



# Кристалохімічні основи технології наноструктур

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>15 Автоматизація та приладобудування</i>
Спеціальність	<i>153 Мікро- та наносистемна техніка</i>
Освітня програма	<i>Мікро- та наноелектроніка</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити/120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лекції та практики: к.т.н. Обухова Тетяна Юріївна, <a href="mailto:t.y.obukhova@gmail.com">t.y.obukhova@gmail.com</a></i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/u/1/c/NjE4ODEwNzE3NTU5">https://classroom.google.com/u/1/c/NjE4ODEwNzE3NTU5</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

*Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:*

- використання різноманітних фізичних явищ у низькорозмірних системах для аналізу фізичних і матеріалознавчих проблем функціонування та створення електронних приладів на їх основі;*
- самостійно розробляти на основі вивчених фізичних явищ та ефектів нові види електронних приладів на основі квантово-розмірних структур*

*Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:*

#### **знання:**

- кристалічної структури основних напівпровідникових та нанорозмірних матеріалів, їх хімічних властивостей, хімічної та фізичної природи технологічних процесів обробки кристалічних та нанорозмірних напівпровідникових матеріалів.*

#### **уміння:**

- проводити розрахунок технологічних умов для отримання кристалічних та нанорозмірних матеріалів з заданими властивостями*

#### **досвід:**

- практичних розрахунків технологічного процесу для отримання кристалічних та нанорозмірних напівпровідникових структур з заданими властивостями*

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

*Для успішного засвоєння дисципліни необхідний базовий рівень володіння англійською мовою не нижче А2.*

*У свою чергу, навчальна дисципліна «Синтез та діагностика наноструктур» забезпечує виконання магістерської дисертації*

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

- 1. Кристалохімічні властивості напівпровідникових наноструктур*
- 2. Технології напівпровідникових нанокристалів та наноплівки*
- 3. Квантово-розмірні структури та їх властивості.*
- 4. Структури на основі вуглецю*
- 5. Напівпровідникові надгратки*
- 6. Аналітичні дослідження*

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

*Базова література*

- 1. Заячук Д.М. Нанотехнології і наноструктури. – Львів: видавництво національного університету «Львівська політехніка», 2009, – 581 с.*
- 2. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии, – М.: Техносфера, 2005, – 334 с.*
- 3. Н. Герасименко, Ю. Пархоменко. Кремній – матеріал наноелектроніки. – М.: Техносфера, 2007, – 352 с.*
- 4. А. В. Іващук. Синтез та діагностика наноструктур. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ.*

*Додаткова література:*

- 1. Заячук Д.М. Низькорозмірні структури і надгратки. – Львів: видавництво національного університету «Львівська політехніка», 2006. 220 с.*
- 2. Stangl J., Holy V., Bauer G. Structural properties of self-organized semiconductor nanostructures // Rev. Mod. Phys. -2004 / - V. 76. – P.725 – 783.*
- 3. Tseng A. A., Notagriacomo A., Chen T. P. Nanofabrication by scanning probe microscope lithography: A review // Vac. Sci. Technol. B. – 2005. – V. 23, # 3. – P. 877 – 894.*

## 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

### Лекції

1. Кристалічна структура та властивості напівпровідникових структур та наноструктур
2. Технологічні методи об'ємної електроніки та вирощування тонких плівок і квантово-розмірних шарів
3. Молекулярно-променева епітаксія
4. Газофазна епітаксія з металоорганічних сполук
5. Технологічні методи одержання квантових ниток
6. Технологічні методи одержання квантових точок
7. Потенціальна яма і потенціальний бар'єр
8. Вимірність системи і густина станів вільних електронів
9. Двовимірні, одновимірні і нульвимірні структури та їх властивості
10. Вуглець і його структури
11. Графен і його властивості
12. Фулерени
13. Вуглецеві нанотрубки
14. Класифікація і енергетичний спектр надграток
15. Фізичні властивості надграток
16. Електронна растрова і просвічуюча мікроскопія
17. Атомно-силова мікроскопія, тунельна мікроскопія
18. Оже-спектрометрія, вторинна іонна мас-спектрометрія, рентгеноелектронна спектроскопія

### Тематика практичних робіт

1. Індекси Міллера.
2. Розподіл домішок під час росту кристалу
3. Гетероепітаксія кремнію.
4. Дифузія.
5. Іонне розпилення.

## 6. Самостійна робота студента

До самостійної роботи студента входять:

- підготовка до аудиторних занять,
- проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях,
- написання реферату,
- вивчення тем, що виноситься на самостійне опрацювання
- підготовка до контрольних робіт та заліку.

## Політика та контроль

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

**Лекційні заняття** проводяться в системі Google Classroom. **Практичні заняття** за сприятливої епідеміологічної ситуації відбуваються очно. Відвідування лекційних занять не є обов'язковим, однак для одержання іспиту "автоматом" потрібно набрати більше 60 балів, які можна

одержати за виконання обов'язкових завдань (реферат, написання модульної контрольної роботи, практичних робіт) та відвідавши лекційні заняття (пройшовши експрес-тест по матеріалу лекції).

Під час всіх видів занять студенти зобов'язані відімкнути звук та відео, окрім доповідача.

Бали за роботу під час лекцій нараховуються на основі експрес-опитування у вигляді тесту в системі Google Classroom. Кожний тест містить 3-5 запитань до матеріалу модуля, правильна відповідь на які дасть змогу отримати по 1 балу за кожну відповідь. Тести доступні протягом одного тижня після видачі завдання.

**Модульна контрольна робота** робота проводиться онлайн у вигляді тестування в системі Google Classroom, написання контрольної роботи можливе тільки в день її проведення.

**Практичні заняття** Виконання практичних завдань полягає в проведенні необхідних розрахунків відповідно до варіанту та оформленні звіту. Звіт про виконання роботи подається у форматі PDF в друкованому або рукописному вигляді в систему Google Classroom у визначений термін.

**Індивідуальне завдання** (реферат) – Тематика завдань відповідає змістовним модулям. Студенти мають змогу вибрати тему завдання самостійно, але тим студентам які не зробили вибір до визначеної дати тема призначається викладачем. Звіт про виконання роботи оформлюється відповідно до ДСТУ 3008-2015 та 8302-2015 і подається у форматі PDF в друкованому або рукописному вигляді в систему Google Classroom у визначений термін. Роботи не в форматі PDF не приймаються. Також студенти мають можливість отримати додаткові бали шляхом презентації свого завдання

Студенти, які набрали протягом семестру кількість балів  $\geq 60$  мають можливість не складати залік, а отримати оцінку "автоматом" відповідно до набраного рейтингу з дисципліни. Студенти, які не набрали 60 балів, або набрали  $\geq 60$ , однак одержана оцінка не влаштовує, складають залік без урахування семестрових рейтингових балів.

Умова допуску до заліку – семестровий рейтинг не менше 40, здача реферату та виконання усіх запланованих лабораторних робіт.

**Залік** є письмовим. Білет на іспиті складається з 15 тестових та 3-х розширених завдань (теоретичні питання) по тематиці змістовних модулів, що виносяться на аудиторні заняття, та окремих питань, які виносяться на самостійне опрацювання.

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

**Поточний контроль:** модульні контрольні роботи

**Календарний контроль:** провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умови позитивної атестації на 1 контролі – рейтинг не менше 25 балів, на 2 контролі – не менше 40 балів

**Семестровий контроль:** залік

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг не менше 40 балів, здача реферату та виконання усіх запланованих практичних робіт.

Система рейтингової оцінки по видам занять:

№ п/п	Заняття, що підлягають рейтинговій оцінці	Загальна кількість завдань	Максимальний бал за 1 завдання	Кількість балів	Додаткові бали
1.	Лекції: експрес-опитування	5	3	15	
2.	Модульна контрольна робота	2	20	40	
3.	Індивідуальне завдання (реферат)	1	20	20	10
4.	Практичні роботи	5	5	25	
Семестрові бали				100	

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** доцент, к.т.н., Обухова Тетяна Юріївна

**Ухвалено** кафедрою мікроелектроніки (протокол №22 від 23.06.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 06/23 від 29.06.2023 р.)