

5-дәріс

# Жоғары рұқсат етілім литографиясы

Шоманов Рустем

Наноматериалдар және нанотехнология

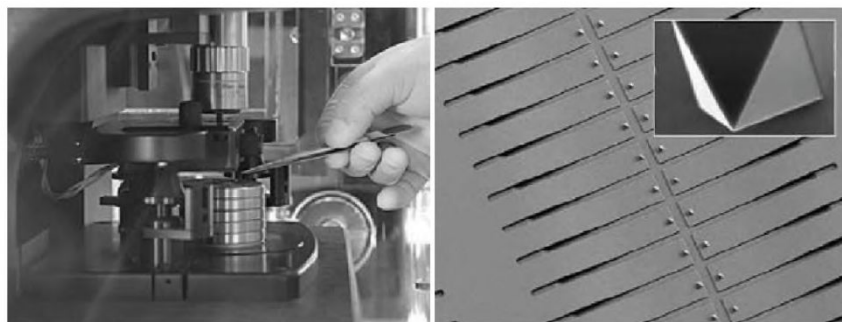
# Дәріс жоспары

- 5.1. Массасыздық технология әдістері:
  - 5.1.1. Булық нанолитография.
  - 5.1.2. Нанобаспалы литография.
- 5.2. Электронды және ионды сәуле қазіргі технология құралы іспеттес.
  - 5.2.1. Электронды-сәулелік технология.
  - 5.2.2. Ионды-сәулелік технология.

## 5.1. Массасыздық технология әдістері

### 5.1.1. Булық нанолитография

Нанокұрылымдарды жұқа бетке орнықтырудың ең оңтайлы әдісін Жер бетіндегі ең кішкентай автоқалам шығарумен айналысатын NanoInk компаниясы ұсынды. Олардың қаламсаптарынан шығатын нүкте, сызық және әріптер қарапайым шарикты қалам жазатыннан он мың есеге кіші. Аталған қаламның ұшы кремний нитридiнен жасалған. 5.1-сурет.



5.1.-сурет. Автоқалам кантилеверлеу жүйесі және DPN құрылғының сыртқы көрінісі.

АСМ тура мақсатта қолданылған кезде мынадай қиындық туады: қалам ұшында қоршаған ауадан ылғал конденсацияланады да өлшеу сапасын нашарлатады. Тамшыда қалыптасатын су микробөлшектері әрдайым қалам ұшынан қабықша бетіне және кері бағытта қозғалыста болатын болып шықты. Бұл қасиетті сумен бірге сия молекулаларының орын ауыстыруына қолданатын болып шешті. Аспаптағы ылғалдылық деңгейін өзгерте отыра тамшы өлшемі мен сызық ұзындығын береді. Сызық ұзындығы бірнеше ондаған молекуланы ғана құраса, қалыңдығы – бір молекуланы құрады. Бұл технологияны “булық нанолитография” (dip-pen nanolithography) деп атады.

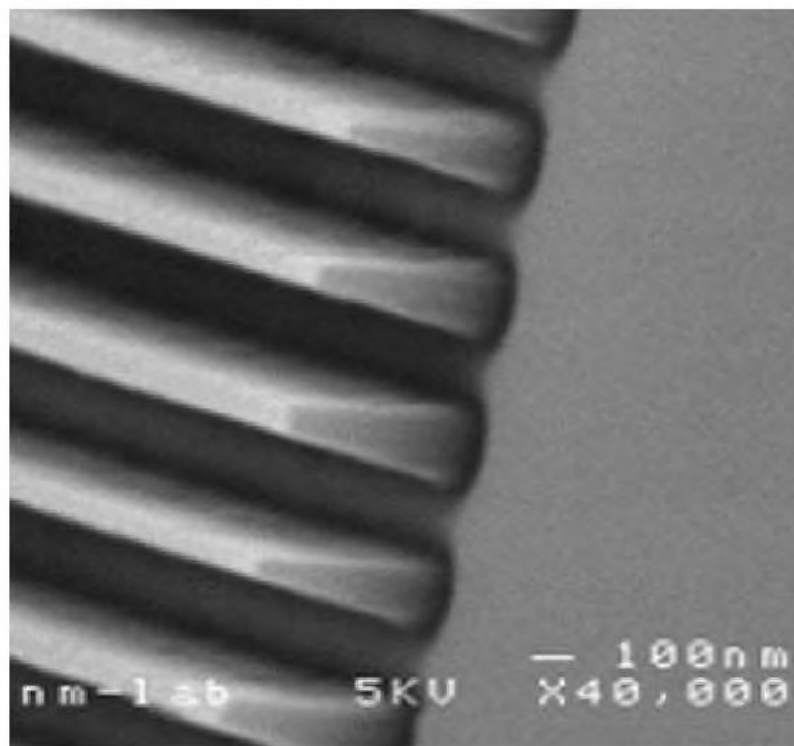
Бұлық нанолитография көптеген артықшылыққа ие: сия ретінде көптеген кез-келген нәрсе ала берсе болады, және кез-келген бетке жаза беруге болады. Атомдық қаламды наноэлектроникада бір шаршы дюймға 1 миллион сызыққа дейін салып шығуға мүмкіндік бар. Оның үстіне мамандар бағасының арзандығын да болжап отыр.

Зондты-автоқалам матрицасын пайдаланатын құрылғылар наноэлектронды құралдар жасауда қолданылса болады, бұл жерде “наносуретші”-саймандар кез-келген жаңа наночиптарды даярлауға дайын болып отырады. Осылайша бір компания бірнеше түрлі микросхемаларды дайындау мүмкіндігіне ие болмақ.

## 5.1.2. Нанобаспалы литография

Нанобаспалы литография (Nanoimprint Lithography) интегралды микросхемаларды жасаудағы керемет технология болып табылады. Алайда, бұған дейін оның кемшілігі трафарет дайындау құнының қымбаттығы еді. Ал, қазірде Пристон университеті инженері Стивен Чоудың ұсынған әдісінің арқасында процессті арзандатып қана қоймай, жеделдетуге де болатын болды.

Стивен Чоу мынадай әдіс ұсынды: қажет болған пластинадағы сурет қалыптастыру үшін полимерді қолдану. Процесс барысында полимер екі пластина арасына орналасады да, беттермен қысылған соң полимер қалыңдығына тең тереңдік қалдырады (5.2 –сурет).



5.2-сурет. *Нанобаспалы әдіспен салынған құрылым*

Алайда, бұл әдістің артықшылығы тек қана арзандығы мен жыламдығы емес, бұл техникамен үлкен аудын бетіне де сурет салуға болады. Яғни тек бірнеше шаршы миллиметрге емес, бірнеше шаршы метрге керекті құрылымды бейнелеуге болады. Оның үстіне жасап-шығарушылар жааңа микросхемаларды даярлауда құралдың тереңдігін басқара отырып, дәлдігін жоғарылата алады.

Зерттеушілер аталған техникаға патент алуға тапсырыс та беріп қойды, және алдағы уақытта микросхема жасаумен айналысатын компанияларға лицензия беру арқылы коммерциялық мақсатта пайдаланбақшы.



## 5.2. Электронды және ионды сәуле қазіргі технология құралы іспеттес

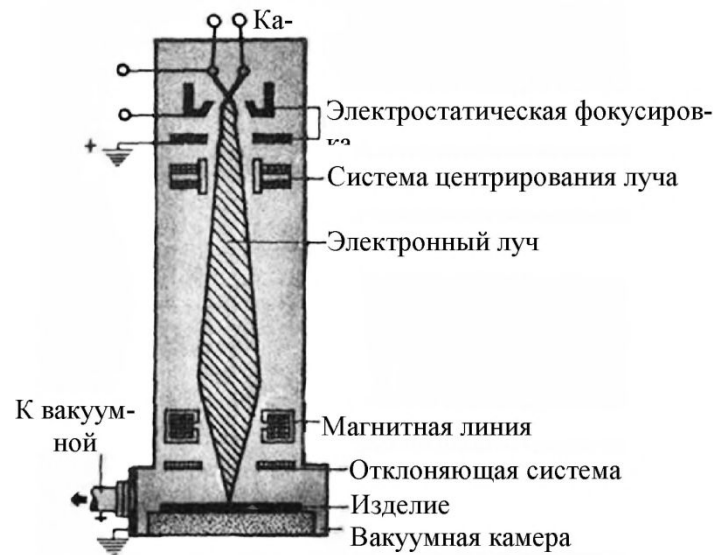
### 5.2.1. Электрон-сәулелі технология

Теледидар, электронды микроскоп және электронды дәнекерлеуші аппараттардың жұмыс істеу принциптері бірдей. Айырмашылықтары тек теледидар мен микроскопқа аз қуатты электрон шоғыры, ал машинажасауда-көп қуатты электрон шоғыры қажет. Электрон-сәулелік құрылғылардың негізгі бөліктері электронды пушка және электрондарды жеделдететін, бағыттайтын жоғары кернеулі электромагнитті өріс тудырушы құралдар. Электронды сәуле кез-келген қиын балқитын металлдарды, тастар мен керамикаларды да балқытып жіберуге қауқарлы.

Электрон-сәулелі балқытуда доғалы балқытудан 20 есеге аз электрон энергиясы кетеді. Қажет затты қозғалыссыз етіп, электрондар ағынын магнитті өріспен ауытқызу арқылы сәулені оңай жылжытуға болады. Зымыран корпусының, су-асты кемелерінің материалын, атом станцияларының жылуберуші элементтерін дәнекерлеу үшін арнайы диаметрі 10 м болатын дәнекерлеуші камералар жасалған. Ол жерде жасалатын дайындамалардың салмағы 25 тоннаға жетіп жатады.

Электрон-сәулелі құрылғылар әр түрлі өнімдерді стерилдеуге де қолданады. Олар абсолютті зиянсыз, автоматтандыруға оңай беріледі, бір режимнен екіншіге жедел ауысады, барлық процесстер жабық алаңқайда өтеді де ешқандай газ, шаң бөлінулер орын алмайды, яғни экологиялық таза құрал.

Тағы да ескере кететіні электронды сәуле денеге физикалық ауырлық түсірмей орындалады, бұл морт сынғыш материалдар өңдеуде маңызды қасиет. Қорытындылай келе — электрон-сәулелі құрылғылар қазіргі электротехника, автоматика және электрониканың үлкен жетістігінің көрінісі (5.3-сурет).



5.3-сурет. Электрон пушканың көрінісі

## 5.2.2. Ион-сәулелік технология

Ион шоғырларының литография саласында қолданылуы кадамдық баспа, кремний, бор, фосфордың бағытталған протон шоғырларын қолданатын жүйелерде болуы мүмкін.

Ион шоғырларының электрон-сәулелік аспаптардан басты артықшылығы болып кері шашыраудың аз көрсеткіші және жақындық эффектінің минималдығы.

Бұл технологияда “метал-кремний” немесе трафаретті шаблондар қолданылады. Ионды литография рентгенді литографиямен бәсекеге қабілетті болу үшін иондардың компактiлi көзiн жасау қажет.

Фокусталған ион шоғырларын резистердің экспонирленуіне, фотошаблондардың ақауларын түзетуге және де резистсіз литографияда пайдалануға болады.

Ионды литографияның технологиясы кремний мембранадағы алтын шаблон арқылы  $H^+$ ,  $He^{2+}$  және  $Ar^+$  ион шоғырларымен пластинаны экспонирлеуде жатыр. Пластина мен шаблон арасындағы аралық 20мкм ді құрайды.

# Қорытынды

- 5.1. Массасыздық технология әдістері:
  - 5.1.1. Булық нанолитография.
  - 5.1.2. Нанобаспалы литография.
- 5.2. Электронды және ионды сәуле қазіргі технология құралы іспеттес.
  - 5.2.1. Электронды-сәулелік технология.
  - 5.2.2. Ионды-сәулелік технология.

Сұрақтарына жауап алдық