

ФУНКЦИОНАЛДЫ МАТЕРИАЛДАР МЕН НАНОҚҰРЫЛЫМДАРДЫ АЛУ ӘДІСТЕРІ

12-Дәріс

**Функционалды материалдардың катализ және энергетикада
қолданылуы.**

**7M07103 - МАТЕРИАЛТАНУ ЖӘНЕ ЖАҢА МАТЕРИАЛДАР
ТЕХНОЛОГИЯСЫ**

5 (1/0/2/2) КРЕДИТ

СЕМЕСТР: 1, КҮЗ, 2025- 2026 ОҚУ ЖЫЛЫ

ДӘРІСКЕР – КЕРИМКУЛОВА АЛМАГУЛЬ РЫСКУЛОВНА

12-Дәріс

Функционалды материалдардың катализ және энергетикада қолданылуы

Дәрістің мақсаты - Білім алушыларға функционалды материалдардың (нанокұрылымды катализаторлар, жоғары энтропиялы қорытпалар, MOF, COF, көміртекті наноматериалдар, қатты электролиттер, электрод материалдары және т.б.) энергия өндіру, түрлендіру және сақтау процестеріндегі рөлі мен жұмыс істеу механизмдерін түсіндіру, олардың құрылымы–қасиеті–каталитикалық/энергетикалық функциясы байланысын ғылыми деңгейде талдай алу дағдысын қалыптастыру.

Міндеттері

Теориялық түсінік

- Функционалды материал ұғымын, негізгі кластарын (металл оксидтері, MOF/COF, перовскиттер, гетерокұрылымдар, көміртекті наноматериалдар, жоғары энтропиялы материалдар, біратомды катализаторлар, қатты электролиттер) сипаттай алады.; «Құрылым–электрондық құрылым–белсенді орталық–каталитикалық/энергетикалық қасиет» байланысын түсіндіреді.

Катализдегі қолданылуы

- Гетерогенді катализдегі функционалды материалдардың рөлін (Haber–Bosch, гидрогенизация, тотығу-тотықсыздану реакциялары, CO₂ конверсиясы, VOC тотығуы, су тазалау) түсіндіреді.
- Нанокұрылымдау, легирлеу, тірек/носитель, жоғары энтропиялы жүйелер, біратомды катализаторлар арқылы активтілік, селективтік және тұрақтылықты арттыру принциптерін талдайды.
- Жасыл катализ және энергия/экология тұрғысынан тиімді процестерді мысалмен келтіреді.

Энергетикадағы қолданылуы

- Отын элементтері, электролизерлер, Li/Na/K-ion батареялар, суперконденсаторлар, фотовольтаика, фото/электрокаталитикалық су ыдырату жүйелеріндегі функционалды материалдардың функцияларын түсіндіреді.
- Электрод/электролит интерфейсі, ион- және электронөткізгіштік, тұрақтылық, циклдық өмір, энергия тығыздығы сияқты параметрлерді материал таңдаумен байланыстырады.

Инженерлік және экологиялық аспектілер

- Материал таңдаудағы негізгі шектеулерді (қызмет ету температурасы, улану, коррозия, сирек және қымбат металдар, қайта өңдеу, LCA) сыни тұрғыда бағалайды.
- Тұрақты даму мақсаттары (SDG 7, 9, 12, 13) контекстінде функционалды материалдардың маңызын дәлелдей алады.

Ғылыми ақпаратпен жұмыс

- Заманауи шолу мақалаларын оқып, негізгі трендтерді жүйелеу.
- Бір функционалды материал мысалын (мысалы, MOF, жоғары энтропиялы сплав, көміртекті электрокатализатор) таңдап, оның катализ/энергетикадағы артықшылықтары мен проблемаларын презентация/эссе түрінде ұсыну.

Функционалды материалдар дегеніміз не?

❑ Функционалды материалдар — сыртқы әсерлерге (жарық, температура, қысым, электр өрісі, магнит өрісі) жауап беріп, өз қасиеттерін өзгертетін материалдар. Мысалы: пьезоэлектриктер, термоэлектриктер, жартылай өткізгіштер, ферромагниттер, наноқұрылымды материалдар. Олар өздерінің энергия тиімділігі, сенсорлар мен электрониканың сезімталдығын арттыруы сияқты қасиеттерімен маңызды.

Функционалды материалдардың негізгі түрлері

Түрі	Қасиеті	Қолданылуы
Пьезоэлектрлік	Механикалық → электрлік сигнал	Датчиктер, ультрадыбыс түрлендіргіштері
Термоэлектрлік	Температура айырмасынан электр тогын тудырады	Энергия жинақтау жүйелері
Фотолюминесцентті	Жарық әсерінен сәуле шығарады	Оптоэлектроника, жарық диодтары
Магниторезистивті	Магнит өрісінде кедергі өзгереді	HDD сенсорлары, позиция детекторлары
Наноқұрылымды	Үлкен беткі аудан, жоғары сезімталдық	Химиялық сенсорлар, катализаторлар

Электроникадағы функционалды материалдардың рөлі

Функционалды материалдар — қазіргі электрониканың негізі. Олар құрылғылардың өнімділігін, энергия тиімділігін және сенімділігін арттырады.

Функционалды материалдардың маңызы:

- Электрөткізгіштік пен жартылай өткізгіштік қасиеттер
- Жарық пен жылуға жауап беру қабілеті
- Механикалық беріктік пен икемділік

Қазіргі заманғы даму бағыттары

- Электроникада функционалды материалдардың дамуы келесі трендтерге бағытталған:
- Миниатюризация – құрылғыларды кішірейту, бірақ қуатын арттыру;
- Икемді және киілетін электроника – полимерлі және наноматериалдарды пайдалану;
- Энергия үнемдеу – төмен қуатты транзисторлар мен энергия жинақтаушы материалдар жасау;
- Жасанды интеллект және сенсорлық жүйелер үшін жаңа материалдар – мысалы, нейроморфтық чиптерге арналған мемристорлар;
- Экологиялық таза материалдар – улы металдарды (қорғасын, кадмий) алмастыратын қауіпсіз қосылыстар.

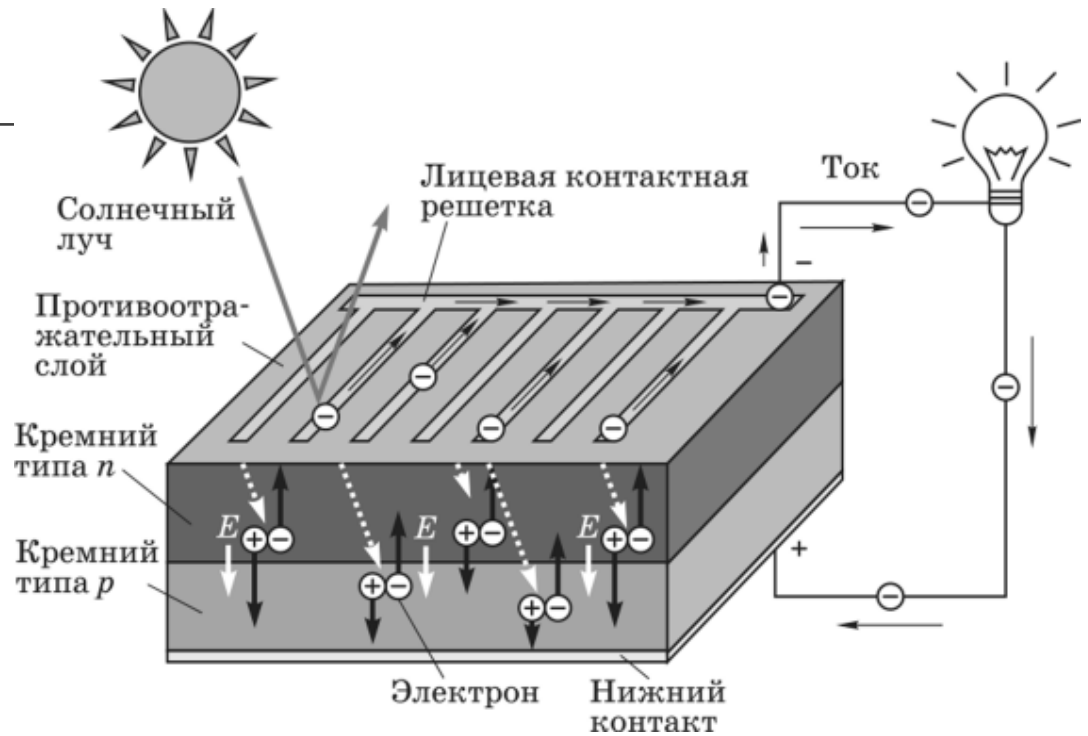
Негізгі қолдану бағыттары және мысалдар

Бағыт	Материал түрі	Құрылғы/қолдану саласы	Артықшылықтары
Жартылай өткізгіш электроника	Кремний (Si), GaN, ZnO	Микрочиптер, транзисторлар	Тұрақтылық, дәлдік, ұзақ қызмет ету
Оптоэлектроника	OLED, перовскиттер, кванттық нүктелер	LED-дисплейлер, фотовольтаика	Жоғары жарық шығару, энергия тиімділік
Энергия сақтау	LiCoO ₂ , графен, MnO ₂ нанобөлшектері	Батареялар, суперконденсаторлар	Жоғары сыйымдылық, жылдам зарядталу
Икемді электроника	CNT, графен, PEDOT:PSS	Смарт-текстиль, биоэлектроника	Иілгіштік, төмен салмақ, өткізгіштік
Микро- және наноэлектроника	SiGe, AlGaIn, InP	Микро сенсорлар, лазерлер	Кіші көлем, жылдам жауап беру

Мысалдар



1-сурет. Жартылай өткізгіш электроника түрлері



2-сурет. Фотогальваника

Сенсорика және функционалды материалдардың рөлі

Сенсорика — қоршаған ортаның физикалық, химиялық немесе биологиялық параметрлерін өлшеу және бақылау технологияларының жиынтығы.

Функционалды материалдар — сенсорлардың жүрегі, өйткені олар сыртқы әсерлерге сезімтал және сол әсерді электрлік, оптикалық немесе механикалық сигналға айналдыра алады.

Сенсордың жұмыс кезеңдері

Кезең	Сипаттамасы	Мысал
1. Сигналды қабылдау (сезгіш элемент)	Функционалды материал сыртқы әсерге жауап береді — жарық, қысым, температура, газ, ылғал және т.б.	Фотоэлемент жарықты сіңіреді
2. Сигналды түрлендіру	Физикалық өзгеріс (мысалы, деформация, қызу, кедергінің өзгеруі) электр параметріне айналады: ток, кернеу, сыйымдылық және т.б.	Қысым → кедергінің өзгеруі
3. Сигналды күшейту және өңдеу	Электрондық тізбек сигналды күшейтеді және оны сандық форматқа түрлендіреді	Аналогтық сигнал → цифрлық сигнал
4. Мәліметті беру және талдау	Сигнал контроллерге немесе басқару жүйесіне беріледі	Температура сенсоры → экрандағы мәлімет

Функционалды материалдардың рөлі

Сенсор түрі	Сезгіш элемент (функционалды материал)	Сыртқы әсер	Қандай өзгеріс болады	Қолдану саласы
Температура сенсоры (терморезистор)	Металл оксидтері (NiO, MnO ₂ , CuO)	Температура	Кедергінің өзгеруі	Тоңазытқыштар, кондиционерлер, микроконтроллерлер
Пьезоэлектрлік сенсор	Кварц, PZT (PbZrTiO ₃)	Қысым, тербеліс	Механикалық қысым → электр заряды	Микрофондар, діріл датчиктері, авто тежегіш жүйелері
Фотоэлектрлік сенсор (фотодиод)	Кремний (Si), перовскиттер	Жарық (фотондар)	Жарық → электрон- дырка жұбы → ток	Камералар, жарық деңгейі датчиктері, күн батареялары
Газ сенсоры	Металл оксидтері (SnO ₂ , ZnO, WO ₃), графен	Газ молекулалары (CO, H ₂ , NO ₂)	Газбен әрекет → өткізгіштіктің өзгеруі	Өнеркәсіп қауіпсіздігі, ауа сапасын бақылау
Инфрақызыл сенсор	PbS, InSb, HgCdTe	Инфрақызыл сәуле (жылу)	Фотоөткізгіштіктің өзгеруі	Қозғалыс детекторлары, жылулық камералар

Сенсор түрі	Сезгіш элемент (функционалды материал)	Сыртқы әсер	Қандай өзгеріс болады	Қолдану саласы
Магнит өрісі сенсоры (Холл сенсоры)	Кремний + ферромагнитті қабат	Магнит өрісі	Магнит өрісінде кернеу пайда болады	Компас, қозғалтқыш жылдамдығы, позиция анықтау
Ылғалдылық сенсоры	Полимерлер (PVA, Nafion), керамика	Су булары	Материалдың сыйымдылығы өзгереді	Метеостанциялар, тұрмыстық техника
Химиялық (pH) сенсор	Ион-селективті мембрана (шыны, полимер)	Ерітіндідегі сутек иондары	Потенциалдың өзгеруі	Судың сапасын бақылау, биохимия
Биосенсор	Ферментпен немесе антиденемен қапталған электрод	Биомолекула (глюкоза, ДНК)	Химиялық реакция → токтың өзгеруі	Медициналық диагностика (қандағы глюкоза, ақуыз)
Тактильді (жанасу) сенсор	Өткізгіш полимерлер (PEDOT:PSS), графен, ITO	Саусақтың жанасуы немесе қысым	Сыйымдылықтың немесе кедергінің өзгеруі	Сенсорлы экрандар, роботтар, киілетін электроника

Функционалды материалдарды электроника және сенсорикада қолданылу артықшылықтары

❖ Жоғары тиімділік пен сезімталдық

Функционалды материалдардың микроструктурасы мен химиялық құрамы сигналды өте дәл және тез анықтауға мүмкіндік береді. Мысалы:

- **Графен, ZnO нанотүтікшелері, TiO₂ наноқабықшалары** сияқты материалдар электрондарды жылдам өткізеді,
- Ал бұл өз кезегінде **сенсорлардың сезімталдығын арттырады** — яғни, аз ғана газ немесе температура өзгерісін де тез анықтай алады.

Нәтижесінде құрылғылар энергияны аз жұмсап, өнімділікті арттырады.

❖ Энергия үнемділігі

Көптеген функционалды материалдар аз қуат тұтынумен ерекшеленеді.

- Мысалы, **пьезоэлектрлік материалдар** сыртқы қысым немесе қозғалыс әсерінен өздігінен электр энергиясын өндіреді;
- **Термоэлектрлік материалдар** жылу айырмашылығын пайдаланып электр тогын шығара алады.

Бұл қасиет **смарт құрылғылар мен сенсорлардың ұзақ уақыт автономды жұмыс істеуіне** мүмкіндік береді. Осылайша энергия үнемделіп, экологиялық тиімділік артады.

❖ Экологиялық қауіпсіздік

Заманауи функционалды материалдар экологиялық тұрғыдан таза және қайта өңдеуге жарамды болып жасалады.

Мысалы:

- **Органикалық өткізгіш полимерлер** – ауыр металдарсыз жасалады;
- **Перовскиттік материалдардың** жаңа түрлері қорғасынсыз синтезделіп жатыр.

Сондай-ақ сенсорлар қоршаған ортаны (су, ауа) ластанудан қорғауға арналған мониторинг жүйелерінде қолданылады.

Яғни, олар экологияны ластамай, керісінше оны қорғауға қызмет етеді.

❖ Миниатюризация (шағын өлшем)

Нанотехнологиялар арқылы материалдардың құрылымын атом деңгейінде басқаруға болады. Бұл мүмкіндік:

- Электрондық чиптер мен сенсорларды **өте шағын өлшемде** жасауға,
- Бір құрылғыға **мыңдаған функцияны** сыйғызуға жағдай жасайды. Мысалы, қазіргі смартфондардағы датчиктер мен микрочиптердің бәрі — наноөлшемдегі функционалды материалдардан жасалған. Осының арқасында құрылғылар жеңіл, ықшам және портативті болады.

❖ Ұзақ мерзімді тұрақтылық

Функционалды материалдар сыртқы факторларға төзімді келеді:

- Жоғары температураға,
- Ылғалдылыққа,
- Химиялық әсерлерге.

Мысалы, **оксидтік наноқабықшалар (ZnO , Al_2O_3)** материалдарды тотығудан қорғайды, ал **гибридті полимерлер** құрылғының қызмет ету мерзімін бірнеше есеге арттырады.

Бұл сенсорлардың сенімді жұмыс істеуін және ұзақ қолданылуын қамтамасыз етеді.

Функционалды материалдарды электроника және сенсорикада қолданылу кемшіліктері

❖ Өндірістің күрделілігі

Функционалды материалдарды алу үшін жоғары дәлдік, арнайы жабдық, таза орта және наноөлшемдегі бақылау қажет. Мысалы: нанокұрылымды қабықшалар мен кванттық нүктелердің синтезі температура, қысым және ерітінді концентрациясына өте сезімтал.

❖ Жоғары құн

Функционалды материалдардың көпшілігі — сирек элементтер мен күрделі технологиялар арқылы жасалады. Мысалы: наноматериалдардың өндірісі үшін лазерлік, плазмалық немесе химиялық тұндыру жүйелері (CVD, PVD) қолданылады.

❖ Тұрақтылықтың жеткіліксіздігі

Кейбір материалдар уақыт өте келе физикалық және химиялық тұрақтылығын жоғалтады. Мысалы: Органикалық өткізгіш полимерлер тотығуға бейім; Нанобөлшектер агрегацияланып, сенсордың сезімталдығын төмендетуі мүмкін.

❖ Экологиялық және токсикалық мәселелер

Кейбір функционалды материалдар құрамында улы элементтер (**қорғасын, кадмий, никель**) болуы мүмкін.

Олар өндіріс немесе утилизация кезінде қоршаған ортаға зиян келтіреді. Мысалы:

- CdSe және PbS кванттық нүктелері экологиялық тұрғыдан қауіпті;

- Пластикалық матрицалар ыдырамауы мүмкін.

- ❖ Қайта өңдеу мен жоюдағы қиындықтар

- ❖ Жаппай өндіріс пен масштабтау мәселесі

- ❖ Материалдардың өзара үйлесімділігі

- ❖ Дәлдік пен сапаны бақылау қиындығы