

Інститут телекомунікацій, радіоелектроніки і електронної техніки

Спеціалізація:

Лазерна і оптоелектронна техніка

(код 153/0410)

Спеціальність:

Мікро- та наносистемна техніка

(код 153)

Галузь знань:

Автоматизація та приладобудування

(код 15)

Перелік дисциплін для вступу на навчання за освітньою програмою підготовки магістр

- Квантова електроніка та лазерна техніка
- Квантова механіка і статистична фізика
- Твердотільна електроніка
- Технологічні основи мікро- та наносистемної техніки
- Фізика напівпровідників і діелектриків
- Оптичні мікросистеми

Дисципліна: Квантова електроніка та лазерна техніка

Розділ 1. Енергетичний стан атома

- § 1. Класифікація енергетичних рівнів
- § 2. Правила відбору
- § 3. Магнітні моменти атомів
- § 4. Тонка і надтонка структура енергетичних рівнів

Розділ 2. Електронні спектри молекул

- § 1. Класифікація електронних спектрів
- § 2. Правила відбору для радіаційних переходів у двоатомних молекулах

Розділ 3. Енергетичні спектри молекул

- § 1. Коливально-обертові спектри молекул
- § 2. R, Q, P-гілки частотної залежності
- § 3. Правила відбору в коливально-обертovому спектрі

Розділ 4. Спонтанні та індуквані переходи

- § 1. Коефіцієнти Ейнштейна
- § 2. Стан термодинамічної рівноваги
- § 3. Інверсія населеності енергетичних рівнів

Розділ 5. Взаємодія квантових систем з електромагнітним полем

- § 1. Релаксаційні процеси
- § 2. Робочі речовини
- § 3. Принцип дії лазерів

Розділ 6. Спектральна лінія

- § 1. Ширина спектральної лінії
- § 2. Природна ширина спектральної лінії
- § 3. Однорідне та неоднорідне розширення спектральної лінії
- § 4. Допплерівсько розширена спектральна лінія
- § 5. Коефіцієнт підсилення робочого середовища
- § 6. "Дірки" Беннета
- § 7. "Провал" Лемба

Розділ 7. Дворівнева модель квантової системи

- § 1. Кінетичні рівняння
- § 2. Стаціонарні умови
- § 3. Одержання інверсної населеності за дворівневою схемою
- § 4. Умови інверсії

Розділ 8. Багаторівневі системи

- § 1. Одержання інверсної населеності та їх використання в лазерах
- § 2. Умови інверсії три- та чотирирівневих систем
- § 3. Характеристика активних середовищ приладів квантової електроніки
- § 4. Оптичні резонатори

Розділ 9. Особливості відкритих резонаторів

- § 1. Розповсюдження світла у відкритих резонаторах
- § 2. Моді відкритого резонатора
- § 3. Інтегральні рівняння відкритого резонатора
- § 4. Метод Фокса і Лі
- § 5. Спектр відкритого резонатора

§ 6. Втрати в резонаторі

§ 7. Умови самозбудження резонатора

Розділ 10. Умова та діаграми стійкості резонатора

§ 1. Типи оптичних резонаторів

§ 2. Гауссові промені у відкритому резонаторі

Розділ 11. Характеристики лазерного випромінювання

§ 1. Спектр генерації лазера

§ 2. Затягування частоти

§ 3. “Провал Лемба”

§ 4. Когерентність лазерного випромінювання, поляризація

§ 5. Кутове розходження лазерного променя

Розділ 12. Особливості газових активних середовищ

§ 1. Основні методи збудження газових середовищ

§ 2. Резонансне передавання енергії

§ 3. Механізм Пенінга

§ 4. Двоступеневе збудження

Розділ 13. Енергетична діаграма He-Ne лазера

§ 1. Основні лінії випромінювання

§ 2. Одержання генерації на слабких переходах неону

§ 3. Параметри лазерів

Розділ 14. Схема енергетичних рівнів ексимерних лазерів

§ 1. Особливості одержання генерації в ексимерних лазерах

Розділ 15. Енергетична діаграма лазера на ітрій-алюмінієвому гранаті

§ 1. Утворення мультиплетної структури в іоні неодиму

§ 2. Іон неодиму в матриці гранату

§ 3. Утворення Штарківських підрівнів

Розділ 16. Енергетична діаграма молекулярних лазерів

§ 1. Одержання лазерної генерації на переходах між коливально-обертовими станами різних електронних станів.

§ 2. Особливості створення інверсії в CO та CO₂.

§ 3. Енергетична діаграма азотного лазера.

Розділ 17. Гомо- та гетеро структурні напівпровідникові лазери

§ 1. Вироджені та не вироджені напівпровідники.

§ 2. Функція розподілу Фермі-Дірака.

§ 3. Функція густини станів

§ 4. Структури гомо- та гетероструктурних напівпровідникових лазерів

§ 5. Умова створення інверсії у напівпровідникових лазерах

Література

1. *Фізичні основи електронної техніки* / З.Ю. Готра, І.Є. Лопатинський, Б.А. Лукіянець, З.М. Микитюк. – Львів : Бескид Біт, 2004.
2. *Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике : учеб. руководство. – 2-е изд., испр. и доп. / Н.В. Карлов. – М. : Наука, 1988.*

Дисципліна: Квантова механіка і статистична фізика

Розділ 1. Зародження квантової механіки

§ 1. Суперечності між експериментальними та класичним теоретичним поясненням: ультрафіолетова катастрофа, теплоємність твердих тіл. Дуалістична природа світла. Опис Луї де Бройлем квантових частинок за допомогою хвильової функції

Розділ 2. Методи квантової механіки

§ 1. Хвильові функції та їх властивості. Фізичний зміст квадрату модуля хвильової функції.

Опис фізичних величин за допомогою операторів. Побудова операторів найважливіших фізичних величин. Ермітово-спряженість операторів, що задають фізичну величину. Рівняння на власні функції та власні значення операторів. Спектри операторів (дискретний та неперервний, вироджений та невироджений). Приклад, коли оператор має дискретний та неперервний спектри. Властивості власних функцій оператора з дискретним (неперервним) спектром. Імовірність визначення можливих значень оператора. Комутація операторів. Властивості комутаторів. Випадок, коли дві фізичні величини набувають рівночасно певного значення. Необхідна та достатня умова рівночасного та точного вимірювання двох фізичних величин

Розділ 3. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга

§ 1. Приклад застосування співвідношення до координати та імпульсу, енергії та часу. Висновки, що випливають із співвідношення невизначеностей

Розділ 4. Хвильове рівняння Шредінгера

§ 1. Використання функції де Бройля для ілюстрації хвильового рівняння Шредінгера. Еволюція стану з часом. Стаціонарний стан. Зміна з часом хвильової функції стаціонарного стану. Збереження густини ймовірностей, густини потоку ймовірностей, середнього значення оператора, що не залежить від часу в стаціонарному стані

Розділ 5. Частинка в нескінченно глибокій потенціальній ямі

§ 1. Випадок симетричної та антисиметричної ями. Дво- та тривимірний випадок. Випадок ями з однією скінченною енергетичною межею

Розділ 6. Лінійний гармонійний осцилятор

§ 1. Енергія та хвильові функції стану, оператори породження та знищення збудження, поліноми Ерміта, їх ортонормованість та рекурентні співвідношення. Найменша енергія ЛГО - мінімальне, сумісне із співвідношенням невизначеностей Гейзенберга значення енергії

Розділ 7. Тунелювання

§ 1. Розрахунок коефіцієнтів прозорості та відбивання від бар'єра. Фізичні параметри, що впливають на коефіцієнт прозорості бар'єра

Розділ 8. Частинка в сферично-симетричному полі

§ 1. Власні функції та власні значення оператора моменту імпульсу та його проекції на заданий напрямок. Поліноми Лежандра. Приєднані поліноми Лежандра, їх властивості, рекурентні співвідношення та умова ортонормованості. Електрон в кулонівському потенціалі (атом водню). Радіальна хвильова функція та енергетичний спектр частинки. Розрахунок кратності виродження енергетичного рівня

Розділ 9. Наближені методи квантової механіки

§ 1. Варіаційний метод Рітца. Обчислення значень енергії та хвильової функції за допомогою ВМР. Найважливіші властивості хвильових функцій, які при цьому використовуються, значення енергії, які можна обчислювати за допомогою ВМР. Стаціонарна теорія збурення. Критерій застосовності теорії збурення, випадок виродженого та невиродженого спектра нульової задачі. Розрахунок поправок до енергії I та II наближень теорії збурення та відповідних хвильових функцій. Ефект Штарка. Збурення, залежне від часу. Імовірність переходу між рівнями енергії та частота випромінювання (поглинання), якими супроводжується такий перехід. Правила відбору

Розділ 10. Тонка структура

§ 1. Власний момент кількості руху електрона (спін), його запис за допомогою матриць Паулі. Власні вектори, що описують стан «спін вгору» та «спін вниз». Спін-орбітальна взаємодія в атомах, її особливості та величина. Рівні, які в межах тонкої структури не розщеплюються

Розділ 11. Принцип тотожності квантових частинок

§ 1. Симетрія (антисиметрія) багаточасткової хвильової функції відносно перестановки частинок. Орто- та парагелій. Запис багаточасткової хвильової функції ферміонів за допомогою детермінанта Слеттера

Розділ 12. Адіабатична гіпотеза

§ 1. Стаціонарне рівняння Шредінгера для електронів та іонів у твердому тілі

Розділ 13. Електронний газ у твердому тілі

§ 1. Наближення самоузгодженого поля Хартрі-Фока. Рух електрона у періодичному потенціалі наближення Кронінга-Пенні. Зонний спектр. Теорема Блоха. Наближення майже вільних електронів, ефективна маса. Циклотронний резонанс

Розділ 14. Статистичний опис систем

§ 1. Статистичний ансамбль, фазовий простір та фазова траєкторія. Властивість фазової траєкторії. Гіпотеза про рівність середнього значення фізичної величини за часом математичному сподіванню. Теорема Ліувілля. Функція розподілу та її залежність від енергії

Розділ 15. Опис систем у стані термодинамічної рівноваги

§ 1. Опис ізольованої системи за допомогою мікроканонічного розподілу Гіббса. Модуль мікроканонічного ансамблю Гіббса. Система в контакті з термостатом - канонічний розподіл Гіббса. Нормувальний множник канонічного розподілу Гіббса - статистичний інтеграл (статистична сума). Обчислення середньої енергії через статистичний інтеграл. Вільна енергія системи і статистичний інтеграл. Канонічний розподіл Гіббса, записаний через вільну енергію. Середнє значення енергії системи через вільну енергію. В чому полягав парадокс Гіббса і як його усунули? Великий канонічний розподіл Гіббса. Його запис через вільну енергію та хімпотенціал розподілу Гіббса через термодинамічний потенціал. Поняття хімпотенціалу системи. Запис великого канонічного розподілу Гіббса. Часткові випадки канонічного розподілу Гіббса: розподіл Максвелла, Максвелла-Больцмана, Больцмана. Системи, які ними описуються

Розділ 16. Квантові розподіли (Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна й їх аналіз)

§ 1. Температура виродження та фактори, які на неї впливають. Особливості електронного газу в металах та напівпровідниках

Розділ 17. Предмет і завдання кристалофізики

§ 1. Застосування монокристалічних, полікристалічних і аморфних речовин. Анізотропія кристалів. Основні поняття кристалофізики. Елементи симетрії кристалічних многогранників. Теорема про сполучення елементів симетрії. Одиначні напрямки. 32 класи симетрії. Розподіл кристалів за сингоніями

Розділ 18. Методи кристалографічного індексування

§ 1. Символи вузлів, напрямків і площин в кристалічних структурах, взаємозв'язок між ними. Морфологія кристалів. Прості форми та їх комбінації. 47 типів простих форм та їх розподіл за сингоніями

Розділ 19. Елементи симетрії кристалічних структур

§ 1. Гратка Браве та її базис. Просторові та точкові групи симетрії. Пряма та обернена гратка. Радіус-вектор оберненої гратки. Міжплощинні віддалі в кристалічних структурах. Матриці симетричних перетворень. Точкові групи

Розділ 20. Класифікація кристалів за типом хімічного зв'язку

§ 1. Іонний, ковалентний, металічний і вандерваальсовий зв'язок у кристалічних структурах. Однокомпонентні системи. Атомний, іонний і ковалентний радіуси. Координаційне число. Типи порожнин у кристалах

Розділ 21. Класифікація дефектів кристалічної структури

§ 1. Дислокації в кристалах. Вектор Бюргерса. Густина і енергія дислокацій. Методи їх виявлення. Дислокації в кристалах напівпровідників. Лінії та напрямки ковзання

Розділ 22. Рентгеноструктурний аналіз полікристалів

§ 1. Метод порошків. Особливості аналізу з використанням камери Дебая і дифрактометра. Розрахунок структури. Структурний фактор, правила затухання, визначення типу комірки Браве. Надструктурні лінії

Література

1. Вакарчук І.О. Квантова механіка / І.О. Вакарчук. – Львів : вид-во ЛДУ ім. І. Франка, 1998. – 616 с.
2. Юхновський І.Р. Квантова механіка / І.Р. Юхновський. – К. : Либідь, 1995. – 559 с.
3. Давыдов А.С. Квантовая механика / А.С. Давыдов. – М. : Наука, 1973. – 652 с.

Дисципліна: Твердотільна електроніка

Розділ 1. Предмет дисципліни та її завдання

- § 1. Основні етапи розвитку електроніки; сучасний стан твердотільної електроніки
- § 2. Загальні особливості напівпровідникових мікроелектронних приладів

§ 3. Класифікація напівпровідникових приладів і елементів інтегральних схем

Розділ 2. Фізика контактних явищ в напівпровідниках

§ 1. Утворення і діаграма енергетичних зон електронно-діркового переходу (р-п-переходу)

§ 2. Висота потенційного бар'єра і контактна різниця потенціалів

§ 3. Типи р-п-переходів за розподілом концентрації домішок

Розділ 3. Розподіл напруженості електричного поля і потенціалу для різкого і плавного р-п-переходу

§ 1. Визначення ширини р-п-переходів

§ 2. Бар'єрна ємність р-п-переходу як прояв струмів зміщення

§ 3. Співвідношення для визначення бар'єрної ємності р-п-переходів

§ 4. Використання ВАХ для визначення контактної різниці потенціалів і розподілу домішок в переході

Розділ 4. Граничні умови для концентрації неосновних носіїв заряду в р-п-переході

§ 1. Інжекція та екстракція носіїв заряду

§ 2. Контакт двох напівпровідників з однаковим типом електропровідності (n-n+ і p-p+ переходи)

§ 3. Фізичні явища в гетеропереходах

§ 4. Енергетична діаграма гетеропереходу

Розділ 5. Фізичні основи контакту метал-напівпровідник

§ 1. Діаграма енергетичних зон переходу метал-напівпровідник

§ 2. Вольт-амперна характеристика контакту метал-напівпровідник

§ 3. Особливості ВАХ реальних контактів метал-напівпровідник

Розділ 6. Фізичні процеси в структурах метал-діелектрик-напівпровідник

§ 1. Ідеалізована МДН-структура

§ 2. Фізичні явища в приповерхневій області напівпровідника у разі прикладання напруги до МДН-структури

§ 3. Енергетична діаграма і розподіл зарядів

§ 4. Ємність МДН-структури

Розділ 7. Напівпровідникові діоди

§ 1. Стаціонарний режим роботи напівпровідникового діода

§ 2. Фізичні фактори, які визначають постійні прямі і зворотні струми через діод з р-п-переходом

§ 3. Інжекція та екстракція неосновних носіїв заряду

§ 4. Вивід рівняння ВАХ ідеального р-п-переходу

Розділ 8. Відхилення ВАХ напівпровідникового діода від ідеальної моделі

§ 1. Вплив генерації і рекомбінації носіїв заряду в ОПЗ р-п-переходу на ВАХ діода

§ 2. Вплив товщини бази діода на його ВАХ

§ 3. Фізичні процеси в діодах за великих прямих струмів

Розділ 9. Нестационарні фізичні процеси в напівпровідникових діодах

§ 1. Процеси в діодах за малого періодичного сигналу

§ 2. Дифузійна ємність

§ 3. Еквівалентна схема діода

§ 4. Поняття про перехідні процеси напівпровідникових діодів

Розділ 10. ВАХ напівпровідникового діода під час пробією р-п-переходу

§ 1. Тунельний, лавинний та тепловий пробій діода

§ 2. Особливості лавинного пробією планарних діодів

Розділ 11. Напівпровідникові прилади з використанням міждоменного переходу носіїв заряду

§ 1. Принцип дії, властивості і параметри генераторів Ганна

§ 2. Оцінка часу формування і прольоту домена

Розділ 12. Тунельні і оборотні діоди: параметри, властивості, еквівалентна схема

- § 1. ВАХ тунельного діода на основі зонної діаграми
- § 2. Частотні властивості тунельних діодів

Розділ 13. Принцип дії і основні характеристики лавинно-прольотних діодів

- § 1. Стабілітрони
- § 2. Стабістори
- § 3. Варикапи
- § 4. Фізичні процеси, які визначають частотні властивості варикапів

Розділ 14. Терморезистори. ВАХ термістора в параметричному вигляді

- § 1. Позистори
- § 2. Варистори
- § 3. ВАХ варистора з карбіду кремнію
- § 4. Аналіз системи рівнянь для ВАХ варистора

Розділ 15. Напівпровідникові гальваномагнітні прилади

- § 1. Магніторезистори
- § 2. Тензорезистори і тензодавачі
- § 3. Основні характеристики і параметри

Розділ 16. Біполярні транзистори

- § 1. Фізичні основи біполярних транзисторів
- § 2. Структура і основні режими роботи транзистора
- § 3. Основні фізичні процеси в бездрейфовому транзисторі
- § 4. Схеми ввімкнення транзисторів
- § 5. Розподіл концентрації неосновних носіїв заряду і струмів за постійного зміщення переходів

Розділ 17. Динамічні параметри і статичні характеристики транзистора

- § 1. Ефективність емітера
- § 2. Коефіцієнт перенесення бази з врахуванням поверхневої рекомбінації носіїв заряду
- § 3. Коефіцієнт підсилення за струмом у схемі зі спільною базою

Розділ 18. Типи статичних характеристик транзистора

- § 1. Характеристичні струми
- § 2. Статичні характеристики транзистора в схемі зі спільною базою і зі спільним емітером
- § 3. Сімейство вхідних і вихідних статичних характеристик

Розділ 19. Еквівалентні схеми і характеристичні параметри транзисторів

- § 1. Транзистор як лінійний чотириполюсник
- § 2. Т-подібна еквівалентна схема транзистора
- § 3. Розрахунок опорів Т-подібної еквівалентної схеми транзистора для низьких частот

Розділ 20. Залежність параметрів транзистора від режимів роботи

- § 1. Особливості роботи транзистора за високих рівнів інжекції і великих струмів

Розділ 21. Вплив температури на параметри транзисторів

- § 1. Шуми в транзисторах

Розділ 22. Перехідні процеси в біполярних транзисторах

- § 1. Транзистор в режимі перемикання
- § 2. Перехідні процеси в транзисторному ключі зі спільною базою
- § 3. Розрахунок часу перемикання транзистора

Розділ 23. Частотні властивості транзистора

- § 1. Фізичні явища, які обмежують діапазон робочих частот транзистора
- § 2. Методи підвищення робочих частот транзистора

Розділ 24. Аналіз процесів у транзисторах з полем у базовій області

- § 1. Дрейфовий транзистор

§ 2. Порівняння параметрів бездрейфового та дрейфового транзисторів

Розділ 25. Тиристори

§ 1. Структура і різновиди тиристорів

§ 2. Принцип дії та основні характеристики тиристорів

§ 3. Способи ввімкнення тиристора

§ 4. Перехідні процеси під час ввімкнення і вимкнення тиристора

Розділ 26. Пільові транзистори і прилади із зарядовим зв'язком

§ 1. Пільовий транзистор із затвором Шоттки

§ 2. Структура і принцип дії

§ 3. Статичні характеристики

§ 4. Пільовий транзистор із затвором Шоттки і гетеропереходом

Розділ 27. Пільовий транзистор з керувальним р-п-переходом

§ 1. Структура і принцип дії пільового транзистора з керуючим р-п-переходом

Розділ 28. Пільовий транзистор зі структурою метал-напівпровідник

§ 1. Структура і принцип дії МДН-транзистора

§ 2. Статичні характеристики МДН-транзистора

§ 3. Розрахунок вихідних статичних характеристик МДН-транзистора

Розділ 29. Параметри МДН-транзистора

§ 1. Еквівалентна схема і частотні властивості МДН-транзистора

§ 2. Вплив радіаційного випромінювання на властивості МДН-транзисторів

§ 3. Порівняльні характеристики пільових транзисторів

Розділ 30. Структура і принцип дії приладів з зарядовим зв'язком (ПЗЗ)

§ 1. Формування потенціальних ям в секції перенесення ПЗЗ під впливом зовнішнього електричного поля

§ 2. Поверхневі і об'ємні канали перенесення інформаційного заряду

Література

1. *Пасынков В.В.* Полупроводниковые приборы : учеб. для вузов / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. – 2 изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1987. – 479 с.

2. *Степаненко И.П.* Основы микроэлектроники : учеб. пособие / И.П. Степаненко. – М. : Сов. радио, 1980. □423 с.

3. *Дружинін А.О.* Твердотільна електроніка : Фізичні основи і властивості напівпровідникових приладів : навч. посіб. / А.О. Дружинін. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2001. – 252 с.

Дисципліна: Технологічні основи мікро- та наносистемної техніки

Розділ 1. Мета та зміст дисципліни

§ 1. Загальна характеристика чистоти речовини

§ 2. Класифікація речовин високої чистоти

Розділ 2. Основи процесів розділення та очищення матеріалів

§ 1. Класифікація і загальна характеристика методів очищення речовин

§ 2. Сорбційні процеси розділення речовин

§ 3. Процеси рідинної екстракції

§ 4. Кристалізаційні методи глибокого очищення речовин

§ 5. Процеси очищення речовин перегонном через газову фазу

§ 6. Очищення речовин за допомогою хімічних транспортних реакцій

§ 7. Електрохімічні процеси розділення та очищення речовин

Розділ 3. Підготовка основних та допоміжних матеріалів напівпровідникового виробництва

Розділ 4. Основні процеси гетерогенних хіміко-технологічних систем

§ 1. Процеси масопередавання

- § 2. Процеси теплопередавання
- § 3. Процеси тепло– і масопередавання за участю фазових переходів
- § 4. Динамічний, дифузійний та тепловий примежові шари у процесах конвективного тепло– і масообміну. Природно-конвекційні процеси
- § 5. Хімічні процеси

Розділ 5. Фізико-хімічні основи процесів тверднення

- § 1. Утворення кристалічних зародків та склування
- § 2. Зародження рідких крапель з перенасиченої пари
- § 3. Гомогенне зародкоутворення у рідкій фазі
- § 4. Гетерогенне утворення центрів нової фази

Розділ 6. Технологія отримання полікристалічних напівпровідникових матеріалів

- § 1. Отримання особливо чистого полікристалічного германію
- § 2. Отримання особливо чистого полікристалічного кремнію
- § 3. Синтез отримання полікристалічних сполук III-V, II-VI

Розділ 7. Технологія отримання монокристалів напівпровідникових та діелектричних матеріалів

- § 1. Механізм і кінетика росту кристалів. Структура поверхонь розділення
- § 2. Виникнення сегрегації домішок під час кристалізації з розплаву на прикладі фазової діаграми бінарної системи
- § 3. Метод хімічних транспортних реакцій
- § 4. Метод вирощування монокристалів з розчину
- § 5. Метод Чохральського
- § 6. Метод спрямованої кристалізації розплавів
- § 7. Метод зонної плавки

Література

1. *Случинская И.А.* Основы материаловедения и технологии полупроводников / И.А. Случинская. – М. : Высш. шк. 2002. – 372 с.
2. *Ежовский Ю.К.* Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов / Ю.К. Ежовский, О.В. Денисова. – СПб., 2005. – 86 с.
3. *Дубровский В.Г.* Теоретические основы технологии полупроводниковых наноструктур / В.Г. Дубровский. – СПб., 2006. – 342 с.

Дисципліна: Фізика напівпровідників і діелектриків

Розділ 1. Електронна теорія провідності

- § 1. Модельні уявлення про провідність напівпровідників
- § 2. Напівпровідники n- та p-типу
- § 3. Власна та домішкова провідність

Розділ 2. Рівняння Шредінгера для кристала

- § 1. Адіабатичне та одноелектронне наближення
- § 2. Періодичне поле кристалічної ґратки
- § 3. Оператор трансляції

Розділ 3. Зонний спектр енергії електрона в кристалі

- § 1. Квазіімпульс
- § 2. Ефективна маса електрона
- § 3. Зони Бриллюена
- § 4. Метод ефективної маси

Розділ 4. Електрон в магнітному полі

- § 1. Квантування енергії електрона в магнітному полі
- § 2. Явище циклотронного резонансу

Розділ 5. Локалізовані стани

§ 1. Теорія домішкових станів

§ 2. Поверхневі стани

Розділ 6. Зонна структура кремнію та германію, сполук AIIBVI та AIIIBV

Розділ 7. Статистика електронів та дірок в напівпровідниках

§ 1. Густина станів

§ 2. Концентрація електронів та дірок

Розділ 8. Рівняння нейтральності

§ 1. Власний напівпровідник

§ 2. Напівпровідник з однією домішкою

Розділ 9. Кінетичне рівняння Больцмана

§ 1. Час релаксації

§ 2. Густина електричного струму та потоку енергії

Розділ 10. Явища перенесення в напівпровідниках

§ 1. Електропровідність напівпровідників

§ 2. Гальваномагнітні ефекти

§ 3. Теплопровідність напівпровідників

§ 4. Термоелектричні та термомагнітні явища в напівпровідниках

§ 5. Тензорезистивний ефект

Розділ 11. Основи квантової теорії переходів

Розділ 12. Фонони

§ 1. Статистика фононів

§ 2. Типи коливань кристалічної ґратки

Розділ 13. Розсіяння носіїв заряду на дефектах ґратки

§ 1. Розсіяння на коливаннях ґратки

§ 2. Розсіяння на іонізованих домішках

§ 3. Розсіяння на нейтральних домішках

Розділ 14. Рекомбінація носіїв заряду

§ 1. Час життя нерівноважних носіїв заряду

§ 2. Механізми рекомбінації

§ 3. Дифузія та дрейф нерівноважних носіїв заряду

Розділ 15. Контактні явища в напівпровідниках

§ 1. Довжина екранування Дебая

§ 2. Робота виходу

§ 3. Контактна різниця потенціалів

Розділ 16. Оптичні властивості напівпровідників

§ 1. Спектр поглинання світла

§ 2. Поглинання світла вільними носіями заряду та ґраткою

§ 3. Власне поглинання світла

Література

1. Буджак Я.С. Вступ до теорії термодинамічних та кінетичних властивостей кристалів / Я.С. Буджак, О.А. Бурий. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2000. – 153 с.
2. Буджак Я.С. MathCAD в теорії термодинамічних та кінетичних властивостей кристалів / Я.С. Буджак, І.Є. Лопатинський. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2002. – 187 с.

Дисципліна: Оптичні мікросистеми

Розділ 1. Основні положення та закони геометричної оптики

§ 1. Поняття про оптичний прилад та оптичну систему

§ 2. Основні закони та положення геометричної оптики

§ 3. Показник заломлення

§ 4. Принцип Ферма

§ 5. Правила знаків

Розділ 2. Заломлення та відбивання променів різними поверхнями

§ 1. Заломлення променів плоскою поверхнею

§ 2. Заломлення променів сферичною поверхнею

§ 3. Відбивання променів плоскою поверхнею

§ 4. Відбивання променів сферичною поверхнею

§ 5. Заломлення та відбивання променів несферичними поверхнями

Розділ 3. Ідеальна оптична система

§ 1. Кардинальні елементи ідеальної оптичної системи та їх властивості

§ 2. Основні рівняння для ідеальної оптичної системи: рівняння Ньютона, Гауса

§ 3. Лінійне, кутове і повздовжнє збільшення

§ 4. Побудова ходу променя через ідеальну оптичну систему. Побудова зображень

§ 5. Розрахунок ходу променя

§ 6. Багатокомпонентні оптичні системи

Розділ 4. Оптика параксіальних та нульових променів

§ 1. Дія параксіальних променів

§ 1. Розрахунок ходу нульових променів. Формули лінзи. Формула дзеркала

Розділ 5. Деталі оптичних систем

§ 1. Оптичні матеріали

§ 2. Лінзи

§ 3. Плоскі, сферичні та несферичні дзеркала

§ 4. Призми та клини

§ 5. Лінза Френеля

§ 6. Оптичні растри

Розділ 6. Обмеження пучків променів в оптичних системах

§ 1. Види діафрагм

§ 2. Апертурна діафрагма та її вплив на якість зображення

§ 3. Польова діафрагма. Лінійне і кутове поля системи

§ 4. Втрати світла в оптичному приладі. Коефіцієнт пропускання оптичної системи

Розділ 7. Аберації оптичних систем

§ 1. Причини виникнення аберацій. Класифікація

§ 2. Хроматичні аберації

§ 3. Геометричні аберації

§ 4. Оцінка якості зображення

Розділ 8. Поляризаційні оптичні елементи та системи

§ 1. Чвертьхвильові, півхвильові пластини

§ 2. Системи оптичного затвору

Розділ 9. Оптичні елементи та системи, що працюють на явищі повного внутрішнього відбивання

§ 1. Оптичні волокна

§ 2. Оптичні волоконні джгути

§ 3. Інтерферометр Фабрі-Перо та його застосування

Розділ 10. Інтерференційні оптичні елементи та системи

§ 1. Двопроменева інтерференція: контраст, період смуг

§ 2. Двопроменеві інтерферометри та мікроінтерферометри Майкельсона, Маха-Цандера, Релея, Жамена та їх застосування

§ 3. Інтерферометр Фабрі-Перо та його застосування

§ 4. Волоконні мікроінтерферометри Фабрі-Перо, Майкельсона

§ 5. Тонкоплівкові інтерференційні оптичні елементи: дзеркала, фільтри

Розділ 11. Дифракційна оптика

§ 1. Дифракційні ґратки

§ 2. Голографічні дифракційні ґратки: типи, способи виготовлення

§ 3. Голографічні оптичні елементи: лінзи, дзеркала, мультиплікатори, фільтри, компенсатори

Література

1. Бегунов Б.М., Заказнов Н.П. и др. Теория оптических систем / Б. М. Бегунов, Н.П. Заказнов. – М., Машиностроение, 1981. – 432 с.
2. Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учебное пособие для ВУЗов / А.Н. Игнатов. – СПб ЛАНЬ, 2017. – 538 с.
3. Одарич В.А. Основи теорії та методів розрахунку оптичних систем: Ч.1. / В.А. Одарич.– Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2001.
4. Одарич В.А. Основи теорії та методів розрахунку оптичних систем: Ч.2. / В.А. Одарич.– Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2002.
5. Петровська Г.А. Оптичні мікросистеми. Конспект лекцій. / Г.А. Петровська. □ Львів. Рукопис, 2018. □150 с.

Вимоги до рівня освіти осіб, які можуть розпочати навчання за освітніми програмами відповідної спеціальності, та їх результатів навчання

Для здобуття освітнього рівня «магістр» можуть вступати особи, що здобули освітній рівень «бакалавр». Для вступників, які здобули ступінь бакалавра за іншою спеціальністю (крім 153– Мікро- та наносистемна техніка) проводиться вступне випробування, на якому вступник повинен продемонструвати компетентності і результати навчання, визначені стандартом вищої освіти освітнього рівня «бакалавр» для спеціальності 153– Мікро- та наносистемна техніка.