



Мікроелектроніка

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування
Спеціальність	153 Мікро- та наносистемна техніка
Освітня програма	Мікро- та наноелектроніка
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЕКТС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / Модульна контрольна робота, ДКР
Розклад занять	
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н.,доц., Мачулянський О.В., o.machulianskyi-me@lil.kpi.ua
Розміщення курсу	Google classroom uwk5xa7

Програма навчальної дисципліни

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

Мета навчальної дисципліни: формування у студентів базових знань з основних принципів мікроелектроніки, вивчення сучасних технологій розробки елементів інтегральних схем різного функціонального призначення та особливостей їх функціонування, що є необхідним для фахівців у сфері мікро- наносистемної техніки та сучасних інформаційних, телекомунікаційних технологій.

Розвиток мікроелектроніки зумовлює необхідність зменшення мінімальних розмірів елементів твердотільних структур. Конструкторські та технологічні основи вирішення даної проблеми є важливі для фахівців в області мікро- наносистемної техніки та інформаційних систем.

Дисципліна забезпечує формування у здобувачів вищої освіти наступні компетентності.

Загальні компетентності:

ЗК1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

Фахові компетентності :

ФК1 Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки;

ФК6 Здатність застосовувати творчий та інноваційний потенціал в синтезі інженерних рішень і в розробці конструктивних елементів геліоенергетики, приладів фізичного та біомедичного призначення;

ФК7 Здатність розв'язувати інженерні задачі в галузі мікро- та наносистемної техніки з урахуванням всіх аспектів розробки, проектування, виробництва, експлуатації та модернізації;

ФК 10 Здатність розуміти та застосовувати технологічні принципи виробництва, випробування, експлуатації та ремонту мікро- та наносистемної техніки та біомедичного обладнання.

Програмні результати навчання після вивчення дисципліни:

В результаті успішного засвоєння дисципліни здобувачі вищої освіти досягають таких програмних результатів навчання:

ПРН1 Застосовувати знання принципів дії пристроїв і систем мікро- та наносистемної техніки при їхньому проектуванні та експлуатації;

ПРН 3 Застосовувати знання і розуміння фізики, відповідні теорії, моделі та методи для розв'язання практичних задач синтезу пристроїв мікро- та наносистемної техніки;

ПРН 4 Оцінювати характеристики та параметри матеріалів пристроїв мікро- та наносистемної техніки, знати та розуміти основи твердотільної та оптичної електроніки, наноелектроніки, електротехніки, аналогової та цифрової схемотехніки, мікропроцесорної техніки;

ПРН9 Проектувати пристрої мікро- та наносистемної техніки у відповідності до вимог замовника і наявних ресурсних обмежень.

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

Пререквізити

Вивчення дисципліни «Мікроелектроніка» базується на знаннях, отриманих при вивченні навчальних дисциплін: фізика, математичний аналіз, матеріали і компоненти мікро- та наносистемної техніки, хімія матеріалів електроніки, напівпровідникова електроніка, технологічні основи електроніки.

Постреквізити

Результати навчання даної дисципліни використовуються в наступних освітніх компонентах: переддипломна практика та дипломне проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

1. Вступ.

1.1. Етапи розвитку електроніки.

1.2. Основні терміни та визначення.

1.3. Електрофізичні властивості основних матеріалів, що використовуються в мікроелектроніці.

2. Інтегральні мікросхеми (ІМС).
 - 2.1. Класифікація інтегральних мікросхем.
 - 2.2. Плівкові інтегральні мікросхеми.
 - 2.3. Гібридні інтегральні мікросхеми
 - 2.4. Напівпровідникові інтегральні мікросхеми.
 - 2.5. Методи електричної ізоляції елементів в інтегральних схемах.
3. Активні елементи напівпровідникових інтегральних мікросхем
 - 3.1 Інтегральний біполярний транзистор (ІБТ) p-p-n типу. Особливості структури, топологія. Основні параметри. Різновиди конструкцій ІБТ.
 - 3.2. Інтегральні біполярні транзистори p-p-n типу.
 - 3.3. Інтегральні багатомітерні та багатоколекторні транзистори.
 - 3.4. Транзистори з тонкою базою (супербета-транзистори).
 - 3.5. Потужні інтегральні транзистори.
 - 3.6. ІБТ з діодом Шотткі.
 - 3.7. Діодне включення інтегрального біполярного транзистора.
 - 3.8. Інтегральні МДН транзистори. Конструкції та структура. Характеристики МДН-структур.
4. Пасивні елементи інтегральних мікросхем.
 - 4.1. Резистори напівпровідникових інтегральних мікросхем.
 - 4.2. Конденсатори інтегральних мікросхем на основі p-n-переходів та МДН-структур.
 - 4.3. Плівкові резистори та конденсатори.
5. Функціональні елементи інтегральних схем.
 - 5.1. Логічні елементи на біполярних та МДН структурах Основні характеристики та параметри.
 - 5.2. Елементи пам'яті.
 - 5.3. Конструкторсько-технологічні особливості ІМС для роботи в умовах радіаційного випромінювання.
- 5.4. Обмеження та перспективи розвитку мікроелектроніки.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література:

1. Борисов О. В. Твердотільна електроніка : підручник / О. В. Борисов, Ю. І. Якименко. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. — 484 с.
2. Бондаренко І.М., Бородин О.В., Карнаушенко В.П. Проектування напівпровідникових приладів та інтегральних схем: Навч. посібник для студентів ЗВО. – Харків: ХНУРЕ. – 2018. – 177 с.
3. Основи електротехніки, електроніки та мікропроцесорної техніки: навч. посібник / В. Ф. Болюх, В. Г. Данько, Є. В. Гончаров. НТУ "Харків. політехн. ін-т". – Харків : Планета-Прінт, 2019. – 248 с.
4. Бурик, І. П. Технологічні основи виготовлення елементів напівпровідникових інтегральних мікросхем: навчальний посібник / І. П. Бурик. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 65 с.
5. Дружинін А. О. Твердотільна електроніка. Фізичні основи і властивості напівпровідникових приладів: навч. посіб. / А.О.Дружинін. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2009. – 328 с.
6. Павлов С. М. Основи мікроелектроніки: навчальний посібник / С. М. Павлов. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 224 с.

Додаткова :

1. Ю.М.Поплавко, О.В.Борисов, Ю.І.Якименко. Нанофізика наноматеріали, наноелектроніка. Київ. НТУУ КПІ, 2012, р.

2. Павлов С. М. Основи мікроелектроніки : навч. посіб. / С. М. Павлов. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 224 с.
3. Основи наноелектроніки: у 2 кн. Кн.2 «Матеріали і наноелектронні технології : Підручник / Ю.І. Якименко, Д.М. Заячук, В. М.Співак, А.Т. Орлов, О. В. Богдан, В.М. Коваль. – сайт <http://www.fel.ntukpi.kiev.ua>. – К: НТУУ «КПІ», 2016. - 400 с.
4. Матвієнко М.П. Основи електроніки. Підручник. Вид. 2-ге перероб. та доп.— К.: Видавництво Ліра-К, 2017. – 364 с.
5. Прищеп М. М. Мікроелектроніка: в 3 ч. Ч.1. Елементи мікроелектроніки : навч. посіб. / М. М. Прищеп, В. П. Погребняк ; за ред. М. М. Прищепи. – К.: Вища шк., 2004. – 431 с.
6. Прищеп М.М., Погребняк В.П. Мікроелектроніка: В 3 ч. Ч. 2. Елементи мікросхемотехніки: Навч. посіб. / За ред. М. М. Прищепи. - К.: Вища шк., 2006. - 503 с. — ISBN 966-642-319-7.
7. Закалик Л. І. Основи мікроелектроніки : Навчальний посібник / Закалик Л.І., Ткачук Р.А. . — Тернопіль : ТДТУ ім. І.Пулюя , 1998 — 352 с. — ISBN 5-7763-9656-5.
8. Проценко І.Ю., Огородніченко Л.В. Технологія одержання і фізичні властивості плівкових матеріалів та основи мікроелектроніки. – Суми: СумДУ, 2011. – 231 с.
9. Панфілов І.П., Савицька М.П., Флейта Ю.В. Компонентна база радіоелектронної апаратури: навч. посібник. – Одеса: ОНАЗ, 2014. – 188 с.
10. М.Г.Находкін. Д.І.Шека. Фізичні основи мікро-та наноелектроніки. ВТЦ Київський університет. 2005 р.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

1. Вступ. Предмет і завдання дисципліни. Етапи розвитку мікроелектроніки.
2. Основні терміни та визначення. Електрофізичні властивості основних матеріалів, що використовуються в мікроелектроніці.
3. Класифікація інтегральних мікросхем. Критерії класифікації. Планарна технологія. Типові конструкції і структури. Підкладки для різних типів ІМС.
4. Плівкові та гібридні інтегральні мікросхеми. Їх конструкторсько-технологічні особливості. Класифікація плівок. Плівкові структури та їх фізичні властивості. Металізація ІМС.
5. Напівпровідникові інтегральні мікросхеми.
6. Методи електричної ізоляції елементів в інтегральних схемах. Інтегральні біполярні структури з ізоляцією дифузійними областями. Метод подвійної дифузії. Метод колекторної ізолюючої дифузії.
7. Напівпровідникові ІМС з ізоляцією діелектричними структурами. Ізопланарна структура.
8. Інтегральний біполярний транзистор n-p-n типу. Особливості структури, топологія. Основні параметри. Розподіл домішок у шарах інтегрального біполярного епітаксialно - планарного транзистора з прихованим n^+ шаром. Паразитні зв'язки. Модель інтегрального біполярного транзистора.
9. Конструктивно-технологічні різновиди ІБТ. Інтегральні біполярні транзистори p-n-p типу.
10. Інтегральні багатомітерні та багатоколекторні транзистори.

11. Транзистори з тонкою базою (супербета-транзистори). Потужні інтегральні транзистори.
12. Інтегральні біполярні транзистори з діодом Шотткі. Підвищення пробивної напруги діодів Шотткі. Композитні структури.
13. Діодне включення інтегрального біполярного транзистора. Схеми включення. Основні параметри різних схем включення.
14. Інтегральні МДН транзистори. Конструкції та структура. Характеристики МДН-структур. Комплементарні структури.
15. Пасивні елементи інтегральних мікросхем. Резистори напівпровідникових інтегральних мікросхем. Дифузійні резистори. Іонно-леговані резистори. Особливості структури, топологія та параметри інтегральних резисторів. Методика розрахунку конструкторсько-технологічних параметрів.
16. Конденсатори інтегральних мікросхем на основі р-п-переходів та МДН-структур. Структура, основні параметри, топологія. Розрахунок конструкторсько-технологічних параметрів. Плівкові резистори та конденсатори.
17. Логічні елементи на біполярних та МДН структурах. Основні характеристики та параметри. Елементи пам'яті.
18. Вплив радіаційного випромінювання на ІМС. Обмеження та перспективи розвитку мікроелектроніки.

Практичні заняття

Основна мета практичних завдань сприяти засвоюванню набутих теоретичних знань, методики визначення основних характеристик та параметрів елементів інтегральних схем, здобуття навичок обробки та аналізу отриманих результатів і принципів їх інтерпретації. При виконанні практичних лабораторних робіт увага приділяється аналізу особливостей та відмінностей елементів інтегральних схем від їх дискретних аналогів.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента включає наступні види робіт: підготовка до аудиторних занять, підготовка звіту за результатами виконання індивідуальних завдань за тематикою практичних занять.

З метою поглиблення і закріплення теоретичних знань та формування навичок для самостійного вирішення практичних завдань пропонується виконання домашньої контрольної роботи.

Індивідуальне завдання домашньої контрольної роботи представляє собою розрахунок вузла інтегральної схеми, розробку її топологічного креслення по заданій електричній схемі та ескізів фотошаблонів.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування лекційних та практичних занять рекомендується здобувачам вищої освіти, оскільки система оцінювання результатів навчання передбачає експрес-опитування та можливість отримання балів за активність студента. Відвідування занять реєструє староста групи та викладач. Передбачено можливість навчання в дистанційному та змішаному режимі. Методичне забезпечення дисципліни викладено в електронному вигляді в Google classroom та Campus.

При підготовці до практичних занять студент повинен ознайомитися із методичними рекомендаціями та завданням до виконання роботи. Для захисту результатів індивідуальних

завдань з практичних робіт студент надає оформлений звіт за результатами виконання роботи. Процедура захисту складається з аналізу одержаних результатів та відповідей на уточнюючі питання викладача за темою роботи.

Модульна контрольна робота - це письмова відповідь на теоретичні питання по тематиці відповідних розділів (п.3). Кожне питання має свій ваговий коефіцієнт складності. *Домашня контрольна робота* виконується під час самостійної роботи. Звіт про виконання роботи подається у письмовому вигляді. Неточності в індивідуальних завданнях, поданих на перевірку раніше встановленого терміну, можуть бути виправлені без зниження балів. Індивідуальні завдання поточного та підсумкового контролю результатів навчання мають бути виконані самостійно. У разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей необхідно вказувати посилання на джерела інформації.

Правила поведінки, обов'язки учасників освітнього процесу визначені в документах: Кодекс честі КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://osvita.kpi.ua/code>); «Положення про систему запобігання академічного плагіату в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/47>).

Передбачено можливість вивчення дисципліни "Мікроелектроніка" в дистанційному та змішаному режимі. Лекції та практикум проводяться в Google Meet за постійно діючим посиланням.

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

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

Контрольні заходи та процедура їх проведення регламентуються наступними документами: Положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://osvita.kpi.ua/node/39>); Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://osvita.kpi.ua/node/32>); «Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/37>); «Регламент проведення семестрового контролю в дистанційному режимі» (<https://osvita.kpi.ua/node/368>).

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

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Умови позитивного першого календарного контролю: студент повинен виконати всі завдання на час проведення календарного контролю.

Умови позитивного другого календарного контролю: студент повинен набрати не менше 40% балів від максимального сумарного рейтингу протягом семестру при успішному написанні контрольної роботи.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: виконання МКР , індивідуальних завдань з практичних робіт, ДКР.

Таблиця Система рейтингової оцінки по видам занять:

№ з/п	Компоненти, що підлягають рейтинговій оцінці	Загальна кількість завдань	Максимальний бал	Кількість балів на "відмінно"
1.	Експрес-опитування (тест)	5	2	10
2.	Модульна контрольна робота (МКР)	2	25	50
3.	Домашня контрольна робота (ДКР)	1	20	20
4.	Практичні роботи	4	5	20
Усього за семестр:				100

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 професором кафедри мікроелектроніки, д.т.н., доц., Мачулянським О.В.

Ухвалено кафедрою мікроелектроніки (протокол № 27 від 21. 06 2024)

Погоджено Методичною комісією факультету електроніки (протокол №06/2024 від 27.06.2024)