

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
«Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар» кафедрасы



SATBAYEV
UNIVERSITY

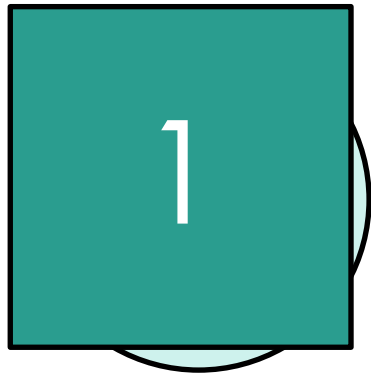
ELC2641 – ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ МИКРО ЖӘНЕ НАНОСЕНСОРЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАР

№2 дәріс

Тақырыбы: Микро және наносенсорларды жобалау және әзірлеу әдістері

Оқытушы: PhD, аға оқытушы Досбаев Ж. М.

Дәріс жоспары:



Кіріспе



Микросенсор және
наносенсорге
сипаттама және
олардың жіктелуі



Микросенсорлар және
наносенсорларды
жобалау әдістері



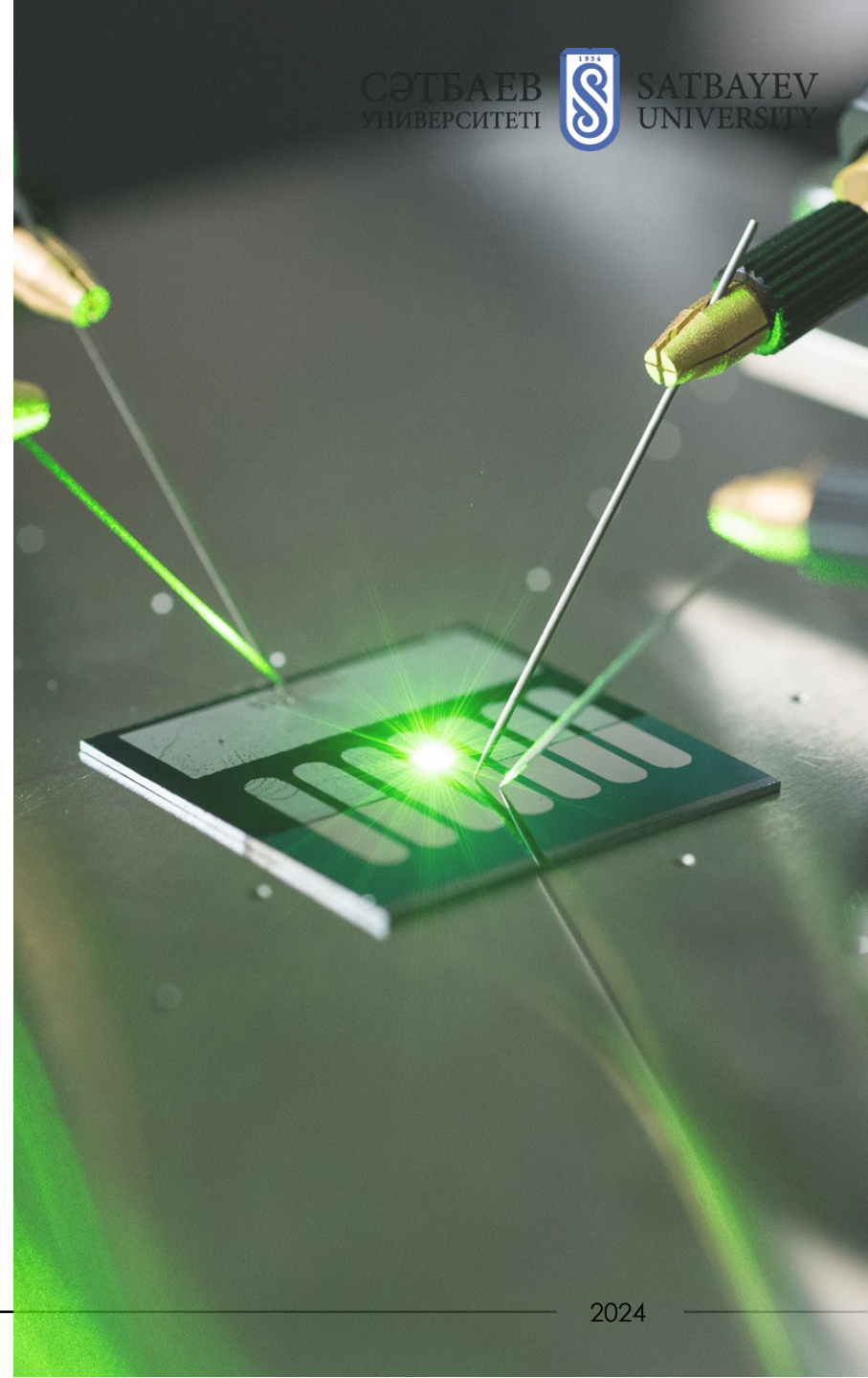
Микросенсорлар және
наносенсорларды
жобалаудың даму
перспективасы



Қорытынды

Кіріспе

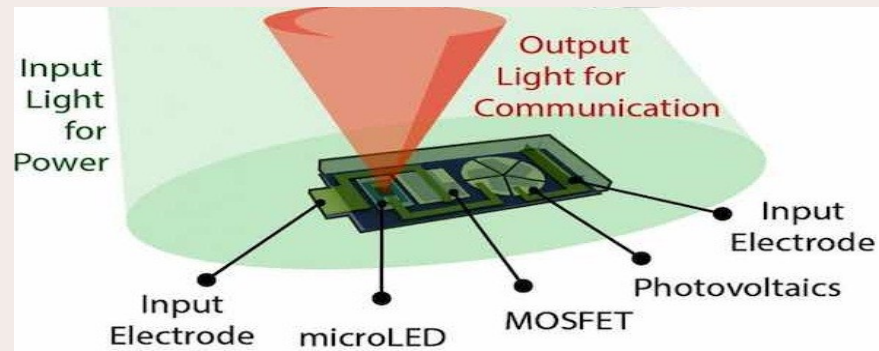
Микро және наносенсорлар қазіргі ғылым мен техникада маңызды орын алады, өйткені олар нақты деректерді алуға және микроскопиялық шамалар деңгейінде қоршаған ортаның өзгеруіне жауап беруге мүмкіндік береді. Мұндай сенсорлар медицина мен экологиядан бастап өнеркәсіп пен Заттар интернетіне (IoT) дейін әртүрлі салаларда сұранысқа ие. Миниатюралық сенсорларды пайдалану өлшеу мен аналитикалық деректердің жоғары дәлдігін қамтамасыз ете отырып, құрылғылардың мүмкіндіктерін кеңейтуге мүмкіндік береді. Микро және наносенсорларды тәжірибеге енгізу технологияларды әзірлеу мен жетілдірудің жаңа перспективаларын ашады. Микро және Наносенсорлардың жіктелуі Микро және наносенсорлар мөлшері мен мақсаты бойынша ерекшеленеді. Микросенсорлар әдетте бірнеше микрометрден миллиметрге дейін өлшенеді, ал наносенсорлар нанометрден аз, бұл оларды Атом деңгейіндегі нысандармен жұмыс істеу үшін пайдалануға мүмкіндік береді.



Микросенсор және наносенсорге сипаттама

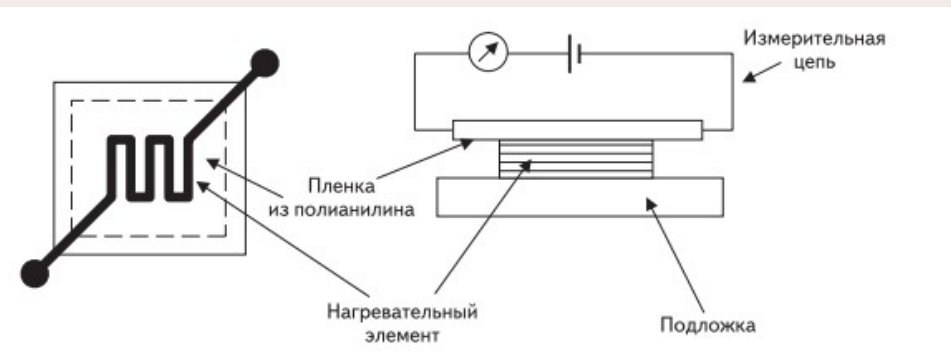
Микросенсор –

Микросенсорлар физикалық немесе химиялық параметрлерді микро деңгейде өлшейтін құрылғылар. Олардың мөлшері әдетте бірнеше микрометрден ондаған микрометрге дейін өзгереді. Микросенсорлар автомобиль өнеркәсібінде, медицинада, электроникада және басқа салаларда белсенді қолданылады.



Наносенсор –

Наносенсорлар - нанометрлік деңгейде (1–100 нм) жұмыс істейтін және наносөлшемдегі құбылыстарды анықтауға арналған құрылғылар. Наносенсорлар биомедицинада, нанотехнологияда және материалтануда кеңінен қолданылады. Наносенсорлар телекоммуникацияда электромагниттік өрістерді бақылау үшін маңызды.



Наносенсорлардың жіктелуі

Химиялық датчик

иондаушы заттарды, бөлшектерді және газдарды анықтау үшін қолданылады, көбінесе аналитикалық химия мен қоршаған ортаны қорғауда.

Биологиялық сенсор

биомолекулаларды анықтауға арналған және пациенттердің денсаулығын бақылау үшін медицинада қолдануға мүмкіндік береді.

Физикалық сенсорлар

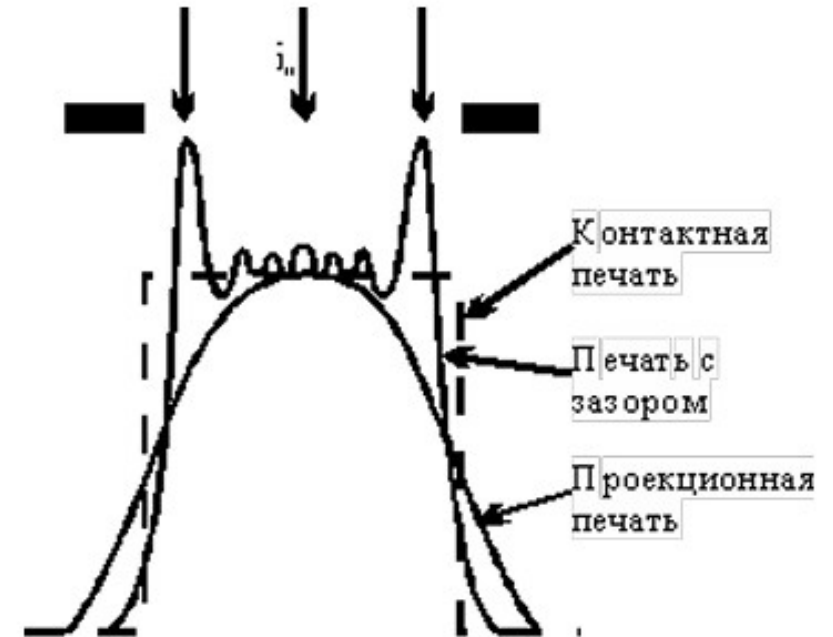
температура, қысым, жарық сияқты физикалық параметрлердің өзгеруін тіркейді және әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады. Бұл сенсорлар медицинада, мысалы, глюкоза деңгейін өлшеу үшін қолданылады.

Микро және наносенсорларды жобалаудың негізгі әдістері



Литография әдісі

Оптикалық литография – бұл әртүрлі ғылыми салаларды біріктіретін процесс: оптика, механика және фотохимия. Басып шығарудың әр түрінде жиектердің айқындылығының төмендеуі сөзсіз байқалады (1 сурет). Схеманың екі өлшемді кескінін проекциялау нәтижесінде шекаралардың тіктігі жоғалады, бұл арнайы резисторды қолдануды қажет етеді. Синусоидалы модуляцияланған жарық сәулесінің әсерінен онда тікбұрышты маска пайда болады, содан кейін кескінді улау немесе жарылғыш литография әдістерімен тасымалдауға негіз болады.

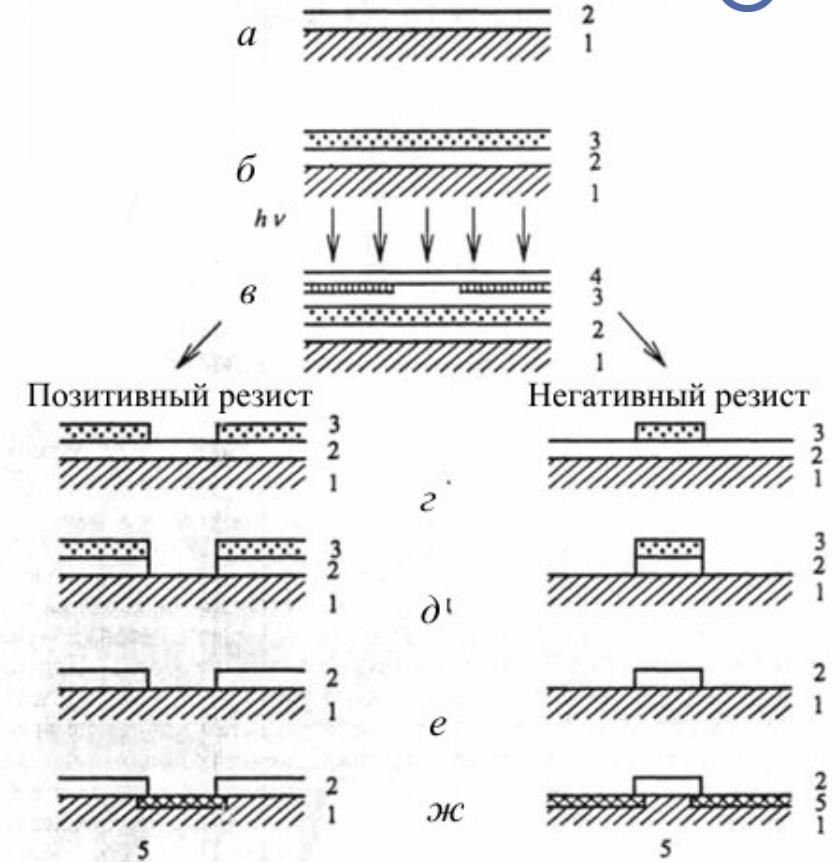


1 Сурет – Контакттілі басып шығару, саңылаулы басып шығару және проекциялық литография жағдайлары үшін кескінге қарқындылықты бөлу профильдері

Екі саңылау бір-бірінен біршама қашықтықта орналасқанда, ашылмаған аймақ келесі себептерге байланысты ішінара экспозицияға ұшырайды:

- 1) Жарық дифракциясы;
- 2) линзаның фокус тереңдігі шектеулі;
- 3) қарсылықтың төмен контрасты;
- 4) субстраттан шағылысу кезінде пайда болатын тұрақты толқындар;
- 5) қарсылық ішіндегі жарықтың сынуы.

Бұл факторлар микроскопиялық деңгейде кескіндердің жоғары дәлдігіне қол жеткізу үшін литографиялық процестің әрбір қадамын егжей-тегжейлі реттеуді қажет ететін қоңыраулар болып табылады.

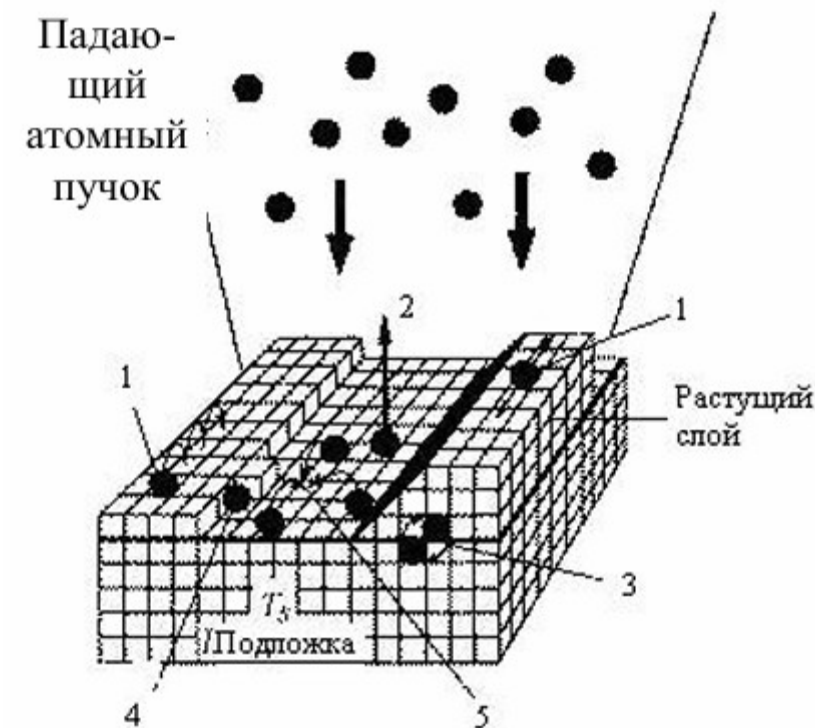


2 Сурет – Оң (сол жақта) және теріс (оң жақта) фоторезистерді қолдана отырып литографиялық процестің негізгі кезеңдері: А-SiO₂ беткі қабатының тотығуы және қалыптасуы; б-резист қабатын қолдану; в-экспозиция; г-экспозицияланған оң және экспозицияланбаған теріс Резисторларды жою; д-SiO₂ қабатын маринадтау; е –резисторды толық жою; F - кремний субстратын допинг; 1 - Si субстраты; 2-SiO₂ беткі қабаты; 3-резист қабаты; 4-фото шаблон (маска); 5-допинг аймағы

Жұқа пленкалардың эпитаксиалды өсу әдісі

Жұқа пленкалардың эпитаксиалды өсуі нанотехнологияда және субмикрондық құрылымдарды құруда маңызды рөл атқарады, әсіресе гетероқұрылымдар мен қабаттардың қалыңдығы 100 Å-ден аспайтын көп қабатты құрылымдар контекстінде. Мұндай қабаттардың құрамын жоғары біртектілікке және дәл бақылауға қол жеткізу оларды наноэлектроникада сәтті қолдану үшін өте маңызды. Эпитаксиалды өсу механизмдеріне қатысты маңызды фактілерге мыналар жатады:

1. Адсорбция процестері: бастапқы заттардың атомдары немесе молекулалары субстрат бетінде адсорбцияланып, эпитаксиалды қабаттың кейінгі өсуіне негіз болады.
2. Беттік көші-қон: адсорбцияланған атомдар немесе молекулалар субстрат бетінде қозғалады, бұл реттелген өсуге ықпал етеді.

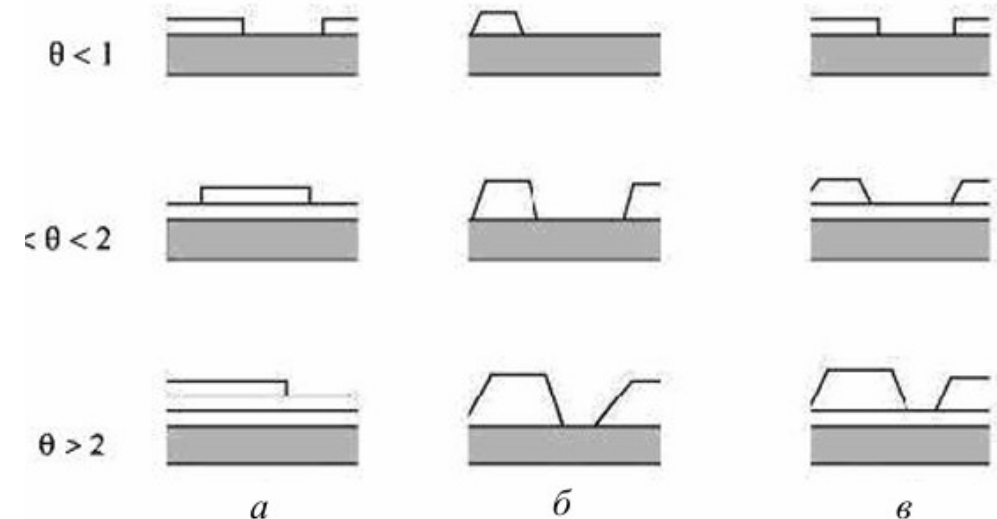


3 Сурет – Беттік процестердің схемалық бейнесі: 1-беттік диффузия; 2-десорбция; 3-өзара диффузия; 4-торға ендіру; 5-беттік агрегация (нуклеация)

3. Кристалдық торға қосылу: атомдар мен молекулалар субстраттың немесе бұрын тұндырылған эпитаксиалды қабаттың кристалдық торына еніп, берік байланыстар жасайды.

4. Термиялық десорбция: кристалдық торға біріктірілмеген атомдар немесе молекулалар температураның әсерінен субстрат бетінен шыға алады, бұл қабаттың біртектілігін сақтауға көмектеседі. Бұл процестер бетінің белгілі бір бөліктерінде жүреді, олардың әрқайсысы жеке химиялық қасиеттері мен белсенділігіне ие, бұл қалыптасқан эпитаксиалды қабаттың ерекшеліктері мен құрылымына әсер етеді.

Суретте. 8.2 өсудің үш маңызды механизмінің схемалық көрінісі көрсетілген: қабатты өсу, Аралдың өсуі, аралдармен қабаттың өсуі.



4 Сурет – Өсу механизмдерінің схемалық көрінісі: А-қабатты өсу; б - Аралдың өсуі; в-аралдармен қабаттың өсуі

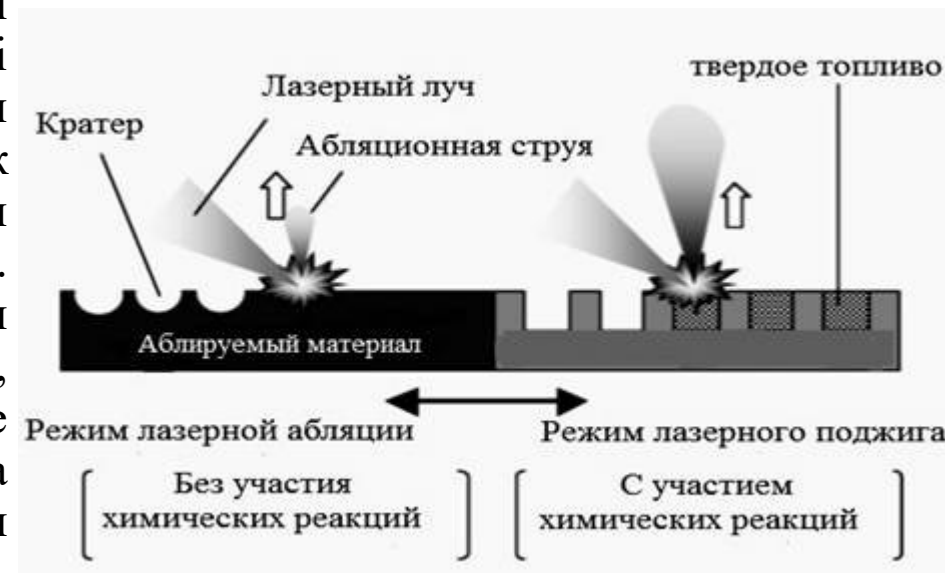
Улау әдісі

Улау әдісі микро және наноэлектрондық құрылымдарды жасау процестеріндегі негізгі қадам болып табылады. Улау материалдың белгілі бір бөліктерін дәл алып тастауға мүмкіндік береді, бұл субстратта қажетті құрылымды жасайды. Алғашқы әдістердің бірі «ЛЭТИ әдісі» деп аталды, ол монокристалдардың өсуін қамтамасыз ететін тұқымға қаныққан буды тұндыруды қамтыды. Өсуді бақылау үшін камераға инертті газ, көбінесе аргон енгізілді, бұл кристалдардың өсуін бәсеңдетіп, поликристалды құрылымның пайда болуына жол бермеді. Бастапқы кезеңнен кейін өсу қарқынын арттыру және кристалдардың қажетті біркелкілігіне қол жеткізу үшін газ сорылды. Процесс кремний мен көміртектен синтезделген поликристалды кремний карбиді арқылы жүзеге асырылды, ол кристалдану жасушасы ретінде қызмет ететін графит блогына құйылды. Блоктағы тесіктер материал көзімен толтырылып, тұқыммен жабылды, бұл өсуді дәл бағыттауға және экстремалды электроника үшін жоғары сапалы монокристалдарды жасауға мүмкіндік берді.



Лазерлік өңдеу әдістері

Лазерлік абляция және лазерлік құрылымдау сияқты материалдарды өңдеудің лазерлік әдістері микро және наноэлектроникада жоғары дәлдіктегі құрылымдарды құруда, сондай - ақ әртүрлі салалар үшін жоғары технологиялық компоненттерді өндіруде маңызды рөл атқарады. Бұл әдістер материалды жергілікті жою немесе оның бетін өзгерту үшін лазердің фокусталған сәулеленуін пайдаланады. **Лазерлік абляцияның жұмыс істеу принципі:** Лазерлік абляция жоғары тығыздықтағы лазерлік сәулеленудің әсерінен материалдың булану немесе сублимация процесіне негізделген. Лазерлік импульс материалдың бетіне бағытталған кезде, ол энергияны шағын аймаққа шоғырландырады, жоғары температураны тудырады, бұл өңделген аймақтағы атомдық байланыстардың булануына немесе бұзылуына әкеледі. Лазердің қуаты мен толқын ұзындығына байланысты бұл әдіс материалдың әртүрлі қабаттарын макродеңгейден наноөлшемдерге дейін жоғары дәлдікпен жоюға мүмкіндік береді. Қолдану: Лазерлік абляция микроэлектрондық схемаларды жасау, жұқа пленкалы жабындарды жасау және керамика мен шыны сияқты қатты және сынғыш материалдарда тесіктер жасау үшін кеңінен қолданылады. Жоғары дәлдік пен жылдамдықтың арқасында лазерлік абляция биомедициналық инженерияда, оптоэлектроникада және аэронавигация өнеркәсібінде де қолданылады.

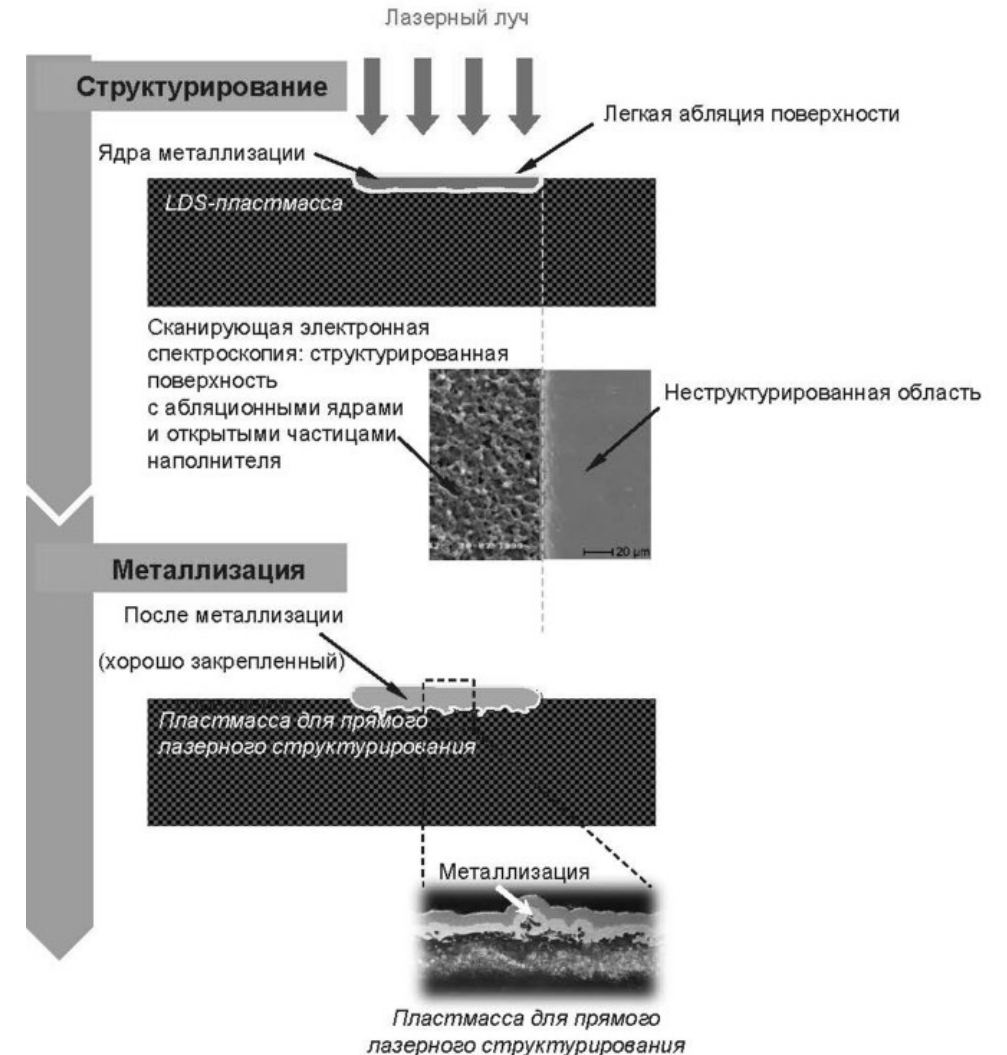


Лазерлік өңдеу әдістері

2. Лазерлік құрылымдау:

Жұмыс принципі: Лазерлік құрылымдау берілген микроқұрылымдарды жасау үшін материалдың бетін өзгертуді қамтиды. Процесс текстура, оптикалық және электрлік сипаттамалар сияқты беттік қасиеттерді өзгерте отырып, алдын ала анықталған үлгіге бағытталған лазерлік сәулеленуді пайдаланады. Лазерлік құрылымдау материалға және құрылымның қажетті формасына байланысты нүктелік лазерлік импульстар немесе үздіксіз әсер ету арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

Қолдану: Лазерлік құрылымдау микроэлектроника мен фотоникада сұранысқа ие, мұнда бақылаудың жоғары дәрежесі бар күрделі құрылымдар жасалуы керек. Мысалы, ол сенсорларды, микролензаларды, Жарық өткізгіштерді өндіру үшін, сондай-ақ жарықтың шағылуын азайтуға немесе адгезияны арттыруға қабілетті текстуралы беттерді жасау үшін қолданылады. Сонымен қатар, медицинада бұл әдіс биоүйлесімділікті жақсартатын импланттарда микро беттерді жасау үшін қолданылады.



Даму перспективалары

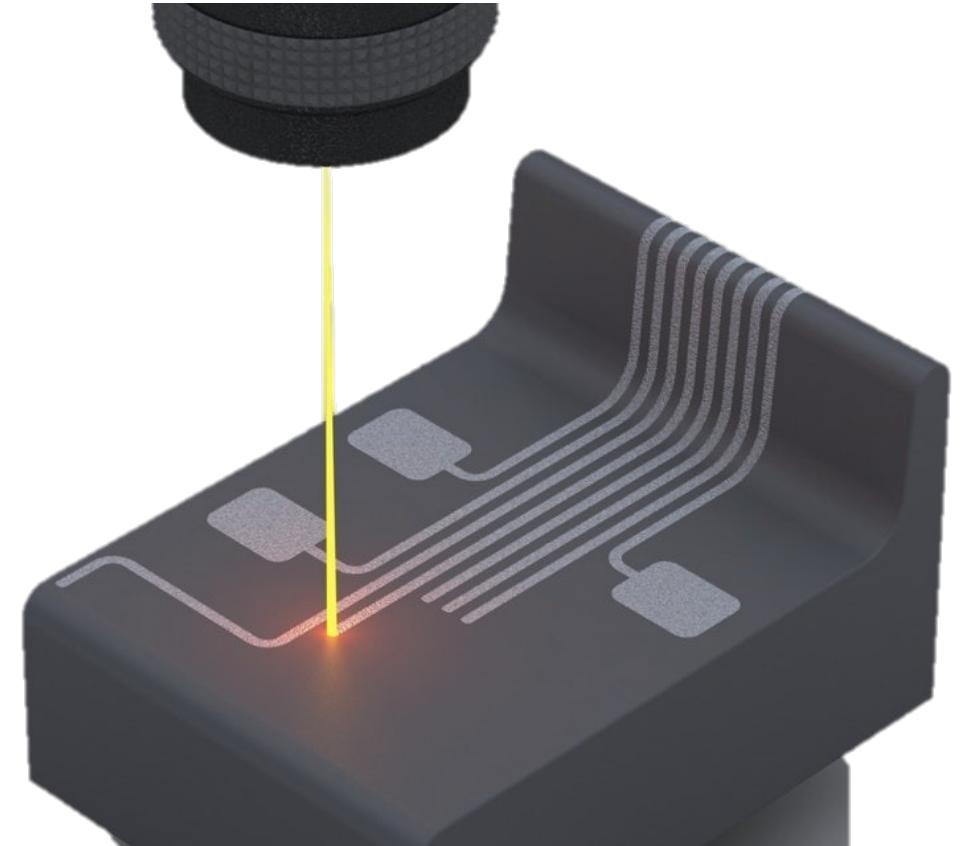
Микро және наносенсорлардың дамуына байланысты бірнеше тенденциялар бар. Олардың ішінде:

Миниатюризация: жоғары сезімталдықты сақтай отырып, құрылғылардың өлшемдерін азайтуға мүмкіндік береді.

Биоүйлесімділік және тұрақтылық: адам мен қоршаған ортаға қауіпсіз сенсорларды құруға қатысты.

Жаңа материалдарды әзірлеу: графен және жаңа жартылай өткізгіштер сияқты наноматериалдарды зерттеу бірегей қасиеттері бар сенсорларды жасауға көмектеседі.

Дизайн мәселелеріне өндірістің жоғары құны, қолданыстағы жүйелермен интеграцияланудың қиындығы және экстремалды жағдайларда жоғары дәлдік пен беріктікті қамтамасыз етудегі қиындықтар жатады.



Қорытынды

Микро және наносенсорларды жобалау және әзірлеу - бұл қазіргі заманғы техника мен ғылымды дамыту үшін үлкен маңызы бар перспективалық бағыт. Бұл сенсорлар медицина, экология және IoT сияқты салаларда шешуші рөл атқарады. Литография әдістерін, материалдарды және бағдарламалық жасақтаманы дамыту сапа мен қауіпсіздіктің қатаң талаптарына сәйкес келетін жоғары дәлдіктегі сенсорларды жасауға көмектеседі. Болашақта наноматериалдар мен өндіріс технологиялары бойынша қосымша зерттеулер ең қиын жағдайларда жұмыс істей алатын жетілдірілген сенсорларды жасауға мүмкіндік береді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Базовкин, А.В. «Основы микросенсорных технологий». М.: Техносфера, 2019.
2. Иванов, С.Л. «Проектирование микро- и наноструктур». СПб.: Питер, 2021.
3. Смит, Дж. «Микроэлектромеханические системы и сенсоры». Нью-Йорк: Wiley, 2020.
4. Петров, Ю.К. «Материалы для сенсоров». Казань: Казанский федеральный университет, 2022.
5. COMSOL Multiphysics ресми сайты. www.comsol.com
6. ANSYS ресми сайты. www.ansys.com

Өзін-өзі тексеруге арналған сұрақтар

1. Лазерлік абляция дегеніміз не және оның жұмыс принципі қандай?
2. Микро және наносенсорларды жобалауың қандай әдістері бар?
3. Улау әдісінің мәні неде?
4. Лазерлік абляция мен лазерлік құрылымның айырмашылығы неде?
5. Неліктен лазерлік өңдеу әдістері өңделетін материалдар үшін өте дәл және жұмсақ болып саналады?
6. Лазерлік абляцияны қолданудың негізгі бағыттары қандай?
7. Жұқа пленкалардың эпитаксиалды өсу әдісі жайында не білесің?