



# Основи технології мікро- та наносистемної техніки

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|   |  |
|---|--|
| Рівень вищої освіти                         | <i>Перший (бакалаврський)</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>нормативна</i>                              |
| Форма навчання                              | <i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>         |
| Рік підготовки, семестр                     | <i>3 курс, осінній семестр</i>                 |
| Обсяг дисципліни                            | <i>4 кредити ЄКТС</i>                          |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи     | <i>Екзамен</i>                                 |
| Розклад занять                              |  |
| Мова викладання                             | <i>Українська</i>                              |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | <i>Лектор: д.т.н.,доц., Мачулянський О.В.,</i> |
| Розміщення курсу                            | <i>Google classroom, jioeбтб, Campus,</i>      |

### Програма навчальної дисципліни

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

Мета навчальної дисципліни: формування у студентів компетентності для професійної діяльності в застосуванні технологій та матеріалів при вирішенні практичних та технологічних задач розробки, проектування, виробництва, експлуатації електронних приладів мікро- та наносистемної техніки фізичного та біомедичного призначення,

Основні завдання навчальної дисципліни.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати

Програмні результати навчання:

- Застосовувати знання структурних особливостей, природи хімічного зв'язку та електрофізичних властивостей матеріалів електроніки для створення функціональних матеріалів та структур твердотільної, оптичної, мікрохвильової та наноелектроніки.
- Будувати та ідентифікувати математичні моделі технологічних об'єктів, використовувати їх при розробці нової мікро- та наносистемної техніки та виборі оптимальних рішень.
- Організувати та проводити планові та позапланові технічні обслуговування, налагодження технологічного устаткування у відповідності до поточних вимог виробництва.

- Вміти засвоювати нові знання, прогресивні технології та інновації, знаходити нові нешаблонні рішення і засоби їх здійснення

#### Фахові компетентності

- Здатність розв'язувати інженерні задачі в галузі мікро- та наносистемної техніки з урахуванням всіх аспектів розробки, проектування, виробництва, експлуатації та модернізації.
- Здатність розуміти та застосовувати технологічні принципи виробництва, випробування, експлуатації та ремонту мікро- та наносистемної техніки та біомедичного обладнання.
- Здатність застосовувати творчий та інноваційний потенціал в синтезі інженерних рішень і в розробці конструктивних елементів геліоенергетики, приладів фізичного та біомедичного призначення.

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

### **Пререквізити**

Для успішного вивчення дисципліни, студенту необхідні опанування знання та уміння наступних дисциплін: фізика, математичний аналіз, хімія матеріалів електроніки, матеріали і компоненти мікро- та наносистемної техніки.

### **Постреквізити**

Дисципліна є базовою для вивчення наступних дисциплін: наноелектроніка, сенсорні матеріали та технології, функціональна електроніка, мікрохвильова техніка, біомедичні сенсори, а також виконання преддипломної практики та дипломного проектування.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Загальна характеристика технології мікро та наносистемної техніки.**

Тема 1.1. Вступ. Предмет і завдання курсу..

Тема 1.2. Основні терміни та означення.

Тема 1.3. Вимоги до умов виробництва електронних приладів, та пристроїв, інтегральних схем та інших виробів мікро та наносистемної техніки.

Тема 1.4. Етапи розробки виробів та технології, технічна документація.

### **Розділ 2. Структура технологічного процесу виробництва приладів та пристроїв мікро та наносистемної техніки.**

Тема 2.1. Узагальнена структура технологічного процесу.

Тема 2.2. Класифікація фізико-хімічних технологічних процесів

Тема 2.3. Інтеграція технологічних процесів в технологічні маршрути.

### **Розділ 3. Базові технологічні процеси виробництва мікро та наносистемної техніки.**

Тема 3.1. Підготовка і обробка матеріалів

Тема 3 2. Легування матеріалів.

Тема 3.3 Нанесення речовини на підкладку.

Тема 3.4.Літографічні процеси.

Тема 3.5. Складання, монтаж та герметизація виробів мікро та наносистемної техніки.

Тема 3.6 Контроль та випробовування виробів.

#### **Розділ 4. Технологічні схеми виробництва приладів та пристроїв мікро та наносистемної техніки.**

Тема 4.1. Дискретні напівпровідникові прилади

Тема 4.2. Електронні вироби на печатних платах.

Тема 4.3. Монолітні інтегральні прилади та схеми.

Тема 4.4. Плівкові інтегральні схеми та мікрозбірки.

Тема 4.5. Напрями розвитку сучасної технології.

#### **4. Рекомендована література**

##### Базова

1. Ю. Готра. Технологія електронної техніки. Т.1, Т.2. вид. Львівська політехніка. 2010 р.
2. С.П.Новосядлий. Фізико-технологічні основи субмікронної технології великих інтегральних схем. І.Франківськ, 2003 р.
3. Ю.М.Поплавко, О.В.Борисов, Ю.І.Якименко. Нанофізика наноматеріали, наноелектроніка. Київ. НТУУ КПІ, 2012, р.
4. М.Г.Находкін. Д.І.Шека. Фізичні основи мікро-та наноелектроніки. ВТЦ Київський університет. 2005 р.
5. Курносів А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. – М.: Высшая школа, 1986.

##### Допоміжна

1. Свечников Г.С. Интегральная микроэлектроника. Ограничения и перспективы. – Одесса: Астропринт, 2010. – 474с.
2. Вербицкий В. Г. Ионные нанотехнологии в электронике. К., МП Леся, 2002. – 376 с.
3. У. Тилл и Дж. Лаксон, Интегральные схемы — материалы, приборы, изготовление, М.— Мир, 1985 г., 504 с
4. Технология СБИС, том I-II, под ред. С.Зи, М., Мир, 1986.-404 с.
5. Технология тонких пленок. Справочник. Под ред. М.Майселла, Р.Гленга.М. Сов. радио. 1977 г.
6. Коледов Л.А., Технологія і конструкція мікросхем, мікропроцесорів і мікрозборок. М., "Радіо і зв'язок", 1989р, 400 с
7. Физика тонких пленок. Под ред. Г.Хасса. Пер. с англ. М.Мир. 1967 г.
8. Черняев В.Н. Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров. М., Радио и связь, 1989, 464 с.
9. Мачулянський О.В., Татарчук Д.Д. Методичний посібник – електронне видання з курсу „Моделювання технології та ІМС ” : – К.: НТУУ „КПІ”, 2009. – 32 с. Свід. – НМУ № Е8/9-059
10. Технологія формування окисних та легованих шарів в напівпровідникових пластинах термічними методами. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Київ. Аверс, 2008. – 39 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

| Назви розділів і тем   | Кількість годин |              |           |                                      |     |
|--|-----------------|--------------|-----------|--------------------------------------|-----|
|  | Всього          | у тому числі |           |                                      |     |
|  |                 | Лекції       | Практичні | Лабораторні (комп'ютерний практикум) | СРС |
| 1  | 2               | 3            | 4         | 5                                    | 6   |
| <b>Розділ 1. Загальна характеристика технології мікро та наносистемної техніки.</b>  |                 |              |           |                                      |     |
| Тема 1.1. Вступ. Предмет і завдання курсу..  | 2               | 2            |           |                                      |     |
| Тема 1.2. Основні терміни та означення.  | 3               | 2            |           |                                      | 1   |
| Тема 1.3. Вимоги до умов виробництва електронних приладів, та пристроїв, інтегральних схем та інших виробів мікро та наносистемної техніки | 4               | 2            |           |                                      | 2   |
| Разом за розділом 1  | 9               | 6            |           |                                      | 3   |
| <b>Розділ 2. Структура технологічного процесу виробництва приладів та пристроїв мікро та наносистемної техніки.</b>                        |                 |              |           |                                      |     |
| Тема 2.1. Узагальнена структура технологічного процесу.  | 3               | 2            |           |                                      | 1   |
| Тема 2.2. Класифікація фізико-хімічних технологічних процесів.   | 3               | 2            |           |                                      | 1   |
| Тема 2.3. Інтеграція технологічних процесів в технологічні маршрути.   | 5               | 2            |           |                                      | 3   |
| Разом за розділом 2  | 11              | 6            |           |                                      | 5   |
| <b>Розділ 3. Базові технологічні процеси виробництва мікро та наносистемної техніки.</b>   |                 |              |           |                                      |     |
| Тема 3.1. Підготовка і обробка поверхні матеріалів   | 12              | 4            |           | 6                                    | 2   |
| Тема 3.3. Легування матеріалів.  | 24              | 4            |           | 14                                   | 6   |
| Тема 3.4 Нанесення речовини на підкладку.  | 14              | 4            |           | 6                                    | 4   |
| Тема 3.4.Літографічні процеси.   | 4               | 2            |           |                                      | 2   |
| Тема 3.5. Складання, монтаж та герметизація виробів .  | 2               | 1            |           |                                      | 1   |
| Тема 3.6 Контроль та випробовування виробів  | 2               | 1            |           |                                      | 1   |
| Разом за розділом 3  | 58              | 16           |           | 26                                   | 16  |
| <b>Розділ 4. Технологічні схеми виробництва приладів та пристроїв мікро та наносистемної техніки.</b>                                      |                 |              |           |                                      |     |
| Тема 4.1. Дискретні напівпровідникові прилади  | 2               | 1            |           |                                      | 1   |
| Тема 4.2. Електронні вироби на печатних платах.  | 2               | 1            |           |                                      | 1   |

| 1   | 2  | 3 | 4 | 5  | 6  |
|---|----|---|---|----|----|
| Тема 4.3. Монолітні інтегральні схеми.          | 18 | 4 |   | 10 | 4  |
| Тема 4.4. Плівкові інтегральні схеми.           | 3  | 1 |   |    | 2  |
| Тема 4.5. Напрями розвитку сучасної технології. | 3  | 1 |   |    | 2  |
| Разом за розділом 4                             | 42 | 8 |   | 10 | 10 |
| Екзамен   | 14 |   |   |    | 14 |

Цикл комплексного практикуму призначений для розвитку та закріплення навичок необхідних при проведенні технологічних процесів формування виробів електронної техніки.

| № з/п | Назва роботи комплексного практикуму   |
|-------|--|
| 1     | Визначення питомого опору матеріалів чотирьохзондовим методом  |
| 2     | Омічні контакти. Особливості створення омічних контактів в інтегральних напівпровідникових структурах. Визначення опору омічних контактів метал-напівпровідник |
| 3     | Легування напівпровідникових структур методом термічної дифузії (одно стадійний технологічний процес)  |
| 4     | Легування напівпровідникових структур методом високотемпературної дифузії (двостадійний технологічний процес)  |

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

З метою сприяння більш поглибленого вивчення студентом теоретичного матеріалу, формування навиків використання набутих знань для розв'язку практичних задач в процесі вивчення теоретичного матеріалу надаються рекомендації, щодо **організації самостійної роботи студентів** над освоєнням курсу "Технологічні основи електроніки". Для стимуляції самостійної роботи студентів, заохочення їх до самовдосконалення передбачені індивідуальні завдання у вигляді домашньої контрольної роботи по тематиці розділів курсу.

| № з/п | Назва розділу   | Кількість годин СРС |
|-------|---|---------------------|
| 1     | Загальна характеристика технології мікро та наносистемної техніки.<br>Розглядаються місце та роль технології, технологія як наука, етапи розвитку технології. Сучасні вимоги до технології електронних приладів. Особливості метрологічного забезпечення сучасної технології. Вимоги до умов виробництва приладів електронної техніки, чистоти та параметрів середовища виробництва і робочих матеріалів, рідин та газів.<br>Рекомендована література: [2], [3], глава 1 [5], [д1]. | 3                   |
| 2     | Структура технологічного процесу виробництва приладів та пристроїв мікро та наносистемної техніки.<br>Вивчити узагальнену структурну схему технологічного процесу, основні етапи процесу, особливості виробництва основних типів напівпровідникових та електровакуумних приладів. Класифікація технологічних процесів, роль електронно-іонної, плазмової та   | 5                   |

|   |   |    |
|---|---|----|
|   | фотонної обробки, інтегрованих процесів. Особливості та роль планарної технології в мікроелектроніці. Вивчити її основні принципи, типову схему планарного технологічного процесу, перспективи її розвитку.<br>Рекомендована література: [1], [5], [д8].  |    |
| 3 | Базові технологічні процеси виробництва мікро та наносистемної техніки.<br>Базові технологічні процеси в електронній промисловості. Опрацювати питання про підготовку та обробку поверхні підкладок. Вивчити процеси очистки, хімічної, сухої іонноплазмової обробки. Легування матеріалів, дифузійне легування та іонна імплантація. Нанесення речовини на підкладку. Епітаксія. Отримання провідних та резистивних плівок, формування оксидних та нітридних шарів кремнію. Літографічні процеси. Фотолітографія та її різновиди. Інші методи літографії. Монтаж та герметизація виробів електронної техніки. Вивчити вимоги до електричних з'єднань, засоби з'єднань та методи герметизації. Контроль та випробовування виробів електронної техніки, їх методи та різновиди.<br>Рекомендована література: [1], [2], [4], [5], [д2], [д3], [д4], [д5]. [д7]. | 16 |
| 4 | Технологічні схеми виробництва приладів та пристроїв мікро та наносистемної техніки.<br>Вивчити технологічні схеми виробництва типових приладів: дискретних напівпровідникових приладів, плівкових схем, виробів на печатних платах.<br>Рекомендована література: [1], [5], [д8].   | 10 |
| 5 | Екзамен   | 14 |

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекції та практикум проводяться в Google Meet за постійно діючим посиланням.

Передбачено можливість навчання в дистанційному та змішаному режимі

Методичне забезпечення дисципліни присутнє в електронному вигляді в середовищі Campus.  
Окремо створено Google Classroom

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

**Поточний контроль:** з метою контролю процесу засвоєння учбового матеріалу дисципліни передбачено МКР, а також тематичні опитування під час проведення лекцій та під час захисту індивідуальних робіт.

**Календарний контроль:** модульна контрольна робота (проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу).

**Семестровий контроль:** екзамен

**Умови допуску до семестрового контролю:** виконання МКР , індивідуальних завдань

**Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:**

| Кількість балів           | Оцінка       |
|---------------------------|--------------|
| 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, д.т.н., доцент, Мачулянський О.В.

**Ухвалено** кафедрою мікроелектроніки (протокол № 21 від 10.06.2020)

**Погоджено** Методичною комісією факультету електроніки (протокол № 06/2020 від 22.06.2020)