

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
«ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА»**



Фізико-технічний факультет

Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Комп'ютерне моделювання технологій виготовлення ІС

Освітня програма Комп'ютерне проектування інтегральних схем

Спеціальність 171 Електроніка

Галузь знань 17 Електроніка та комунікації

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол №12 від 30 червня 2023 р.

м. Івано-Франківськ – 2023 р.

ЗМІСТ

1. Загальна інформація	
2. Опис дисципліни	3
3. Структура курсу	4
4. Система оцінювання курсу	6
5. Оцінювання відповідно до графіку навчального процесу	6
6. Ресурсне забезпечення	6
7. Контактна інформація	7
8. Політика навчальної дисципліни	7

1. Загальна інформація

Назва дисципліни	Комп'ютерне моделювання технологій виготовлення ІС
Освітня програма	Комп'ютерне проектування інтегральних схем
Спеціалізація (за наявності)	
Спеціальність	171 Електроніка
Галузь знань	17 Електроніка та комунікації
Освітній рівень	бакалавр
Статус дисципліни	нормативна
Курс / семестр	2/3
Розподіл за видами занять та годинами навчання (якщо передбачені інші види, додати)	9 кредитів Лекції – 46 год. Лабораторні заняття – 44 год. Самостійна робота – 180 год.
Мова викладання	українська
Посилання на сайт дистанційного навчання	https://d-learn.pnu.edu.ua/

2. Опис дисципліни

Мета та цілі курсу

Метою вивчення навчальної дисципліни “Комп'ютерне моделювання технологій виготовлення ІС є розгляд технологічних процесів, що використовуються для виготовлення ІС та пристроїв мікро- і наноелектроніки, вивчення основних технологічних маршрутів формування мікроелектронних пристроїв та ІС.

Основним **завданням** навчальної дисципліни є ознайомлення студентів з основними технологічними операціями, які використовуються при виготовленні пристроїв інтегральної мікро- та наноелектроніки.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

– основні технологічні процеси, які використовуються в технології виготовлення мікроелектронних пристроїв, та фізико-хімічні явища, які лежать в основі даних процесів;

– послідовність проведення технологічних процесів при формуванні мікроелектронних пристроїв;

– способи формування інтегральних діодів, конденсаторів і резисторів, їх основні параметри та способи ізоляції елементів інтегральних схем;

– основи технології та послідовність етапів виробництва напівпровідникових приладів на основі біполярних, МОН-, КМОН-транзисторів та інших типів інтегральних мікросхем.

вміти:

- оптимізувати процеси нанесення матеріалу в магнетронній системі розпилення для одержання тонких плівок бажаної товщини та нерівномірності;
- розраховувати характеристики розподілу концентрації заданої домішки в кремнії при одностадійній та двохстадійній дифузії для отримання $p-n$ -переходу на заданій глибині і потрібній її поверхневій концентрації;
- формувати біполярний транзистор з необхідною шириною бази та емітера, використовуючи роздільну дифузію домішок;
- розрахувати характеристики уповільнення іонів при імплантації та параметри розподілу домішки в кремнії;
- складати технологічний маршрут формування інтегральних елементів в залежності від його функціонального призначення;
- самостійно вибирати необхідні електронні прилади при проектуванні елементів, пристроїв автоматики та обчислювальної техніки, використовувати та забезпечити їх грамотне застосування, експлуатацію в сучасній апаратурі.

Компетентності

Загальні компетентності

ЗК5. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Спеціальні (фахові) компетентності

СК5. Здатність застосовувати відповідні математичні, наукові й технічні методи, сучасні інформаційні технології і комп'ютерне програмне забезпечення, навички роботи з комп'ютерними мережами, базами даних та Інтернет-ресурсами для вирішення інженерних задач в галузі електроніки.

Програмні результати навчання

Р2. Застосовувати знання і розуміння диференційного та інтегрального числення, алгебри, функціонального аналізу дійсних і комплексних змінних, векторів та матриць, векторного числення, диференційних рівняння в звичайних та часткових похідних, ряду Фур'є, статистичного аналізу, теорії інформації, чисельних методів для вирішення теоретичних і прикладних задач електроніки.

Р18. Застосовувати методи математичного моделювання і оптимізації електронних систем для розробки автоматизованих та роботизованих виробничих комплексів.

3. Структура курсу

№	Тема	Результати навчання	Кількість годин	Завдання
1	Тема 1. Вступ. Мета і задачі дисципліни.	Знати основні технологічні процеси, які використовуються при виготовленні ІС.	2	Контрольні запитання
2	Тема 2. Механічна обробка поверхні напівпровідникових пластин для пристроїв інтегральної електроніки.	Вивчити послідовність технологічних операцій при механічній обробці напівпровідникових злитків і пластин та необхідне технологічне обладнання.	4	Лабораторна робота (звіт); тести; контрольні запитання

3	Тема 3.Методи отримання монокристалів.	Знати основні методи отримання монокристалів для виготовлення напівпровідникових пластин; знати їх переваги та недоліки.	4	Реферат-презентація; контрольні запитання
4	Тема 4. Технологія хімічної обробки поверхні напівпровідникових пластин для пристроїв інтегральної електроніки.	Засвоїти фізико-хімічні принципи, які лежать в основі методів хімічної обробки напівпровідникових пластин.	4	Тести; контрольні запитання
5	Тема 5. Формування діелектричних плівок на напівпровідникових пластинах.	Розуміти суть фізичних процесів, які відбуваються при формуванні діелектричних плівок на поверхні напівпровідникових пластин; знати основне призначення та характеристики діелектричних плівок.	4	Лабораторна робота (звіт); тести; контрольні запитання
6	Тема 6. Основи літографічних процесів.	Знати послідовність технологічних етапів при проведенні літографії.	4	Тести; контрольні запитання
7	Тема 7. Дифузія в напівпровідниках та методи її проведення.	Знати основні закони дифузії; вивчити методи введення домішкових атомів у напівпровідникові матеріали з використанням дифузії.	4	Лабораторна робота (звіт); тести; контрольні запитання
8	Тема 8. Іонна імплантація в технології мікроелектроніки.	Знати фізичні процеси, які протікають при іонній імплантації домішок в тверде тіло, та співвідношення для їх опису.	4	Лабораторна робота (звіт); тести; контрольні запитання
9	Тема 9. Технологія епітаксійних шарів та методи її проведення.	Знати фізичні основи процесу епітаксії та методи для її реалізації.	4	Тести Контрольні запитання
10	Тема 10. Методи одержання тонких плівок.	Знати класифікацію методів нанесення тонких плівок; розуміти суть процесів, які відбуваються при нанесенні тонких плівок.	4	Лабораторна робота (звіт); тести; контрольні запитання
11	Тема 11. Елементна база ІС.	Знати елементну базу активних і пасивних елементів ІС, їх основні параметри і характеристики.	2	Тести; контрольні запитання
12	Тема 12. Основні поняття та визначення планарної технології виготовлення ІС. Гібридна та суміщена технологія виготовлення ІС.	Знати відмінності в особливостях виготовлення ІС за напівпровідниковою, гібридною та суміщеною технологіями.	2	Тести; контрольні запитання
13	Тема 13. Основні типи структур ІС.	Засвоїти принципи формування структур ІС.	2	Тести; контрольні

				запитання
14	Тема 13. Технологія виготовлення біполярних, МОН- та КМОН ІС.	Вивчити послідовність технологічних етапів при виготовленні біполярних, МОН- та КМОН інтегральних мікросхем	2	Контрольні запитання

4. Система оцінювання курсу

Накопичування балів під час вивчення дисципліни	
Види навчальної роботи	Максимальна кількість балів
Лекція	25
Лабораторні заняття	20
Самостійна робота	5
Залік/Екзамен	50
Максимальна кількість балів	100

5. Оцінювання відповідно до графіку навчального процесу

Види навчальної роботи	Номер навчального заняття																	Разом
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Лекції		2		2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2				25
Лабораторні з-тя		4	4				4	4		4								20
Самостійна р-та																5		5
Залік /Екзамен																	50	50
Всього за заняття		6	4	2	2	2	7	6	2	6	2	2	2	2		5	50	100

Примітка: не рекомендується на один тиждень планувати кілька форм контролю.

6. Ресурсне забезпечення

Матеріально-технічне забезпечення	Мультимедіа, комп'ютерна лабораторія для виконання лабораторних робіт.
Література: Основна	
<p>1. М.М Погребняк, В.П Прищепа. Мікроелектроніка: ч. 1. – К.: Вища школа, 2004. – 431 с.</p> <p>2. Закалик Л.У., Ткачук Р.А. Основи мікроелектроніки. – Тернопіль, ТДТУ ім. І. Пулюя, 1998.</p> <p>3. С.П. Новосядлий. Суб - і наномікронна технологія структур великих інтегральних схем: монографія. – Івано-Франківськ: Місто-НВ, 2010. – 456 с.</p> <p>4. Л. Ткачук, Р. Закалик. Основи мікроелектроніки. – Тернопіль: Медап, 1998. – 350 с.</p> <p>5. D. Widmann, H. Mader, H. Friedrich, W. Heywang, R. Müller. Technology of Integrated Circuits. –Berlin, Heidelberg, 2000.</p> <p>6. С.П. Новосядлий. Фізико-технологічні основи субмікронної технології великих інтегральних схем. – Івано-Франківськ: Сімик, 2003. – 352 с.</p> <p>7. Кузьмичев А.І., Писаренко Л.Д., Цибульський Л.Ю. Технологія виробництва мікросхем: навч. посібник – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.</p> <p>8. В.І. Мандзюк, І.Т. Когут. Фізико-технологічні основи мікросистемної техніки. – Івано-Франківськ: Нова зоря, 2008. – 154 с.</p>	

9. М.Г. Находкін, Д. І. Шека. Фізичні основи мікро- та наноелектроніки: підручник. Рек. МОН. – К.: Київський ун-т, 2005. – 431 с.

10. А.О. Дружинін. Твердотільна електроніка. Фізичні основи і властивості напівпровідникових приладів: навчальний посібник. – Львів: Вид-во Національного університету "Львівська політехніка", 2009. – 332 с.

11. П.Г. Стахів. Основи мікроелектроніки: функціональні елементи їх застосування: підручник. – Львів: 2003 – 208 с.

12. В.І. Мандзюк. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із курсу "Технології мікро- та наноелектроніки" для студентів спеціальності 171 "Електроніка" [Електронне видання] – Івано-Франківськ, Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника, 2023. – 58 с.

Додаткова

13. Електроніка і мікросхемотехніка: підручник /Ю.П. Колонтаєвський, А.Г. Сосков; за ред. А.Г.Соскова. – 2-е вид. Рек МОН. – К.: Каравела, 2009. – 416 с.

14. С.М. Павлов. Основи мікроелектроніки: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 224 с.

15. Ю.М. Поплавко, О.В. Борисов, В.І. Ільченко, Ю.І. Якименко. Мікроелектроніка і наноелектроніка. Вступ до спеціальності: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2010.

16. Готра З.Ю. Фізичні основи електронної техніки / З.Ю. Готра, І.Є. Лопатинський, Б.А. Лукіянець, З.М. Микитюк, І.В. Петрович. – Львів : Бескид Біт, 2004.

17. І.П. Бурик. Технологічні основи виготовлення елементів напівпровідникових інтегральних мікросхем: конспект лекцій. – Суми: Сумський державний університет, 2015.

18. Конспект лекцій з дисципліни «Основи мікроелектроніки» для студентів спеціальності 7(8).05080201 - Електронні прилади та пристрої / Укладач: Л.В.Однорець. – Суми: СумДУ, 2016.

19. В.І. Мандзюк. Методичні вказівки до організації самостійної роботи студентів з дисципліни "Технології мікро- та наноелектроніки" [Електронне видання]. – Івано-Франківськ, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2023. – 32 с.

7. Контактна інформація

Кафедра	комп'ютерної інженерії та електроніки, вул. Шевченка, 57, ауд. 210 а, (0342)59-60-07, https://kkite.pnu.edu.ua/ kkie@pnu.edu.ua
Викладач	д.ф.-м.н., проф. Мандзюк В.І.
Контактна інформація викладача	volodymyr.mandzyuk@pnu.edu.ua

8. Політика навчальної дисципліни

Академічна доброчесність	Дотримання академічної доброчесності засновується на ряді положень та принципів академічної доброчесності, що регламентують діяльність здобувачів вищої освіти та викладачів університету: https://pnu.edu.ua/положення-про-запобігання-плагіату/
Пропуски занять (відпрацювання)	Можливість і порядок відпрацювання пропущених здобувачем освіти занять регламентується Положення про порядок організації та проведення оцінювання успішності здобувачів освіти ДВНЗ «Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника» (введено в дію наказом

	ректора № 799 від 26.11.2019 р.; із внесеними змінами наказом № 212 від 06.04.2021 р.).
Виконання завдання пізніше встановленого терміну	У разі виконання завдання здобувачем освіти пізніше встановленого терміну, без попереднього узгодження ситуації з викладачем, оцінка за завдання – «незадовільно», відповідно до Положення про порядок організації та проведення оцінювання успішності студентів ДВНЗ «Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника» (введено в дію наказом ректора № 799 від 26.11.2019 р.; із внесеними змінами наказом № 212 від 06.04.2021 р.).
Невідповідна поведінка під час заняття	Невідповідна поведінка під час заняття регламентується рядом положень про академічну доброчесність та може призвести до відрахування здобувача вищої освіти «за порушення навчальної дисципліни і правил внутрішнього розпорядку вищого закладу освіти», відповідно до Положення про порядок переведення, відрахування та поновлення студентів вищих закладів освіти» (затверджене наказом Міністерства України № 245 від 15.07.1996 р.).
Додаткові бали	Студент має змогу також отримати додаткові бали, пройшовши навчальний курс у вигляді неформальної освіти з отриманням сертифікату в межах тематики дисципліни впродовж навчального семестру; взявши участь у науковому, освітньому чи прикладному проекті, конференції, круглому столі, інших видах наукової активності, які відповідають профілю дисципліни; опублікувавши наукову працю, яка відповідає профілю дисципліни. Відповідно до Положення про порядок організації та проведення оцінювання успішності студентів ДВНЗ «Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника» (введено в дію наказом ректора № 799 від 26.11.2019 р.; із внесеними змінами наказом № 212 від 06.04.2021 р.). відповідні студенти можуть отримати додаткові бали на підставі рішенням кафедри.
Неформальна освіта	У випадку, коли студент приймав участь у програмі мобільності, можливе врахування отриманих оцінок в іншому навчальному закладі за умови відповідності навчальних планів. Можливість зарахування результатів неформальної освіти регламентується Положенням про порядок зарахування результатів неформальної освіти у ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» (введено в дію наказом ректора № 819 від 29.11.2019; із внесеними змінами наказом № 80 від 12.02.2021 р.). Рекомендовані платформи: https://ua.udemy.com/ ; https://www.coursera.org/ ; https://prometheus.org.ua/

Викладач _____