

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Кафедра мікроелектроніки

**ПЛАН ЛЕКЦІЙ
КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ**

Технологічні основи електроніки

рівень вищої освіти	перший
спеціальність	153 Мікро та наносистемна техніка (шифр і назва)
освітня програма	Мікро та наноелектроніка (ОПП/ОНП, назва)
форма навчання	денна

КИЇВ 2020

1. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Мета навчальної дисципліни:

формування у студентів здатностей використовувати принципи та методи сучасної електронної технології і, зокрема, мікроелектроніки для створення приладів та пристроїв мікро та наносистемної техніки.

ЗДАТНІСТЬ: практичного використання набутих знань в процесі навчання у ВУЗі, при виконанні курсових та дипломної робіт, у практичній діяльності та наукових дослідженнях за фахом.

2.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

- основних положень та принципів організації технологічного процесу виробництва приладів електронної техніки;
- фізико-хімічних основ сучасної технології;
- базових технологічних процесів сучасної мікроелектроніки.

УМІННЯ:

- обґрунтувати структуру технологічних процесів типових виробів електронної техніки;
- вибрати оптимальні базові процеси для формування виробів мікроелектроніки;
- розрахувати основні параметри базових технологічних процесів;
- сформулювати вимоги до умов та режимів обробки, практично виконати найпростіші технологічні операції

3. План лекційних занять

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<p style="text-align: center;"><i>Вступ.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Предмет і завдання курсу. – Структура курсу і загальні методологічні принципи його вивчення. – Місце та роль технології у створенні виробів електронної техніки. – Етапи розвитку технології. <p>Рекомендована література: глава1 [1], глава1 [4], глава 1 [5]</p>

2	<p style="text-align: center;"><i>Основні терміни та означення.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Етапи розробки виробів та технології, технічна документація. – Основні види конструкторської та технологічної документації. – Стандартизація при розробці, ЕСКД, ЕСТД, ЕСТПП . – Особливості метрологічного забезпечення сучасної технології. <p>Рекомендована література:</p> <p style="padding-left: 40px;">розділи ,2 [2], глава 1 [5]</p>
3	<p style="text-align: center;"><i>Узагальнена структура технологічного процесу.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Основні його етапи. – Особливості виробництва основних типів напівпровідникових та електровакуумних приладів. – Особливості виробництва мікроелектронних виробів електронної техніки. <p>Рекомендована література:</p> <p style="padding-left: 40px;">розділ 6 [2], глава 1 [5], [д2,д4].</p>
4	<p style="text-align: center;"><i>Класифікація технологічних процесів</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Класифікація фізико-хімічних технологічних процесів. – Процеси нанесення речовини на підкладку, – Процеси вилучення речовини – Процеси перерозподілу між зовнішнім середовищем та підкладкою. – Базові механічні, хімічні та електрофізичні методи обробки. – Роль електронно-іонної, плазмової обробки. – Інтеграція технологічних процесів. <p>Рекомендована література:</p> <p style="padding-left: 40px;">розділ 7 [2], глава 1 [4] [д1].</p>

5	<p style="text-align: center;"><i>Основні принципи планарної технології.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Основні принципи планарної технології. – Типова схема планарного технологічного процесу, перспективи її розвитку. – Інтеграція технологічних процесів в технологічні маршрути. – Типові схеми технологічного маршруту виготовлення біполярних та МОП ІМС. – Особливості вибору режимів і матеріалів. – Основні електрофізичні та технологічні властивості германію, кремнію, арсеніду галію. <p>Рекомендована література: глава 1 [4], [д1-д3].</p>
6	<p style="text-align: center;"><i>Легування матеріалів.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Дифузійне легування та модифікування. – Механізм легування дифузією домішок, – Коефіцієнт дифузії та його зв'язок з природою матеріалу та умовами проведення дифузії. – Перший та другий закони Фіка. <p>Рекомендована література:</p> <p style="padding-left: 40px;">глава 4,5 [1], розділ 4-7 [2], глава 5-7 [3], глава 10,19 [4], глава 2-7 [5] [д1-д3]</p>
7	<p style="text-align: center;"><i>Легування матеріалів.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Моделі дифузії домішок в тверде тіло. – Дифузія з обмеженого джерела. – Дифузія з необмеженого джерела. – Розрахунок розподілу домішок . – Розрахунок технологічних параметрів дифузійних процесів. – Методи проведення дифузії. <p>Рекомендована література: глава 4,5 [1], розділ 4-7 [2], глава 5-7 [3], глава 10,19 [4], глава 2-7 [5] [д1-д3]</p>

8	<p style="text-align: center;">Іонна імплантація</p> <ul style="list-style-type: none"> – Фізичні основи іонної імплантації. – Розподіл пробігу імплантованих іонів у твердому тілі (аморфному та монокристалі). – Поняття дози імплантації. – Ефект каналювання. – Механізми утворення та типи радіаційних дефектів. – Радіаційно стимульована дифузія. – Методи вимірювання параметрів дифузійних шарів. <p>Рекомендована література:</p> <p style="padding-left: 40px;">глава 5 [1], розділ 7 [2], глава 6 [3], глава 6 [4], глава 4 [5] [д1-д3]</p>
9	<p style="text-align: center;"><i>Підготовка і обробка напівпровідникових пластин та поверхні підкладок.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Основні параметри напівпровідникових пластин, які використовуються в якості підкладок ІМС. – Вирощування кристалів, – дефекти кристалів. – Руйнування твердого тіла при механічному видаленні речовини.. – Шліфування напівпровідникових пластин. – Полірування напівпровідникових пластин. – Розділ напівпровідникових пластин на кристали. – Вимоги до якості обробки поверхні напівпровідникових пластин. <p>Рекомендована література:</p> <p style="padding-left: 40px;">глава 1 [1], розділ 3 [2], глава 2 [3], глава 3 [4], глава 2 [5] [д1-д3]</p>

10	<p style="text-align: center;"><i>Основи процесів очистки поверхні.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Фізичні та хімічні забруднення, – Класифікація методів очистки. – Способи видалення забруднень.. – Очистка в рідких середовищах. – Видалення органічних забруднень. – Видалення жирових забруднень. – Фізико-хімічні основи процесів рідинного травлення, – Кінетика розчинення твердих тіл – Механізми травлення. – Електрохімічне травлення. – Обмеження та недоліки, які властиві рідинному травленню. – Використання ультразвуку для очистки. <p>Рекомендована література:</p> <p style="text-align: center;">глава 2 [1], розділ 4 [2], глава 3 [3], глава 4 [4], глава 3 [5] [д1-д3]</p>
11	<p style="text-align: center;"><i>Методи сухої обробки напівпровідникових пластин та поверхні підкладок</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Методи сухого травлення – Термічна очистка, вибір робочого середовища. – Фізичне розпилення – Плазмохімічне видалення речовини, кінетика та механізми процесів. – Іонно-плазмові методи травлення твердих тіл. – Фактори, що впливають на характеристики процесу травлення (енергія і кут падіння іонів, склад робочого газу, параметри газового розряду, температура). – Парогазове травлення. – Побічні ефекти під час сухого травлення (осадження полімерів, радіаційні ушкодження). – Переваги та недоліки методів сухого травлення. <p>Рекомендована література:</p> <p style="text-align: center;">глава 2 [1], розділ 3 [2], глава 3 [3], глава 4 [4], глава 2 [5] [д1-д3]</p>

12	<p style="text-align: center;"><i>Нанесення речовини на підкладку</i></p> <p>Осадження діелектричних плівок.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Загальні положення процесів осадження. – Формування оксидних та нітридних шарів кремнію. – Термічне окислення кремнію. – Методи окислення і обладнання – Окислення в сухому середовищі. – Окислення в вологому середовищі. – Окислення під впливом високого тиску. – Особливості плазмохімічного осадження діелектричних плівок. <p>Рекомендована література:</p> <p>глава 2 [1], розділ 11 [2], глава 3,10 [3], глава 5,19 [4], глава 6 [5] [д1-д3]</p>
13	<p style="text-align: center;"><i>Металізація.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Загальні положення процесу металізації. – Методи вакуумного осадження тонких провідних та резистивних плівок. – Омічні контакти. – Особливості створення омічних контактів в інтегральних напівпровідникових структурах. <p>Рекомендована література:</p> <p>глава 8 [1], розділ 7,11 [2], глава 8-10 [3], глава 12 [4], глава 7 [5] [д1-д3]</p>
14	<p style="text-align: center;"><i>Епітаксія.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Особливості і різновиди епітаксійних процесів. – Автоепітаксія кремнія. <p>Рекомендована література:</p> <p>глава 2, 6 [1], розділ 3-7 [2], глава 2-4 [3], глава 3,11,19 [4], глава 2-7 [5] [д1-д3]</p>

15	<p style="text-align: center;"><i>Літографічні процеси.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Методи літографії – Фотолітографія та її різновиди. – Особливості фотолітографії, – методи експонування. Фоторезисти. – Процес перенесення зображення. <p>Рекомендована література: глава 3 [1], розділ 5 [2], глава 11-15 [3], глава 5 [4], глава 7 [5] [д1-д3]</p>
16	<p style="text-align: center;"><i>Вимоги до умов виробництва електронних приладів, та пристроїв електронної техніки.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Вимоги до чистоти та кліматичних параметрів повітряного середовища. – Забезпечення заданих класів чистоти та категорій мікроклімату. Чисті кімнати та способи організації в них повітряного потоку. Контроль повітряного середовища. – Вимоги до технологічних матеріалів, води, газів. – Основні методи їх очистки та контролю. <p>Рекомендована література: глава 2 [1], розділи 1,2 [2], глава1 [4], глави 1 [5], [д.1].</p>
17	<p><i>Контроль та випробовування виробів у електронній промисловості.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Методи контролю. – Електрофізичні методи контролю. – Ввипробовування виробів у електронній промисловості – Організація та автоматизація контролю та випробувань виробів електронної техніки.. <p>Рекомендована література: глава 10 [1], розділ 11 [2], глава 15 [3], глава 19 [4], глава 7 [5] [д1-д3]</p>

18	<p style="text-align: center;"><i>Технологічні схеми виробництва електронної техніки</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Типова схема технологічного маршруту виготовлення плівкових інтегральних схем. – Типова схема технологічного маршруту виготовлення монолітних інтегральних схем. – Типова схема технологічного маршруту виготовлення гібридних інтегральних схем. – Технологічні схеми виробництва виробів на печатних платах, (дискретних елементах). <p>Рекомендована література:</p> <p style="padding-left: 40px;">глави 12-13 [1], розділ 8,12 [2], глави13-18 [4], [д2,д3,д10].</p>
----	---

4. Рекомендована література

. Базова

1. Курносое А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. – М.: Высшая школа, 1986.
2. Антонов В. А. Технология производства электровакуумных и полупроводниковых приборов. М.: высшая школа, 1979г.
3. Черняев Б. Н. Физико-химические процессы в технологии РЭА. М.: Высшая школа, 1987г.
4. Черняев В.Н. Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров. М., Радио и связь, 1989, 464 с.
5. Колобов Н. А. Основы технологии электронных приборов. М.: высшая школа, 1980г.
6. Коледов Л.А., Технологія і конструкція мікросхем, мікропроцесорів і мікроборок. М., "Радіо і зв'язок", 1989р, 400 с.
7. Фізичні основи електронної техніки. З.Ю.Готра, І.Є.Лопатинський, Б.А.Лукіянець. За редакцією З.Ю.Готри. Вип. Баскит Біт. 2004 р.
8. М.Г.Находкін. Д.І.Шека. Фізичні основи мікро-та наноелектроніки. ВТЦ Київський університет. 2005 р.
9. Ю.Готра. Технологія електронної техніки. Т.1, Т.2. вид. Львівська політехніка. 2010 р.
10. И.А.Абраян, А.И.Андронов, А.И.Титов. Физические основы электронной и йонной технологии. М. Высшая школа. 1984 г.
11. С.П.Новосядлий. Фізико-технологічні основи субмікронної технології великих інтегральних схем. І.Франківськ, 2003 р.
12. Ю.М.Поплавко, О.В.Борисов, Ю.І.Якименко. Нанofізика наноматеріали,

наноелектроніка. Київ. НТУУ КПІ, 2012, р.

13. Технологія напівпровідникових та діелектричних приладів. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Київ. КПІ ч.1..

14. Технологія напівпровідникових та діелектричних приладів. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Київ. КПІ. Ч.2. 48 с.

15. Технологія формування окисних та легованих шарів в напівпровідникових пластинах термічними методами. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Київ. Аверс, 2008. – 39 с.

16. 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

Допоміжна

1. Чистяков Ю. Д., Районова Ю. П. Физико-химические основы технологии микрозлектроники. М.: Металлургия, 1979г.

2. Березин А. С., Мочалкина О. Р. Технология и конструирование интегральных микросхем. М.: Радио и связь, 1983г.

3. Ефимов И. Е., Козырь И. Я., Горбунов Ю. И. Микрозлектроника. Физические и технологические основы, надёжность. М.: высшая школа, 1986г.

4. У. Тилл и Дж. Лаксон, Интегральные схемы — материалы, приборы, изготовление, М.— Мир, 1985 г., 504 с

5. Технология СБИС, том I-II, под ред. С.Зи, М., Мир, 1986.-404 с.

6. Технология тонких пленок. Справочник. Под ред. М.Майселла, Р.Гленга.М. Сов. радио. 1977 г.

7. Конструирование и технология микросхем. Курсовое проектирование: учебное пособие для вузов / под ред. Л.А. Коледова. – М.: Высшая школа, 1984. – 231 с.

8. Вербицкий В. Г. Ионные нанотехнологии в электронике. К.: МП Леся, 2002. – 376 с.

9..Свечников Г.С. Интегральная микроэлектроника. Ограничения и перспективы. – Одесса: Астропринт, 2010. – 474с.

10. Физика тонких пленок. Под ред. Г.Хасса. Пер. с англ. М.Мир. 1967 г.

11. Данилин Б.С., Киреев В.Ю. Ионное травление микроструктур. – М: Сов. радио, 1979. – 104 с.

5 Інформаційні ресурси

1. Електронний кампус КПІ

2. Сайт кафедри мікроелектроніки. Розділ електронна бібліотека:

<http://me.kpi.ua/index.php?id=61>