

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Загальна інформація про навчальну дисципліну

Повна назва навчальної дисципліни	Твердотільна електроніка
Повна офіційна назва закладу вищої освіти	Сумський державний університет
Повна назва структурного підрозділу	Факультет електроніки та інформаційних технологій. Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки
Розробник(и)	Опанасюк Анатолій Сергійович
Рівень вищої освіти	Перший рівень вищої освіти, НРК – 6 рівень, QF-LLL – 6 рівень, FQ-EHEA – перший цикл
Тривалість вивчення навчальної дисципліни	два семестри
Обсяг навчальної дисципліни	Обсяг становить 9 кред. ЄКТС, 270 год., з яких 1 кред. ЄКТС, 30 год. становить курсова робота. Для денної форми навчання 128 год. становить контактна робота з викладачем (64 год. лекцій, 32 год. практичних занять, 32 год. лабораторних занять), 142 год. 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	Додаткові умови відсутні
Обмеження	Обмеження відсутні

3. Мета навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни є формування у студентів компетенцій та системи спеціальних знань в області устрою, роботи та використанні напівпровідникових приладів, мікросхемотехніки, електронного приладобудування, здатності застосовувати ці знання при розробці елементної бази сучасної електроніки, налагодженні та експлуатації електронних систем

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Елементи фізики напівпровідників. Електронно-дірковий перехід і процеси в ньому
--

Тема 1 Вступ. Предмет і завдання дисципліни.

Предмет і завдання дисципліни. Напрями та етапи розвитку електроніки. Основні матеріали напівпровідникової техніки. Класифікація пристроїв електроніки за класами, видом енергії, що діє на вході і виході, способом формування і передачі сигналу. Напівпровідники. Класифікація напівпровідникових матеріалів. Елементарні напівпровідники IV підгрупи періодичної системи. Сполуки A3B5 та A2B6. Інші напівпровідникові матеріали. Їх властивості.

Тема 2 Елементи фізики напівпровідників.

Монокристали, їх кристалічна ґратка. Дефекти у кристалах. Зонна структура напівпровідників. Власна і домішкова провідність. Ефективна маса носіїв заряду. Статистика електронів і дірок у напівпровідниках. Залежність положення рівня Фермі від температури. Вплив температури на рухливість носіїв заряду. Нерівноважні носії заряду. Рекомбінація носіїв заряду та тривалість їх життя. Дрейфові і дифузійні струми у напівпровідниках. Фундаментальні рівняння твердотільної електроніки: рівняння неперервності та Пуассона. Термоелектронна емісія в напівпровідниках. Робота виходу. Ефект поля.

Тема 3 Контакт метал-напівпровідник

Класифікація електричних контактів: контакт метал-напівпровідник, p-n - переходи, гетеропереходи, p-p+, n-p+ контакти. Способи їх виготовлення. Енергетична діаграма контакту метал-напівпровідник. Омичні та випрямні контакти. Вимоги до контактуючих матеріалів. Перехід Шоткі. Утворення контактної різниці потенціалів. Вольт-амперна характеристика переходу.

Тема 4 Електронно-дірковий перехід і процеси в ньому

Рівноважний p-n перехід і фізичні процеси в ньому. Різкі та плавні переходи. Діаграма енергетичних зон переходу. Процеси в p-n - переході при відсутності зовнішньої напруги. Утворення запірного шару і дифузійного електричного поля в ньому. Висота потенціального бар'єра та контактна різниця потенціалів. Ємність p-n - переходу. Процеси в p-n - переході під дією зовнішньої напруги. Інжекція і екстракція носіїв. Вольт-амперна характеристика переходу. Її особливості для реальних випрямних контактів. Види пробоїв p-n-переходів. Еквівалентна схема переходу. Ізотипні та анізотипні гетеропереходи. Зонні діаграми гетеропереходів. Основні моделі струмопроходження через гетеропереходи. Електричні властивості гетеропереходів. Теоретичні та реальні ВАХ гетеропереходів.

Тема 5 Напівпровідникові діоди.

Класифікація та системи позначень діодів: радянська, PRO-ELECTRON, JEDEK. Відмінність ВАХ германієвого і кремнієвого діодів. Випрямні діоди. Напівпровідникові стабілітрони і стабістори. Універсальні діоди. Імпульсні діоди та перехідні процеси в них. Варикапи. Тунельні та обернені діоди. Високочастотні діоди. Діоди Шоткі. Схеми випрямлення струму.

Модуль 2. Біполярні та польові транзистори

Тема 6 Біполярні транзистори (БТ).

Загальні відомості про транзистори, режими роботи та типи. Визначення, класифікація і система позначень БТ. Будова і технологія виготовлення сплавного транзистора. Принцип дії БТ в активному режимі. Схеми включення та режими роботи БТ. Основні співвідношення між струмами, напругами і статичним коефіцієнтом передачі струму емітера для схем включення транзистора зі спільною базою та спільним колектором або емітером. Коефіцієнти перенесення, інжекції та збільшення колекторного струму. Модель Еберса-Молла. Чотириполюсники. Y, Z, H системи параметрів чотириполюсника. Статичні характеристики БТ зі спільною базою, спільним емітером та спільним колектором. Вхідні та вихідні характеристики. Характеристики прямої передачі та зворотного зв'язку. Вплив температури на статичні характеристики транзисторів. Граничні режими роботи БТ. Пробій транзистора, його види. Максимально допустима потужність. Диференціальні параметри БТ. Температурний дрейф статичних характеристик. Диференціальні параметри й еквівалентні схеми. Залежність фізичних параметрів від зовнішніх впливів. Робота БТ у динамічному режимі. Визначення параметрів приладу за його статичними характеристиками.

Тема 7 Динамічний режим роботи БТ.

Принцип дії підсилювального каскаду на БТ. Способи забезпечення режиму спокою транзисторного каскаду. Схеми з фіксованим струмом бази, температурною стабільністю в емітерному колі, автоматичним зміщенням робочої точки. Оцінка транзисторних каскадів за температурною нестабільністю. Графоаналітичний спосіб визначення параметрів режиму підсилення. Частотні властивості БТ. Особливості схем включення транзисторів. Робота БТ у ключовому режимі. Деякі різновиди БТ. Одно-перехідний транзистор. Високочастотні малопотужні транзистори. Потужні транзистори.

Тема 8 Польові транзистори (ПТ).

Польові транзистори з керуючим р-n - переходом (ПТКП). Структурна схема, принцип дії та характеристики ПТУП. Ширина каналу. Статичні характеристики ПТ. Вхідні і вихідні характеристики. Диференціальні параметри ПТ. Польові транзистори з ізольованим затвором (МДН). Ефект поля. МДН-транзистори з індуктованим каналом. МДН-транзистори з вбудованим каналом. Структурна схема, принцип дії та характеристики МДН. Вплив температури на характеристики польових транзисторів. Динамічний режим роботи польових транзисторів. Схеми забезпечення режиму спокою ПТ. Каскади на ПТ: розрахунок у статиці та динаміці. Частотні властивості ПТ. Потужні польові транзистори. Польові прилади з зарядовим зв'язком.

Тема 9 Тиристоры.

Будова та принцип дії тиристорів. Позначення тиристорів. Вольт-амперна характеристика тиристора. Діністорний режим. Триністорний режим. Залежність напруги переключення триністора від струму керування. Симістори. Способи комутації тиристорів. Перехідні процеси в тиристорі. Особливості керування тиристорами. Побудова електричних кіл керування. Вибір режиму формувача імпульсів керування. Параметри імпульсів керування.

Модуль 3. Елементи електроніки, що генерують електромагнітні хвилі. Основи мікроелектроніки

Тема 10 Лавинно-пролітні діоди.

Передача інформації електромагнітними хвилями. Генерація несучої частоти. Загальні відомості про прилади, що генерують електричні коливання та лавинно-пролітні діоди (ЛПД). Діоди Ріда. Їх будова і зонна діаграма. Області множення і дрейфу. Механізм виникнення негативного диференціального опору. Залежності струму і напруги від часу. Типові конструкції ЛПД. Використання ЛПД для генерації НВЧ-коливань. Основні параметри ЛПД.

Тема 11 Діоди Ганна.

Загальні відомості. Ефект Ганна. Вимоги до зонної структури напівпровідника. Утворення доменів. Статична вольт-амперна характеристика діодів Ганна. Зарядова нестійкість у приладах з від'ємним диференціальним опором. Генерація НВЧ-коливань у діодах Ганна. Недоліки та переваги генераторів Ганна.

Тема 12 Основи мікроелектроніки

- Основні поняття та визначення. Етапи розвитку мікроелектроніки. Основні типи інтегральних схем (ІС), їх виробники. Класифікація ІС. Система умовних позначень. Елементи конструкції ІС. Види ізоляції. Технології виготовлення основних елементів ІС: планарно-дифузійна та планарно-епітаксialна. Гібридні ІС. Плівкова технологія. Виготовлення основних елементів електроніки за цією технологією. Біполярні транзистори в ІС. МОН (МДН) транзистори. ІС з інжекційним живленням. TRI GATE архі-тектура. Перспективи розвитку мікроелектроніки.

Тема 13 Введення в оптоелектроніку

Загальні відомості. Особливості оптоелектроніки. Основні прилади оптоелектроніки, їх переваги та недоліки. Індикатори, формувачі сигналів, волоконно-оптичні лінії зв'язку, оптопари, сонячні фотоперетворювачі, оптична пам'ять запам'ятовуючих пристроїв, сонячні фотоперетворювачі, оптоелектронні датчики, тощо.

Тема 14 Основні поняття оптики

Електромагнітні хвилі, їх основні характеристики. Опис світлових хвиль. Шкала електромагнітних хвиль. Випромінювання світла. Характеристики випромінювання. Відбиття світла від границі розділу матеріалів, поглинання у напівпровіднику, про-ходження через матеріал. Види поглинання та його закони. Співвідношення Ламберта. Закони відбиття та заломлення світла. Формула Друде-Фойгта. Прямоzonні та непря-мозонні матеріали. Визначення їх ширини зони. Екситонне поглинання світла. Механізми люмінесценції. Інжекційна та ударна люмінесценція. Фізичні явища при цьому

Тема 15 Оптоелектронні напівпровідникові прилади. Світлодіоди та лазери

Матеріали для створення світлодіодів. Світлодіоди, їх позначення. Конструкція світлодіодів. Їх основні параметри. Яскравостні характеристики. Світлодіоди з кольором свічення, що перелаштовується. Індикаторні елементи. Принципи роботи напівпровідникових лазерів. Їх конструкція та основні характеристики. Одномодові та багатомодові лазери. Лазери на наноструктурах.

Модуль 4. Оптоелектронні напівпровідникові прилади. Введення у мікросхемотехніку

<p>Тема 16 Фотоприймачі</p> <p>Фоторезистивний ефект. Напівпровідникові фотоприймачі. Фоторезистори. Фотодіоди. Фотоприймачі з внутрішнім підсиленням: фототранзистори та фототиристри. Різновиди фотодіодів. Основні параметри фотоприймачів.</p>
<p>Тема 17 Сонячні елементи та оптопари</p> <p>Загальні відомості. Сонячне випромінювання, його основні характеристики. Сонячні елементи (СЕ) на р-п – переході. СЕ з гетеропереходами. Еквівалентна схема фотоелементів. Темнові та світлові вольт-амперні характеристики ідеальних і реальних СЕ. Визначення основних характеристик фотоперетворювачів. Оптимум Шоклі-Квайсера. Максимальне ККД СЕ. Основні фізичні процеси у фотоперетворювачах. Три покоління СЕ. Монокристалічні та плівкові СЕ. Нові матеріали геліоенергетики. Одноперехідні та тандемні фотоперетворювачі. Оптопари, їх застосування. Недоліки та переваги оптопар. Електронні аналоги оптопар</p>
<p>Тема 18 Введення у мікросхемотехніку</p> <p>Принципи і прийоми побудови інтегральних мікросхем (ІМС). Способи їх застосування та експлуатації. Відмінність від схемотехнічних прийомів дискретної електроніки. Сфера застосування і класифікація аналогових інтегральних мікросхем. Генератори стабільного струму (ГСС). Базова схема та схема з «дзеркалом струму». Генератори стабільної напруги (ГСН). Схеми термостабілізованих ГСН: Схеми зсуву рівня постійної складової сигналу. Регулювання величини компенсуючого зсуву. Двотактний вихідний каскад з комплементарними транзисторами. Двотактний вихідний каскад із додатковим каскадом зміщення. Недоліки та переваги. Двотактний вихідний каскад із захистом від короткого замикання. Диференціальний каскад як диференціальний підсилювач (ДП). Принцип дії ДП. Диференціальний та синфазний сигнали. Режими роботи ДП за виходом. ДП із диференціальним сигналом на вході. Статична передавальна характеристика ДП. Основні параметри ДП. Операційні підсилювачі. Три та двокаскадна схема. Аналогові інтегральні ключі. Режими перемикавання напруги та струму. Діодні аналогові ключі. Аналогові ключі на біполярних транзисторах. Переваги і недоліки. Аналогові ключі на МОН - транзисторах. Інтегральні компаратори. Компаратор із цифровим виходом. Спеціалізований інтегральний компаратор.</p>

5. Очікувані результати навчання навчальної дисципліни

Після успішного вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти зможе:

РН1	Розуміти фізичні принципи роботи приладів твердотільної електроніки, що є основою їх функціонування.
РН2	Знати параметри і характеристики різних напівпровідникових приладів і елементів інтегральних мікросхем, необхідні для забезпечення їх штатних режимів роботи.
РН3	Знати експлуатаційні особливості та можливі застосування приладів твердотільної електроніки і елементів інтегральних мікросхем.
РН4	Знати типові та універсальні схемотехнічні рішення створення електронних систем та їх блоків.
РН5	Створювати на основі типових рішень та універсальних схем нові схемотехнічні продукти.

6. Роль навчальної дисципліни у досягненні програмних результатів

Програмні результати навчання, досягнення яких забезпечує навчальна дисципліна.
Для спеціальності 171 Електроніка:

ПР1	Описувати принцип дії за допомогою наукових концепцій, теорій та методів та перевіряти результати при проектуванні та застосуванні приладів, пристроїв та систем електроніки.
ПР3	Знаходити рішення практичних задач електроніки шляхом застосування відповідних моделей та теорій електродинаміки, аналітичної механіки, електромагнетизму, статистичної фізики, фізики твердого тіла
ПР4	Оцінювати характеристики та параметри матеріалів електронної техніки, розуміти основи твердотільної електроніки, електротехніки, аналогової та цифрової схемотехніки, перетворювальної та мікропроцесорної техніки.
ПР5	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.
ПР14	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. Роль освітнього компонента у формуванні соціальних навичок

Загальні компетентності та соціальні навички, формування яких забезпечує навчальна дисципліна:

СН1	Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
СН2	Здатність аналізувати, оцінювати та об'єктивно інтерпретувати інформацію, робити обґрунтовані судження та вирішувати складні проблеми шляхом логічного обґрунтування та прийняття рішень на основі доказів (критичне мислення)
СН3	Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.
СН4	Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
СН5	Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
СН6	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
СН7	Здатність працювати в команді.

8. Види навчальних занять

Тема 1. Вступ. Предмет і завдання дисципліни.

<p>Лк1 "Вступ. Предмет і завдання дисципліни. Різновиди напівпровідникових матеріалів" (денна)</p> <p>Напрями та етапи розвитку електроніки. Основні матеріали напівпровідникової техніки. Класифікація пристроїв електроніки за класами, видом енергії, що діє на вході і виході, способом формування і передачі сигналу. Напівпровідники. Класифікація напівпровідникових матеріалів.</p>
<p>Тема 2. Елементи фізики напівпровідників.</p>
<p>Лк2 "Елементи фізики напівпровідників." (денна)</p> <p>Монокристали, їх кристалічна гратка. Зонна структура напівпровідників. Власна і домішкова провідність. Ефективна маса носіїв заряду. Статистика електронів і дірок у напівпровідниках. Залежність положення рівня Фермі від температури. Вплив температури на рухливість носіїв заряду.</p>
<p>Лк3 "Дрейфові і дифузійні струми у напівпровідниках. Фундаментальні рівняння твердотільної електроніки" (денна)</p> <p>Нерівноважні носії заряду. Рекомбінація носіїв заряду та тривалість їх життя. Дрейфові і дифузійні струми у напівпровідниках. Фундаментальні рівняння твердотільної електроніки: рівняння неперервності та Пуассона. Термоелектронна емісія в напівпровідниках. Робота виходу. Ефект поля</p>
<p>Пр1 "Статистика електронів і дірок у напівпровідниках." (денна)</p> <p>Статистика електронів і дірок у напівпровідниках. Залежність положення рівня Фермі від температури.</p>
<p>Пр2 "Фундаментальні рівняння твердотільної електроніки: рівняння неперервності та Пуассона." (денна)</p> <p>Фундаментальні рівняння твердотільної електроніки: рівняння неперервності та Пуассона. Термоелектронна емісія в напівпровідниках.</p>
<p>Тема 3. Контакт метал-напівпровідник</p>
<p>Лк4 "Класифікація електричних контактів: контакт метал-напівпровідник, p-n - переходи, гетеропереходи, p-p+, n-n+ контакти" (денна)</p> <p>Класифікація електричних контактів: контакт метал-напівпровідник, p-n - переходи, гетеропереходи, p-p+, n-n+ контакти. Способи їх виготовлення. Енергетична діаграма контакту метал-напівпровідник. Омичні та випрямні контакти. Перехід Шоткі. Утворення контактної різниці потенціалів. Вольт-амперна характеристика переходу.</p>
<p>Тема 4. Електронно-дірковий перехід і процеси в ньому</p>
<p>Лк5 "Рівноважний p-n перехід і фізичні процеси в ньому." (денна)</p> <p>Рівноважний p-n перехід і фізичні процеси в ньому. Діаграма енергетичних зон переходу. Процеси в p-n - переході при відсутності зовнішньої напруги. Утворення запірного шару і дифузійного електричного поля в ньому.</p>

<p>Лк6 "Процеси в р-n - та гетеропереході під дією зовнішньої напруги." (денна)</p> <p>Процеси в р-n - переході під дією зовнішньої напруги. Вольт-амперна характеристика переходу. Види пробоїв р-n-переходів. Еквівалентна схема переходу. Ізотипні та анізотипні гетеропереходи. Зонні діаграми гетеропереходів. Основні моделі струмопроходження через гетеропереходи. Електричні властивості гетеропереходів. Теоретичні та реальні ВАХ гетеропереходів.</p>
<p>Пр3 "Процеси на р-n." (денна)</p> <p>Процеси на р-n. Утворення контактної різниці потенціалів. Процеси в р-n - переході під дією зовнішньої напруги. Вольт-амперна характеристика переходу.</p>
<p>Тема 5. Напівпровідникові діоди.</p>
<p>Лк7 "Класифікація та системи позначень діодів: радянська, PRO-ELECTRON, JEDEK" (денна)</p> <p>Класифікація та системи позначень діодів: радянська, PRO-ELECTRON, JEDEK. Від-мінність ВАХ германієвого і кремнієвого діодів. Випрямні діоди. Напівпровідникові стабілітрони і стабістори.</p>
<p>Лк8 "Різновиди діодів" (денна)</p> <p>Випрямні діоди. Напівпровідникові стабілітрони і стабістори. Універсальні діоди. Імпульсні діоди та перехідні процеси в них. Варикапи і варактори. Тунельні та обернені діоди. Високочастотні діоди.</p>
<p>Пр4 "Особливості ВАХ реальних діодів." (денна)</p> <p>Особливості ВАХ реальних діодів. Напівпровідникові стабілітрони і стабістори.</p>
<p>Лб1 "Дослідження випрямних напівпровідникових діодів" (денна)</p> <p>Дослідження напівпровідникових діодів, стабілітрона, параметричного стабілітрона.</p>
<p>Лб2 "Дослідження характеристик стабілітрона" (денна)</p> <p>Дослідження напівпровідникових діодів, стабілітрона, параметричного стабілітрона.</p>
<p>Тема 6. Біполярні транзистори (БТ).</p>
<p>Лк9 "Визначення, класифікація і система позначень БТ. Принцип дії БТ в активному режимі." (денна)</p> <p>Загальні відомості про транзистори, режими роботи та типи. Визначення, класифікація і система позначень БТ. Принцип дії БТ в активному режимі. Схеми включення та режими роботи БТ.</p>
<p>Лк10 "Статичні характеристики БТ" (денна)</p> <p>Основні співвідношення між струмами, напругами і статичним коефіцієнтом передачі струму емітера для схем включення транзистора зі спільною базою та спільним колектором або емітером. Коефіцієнти перенесення, інжекції та збільшення колекторного струму</p>

<p>Лк11 "Чотириполюсники. Y, Z, H системи параметрів чотириполюсника" (денна) Чотириполюсники. Y, Z, H системи параметрів чотириполюсника. Статичні характеристики БТ зі спільною базою, спільним емітером та спільним колектором. Вхідні та вихідні характеристики. Пробій транзистора, його види. Диференціальні параметри БТ. Температурний дрейф статичних характеристик. Диференціальні параметри й еквівалентні схеми. Залежність фізичних параметрів від зовнішніх впливів. Характеристики прямої передачі та зворотного зв'язку. Граничні режими роботи БТ.</p>
<p>Пр5 "Принцип дії БТ в активному режимі." (денна) Принцип дії БТ в активному режимі. Схеми включення та режими роботи БТ.</p>
<p>Тема 7. Динамічний режим роботи БТ.</p>
<p>Лк12 "Робота БТ у динамічному режимі." (денна) Робота БТ у динамічному режимі. Визначення параметрів приладу за його статичними характеристиками. Принцип дії підсилювального каскаду на БТ. Способи забезпечення режиму спокою транзисторного каскаду. Схеми з фіксованим струмом бази, температурною стабілізацією в емітерному колі, автоматичним зміщенням робочої точки.</p>
<p>Лк13 "Графо-аналітичний спосіб визначення параметрів режиму підсилення" (денна) Оцінка транзисторних каскадів за температурною нестабільністю. Графоаналітичний спосіб визначення параметрів режиму підсилення. Частотні властивості БТ. Особливості схем включення транзисторів. Робота БТ у ключовому режимі. Деякі різновиди БТ. Одноперехідний транзистор. Високочастотні малопотужні транзистори. Потужні транзистори.</p>
<p>Пр6 "Графо-аналітичний спосіб визначення параметрів режиму підсилення БТ" (денна) Робота БТ у динамічному режимі. Визначення параметрів приладу за його статичними характеристиками. Графоаналітичний спосіб визначення параметрів режиму підсилення.</p>
<p>Лб3 "Дослідження ВАХ БТ у схемі зі спільною базою (СБ)" (денна) Дослідження біполярного транзистора в схемі зі спільною базою (СБ)</p>
<p>Лб4 "Дослідження ВАХ БТ у схемі зі спільною базою (СБ)" (денна) Дослідження біполярного транзистора в схемі зі спільною базою (СБ)</p>
<p>Лб5 "Дослідження ВАХ БТ в схемі зі спільним емітером (СЕ)." (денна) Дослідження біполярного транзистора в схемі зі спільним емітером (СЕ).</p>
<p>Лб6 "Дослідження ВАХ БТ в схемі зі спільним емітером (СЕ)." (денна) Дослідження біполярного транзистора в схемі зі спільним емітером (СЕ).</p>
<p>Тема 8. Польові транзистори (ПТ).</p>

<p>Лк14 "Польові транзистори з керуючим р-n - переходом (ПТКП)." (денна)</p> <p>Польові транзистори з керуючим р-n - переходом (ПТКП). Структурна схема, принцип дії та характеристики ПТУП. Ширина каналу. Статичні характеристики ПТ. Вхідні і вихідні характеристики. Диференціальні параметри ПТ. Польові транзистори з ізольованим затвором (МДН). Ефект поля. МДН-транзистори з індукованим каналом. МДН-транзистори з вбудованим каналом.</p>
<p>Лк15 "Динамічний режим роботи польових транзисторів." (денна)</p> <p>Структурна схема, принцип дії та характеристики МДН ПТ. Вплив температури на характеристики польових транзисторів. Динамічний режим роботи польових транзисторів. Схеми забезпечення режиму спокою ПТ. Каскади на ПТ: розрахунок у статистиці та динаміці. Частотні властивості ПТ. Потужні польові транзистори. Польові прилади з зарядовим зв'язком.</p>
<p>Пр7 "Динамічний режим роботи польових транзисторів" (денна)</p> <p>Польові транзистори з керуючим р-n - переходом (ПТКП) та з ізольованим затвором (МДН). Динамічний режим роботи польових транзисторів. Схеми забезпечення режиму спокою ПТ.</p>
<p>Лб7 "Дослідження польового транзистора з керувальним р-n переходом та з ізольованим затвором" (денна)</p> <p>Дослідження польового транзистора з керуючим р-n-переходом</p>
<p>Тема 9. Тиристри.</p>
<p>Лк16 "Будова та принцип дії тиристорів." (денна)</p> <p>Будова та принцип дії тиристорів. Позначення тиристорів. Вольт-амперна характеристика тиристора. Діністорний режим. Триністорний режим. Залежність напруги переключення триністора від струму керування. Симістри. Способи комутації тиристорів. Перехідні процеси в тиристорі. Особливості керування тиристорами.</p>
<p>Пр8 "Вольт-амперна характеристика тиристора." (денна)</p> <p>Будова та принцип дії тиристорів. Вольт-амперна характеристика тиристора. Діністорний та триністорний режими</p>
<p>Лб8 "Дослідження тиристора у діністорному та триністорному режимах" (денна)</p> <p>Дослідження тиристора в колах постійного струму (діністор, тиристор в діністорному режимі, триністор)</p>
<p>Тема 10. Лавинно-пролітні діоди.</p>
<p>Лк17 "Загальні відомості про прилади, що генерують електричні коливання." (денна)</p> <p>Передача інформації електромагнітними хвилями. Генерація несучої частоти. Загальні відомості про прилади, що генерують електричні коливання. Лавинно-пролітні діоди (ЛПД). Діоди Ріда. Їх будова і зонна діаграма. Механізм виникнення негативного диференціального опору. Залежності струму і напруги від часу. Типові конструкції ЛПД. Використання ЛПД для генерації НВЧ-коливань.</p>

<p>Пр9 "Лавинно-пролітні діоди (ЛПД) та діоди Ганна" (денна)</p> <p>Лавинно-пролітні діоди (ЛПД) та діоди Ганна. Електронні процеси у приладах та їх статичні вольт-амперні характеристики.</p>
<p>Тема 11. Діоди Ганна.</p>
<p>Лк18 "Діоди Ганна" (денна)</p> <p>Загальні відомості. Ефект Ганна. Вимоги до зонної структури напівпровідника. Утворення доменів. Статична вольт-амперна характеристика діодів Ганна. Зарядова нестійкість у приладах з від'ємним диференціальним опором. Генерація НВЧ-коливань у діодах Ганна. Недоліки та переваги генераторів Ганна.</p>
<p>Лб9 "Дослідження ВАХ ЛПВ" (денна)</p> <p>Лавинно-пролітні діоди (ЛПД) та діоди Ганна. Електронні процеси у приладах та їх статичні вольт-амперні характеристики.</p>
<p>Лб10 "Дослідження ВАХ діоду Ганна" (денна)</p> <p>Лавинно-пролітні діоди (ЛПД) та діоди Ганна. Електронні процеси у приладах та їх статичні вольт-амперні характеристики.</p>
<p>Тема 12. Основи мікроелектроніки</p>
<p>Лк19 "Етапи розвитку мікроелектроніки. Класифікація інтегральних схем та методи їх створення (ІС)." (денна)</p> <p>Основні поняття та визначення. Етапи розвитку мікроелектроніки. Класифікація інтегральних схем (ІС). Система умовних позначень. Елементи конструкції ІС. Технології виготовлення основних елементів ІС: планарно-дифузійна та планарно-епітаксіальна. Види ізоляції. Гібридні ІС. Плівкова технологія. Виготовлення основних елементів електроніки. Біполярні транзистори в ІС. МОН (МДП) транзистори. ІС з інжекційним живленням. TRI GATE архітектура. Перспективи розвитку мікроелектроніки.</p>
<p>Пр10 "Виготовлення основних елементів електроніки різними технологіями." (денна)</p> <p>Технології виготовлення основних елементів ІС: планарно-дифузійна та планарно-епітаксіальна. Виготовлення основних елементів електроніки різними технологіями.</p>
<p>Тема 13. Введення в оптоелектроніку</p>
<p>Лк20 "Особливості оптоелектроніки. Основні прилади оптоелектроніки." (денна)</p> <p>Загальні відомості про оптоелектроніку, її особливості. Основні прилади оптоелектроніки, їх переваги та недоліки. Індикатори, формувачі сигналів, волоконно-оптичні лінії зв'язку, оптопари, сонячні фотоперетворювачі, оптична пам'ять запам'ятовуючих пристроїв, сонячні фотоперетворювачі, оптоелектронні датчики, тощо</p>
<p>Тема 14. Основні поняття оптики</p>

<p>Лк21 "Електромагнітні хвилі, їх основні характеристики. Закони розповсюдження та відбиття" (денна)</p> <p>Електромагнітні хвилі, їх основні характеристики. Шкала електромагнітних хвиль. Відбиття світла від границі розділу матеріалів, поглинання у напівпровіднику, проходження через матеріал. Види поглинання та його закони. Співвідношення Ламберта.</p>
<p>Лк22 "Відбиття світла від границі розділу матеріалів та його заломлення. Визначення ширини забороненої зони. Люмінесценція." (денна)</p> <p>Закони відбиття та заломлення світла. Формула Друде-Фойгта. Прямоzonні та непрямоzonні матеріали. Визначення їх ширини забороненої зони. Екситонне поглинання світла. Механізми люмінесценції. Інжекційна та ударна люмінесценція.</p>
<p>Пр11 "Закону відбиття та поглинання світла" (денна)</p> <p>Відбиття світла від границі розділу матеріалів, поглинання у напівпровіднику, проходження через напівпровідниковий матеріал.</p>
<p>Тема 15. Оптоелектронні напівпровідникові прилади. Світлодіоди та лазери</p>
<p>Лк23 "Принципи роботи напівпровідникових лазерів" (денна)</p> <p>Принципи роботи напівпровідникових лазерів. Їх основні характеристики. Одномодові та багатомодові лазери. Лазери на наноструктурах.</p>
<p>Лк24 "Світлодіоди, їх основні характеристики." (денна)</p> <p>Світлодіоди, їх позначення. Конструкція світлодіодів. Їх основні параметри. Яскравостні характеристики. Світлодіоди з кольором свічення, що перелаштовується. Індикаторні елементи.</p>
<p>Пр12 "Світлодіоди та лазери" (денна)</p> <p>Світлодіоди та лазери, їх конструкція та основні параметри.</p>
<p>Тема 16. Фотоприймачі</p>
<p>Лк25 "Напівпровідникові фотоприймачі." (денна)</p> <p>Фоторезистивний ефект. Напівпровідникові фотоприймачі. Фоторезистори. Фотодіоди. Фотоприймачі з внутрішнім підсиленням: фототранзистори та фототиристри. Різновиди фотодіодів. Основні параметри фотоприймачів.</p>
<p>Пр13 "Напівпровідникові фотоприймачі." (денна)</p> <p>Фоторезистивний ефект. Напівпровідникові фотоприймачі.</p>
<p>Лб11 "Дослідження ВАХ фотодіодів та фототранзисторів" (денна)</p> <p>Дослідження характеристик фотодіодів та фототранзисторів</p>
<p>Лб12 "Дослідження ВАХ фотодіодів та фототранзисторів" (денна)</p> <p>Дослідження характеристик фотодіодів та фототранзисторів</p>
<p>Тема 17. Сонячні елементи та оптопари</p>

<p>Лк26 "Сонячні елементи (СЕ) на основі р-n – переходів та гетеропереходів" (денна) Загальні відомості. Сонячне випромінювання, його основні характеристики. СЕ на основі р-n – переходів та гетеропереходів. Еквівалентна схема фотоперетворювачів.</p>
<p>Лк27 "Основи роботи СЕ. Їх види та покоління." (денна) Темнові та світлові вольт-амперні характеристики ідеальних і реальних СЕ. Визначення основних характеристик фотоперетворювачів. Оптимум Шоклі-Квайсера. Максимальне ККД СЕ. Основні фізичні процеси у фотоперетворювачах. Три покоління СЕ. Монокристалічні та плівкові СЕ. Нові матеріали геліоенергетики. Одноперехідні та тандемні фотоперетворювачі.</p>
<p>Лк28 "Оптопари, їх характеристики та застосування" (денна) Оптопари, їх застосування. Недоліки та переваги оптопар. Електроні аналоги оптопар.</p>
<p>Пр14 "Оптопари, їх застосування" (денна) Оптопари, їх застосування. Електроні аналоги оптопар.</p>
<p>Пр15 "Сонячні елементи на р-n – переході та з гетеропереходами" (денна) Сонячні елементи на р-n – переході та з гетеропереходами. Еквівалентна схема фотоелементів.</p>
<p>Лб13 "Дослідження темнових та світлових вольт-амперних характеристик сонячних елементів." (денна) Темнові та світлові ВАХ сонячних елементів</p>
<p>Лб14 "Дослідження діодного оптрона" (денна) Темнові та світлові вольт-амперні характеристики сонячних елементів.</p>
<p>Лб15 "Дослідження оптодистристора та оптосимістора" (денна) Дослідження оптронів (оптодистристор, оптосимістор).</p>
<p>Тема 18. Введення у мікросхемотехніку</p>
<p>Лк29 "Диференціальний каскад як диференціальний підсилювач (ДП)." (денна) Двотактний вихідний каскад із захистом від короткого замикання. Диференціальний каскад як диференціальний підсилювач (ДП). Принцип дії ДП. Диференціальний та синфазний сигнали. Режими роботи ДП за виходом. ДП із диференціальним сигналом на вході. Статична передавальна характеристика ДП. Основні параметри ДП.</p>
<p>Лк30 "Операційні підсилювачі. Три та двокаскадна схема" (денна) Операційні підсилювачі. Три та двокаскадна схема. Аналогові інтегральні ключі. Режими перемикавання напруги та струму. Діодні аналогові ключі. Аналогові ключі на біполярних транзисторах. Переваги і недоліки.</p>

Лк31 "Схеми зсуву напруги. Двотактний вихідний каскад" (денна) Схеми зсуву рівня постійної складової сигналу. Регулювання величини компенсуючого зсуву. Двотактний вихідний каскад з комплементарними транзисторами. Двотактний вихідний каскад із додатковим каскадом зміщення. Недоліки та переваги.
Лк32 "Аналогові ключі та інтегральні компаратори." (денна) Аналогові ключі на МОН - транзисторах. Інтегральні компаратори. Компаратор із цифровим виходом. Спеціалізований інтегральний компаратор.
Пр16 "Принципи і прийоми побудови інтегральних мікросхем" (денна) Принципи і прийоми побудови інтегральних мікросхем (ІМС). Способи їх застосування та експлуатації. Схемотехнічні рішення.
Лб16 "Дослідження елемента ТТЛ – логіки та ЕСЛ-логіки." (денна) Основні характеристики елементів ТТЛ – логіки та ЕСЛ-логіки.

9. Стратегія викладання та навчання

9.1 Методи викладання та навчання

Дисципліна передбачає навчання через:

МН1	Навчання на основі досліджень (RBL)
МН2	Пошукові лабораторні роботи.
МН3	Практикоорієнтоване навчання
МН4	Розрахунково-графічні та курсові роботи для самостійного індивідуального виконання.
МН5	Лекційне навчання

Лекції надають студентам теоретичні знання з фізичних принципів роботи основних елементів і компонентів електронних схем, їх характеристики, особливості експлуатації, типові схемотехнічні рішення створення електронних систем та їх блоків, приклади їх застосування, що є основою для самостійного навчання здобувачів вищої освіти (РН1, РН2, РН3, РН4). Лекції доповнюються практичними та лабораторними роботами, що надають студентам можливість застосовувати теоретичні знання на практичних прикладах (РН4, РН5).

Самостійному навчанню, формуванню навичок самоорганізації та раціонального використання свого часу сприятиме підготовка до лекцій, практичних та лабораторних занять. Робота в невеликих групах для виконання практичних та лабораторних завдань, буде стимулювати формування навичок командної роботи та лідерських якостей, а аналіз, представлення та захист результатів виконання цих завдань у звітах та результатів виконання розрахунково-графічної роботи розвиватимуть у студентів навички критичного мислення та нестандартного підходу до розв'язування задач, аргументувати свою позицію, вести дискусію. Практико-орієнтоване навчання сприятиме розвитку у здобувачів критичного мислення та навичок розв'язання проблем. Політика дедлайнів з навчальної дисципліни сприятиме формуванню навичок здобувачів планувати та управляти своїм часом.

9.2 Види навчальної діяльності

НД1	Підготовка курсової роботи
НД2	Мультимедійні презентації за темами лекцій.
НД3	Проведення лабораторних робіт.
НД4	Практичні роботи.
НД5	Рограхунково-графічна робота.

10. Методи та критерії оцінювання

10.1. 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 мінімальним критеріям	3 (задовільно)	$60 \leq RD < 63$
Можливе повторне складання	2 (незадовільно)	$35 \leq RD < 59$
Необхідний повторний курс з навчальної дисципліни	2 (незадовільно)	$0 \leq RD < 34$

10.2 Методи поточного формативного оцінювання

	Характеристика	Дедлайн, тижні	Зворотний зв'язок
МФО1 Тестування за результатами лекційного матеріала	Призначені для закріплення теоретичних знань, отриманих протягом лекційного заняття. Тестові питання засновані на матеріалі поточного лекційного заняття.	протягом аудиторного заняття	Google Форми, Google Meet, MIX
МФО2 Опитування на практичних заняттях	Поточне формативне оцінювання рівня засвоєності практичного матеріалу з дисципліни.	протягом аудиторного заняття	MIX, Google форми, Google Meet

МФО3 Контроль виконання лабораторних занять	Виставляється за результатами виконання та оформлення звіту з лабораторної роботи	протягом лабораторного заняття, іноді на наступному але не пізніше початку наступного модуля	телеграм, МІХ, Google Meet
МФО4 Контроль виконання розрахунково-графічної (РГР) та курсової робіт (КР)	Поточне формативне оцінювання рівня засвоєння теоретичного та практичного матеріалу, рівня формування практичних навичок студентів в області твердотільної електроніки	за графіком узгодженим зі студентами	МІХ, телеграм

10.3 Методи підсумкового сумативного оцінювання

	Характеристика	Дедлайн, тижні	Зворотний зв'язок
МСО1 Підсумковий контроль: екзамен	Форма підсумкового контролю за навчальною дисципліною, визначена навчальним планом та освітньою програмою (ДСК) Екзамен проводяться у письмовій формі за матеріалом курсу. Питання направлені на перевірку отриманих знань протягом вивчення курсу дисципліни. згідно графіку навчального процесу	Згідно графіку	Google Meet, телеграм
МСО2 Перевірка засвоєння знань на лекціях	Тестові питання направлені на перевірку отриманих знань протягом вивчення курсу дисципліни	на лекціях	Google Meet, телеграм
МСО3 Робота на практичних заняттях	Підсумкове сумативне оцінювання рівня засвоєння практичного матеріалу з дисципліни	Згідно графіку	Google Meet, телеграм
МСО4 Захист звітів за виконання лабораторних занять	Підсумкове сумативне оцінювання рівня засвоєння практичного матеріалу з дисципліни.	Згідно графіку але не пізніше допуску до заліку чи іспиту	Google Meet, телеграм
МСО5 Модульні контролі	Форма підсумкового контролю за навчальною дисципліною, визначена навчальним планом та освітньою програмою (модульний контроль). Проводяться у письмовій формі за матеріалом курсу. Питання направлені на перевірку отриманих знань протягом вивчення курсу дисципліни.	згідно графіку навчального процесу	Google Meet, телеграм

МСО6 Виконання та захист РГР	Підсумкове сумативне оцінювання рівня засвоєності теоретичного та практичного матеріалу, рівня формування практичних навичок	за графіком	Google Meet, телеграм
МСО7 Написання та захист курсової роботи	Підсумкове сумативне оцінювання рівня засвоєння теоретичного та практичного матеріалу, рівня формування практичних навичок узгодженню і застосуванню елементів інтегральної електроніки.	Згідно графіку	Google Meet, телеграм

Контрольні заходи:

		Максимальна кількість балів	Можливість перескладання з метою підвищення оцінки
Перший семестр вивчення		100 балів	
МСО2. Перевірка засвоєння знань на лекціях		8	
	1 (8x1)	8	Ні
МСО3. Робота на практичних заняттях		16	
	8x2	16	Ні
МСО4. Захист звітів за виконання лабораторних занять		24	
	8x3	24	Ні
МСО5. Модульні контролі		40	
	2x20	40	Ні
МСО6. Виконання та захист РГР		12	
		12	Ні
Другий семестр вивчення		100 балів	
МСО1. Підсумковий контроль: екзамен		40	
		40	Ні
МСО2. Перевірка засвоєння знань на лекціях		8	
	8x1	8	Ні
МСО3. Робота на практичних заняттях		16	
	8x2	16	Ні
МСО4. Захист звітів за виконання лабораторних занять		16	
	8x2	16	Ні
МСО5. Модульні контролі		20	
	2x10	20	Ні

Курсова робота:

		Максимальна кількість балів	Можливість перескладання з метою підвищення оцінки
Другий семестр вивчення		100 балів	
МСО7. Написання та захист курсової роботи		100	
		100	Ні

Оцінювання протягом семестру проводиться у формі тестування за результатами засвоєння матеріалу на лекціях, опитування у різних формах на практичних заняттях, захисту звітів за результатом виконання лабораторних робіт, перевірки письмових контрольних робіт (модульних контролів), перевірки виконання розрахунково-графічної та курсової роботи. Студент атестується за умови виконання не менше ніж 100% лабораторних робіт з дисципліни, розрахунково-графічної роботи та курсової роботи згідно сформульованого завдання та отриманні позитивної оцінки за усіма заходами підсумкового сумативного контролю.

За курсову роботу студент повинен отримати не менше ніж 60 балів

11. Ресурсне забезпечення навчальної дисципліни

11.1 Засоби навчання

ЗН1	Мультимедійний проектор
ЗН2	Лабораторні стенди
ЗН3	Методичне забезпечення практичних занять
ЗН4	Методичні рекомендації до виконання РГР та КР
ЗН5	Методичні рекомендації до самостійної роботи

11.2 Інформаційне та навчально-методичне забезпечення

Основна література	
1	Твердотільна електроніка: підручник / О. В. Борисов, Ю. І. Якименко; за заг. ред. Ю. І. Якименка. – Київ: НТУУ «КПІ», 2019. – 484 с.
2	Papadopoulos C. Solid-State Electronic Devices: An Introduction / C. Papadopoulos. - Springer Science, 2022. – 287 p.
3	Streetman B. Solid State Electronic Devices 7th Edition / B. Streetman, S. Banerjee/ - University of Texas at Austin, 2020. – 212 p.
4	Solid State Electronic Devices, seventh edition. Ben G. Streetman, Sanjay Kumar Banerjee. - Pearson Education Limited, 2020. - 616 p.
5	Бондаренко І.М. Твердотільна електроніка: навч. посібник для студентів ЗВО / І.М. Бондаренко, О.В. Бородин, О.Б. Галат, В.П. Карнаушенко. – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 236 с.
Допоміжна література	

6	Борисенко О.А. Твердотільна електроніка, навч. посіб. / О.А. Борисенко, О.М. Кобяков, А.І. Новгородцев та ін. - Суми: СумДУ, 2013. – 271 с.
7	Grundmann M. The Physics of Semiconductors. An Introduction Including Nanopysics and Applications / M. Grundmann – Springer, 2016. – 690 p.
8	Твердотільна електроніка: практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» / О. В. Борисов, Т. Л. Волхова, Л. М. Королевич; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 108 с
9	Чадюк, В. О. Оптоелектроніка: від макро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання. Книга перша [Електронний ресурс] : навчальний посібник / В. О. Чадюк. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – 398 с.