



НАПІВПРОВІДНИКОВА ЕЛЕКТРОНІКА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка та телекомунікації</i>
Спеціальність	<i>171 Електроніка</i>
Освітня програма	<i>Електронні прилади та пристрої</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр 1 курс, весняний семестр (на основі ступеня молодшого спеціаліста)</i>
Обсяг дисципліни	<i>4,5 кредитів ЕКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит / Модульні контрольні роботи, РГР</i>
Розклад занять	<i>rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>доктор філософії, Шевлякова Ганна Вікторівна, g.shevliakova-me@ill.kpi.ua, +38(095)856-39-96</i> Практичні: <i>доктор філософії, Шевлякова Ганна Вікторівна, g.shevliakova-me@ill.kpi.ua, +38(095)856-39-96</i>
Розміщення курсу	Google клас: <i>vmmtbox</i> https://meet.google.com/lookup/ghbgdordvq

Програма навчальної дисципліни

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

У межах навчальної дисципліни «Напівпровідникова електроніка» вивчається принцип роботи приладів напівпровідникової електроніки, їх параметрів та властивостей, підходи до визначення цих параметрів.

Майбутньому фахівцю зі спеціальності Електроніка варто вивчати дану дисципліну, оскільки вона дає фундаментальні знання про принцип роботи напівпровідникових приладів, розрахунок їх параметрів та галузь їх застосування.

Метою дисципліни «Напівпровідникова електроніка» є формування у студентів здатностей: використовувати одержані знання і уміння при вивченні наступних дисциплін та у практичній діяльності фахівця; робити розрахунки основних параметрів напівпровідникових приладів.

Вивчення даної дисципліни забезпечить студентів наступні **компетентності**: здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування напівпровідникових приладів; здатність інтегрувати знання фундаментальних розділів фізики для розуміння процесів напівпровідникової електроніки; здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у напівпровідникових приладах за допомогою аналітичних методів та результатів експериментальних досліджень; здатність вирішувати інженерні задачі пов'язані з розробкою та застосуванням напівпровідникових приладів.

Після засвоєння дисципліни «Напівпровідникова електроніка» студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання: фізичних властивостей напівпровідників; принципів роботи напівпровідникових приладів; параметрів і характеристик напівпровідникових приладів і їх залежності від зовнішніх факторів; області застосування напівпровідникових приладів.

уміння: самостійно виводити основні аналітичні співвідношення дисципліни «напівпровідника електроніка» розв'язувати задачі з кожного розділу дисципліни; вимірювати параметри і характеристики конкретних приладів; знаходити рішення практичних задач електроніки шляхом застосування відповідних моделей та теорій електродинаміки, електромагнетизму, статистичної фізики, фізики твердого тіла; проводити оптимальний вибір приладів для практичного використання в електронних пристроях;.

досвід: застосовувати знання, отримані у рамках циклів математичної та професійної підготовки; вимірювання характеристик та визначення параметрів приладів напівпровідникової електроніки; самостійної розробки теоретичних моделей приладів напівпровідникової електроніки.

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

Для успішного вивчення даної дисципліни студенти мають засвоїти наступні дисципліни (**пререквізити дисципліни**): Фізичні основи електроніки, Матеріали та компоненти електроніки, Основи аналітичної механіки та теорії коливальних систем, Фізика.

Результати навчання даної дисципліни використовуються для вивчення наступних дисциплін (**постреквізити дисципліни**): Мікропроцесорні системи, Інформаційні та технологічні електронні системи, Моделювання електронних приладів та пристроїв, Моделювання фізичних процесів в електроніці, Функціональна електроніка.

3. Зміст навчальної дисципліни

- Розділ 1. *Загальні відомості з фізики напівпровідників тіла*
- Розділ 2. *Електричні переходи між напівпровідниками*
- Розділ 3. *Напівпровідникові діоди.*
- Розділ 4. *Біполярні транзистори.*
- Розділ 5. *Тиристори.*
- Розділ 6. *Польові транзистори.*

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література, яку потрібно прочитати або використовувати для опанування дисципліни:

1. Борисов О. В., Якименко Ю. І. Твердотільна електроніка. Підручник. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 484 с.
Режим доступу: https://me.kpi.ua/downloads/Borysov_Yakymenko_TTE_2015.pdf
2. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. СПб.: Лань, 2002. 480 с.

Допоміжна література, яку потрібно прочитати або використовувати для опанування дисципліни:

1. Борисов О. В., Волхова Т. Л., Королевич Л. М. Твердотільна електроніка. Пробій в колекторному переході бездрейфового транзистора [Електронний ресурс]: навчальний посібник. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 109 с.
Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/13844>
2. Борисов О. В., Волхова Т. Л., Королевич Л. М. Твердотельная электроника: вопросы и ответы. Київ : НТУУ «КПІ», 2014. 188 с.
Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/13847>
3. Борисов О. В., Волхова Т. Л., Королевич Л. М. Твердотільна електроніка: практикум. Київ : НТУУ «КПІ», 2018. 105 с.
Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/24896>
4. Зи С. М. Физика полупроводниковых приборов. Книга 1. Москва: Мир, 1984. 456 с.
5. Зи С. М. Физика полупроводниковых приборов. Книга 2. Москва: Мир, 1984. 456 с.

6. Гусев В.А. Основы твердотельной электроники. Севастополь: Изд-во Сев. НТУ, 2004. 635 с.
7. Дружинін А.О. Твердотільна електроніка. Фізичні основи і властивості напівпровідникових приладів: Навчальний посібник. – Львів: Видавн. Тугов І.М. Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 332 с.
8. Тугов І.М., Глебов Б.А., Чарыков Н.А. Полупроводниковые приборы М: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Методика опанування навчальної дисципліни полягає у вивченні теоретичної частини матеріалу, засвоєння вивченого на практичних заняття. Виконуючи РГР та вирішуючи задачі на практичних заняттях студенти навчаються самостійно вирішувати завдання по визначенню параметрів приладів напівпровідникової електроніки.

Лекційні заняття

Тема курсу	Зміст Лекції
Розділ 1. Загальні відомості з фізики напівпровідників	
1.1. Предмет курсу «Напівпровідникова електроніка» 1.2. Основні поняття і терміни з фізики напівпровідників	1. Мета та завдання курсу «Напівпровідникова електроніка». Рейтингова система курсу. Місце курсу в процесі підготовки фахівців. Історія розвитку напівпровідникової електроніки. Електропровідність напівпровідників. Література. Зонна діаграма напівпровідників. Поняття рівня Фермі. Закон діючих мас.
Розділ 2. Електричні переходи між напівпровідниками	
2.1. <i>P-n</i> перехід в рівноважному стані	2. Фізичні явища при утворенні <i>p-n</i> переходу. Утворення не скомпенсованого заряду на межі <i>p</i> і <i>n</i> напівпровідників. Потенціальний бар'єр, дифузійне електричне поле. Зонна модель <i>p-n</i> переходу. Електричний струм через <i>p-n</i> перехід в рівноважному стані. Ширина <i>p-n</i> переходу в рівноважному стані.
2.2. <i>P-n</i> перехід в нерівноважному стані	3. Зміщення <i>p-n</i> переходу в прямому та зворотному напрямку. Струм через <i>p-n</i> перехід в нерівноважному стані. Висота потенціального бар'єру і ширина <i>p-n</i> перехід в нерівноважному стані. 4. Вольт-амперна характеристика ідеалізованого <i>p-n</i> переходу. Вольт-амперна характеристика реального <i>p-n</i> переходу. Теорія пробою <i>p-n</i> переходу; електричний пробій (тунельний, лавинний, тепловий). 5. Параметри <i>p-n</i> переходу: опір і ємність. <i>P-n</i> перехід на малому змінному сигналі. Малосигнальна схема зміщення. <i>P-n</i> перехід на високому рівні інжекції
Розділ 3. Напівпровідникові діоди	
3.1. Низькочастотні напівпровідникові діоди	6. Класифікація і умовні позначення напівпровідникових діодів. Випрямні напівпровідникові діоди. 7. Імпульсні діоди. Перемикання діодів з прямого вмикання на зворотне. Проходження імпульсів прямого струму через діод. Діоди з накопиченням заряду. 8. Напівпровідникові стабілітрони, їх параметри та галузі застосування. Варикапи, їх параметри та галузі застосування. Термогенерація в <i>p-n</i> переході.

3.2. Надвисокочастотні напівпровідникові діоди	9. Тунельні діоди. ВАХ діода; параметри діода. Частотні властивості діода. Обернений тунельний діод. 10. Діоди НВЧ. Рух носіїв в напівпровідниках в великих електричних полях. Лавинно-прольотні діоди. Діоди Ганна.
3.3. Діоди Шотткі	11. Контакт метал-напівпровідник. Зонна діаграма контакту. Бар'єри Шотткі. Діоди Шотткі.

Розділ 4. Біполярні транзистори.

4.1. Класифікація і умовне позначення транзисторів. Принцип дії транзистора.	12. Класифікація і умовні позначення транзисторів. Структура біполярного транзистора. Режими роботи біполярного транзистора. Фізичні процеси в транзисторі в активному нормальному режимі. Підсилення в транзисторі. Співвідношення між струмами в транзисторі.
4.2. Схеми вмикання транзистора. ВАХ транзистора.	13. Три схеми вмикання транзистора: загальна характеристика схеми вмикання. ВАХ ідеалізованої моделі транзистора. Співвідношення Молла-Еберса. ВАХ реального транзистора для схеми з загальною базою і з загальним емітером.
4.3. Параметри транзистора	14. Внутрішні (фізичні) параметри транзистора. Залежність параметрів від режиму роботи і від температури. Зовнішні параметри транзистора (параметри чотирьохполюсника). Системи параметрів. Зв'язок між системами параметрів. Еквівалентні схеми транзистора.
4.4. Частотні властивості транзистора	15. Залежність коефіцієнтів підсилення по струму від частоти в схемах з загальною базою і загальним емітером. Методи підвищення частотних властивостей транзистора. Внутрішнє електричне поле в базі транзистора. Час прольоту носіїв бази. Розподіл носіїв в базі. Характеристика дрейфових і бездрейфових транзисторів.

Розділ 5. Тиристоры

5.1. Принцип роботи тиристора	16. Диністор: структура, принцип дії та ВАХ. Тріодний тиристор. Ефект du/dt та di/dt у тиристорах. Галузі застосування.
-------------------------------	---

Розділ 6. Польові транзистори

6.1. Транзистори з керуючим <i>p-n</i> переходом	17. Структура і принцип роботи транзистора з керуючим <i>p-n</i> переходом. ВАХ і параметри транзистора. Частотні властивості.
6.2. Транзистори з ізолюваним затвором	18. Польові транзистори зі структурою метал-діелектрик-напівпровідник. Принцип роботи, параметри, характеристики. Галузі застосування.

Практичні заняття

№ заняття	Розділ	Тема та зміст заняття
1	1	Зонна діаграма напівпровідника. Закон діючих мас. Питома провідність напівпровідників. Співвідношення Ейнштейна. Рішення задач.
2	2	Висота потенціального бар'єру і ширина <i>p-n</i> переходу. Рішення задач.
3	2	Зонна діаграма <i>p-n</i> переходу. Рішення задач.
4	2	Вольт-амперна характеристика <i>p-n</i> переходу. Рішення задач.

5	3	Напівпровідникові діоди. ВАХ реального $p-n$ переходу з урахуванням напруги стабілізації стабілітронів. Рішення задач.
6	4	Фізичні параметри біполярного транзистора. Рішення задач.
7-8	4-5	ВАХ біполярного транзистора. Рішення задач.
9	6	МДН-транзистор. Порогова напруга МДН-транзистора. Рішення задач.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Розділ	К-ть годин	Теми / види самостійної роботи
2	2	1. Розподіл дифузійного і дрейфового струмів в базі $p-n$ переходу
	6	2. Рішення рівняння Пуассона для плавного $p-n$ переходу
3	2	3. Перемикаючі НВЧ діоди
	2	4. Тунельні зворотні діоди
	4	5. Ін'єкційно-прольотний діод
4	2	6. Імпульсні властивості біполярних транзисторів
	4	7. Дрейфовий біполярний транзистор
5	4	8. Імпульсні властивості тиристорів
2-6	30	Розрахунково графічна робота
1-6	10	Підготовка до роботи на практичних заняттях
1-6	15	Підготовка до екзамену

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття проводяться в системі GoogleClassroom. Відвідування лекційних занять є обов'язковим, за кожне пропущене без поважної причини заняття віднімається 1 бал від семестрового рейтингу. Практичні заняття проводяться очно і їх відвідування є обов'язковим. Для підготовки до заняття студент має повторити лекційний матеріал з відповідної теми, та мати всі необхідні інструменти для вирішення задач (довідник, калькулятор/комп'ютер, зошит, ручка). В разі відсутності на практичному занятті без поважної причини – студенту видається індивідуальне завдання за відповідною темою, за яким слід буде здати звіт. Під час он-лайн занять студенти зобов'язані відікнути звук та відео, окрім доповідача.

Всі види письмових робіт та звітної документації оформлюються відповідно до вимог ДСТУ-3008, як від руки так і на комп'ютері та друкуються (пишуться) на одному боці аркуша А4 білого кольору. У разі оформлення звіту від руки – графіки мають бути наведені на "міліметровці". Задачі вирішені впродовж практичного заняття можуть здаватися без оформлення – в зошиті, або на підписаних подвійних аркушах зошита.

Перед першим та другим календарним контролем та на заліковому тижні проводитимуться **модульні контрольні роботи**, які пишуться письмово.

Індивідуальне завдання (РГР) – детальний опис характеристик та параметрів реальних приладів (приблизно трьох-чотирьох) для кожного типу напівпровідникових приладів, які були згадані під час лекцій. Прогрес виконання РГР буде перевірятися впродовж семестр через 1-2 тижні після проходження відповідних лекцій. Звіт з РГР подається у вигляді власноруч заповненого зошиту. У разі виявлення ознак недобросовісності в практичній роботі або РГР – робота студента анулюється, а студенту видається нове індивідуальне завдання.

У випадку виконання індивідуальних завдань 1-8 у письмовому вигляді студент може отримати до 3 бонусних рейтингових балів на розсуд викладача.

Для допуску до *іспиту та перескладань* необхідно здати всі розділи РГР та заборгованості з практичних занять, одночасно отримавши семестровий рейтинг не нижче 40 балів. У разі набрання впродовж семестру не менше 60 балів студент має право отримати оцінку "автоматом", або відмовитися від такої можливості і піти на іспит. В останньому випадку семестровий рейтинг анулюється і оцінка виставляється виключно по результатам екзамену. Іспит є письмовим, або усним за вибором студента. Усний білет на іспиті складається з 3-х питань, а письмовий – з 10-ти, по тематиці змістовних модулів, що виносяться на аудиторні заняття, та окремих питань, які виносяться на самостійне опрацювання.

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

Поточний контроль: виконання розділів РГР та вирішення задач на практичних заняттях.

Календарний контроль: модульна контрольна робота.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: виконання всіх практичних робіт, РГР та отримання семестрового рейтингу не нижче 40 балів..

1. Система рейтингової оцінки по видам занять:

№ з/п	Заняття, що підлягають рейтинговій оцінці	Загальна кількість завдань	Максимальний бал за 1 завдання	Кількість балів на "відмінно"
1	МКР	2	20	40
2	РГР	1	25	25
3	Практичні роботи	7	5	35
Усього за семестр				100
Бонусне завдання: написання реферату з темою індивідуального завдання 1-8		8	2	16

2. 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

3. Якщо з об'єктивних обставин кількість занять змінюється, семестрові бали, наведені у п. 1, відповідним чином корегуються.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено асистент кафедри мікроелектроніки, доктор філософії, Шевлякова Ганна Вікторівна.

Ухвалено кафедрою мікроелектроніки (протокол № ___ від _____)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № __ від _____)