

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра мікро- та наноелектроніки
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ФІЗИКА ВОДНЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
(назва навчальної дисципліни)

Освітня програма: Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої
(назва освітньої програми)

Спеціальність: 153 Мікро- та наносистемна техніка
(найменування спеціальності)

Галузь знань: 15 Автоматизація та приладобудування
(найменування галузі знань)

Ступінь вищої освіти: магістр
(назва ступеня вищої освіти)

Затверджено на засіданні кафедри
мікро- та наноелектроніки
(найменування кафедри)

Протокол № 1 від 17 серпня 2021 р.

1. Загальна інформація

Назва дисципліни	ВК Фізика водневих технологій Вибіркова навчальна дисципліна.
Рівень вищої освіти	Другий (магістерський) рівень
Викладач	Матюшин В.М., д-р фіз.-мат. наук, професор
Контактна інформація викладача	Робочий телефон: +380617698367, e-mail: vladimirmat33@gmail.com
Час і місце проведення навчальної дисципліни	згідно до розкладу занять дистанційне навчання – https://moodle.zp.edu.ua/enrol/index.php?id=3616
Обсяг дисципліни	Кількість годин – загальний обсяг 90 годин кредитів – 3 кредити ЄКТС; розподіл годин (на вивчення дисципліни): 14 годин лекційних, 14 годин практичних, 62 години самостійна робота, вид контролю – іспит.
Консультації	Згідно з графіком консультацій

2. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни

Пререквізити

Дисципліни за освітнім ступенем бакалавра:

«Фізика»,
«Фізична хімія»,
«Фізика твердого тіла»,
«Фізика низькорозмірних систем»,
«Матеріали мікро- та наноелектроніки»,
«Наноматеріали та процеси їх формування»,
«Фізика нанокластерів і тонких плівок»,
«Технологія тонких плівок».

Постреквізити

Стажування (переддипломна практика),
Магістерська робота.

3. Характеристика навчальної дисципліни

Фізика водневих технологій – це курс теоретично-практичного спрямування, що охоплює вивчення водневих фізичних і хімічних процесів, які можуть використовуватися в реальних технологіях виготовлення електронних засобів.

Вивчення навчальної дисципліни « Фізика водневих технологій » дасть студентові можливість набути вміння і навички в розрахунку режимів водневих фізичних і хімічних процесів, вміння і навички розробляти технологічні процеси обробки поверхні твердого тіла, а також набуття практичних навичок експериментального визначення параметрів водневих фізичних і хімічних процесів обробки поверхні напівпровідникових кристалів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати

загальні компетентності:

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- ЗК2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово;
- ЗК4. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні;
- ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність);
- ЗК8. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності);

фахові компетентності:

- СК1. Здатність ефективно використовувати складне контрольно-вимірвальне, технологічне

та дослідницьке обладнання при дослідженнях та виробництві матеріалів, компонентів, приладів і пристроїв мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення;

СК3. Здатність аналізувати та синтезувати мікро- та нанoeлектронні системи різного призначення;

СК5. Здатність аргументувати вибір методів розв'язання складних задач і проблем мікро- та наносистемної техніки, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення;

СК6. Здатність користуватися сучасними системами пошуку та аналізу науково-технічної інформації, проводити патентний пошук і дослідження та здійснювати захист інтелектуальної власності;

СК7. Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти у сфері мікро- та наносистемної техніки, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

Очікувані програмні результати навчання:

P1. Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або наукові задачі під час проєктування, виготовлення і дослідження мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у бізнес-проєктах;

P4. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері мікро- та нанoeлектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності;

P5. Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері мікро- та нанoeлектроніки, презентації результатів досліджень та інноваційних проєктів, вміти використовувати інформаційні технології при розробці технологічних процесів в електронній технології;

P8. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її;

P9. Забезпечувати якість виробництва; обирати технології, що гарантують отримання необхідних характеристик твердотільних пристроїв; застосовувати сучасні методи контролю мікро- та наносистемної техніки;

P12. Будувати і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів мікро- та нанoeлектроніки.

4. Мета вивчення навчальної дисципліни

Мета викладання курсу полягає в тому, щоб магістри ознайомились з сучасним проблемами фізики водневих технологій. Це дозволить майбутнім науковцям орієнтуватись в потоці науково-технічної інформації, забезпечити їм можливість орієнтуватись в сучасних напрямках електронних технологій, пов'язаних з використанням молекулярного та атомарного водню, і використовувати ці знання для розробки нових технологій.

5. Завдання вивчення дисципліни

полягає у формуванні у студентів уявлень про водневі фізичні та хімічні процеси, які можуть використовуватись при створенні технологічних процесів виготовлення електронних пристроїв.

6. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Рекомбінація атомарного водню

Тема 1. Отримання молекулярного і атомарного водню

Фізичні властивості молекулярного і атомарного водню. Квантово-механічні моделі водню: H^{\bullet} , H^+ , H^- , H_2 . Методи отримання молекулярного водню. Методи отримання атомарного водню. Конструкції реакційних камер для обробки в атомарному водні. Методи контролю концентрації атомарного водню. Процеси активації рекомбінації атомарного водню на поверхні твердих тіл.

Тема 2. Взаємодія молекулярного і атомарного водню з поверхнею

Адсорбція молекулярного водню на поверхні твердих тіл. Адсорбція атомарного водню на поверхні твердих тіл. Рекомбінація атомарного водню на поверхні твердих тіл. Механізми рекомбінації.

Тема 3. Радикало-рекомбінаційні ефекти

Механізм виділення енергії рекомбінації атомів. Радикало-рекомбінаційна люмінесценція. Хемовольтаїчні ефекти. Радикало-рекомбінаційна емісія електронів.

Змістовий модуль 2. Радикало-рекомбінаційні процеси

Тема 4. Дія атомарного водню на кристалічну ґратку твердого тіла

Механізми передачі енергії рекомбінації кристалічній ґратці. Радикало-рекомбінаційний розігрів. Радикало-рекомбінаційне розпилення поверхневих атомів. Генерація дефектів в приповерхневих шарах. Практичне використання процесів дії атомарного водню на кристалічну ґратку твердого тіла.

Тема 5. Стимулювання дифузії під дією атомарного водню

Механізми введення поверхневих атомів в тверде тіло під дією енергії рекомбінації. Механізми прискорення дифузії в приповерхневих шарах твердого тіла. Виникнення “фононного” вітру. Вплив механічних напруг в приповерхневих шарах на протікання гетеродифузії. Вплив вакансій на прискорення гетеродифузії. Вплив хімічної взаємодії домішка – водень на прискорення гетеродифузії. Практичне використання процесів стимулювання гетеродифузії під впливом атомарного водню.

Тема 6. Дія атомарного водню на тонкі металеві плівки

Розпилення металевих плівок. Масоперенесення в металевих плівках. Ущільнення металевих плівок. Зміна структури металевих плівок. Практичне використання дії атомарного водню на тонкі металеві плівки.

Тема 7. Дія атомарного водню на структури метал - напівпровідник

Зміна параметрів гетеромежі металева плівка – напівпровідник. Керування ВАХ гетероструктур. Вплив дії атомарного водню на адгезію металевих плівок до підшарків. Практичне використання впливу атомарного водню на гетероструктури металева плівка – підшарок.

7. План вивчення навчальної дисципліни

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Тема1.Отримання молекулярного і атомарного водню.	Лекція	2
2	Тема1.Установка для отримання атомарного водню.	Практичне заняття	2
3	Тема 2. Взаємодія молекулярного і атомарного водню з поверхнею.	Лекція	2
4	Тема 2. Отримання водню електролізом води.	Практичне заняття	2
5	Тема 3. Радикало-рекомбінаційні ефекти.	Лекція	2
6	Тема 3. Вимірювання параметрів процесу обробки в атомарному водні.	Практичне заняття	2
7	Тема 4. Дія атомарного водню на кристалічну ґратку твердого тіла.	Лекція	2
8	Тема 4. Ознайомлення з конструкціями реакційних камер.	Практичне заняття	2

9	Тема 5. Стимулювання дифузії під дією атомарного водню.	Лекція	2
10	Тема 5. Ознайомлення з режимами отримання атомарного водню.	Практичне заняття	2
11	Тема 6. Дія атомарного водню на тонкі металеві плівки.	Лекція	2
12	Тема 6. Обробка зразків в атомарному водні. Підготовка зразків для обробки атомарним воднем.	Практичне заняття	2
13	Тема 7. Дія атомарного водню на структури метал - напівпровідник.	Лекція	2
14	Тема 7. Дослідження зразків після обробки атомарним воднем. Практичне застосування атомарного водню.	Практичне заняття	2

8. Самостійна робота

№ тижня	Назва теми	Види СР	Кіл-ть годин	Контрольні заходи
1, 2	Отримання молекулярного і атомарного водню.	Опрацювання літератури, підготовка до практичних занять, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
3, 4	Взаємодія молекулярного і атомарного водню з поверхнею.	Опрацювання літератури, підготовка до практичних занять, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
5, 6	Радикало-рекомбінаційні ефекти.	Опрацювання літератури, підготовка до практичних занять, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
7, 8	Дія атомарного водню на кристалічну ґратку твердого тіла.	Опрацювання літератури, підготовка до практичних занять, індивідуальна робота.	12	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
9, 10	Стимулювання дифузії під дією атомарного водню.	Опрацювання літератури, підготовка до практичних занять, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
11, 12	Дія атомарного водню на тонкі металеві плівки.	Опрацювання літератури, підготовка та практичних занять, індивідуальна робота.	10	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.
13, 14	Дія атомарного водню на структури метал-напівпровідник.	Опрацювання літератури, підготовка до практичних занять, індивідуальна робота.	8	Усне опитування на лекціях, практичних заняттях.

Консультативна допомога студенту надається у таких формах:

- особиста зустріч викладача і студента за графіком консультацій <https://zp.edu.ua/rozklad-zanyat-konsultaciy-ta-ispytiv-kafedry-mikro-ta-nanoelektronika> (не менш, ніж 2 години на тиждень або за попередньою домовленістю);
- листування за допомогою електронної пошти: vladirmat33@gmail.com;
- відеозустріч в системі ZoomMeeting, аудіоспілкування або повідомлення у сервісах Viber та Telegram (за графіком консультацій викладача);

- спілкування по телефону (за графіком консультацій викладача).

Індивідуальні завдання

Для студентів заочної форми навчання передбачена *контрольна робота*.

9. Система та критерії оцінювання курсу

Оцінювання навчальних успіхів студентів реалізується шляхом проведення поточного та підсумкового контролю успішності.

Для студентів денної форми навчання:

1. Курсом передбачені лекції і практичні заняття.

1.1. Враховуючи активність студента на лекціях та результати аудиторних тестувань, студент може отримати в кожному модулі максимально 21 балів.

1.2. Якщо всі теми практичних занять здані на оцінку „відмінно“, робіт студент може отримати в кожному модулі максимально 21 бал.

2. По закінченню першого і другого напівсеместру проводиться рубіжні контролю у вигляді *аудиторної контрольної роботи*. Максимальна рейтингова оцінка цих видів контролю – 58 балів.

3. За підсумками першого та другого рубіжного модульного контролю студенту формується підсумкова оцінка знань, яка оголошується до початку екзаменаційної сесії. Під час екзаменаційної сесії студенти, які незгодні з оцінкою за підсумками рубіжного контролю або отримали незадовільну оцінку, з'являються на *екзамен*.

Для студентів заочної форми навчання передбачено захист контрольної роботи, розв'язування задач, лабораторні роботи, усний або письмовий іспит.

Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота								Підсумкова
Змістовий модуль №1				Змістовий модуль № 2				
ПЗ	Тести	МК	Σ	ПЗ	Тести	МК	Σ	100
21	21	58	100	21	21	58	100	

ПЗ – практичні заняття; МК – модульна контрольна робота.

Отже, сумарна кількість балів, яку отримує студент впродовж семестру, складає 100. В залежності від отриманої суми балів до залікової відомості та в залікову книжку виставляється оцінка згідно національної шкали.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10. Політика курсу

Політика щодо академічної доброчесності:

Складати всі проміжні та фінальні завдання самостійно без допомоги сторонніх осіб.

Надавати для оцінювання лише результати власної роботи.

Не вдаватися до кроків, що можуть нечесно покращити ваші результати чи погіршити/покращити результати інших студентів.

Не публікувати відповіді на питання, що використовуються в рамках курсу для оцінювання знань студентів

Політика щодо відвідування аудиторних занять (особиста присутність студента):

Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні сформувати загальні та фахові компетентності. Самостійну роботу студент може виконати у системі дистанційного навчання (<https://moodle.zp.edu.ua/enrol/index.php?id=3616>) з подальшим захистом. За об'єктивних причин (наприклад, лікарняні, стажування, мобільність, індивідуальний графік, інше) аудиторні види занять та завдань також можуть бути трансформовані в систему дистанційного навчання (сервіс Moodle).

Політика щодо дедлайнів.

Студент зобов'язаний дотримуватись крайніх термінів (дата для аудиторних видів робіт або час в системі дистанційного навчання), до яких має бути виконано певне завдання. За наявності поважних причин (відповідно до інформації, яку надано деканатом) студент має право на складання індивідуального графіку вивчення окремих тем дисципліни.

Політика щодо оскарження результатів контрольних заходів:

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються.

Політика щодо дотримання прав та обов'язків студентів.

Права і обов'язки студентів відображено у п.7.5 Положення про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Запорізька політехніка» (https://zp.edu.ua/uploads/dept_nm/Polozhennia_pro_organizatsiyu_osvitnoho_protseesu.pdf).

Політика щодо конфіденційності та захисту персональних даних.

Обмін персональними даними між викладачем і студентом в межах вивчення дисципліни, їх використання відбувається на основі Закону України «Про захист персональних даних» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>). Стаття 10, п.3.