

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Загальна інформація про навчальну дисципліну

Повна назва навчальної дисципліни	Технологічні основи електроніки
Повна офіційна назва закладу вищої освіти	Сумський державний університет
Повна назва структурного підрозділу	Факультет електроніки та інформаційних технологій. Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики
Розробник(и)	Шпетний Ігор Олександрович
Рівень вищої освіти	Перший рівень вищої освіти, НРК – 6 рівень, QF-LLL – 6 рівень, FQ-EHEA – перший цикл
Семестр вивчення навчальної дисципліни	16 тижнів протягом 4-го семестру
Обсяг навчальної дисципліни	Обсяг навчальної дисципліни становить 5 кредитів ЄКТС, 150 годин, 64 години становить контактна робота з викладачем (32 годин лекцій, 16 годин практичних занять, 16 години лабораторних занять), 86 години становить самостійна робота
Мова викладання	Українська

2. Місце навчальної дисципліни в освітній програмі

Статус дисципліни	Обов'язкова навчальна дисципліна для всіх освітніх програм спеціальності 171 "Електроніка"
Передумови для вивчення дисципліни	Передумови для вивчення відсутні
Додаткові умови	відсутні
Обмеження	відсутні

3. Мета навчальної дисципліни

Формування у студентів поглибленого розуміння основ технології виготовлення інтегральних мікросхем та приладів мікроелектроніки, сприяння розумінню фізичних процесів, їх практичного застосування при створенні нових мікроелектронних пристроїв і систем. Завданням викладання дисципліни є необхідність отримання знань з технології виготовлення інтегральних мікросхем, активних та пасивних елементів мікросхем та складання виробів мікроелектроніки.

4. Зміст навчальної дисципліни

<p>Тема 1 Загальна характеристика технологічного процесу виготовлення мікросхем. Основні поняття та означення. Класифікація технологічних процесів. Мікроклімат та виробнича гігієна.</p>
<p>Тема 2 Напівпровідникові інтегральні мікросхеми. Вимоги до кремнієвих пластин. Елементи напівпровідникових мікросхем. Типи структур інтегральних мікросхем різних типів (дифузійно-планарної, епітаксійно-планарної без прихованого шару, епітаксійно-планарної з прихованим шаром, структури з діелектричною ізоляцією, ізопланарної структури, поліпланарної структури (з ізолювальним V-каналом), комплементарної структури (КМОН), n-канальної, р-канальної, КМОН-КНС (кремній на сапфірі) та послідовність їх формування. Схема технологічного процесу НІМС.</p>
<p>Тема 3 Легування напівпровідників. Фізичні основи процесу термічної дифузії. Практичні способи проведення дифузії. Методи вивчення характеристик дифузійних шарів. Загальна характеристика іонної імплантації, фізичні основи процесу. Практичні способи проведення іонної імплантації.</p>
<p>Тема 4 Фізичні та технологічні основи літографії. Загальна характеристика фотолітографічного процесу. Технологія фотолітографічного процесу. Фоторезисти. Методи нанесення фоторезистів. Електронна, рентгенівська та іонна літографії.</p>
<p>Тема 5 Епітаксія. Автоепітаксія кремнію хлоридним та силановим методами. Молекулярно-променева епітаксія.</p>
<p>Тема 6 Тонкоплівкові гібридні інтегральні мікросхеми. Загальна характеристика технологічного процесу. Технологія тонкоплівкових пасивних елементів. Методи нанесення тонких плівок металів. Виготовлення топології тонкоплівкових мікросхем.</p>
<p>Тема 7 Товстоплівкові гібридні інтегральні мікросхеми. Загальна характеристика технологічного процесу. Пасти для товстоплівкових пасивних елементів. Трафаретний друк та впалювання. Підгонка товстоплівкових резисторів та конденсаторів.</p>
<p>Тема 8 Збирання (монтаж) мікросхем. Методи та етапи складання мікросхем. Розділення пластин та підкладок. Монтаж кристалів мікросхем та плат. Приєднання виводів. Складання мікросхем на стрічкових носіях. Корпуси для інтегральних мікросхем. Герметизація мікросхем. Випробування та перевірка мікросхем.</p>

5. Очікувані результати навчання навчальної дисципліни

Після успішного вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти зможе:

PH1	Вміти застосовувати творчий та інноваційний потенціал в синтезі інженерних рішень і в розробці конструктивних елементів електронних приладів фізичного та біомедичного призначення
PH2	Розуміти та застосовувати технологічні принципи виробництва, випробування, експлуатації та ремонту мікро- та наносистемної техніки та біомедичного обладнання.
PH3	Вміти ефективно вибирати належні напрями і відповідні методи для розв'язування задач моделювання, проектування та конструювання в галузі електроніки.

6. Роль навчальної дисципліни у досягненні програмних результатів

Програмні результати навчання, досягнення яких забезпечує навчальна дисципліна.

Для спеціальності 171 Електроніка:

PR4	Оцінювати характеристики та параметри матеріалів електронної техніки, розуміти основи твердотільної електроніки, електротехніки, аналогової та цифрової схемотехніки, перетворювальної та мікропроцесорної техніки.
PR6	Застосовувати експериментальні навички (знання експериментальних методів та порядку проведення експериментів) для перевірки гіпотез та дослідження явищ електроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, планувати, складати схеми; аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати.
PR17	Демонструвати навички проведення експериментальних досліджень, пов'язаних з професійною діяльністю; вдосконалювати методики вимірювання; контролювати достовірність отриманих результатів; систематизувати та аналізувати дані, отримані експериментальним шляхом.

7. Види навчальних занять та навчальної діяльності

7.1 Види навчальних занять

Тема 1. Загальна характеристика технологічного процесу виготовлення мікросхем.
Лк1 "Загальна характеристика технологічного процесу виготовлення мікросхем." (денна) Основні поняття та означення. Класифікація технологічних процесів. Мікроклімат та виробнича гігієна.
Тема 2. Напівпровідникові інтегральні мікросхеми.
Лк2 "Технологія напівпровідникових інтегральних мікросхем." (денна) Вимоги до кремнієвих пластин. Елементи напівпровідникових мікросхем.
Лк3 "Типи структур інтегральних мікросхем різних типів." (денна) Типи структур інтегральних мікросхем: дифузійно-планарна структура та епітаксійно-планарна структура без прихованого шару.

<p>Лк4 "Технологія формування епітаксійно-планарної структури." (денна) Послідовність формування епітаксійно-планарної структури з прихованим шаром та структури з діелектричною ізоляцією.</p>
<p>Лк5 "Технології формування ізопланарної та поліпланарної структури" (денна) Послідовність формування ізопланарної та поліпланарної структур (з ізолювальним V-каналом).</p>
<p>Лк6 "Технологія формування комплементарної структури (КМОН)" (денна) Послідовність формування комплементарної структури (КМОН), n-канальної, p-канальної, КМОН-КНС (кремній на сапфірі) та послідовність їх формування.</p>
<p>Пр1 "Елементи напівпровідникових мікросхем." (денна) Елементи напівпровідникових мікросхем на базі біполярного транзистора: діод, резистор, конденсатор.</p>
<p>Пр2 "Елементи напівпровідникових мікросхем." (денна) Елементи напівпровідникових інтегральних мікросхем на базі МОН-транзистора: діод, резистор, конденсатор.</p>
<p>Пр3 "Формування структур інтегральних мікросхем. Частина 1." (денна) Вивчення послідовності формування структур напівпровідникових мікросхем різних типів на прикладі транзистора (дифузійно-планарної, епітаксійно-планарної без прихованого шару та епітаксійно-планарної з прихованим шаром структур).</p>
<p>Пр4 "Формування структур інтегральних мікросхем. Частина 2." (денна) Вивчення послідовності формування структур напівпровідникових мікросхем різних типів на прикладі транзистора (структури з діелектричною ізоляцією, ізопланарної структури та поліпланарної структури з ізолювальним V-каналом).</p>
<p>Пр5 "Формування структур інтегральних мікросхем. Частина 3." (денна) Вивчення послідовності формування структур напівпровідникових мікросхем різних типів на прикладі транзистора (комплементарної структури (КМОН), n-канальної, p-канальної, КМОН-КНС (кремній на сапфірі) структури).</p>
<p>Пр6 "Розробка схеми технологічного процесу напівпровідникових інтегральних мікросхем різних типів." (денна) Розробка схеми технологічного процесу НІМС різних типів: дифузійно-планарної, епітаксійно-планарної без прихованого шару, епітаксійно-планарної з прихованим шаром, структури з діелектричною ізоляцією, ізопланарної структури, поліпланарної структури (з ізолювальним V-каналом), комплементарної структури (КМОН), n-канальної, p-канальної, КМОН-КНС (кремній на сапфірі) структур.</p>
<p>Тема 3. Легування напівпровідників.</p>

<p>Лк7 "Легування напівпровідників. Частина 1." (денна) Фізичні основи процесу термічної дифузії. Практичні способи проведення дифузії. Методи вивчення характеристик дифузійних шарів.</p>
<p>Лк8 "Легування напівпровідників. Частина 2." (денна) Загальна характеристика методу іонної імплантації. Фізичні основи методу. Практичні способи проведення іонної імплантації.</p>
<p>Тема 4. Фізичні та технологічні основи літографії.</p>
<p>Лк9 "Літографія. Основні визначення, класифікація методів літографії." (денна) Основні задачі методу літографії. Фізичні принципи та можливості оптичної, рентгенівської, електронної та іонної літографії.</p>
<p>Пр7 "Фізичні та технологічні основи літографії. Частина 1." (денна) Загальна характеристика технологія фотолітографічного процесу. Фоторезисти. Методи нанесення фоторезистів.</p>
<p>Пр8 "Фізичні та технологічні основи літографії. Частина 2." (денна) Електронна, рентгенівська та іонна літографії.</p>
<p>Тема 5. Епітаксія.</p>
<p>Лк10 "Автоепітаксія." (денна) Автоепітаксія кремнію хлоридним та силановим методами.</p>
<p>Лк11 "Молекулярно-променева епітаксія." (денна) Способи проведення молекулярно-променевої епітаксії.</p>
<p>Лб1 "Епітаксія. Частина 1." (денна) Дослідження епітаксійного росту тонких металевих плівок.</p>
<p>Лб2 "Епітаксія. Частина 2." (денна) Дослідження епітаксійного росту тонких металевих плівок.</p>
<p>Тема 6. Тонкоплівкові гібридні інтегральні мікросхеми.</p>
<p>Лк12 "Технологія виготовлення тонкоплівкових гібридних інтегральних мікросхем." (денна) Загальна характеристика технологічного процесу. Технологія виготовлення тонкоплівкових пасивних елементів.</p>
<p>Лк13 "Методи осадження тонких плівок у вакуумі." (денна) Загальна характеристика методів осадження тонких плівок у вакуумі.</p>

Лб3 "Методи осадження тонких плівок у вакуумі. Частина 1." (денна) Вивчення фізичних принципів осадження тонких плівок у вакуумі. Метод термічного та електронно-променевого осадження плівок у вакуумі.
Лб4 "Методи осадження тонких плівок у вакуумі. Частина 2." (денна) Вивчення фізичних принципів осадження тонких плівок у вакуумі. магнетронного осадження плівок у вакуумі.
Лб5 "Отримання тонких плівок металів методом електролізу." (денна) Вивчення законів електролізу. Електроліти для одержання тонких металевих плівок та покриттів.
Тема 7. Товстоплівкові гібридні інтегральні мікросхеми.
Лк14 "Технологія виготовлення товстоплівкових інтегральних мікросхем." (денна) Загальна характеристика технологічного процесу виготовлення товстоплівкових мікросхем. Паста для товстоплівкових пасивних елементів. Трафаретний друк та впалювання елементів мікросхем. Підгонка товстоплівкових резисторів та конденсаторів.
Лб6 "Технологія виготовлення товстоплівкових інтегральних мікросхем." (денна) Ультразвукове очищення підкладок для інтегральних мікросхем та друкованих плат.
Тема 8. Збирання (монтаж) мікросхем.
Лк15 "Методи та етапи монтажу мікросхем." (денна) Методи та етапи збирання (монтажу) мікросхем. Розділення пластин та підкладок. Монтаж кристалів мікросхем та плат. Приєднання виводів.
Лк16 "Герметизація мікросхем." (денна) Складання мікросхем на стрічкових носіях. Корпуси для інтегральних мікросхем. Герметизація мікросхем.
Лб7 "Герметизація мікросхем." (денна) Технології герметизації мікросхем.
Лб8 "Корпуси мікросхем." (денна) Вивчення типів корпусів для інтегральних мікросхем.

7.2 Види навчальної діяльності

НД1	Підготовка до практичних занять
НД2	Підготовка та презентація доповіді
НД3	Виконання практичних завдань
НД4	Виконання та презентація результатів лабораторної роботи
НД5	Підготовка до поточного та підсумкового контролю

НД6	Розроблення нотаток до лекцій
-----	-------------------------------

8. Методи викладання, навчання

Дисципліна передбачає навчання через:

МН1	Лекція-візуалізація із використанням мультимедійних засобів навчання
МН2	Лекція – прес-конференція
МН3	Метод демонстрацій
МН4	Проблемний семінар
МН5	Самостійна робота з вивчення електронних матеріалів з можливістю консультацій очних та онлайн

Лекції із використанням змішаних методів навчання, презентацій, мультимедійних засобів навчання. Практичні заняття у вигляді семінарів з застосуванням методу демонстрацій. Розв'язування задач. Проведення наукових досліджень.

1. Здатність до аналізу та синтезу. 2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. 3. Під час проведення занять здобувачі отримують навички комунікації, лідерства, вміння працювати в команді, здатність логічно і системно мислити.

9. Методи та критерії оцінювання

9.1. Критерії оцінювання

Визначення	Чотирибальна національна шкала оцінювання	Рейтингова бальна шкала оцінювання
Відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	5 (відмінно)	$90 \leq RD \leq 100$
Вище середнього рівня з кількома помилками	4 (добре)	$82 \leq RD < 89$
Загалом правильна робота з певною кількістю помилок	4 (добре)	$74 \leq RD < 81$
Непогано, але зі значною кількістю недоліків	3 (задовільно)	$64 \leq RD < 73$
Виконання задовольняє мінімальні критерії	3 (задовільно)	$60 \leq RD < 63$
Можливе повторне складання	2 (незадовільно)	$35 \leq RD < 59$
Необхідний повторний курс з навчальної дисципліни	2 (незадовільно)	$0 \leq RD < 34$

9.2 Методи поточного формативного оцінювання

МФО1	Настанови викладача в процесі виконання практичних завдань
МФО2	Опитування та усні коментарі викладача за його результатами
МФО3	Проведення розрахунків

9.3 Методи підсумкового сумативного оцінювання

МСО1	Огляд літератури (підготовка конспекту за лекційним матеріалом)
МСО2	Виконання завдань на практичному занятті
МСО3	Звіт за результатами виконання лабораторних робіт
МСО4	Виконання пошуково-дослідного завдання (підготовка, презентація, захист)
МСО5	Поточні контрольні роботи (проміжний модульний контроль)
МСО6	Підсумковий контроль: екзамен

Контрольні заходи:

4 семестр		100 балів
МСО1. Огляд літератури (підготовка конспекту за лекційним матеріалом)		8
		8
МСО2. Виконання завдань на практичному занятті		16
	8x2	16
МСО3. Звіт за результатами виконання лабораторних робіт		16
	8x2	16
МСО4. Виконання пошуково-дослідного завдання (підготовка, презентація, захист)		4
		4
МСО5. Поточні контрольні роботи (проміжний модульний контроль)		16
	2x8	16
МСО6. Підсумковий контроль: екзамен		40
		40

Контрольні заходи в особливому випадку:

3 семестр		100 балів
МСО4. Виконання пошуково-дослідного завдання (підготовка, презентація, захист)		40
	8x5	40
МСО5. Поточні контрольні роботи (проміжний модульний контроль)		20
	2x10	20
МСО6. Підсумковий контроль: екзамен		40
		40

1. Шкала оцінювання з навчальної дисципліни: R = 100 балів. 2. Розподіл балів за дисципліною: виконання та звіт за результатами виконання практичних робіт до 16 балів; звіт за результатами виконання лабораторних робіт до 16 балів; підготовка презентації до 4 балів; підготовка конспекту за лекційним матеріалом до 8 балів; проходження лекційних

контролів – до 16 балів; складання підсумкового екзамену - до 40 балів. 3. Умови ліквідації заборгованостей з поточної роботи: перескладання атестаційного контролю студентами, які отримали рейтинговий бал за модульний цикл, що відповідає незадовільній оцінці (менше 40%), проводиться не пізніше двох тижнів після атестаційного. Позитивні оцінки з модульного циклу в цілому та його складових не підвищуються. 4. Для студентів, що навчаються на індивідуальному графіку, бали розподіляються наступним чином: підготовка та виступ з презентаціями: 8 презентацій по 5 балів = 40 балів; модульні контролю - до 20 балів; складання підсумкового екзамену - до 40 балів.

10. Ресурсне забезпечення навчальної дисципліни

10.1 Засоби навчання

ЗН1	Мультимедіа, відео- і звуковідтворювальна, проєкційна апаратура (відеокамери, проєктори, екрани, смартдошки тощо)
ЗН2	Бібліотечні фонди
ЗН3	Комп'ютери, комп'ютерні системи та мережі
ЗН4	Просвітлювальний електронний мікроскоп ПЕМ-125К, вакуумні універсальні пости ВУП-5М, вимірювальне обладнання.

10.2 Інформаційне та навчально-методичне забезпечення

Основна література	
1	«Технологічні основи електроніки. Книга 1. Технологія виробництва мікросхем»: для студ. спеціальності 171 «Електроніка» / А.І.Кузьмичев, Л.Д.Писаренко, Л.Ю.Цибульський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані . – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 127 с.
Допоміжна література	
1	Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Технологічні основи електроніки» [Текст] : для студ. спец. 171 «Електроніка» та 153 «Мікро- та наносистемна техніка» денної та заочної форм навчання / Н.М.Опанасюк. - Суми: СумДУ, 2017. - 34 с.
2	«Технологічні основи електроніки (практикуми): навчальний посібник» / Н.М.Опанасюк, Л.В.Ододворець, А.О.Степаненко, С.І.Проценко. –Суми: Сумський державний університет, 2013.– 105 с.
3	Фізична наноелектроніка : навчальний посібник / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 146 с.
4	Giant Magnetoresistance: Basic Concepts, Microstructure, Magnetic Interactions and Applications / I. Ennen, D. Kappe, T. Rempel [et al.] // Sensors. – 2016. - V. 16. – P. 904-928.
5	Flexible hydrogen gas sensor based on a capacitor-like Pt/TiO ₂ /Pt structure on polyimide foil / M. Vidis, I. Shpetnyi, T. Roch [et al.] // International Journal of Hydrogen Energy. – 2021. – V.46. – P. 19217 – 19228.