоэлектроника, жаңа конструкциялық наноматериалдар жасау, медицина, машина өндірісі мен робототехника, компьютерлік технологиялар, экология, аэронавтика, қауіпсіздік жүйелері үшін материалдар жасау салаларының шеңберінде жатады.

Соңғы жылдар ішінде көптеген нанокұрылымданған өнімдер жасалып, оларды алудың әдістері өндірісте іске асырылған.

Наноматериалдардың түрлері мен оларды алу әдістері

Наноматериалдар нанотехнологиялардың өте маңызды құраушысы болатыны анық. Наноматериалдардың келесі түрлерін ажыратады:

- ***нанобөлшектер;***
- ***нанотүтікшелер;***
- ***нанодисперсиялар (коллоидтар);***
- ***нанокристалдар мен нанокластерлер;***
- ***наноқабыршақтар;***
- ***наноұнтақтар.***

Нанобөлшектердің шекті өлшемдері 100 нм-ден аспайды, бірақ олардың көлемдік фазамен салыстырғанда негізгі айырмашылығы - жаңа қасиеттердің пайда болуы. Нанобөлшектердің меншікті беттік энергиясының өсуіне байланысты олардың беттік тартылуы, балқу температурасы, құрылымдық ауысу температуралары, электрондық сипаттамалары өзгереді, сонымен қатар құрылымы да өзгеруі мүмкін. Басқаша айтқанда физикалық және химиялық қасиеттерінің толық спектрі өзгереді.

Нанобөлшектердің өлшемдері 5-100 нм аралығында жатады және олардың құрамында 10^3 - 10^8 дейін атом болады. Нанобөлшектер үшөлшемді нанокұрылымдар классына жатады. Оларды әртүрлі әдістермен алуға болады, әдістердің барлығы нанокұрылымды қалыптастыруына байланысты екі түрге бөлінеді: «жоғарыдан-төменге» және «төменнен-жоғарыға» әдістері. Соңғы кезде алу әдістері пішіні мен өлшемдері белгілі, яғни қажетті қасиеттері бар нанобөлшектерді алуға бағытталған. Нанобөлшектердің қолданулары нанотехнологияның барлық салаларында кездеседі.

Көміртектік нанотүтікшелері алғашқы рет 1991 жылы NEC жапон компаниясының лабораториясында графитті электр доғасында шашыратқан кезде алған. Кейін зерттеушілер оларды графит пен көмірсутектерден синтездеудің бірнеше әдістерін тапты. Синтез шарттарына байланысты жұқа ұзын цилиндр тәрізді бірқабаттық көміртектік нанотүтікшелерді алуға болады. Олардың диаметрі 0,4-100 нм, ал ұзындығы 1-100 мкм үлкен аралықтарда өзгеруі мүмкін. Көміртектік нанотүтікшелердің беріктілігі мен өткізгіштігі жоғары болады, олар механикалық кернеулер әсерінен құрылымын өзгерте алады, өзгеше магниттік және оптикалық қасиеттерге ие болады.

Нанотүтікшенің оралу бұрышына байланысты ол металл немесе шалаөткізгіш болуы мүмкін.

Көміртектік нанотүтікшелердің қолдану салалары өте көп. Оларды беріктілігі жоғары жіптер немесе сымдар ретінде қолдануға болады. Келешектің ең үлкен проектісі – ғарыштық лифт жасау – осындай көміртектік нанотүтікшелерден жасалған трос арқылы іске асырылмақ.

Наноэлектроника саласында көміртектік нанотүтікшелер негізінде өрістік транзисторлар және шалаөткізгіш гетероқұрылымдардың лабораториялық үлгілері жасалған.

Компьютерлік индустрияда нанотүтікшелік матрицада жұмыс істейтін бірінші жазық дисплейлер жасалып сынақтан өтті.

Көміртектік емес нанотүтікшелер (MoS_2 және WS_2) алғашқы рет 1992 жылы алынды. Мұндай заттардың функционалдық қасиеттері морфология мен материалдың кристалдық және электрондық құрылысына тәуелді болады.

Көміртектік емес нанотүтікшелерді химиялық синтез әдістерімен алуға болады. Тұздар термолизі процессінде су немесе су-органикалық орталарда, қатты немесе газ фазасында бастапқы заттардың әрекеттесуінің нәтижесінде осындай нанотүтікшелер қалыптасады.

Бұдан басқа темплаттық әдістерде нанобөлшектер алынатын өнімнің пішіні мен өлшемін қалыптастыратын қатты заттың бетіне қонады.

Көміртектік емес нанотүтікшелер фото- және электро-люминофорлар, жарық қоздырушы және лазерлік диодтар, ультрашапшаң нанолазерлер ретінде, сонымен қатар оптоэлектрондық құрылғыларда қолданылуы мүмкін.

Нанодисперсиялар немесе коллоидтық бөлшектер дегеніміз заттың ұсақ бөлшектерінің сұйықтағы ерітіндісі болып табылады. Коллоидтық ерітінділерде бөлшектер ыдыстың түбіне тұнбайды немесе өте ұзақ уақытта тұнады. Коллоидтық бөлшектердің заряды болады. Желатин, крахмал, кисель, сияқты заттар, косметика өнімдері коллоидтық бөлшектерден тұрады.

A^2B^6 шалаөткізгіштердің коллоидтық бөлшектері жарқын люминесценция қасиетіне ие болады және кванттық нүктелер ретінде қолданылады. Металл оксидтері болатын магниттік коллоидтық бөлшектер магниттік гипертермия әдісімен рак ауруларын емдеуде қолданылады. Полистирол мен кремний оксидының сфералық нанобөлшектері фотондық кристалдар алу үшін қолданылады.

Нанокристалдар немесе нанокластерлер деп сыртқы пішіні дұрыс көпқырлық болатын құрылымы реттелген нанобөлшектерді атайды. Олардың өлшемдері 1-5 нм аралығында жатады және олардағы атомдар саны 1000-нан аспайды.

Нанокластерлердің қалыптасуы атомдардың тығыз жинақталу концепциясына сәйкес болады. 12-бұрыштық көпқырлық тәрізді тығыз жинақталған кластерде өлшеміне байланысты 13, 55, 147, 309, 561, 923, 1415, 2057, 2869 және әрі қарай атомдар болады. Мұндай атом сандары кластердің тұрақты формаларына сәйкес болады және «сиқырлы» сандар деп аталады.

Металдар нанокластерлерінің жоғары катализдік қасиеттерін органикалық синтезде кеңінен қолданады. Шалаөткізгіш материалдарының кластерлерін органикалық немесе силикаттық матрицада үлестіргенде олар ерекше оптикалық және электрондық қасиеттерге ие болады, және сол себептен бейсызықтық оптикада қолданылуы мүмкін.

Наноқабыршақтардың қалыңдығы ондаған нанометрден аспайды. Оларда беттік ауданның шамасы көлем шамасына қарағанда үлкен болады. Бейорганикалық наноқабыршақтарды алу әдістері екі үлкен топқа бөлінеді: химиялық және физикалық әдістер.

Химиялық әдістерге металлоорганикалық қосылыстардың (MOCVD – Metal organic chemical vapor deposition) бу фазасынан конденсациялануы, Ленгмюр-Блоджетт қабыршақтарын алу жатады. Физикалық әдістерге жылулық шашырату, импульстік лазерлік шашырату, электрон сәулелік буландыру, магнетрондық шашырату молекула сәулелік эпитаксия әдістері жатады. Физикалық әдістердің барлығында жоғары вакуум қажет.

Біріншіден, наноқабыршақтардың адгезиялық қабілетті өте жоғары болғандықтан оларды көбінесе жапқыш ретінде қолданады. Сонымен қатар, олар электроникада, химиялық сенсорлар, оптикалық материалдар ретінде кеңінен қолданылады.

Наноұнтақтардың артық беттік энергиясының шамасы үлкен болады, оларды нығайтуға, босатуға, жапсыруға болады, кейде оларды сұйық сияқты ағызуға болады. Ұнтақтық материалдың бөлшектері әртүрлі жинақталуы мүмкін, соған байланысты олардың беріктілік және технологиялық қасиеттері үлкен аралықта өзгереді.

Наноұнтақтарды ерітінділерден немесе газдық фазадан химиялық әдістермен синтездейді. Наноұнтақтарды әртүрлі қолданыс үшін қажетті қатты қорытпаларды және керамикаларды алу үшін бастапқы материал ретінде қолданады.