

Інститут телекомунікацій, радіоелектроніки і електронної техніки

Спеціалізація:

Мікро- та наносистемна техніка

(код 153/0404)

Спеціальність:

Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої

(код 153)

Галузь знань:

Автоматизація та приладобудування

(код 15)

Перелік дисциплін для вступу на навчання за освітньою програмою підготовки магістр

- Аналогова схемотехніка
- Електронні системи
- Мікропроцесорна техніка
- Спеціальні розділи фізики
- Твердотільна електроніка
- Технологічні основи електроніки
- Технологія зінтегрованих схем
- Фізика лазерів
- Фізика напівпровідників і діелектриків

Дисципліна: Аналогова схемотехніка

Розділ 1. Загальна характеристика предмета

§ 1. Основні аналогові функції

Розділ 2. Елементи схемотехніки аналогових інтегральних схем (АІС)

§ 1. Загальні відомості про роботу біполярних та МОН транзисторів у режимі підсилення

§ 2. Елементарні підсилювальні каскади. Каскади із спільним емітером та колектором.

Складені транзистори. Обернений зв'язок в підсилювальних каскадах. Температурна стабілізація підсилювачів

Розділ 3. Операційні підсилювачі (ОП)

§ 1. Схемотехнічні варіанти та будова ОП. Основні характеристики та параметри

§ 2. Основні варіанти включення ОП для виконання аналогових функцій. Лінійні аналогові пристрої на основі операційних підсилювачів

§ 3. Масштабувальні, диференціювальні та інтегрувальні пристрої. Активні фільтри низьких частот. Підсилювачі струму

Розділ 4. Нелінійні перетворювачі електронних сигналів на основі операційних підсилювачів

§ 1. Перетворювачі з логарифмічними та експоненціальними передавальними функціями

§ 2. Аналогові перемножувачі. Перетворювачі частоти. Амплітудні та частотні модулятори та детектори

§ 3. Автогенератори гармонічних коливань. Джерела живлення

Розділ 5. Аналогово-цифрові схеми

§ 1. Аналогові комутатори та компаратори

§ 2. Схемотехніка ЦАП та АЦП. Класифікація та параметри

§ 3. Порівняння аналогових та цифрових методів обробки сигналів. Перспективи розвитку ЦІС та АІС

Література

1. *Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої* : підруч. для студ. техн. спец. ВНЗ. – К. : Вища шк., 2004. – 365 с.
2. *Алексеенко А.Г.* Микросхемотехніка / А.Г. Алексеенко, И.И. Жагурин. – М. : Радио и связь, 1982. – 335 с. (та інші пізніші видання).
3. *Манзій Б.А.* Основи аналогової мікросхемотехніки / Б.А. Манзій, Р.І. Желяк. – Львів : Тезаурус, 1993. – 185 с.

Дисципліна: Електронні системи

Розділ 1. Основи теорії сигналів

§ 1. Сигнал як фізичний носій інформації. Детерміновані та випадкові сигнали. Елементарні сигнали. Моделі подавання сигналів. Часове подавання сигналів. Потужність та енергія сигналу у часовому подаванні

§ 2. Частотне подавання сигналів. Гармонічний аналіз сигналів. Ряд Фур'є, інтегральне перетворення Фур'є, дискретне перетворення Фур'є. Поняття спектра сигналу, амплітудно-частотної та фазочастотної характеристики сигналу. Основні властивості перетворення Фур'є. Енергетичне тлумачення спектра сигналу. Поняття спектральної ширини сигналу

§ 3. Випадкові сигнали та їхні характеристики. Стаціонарні та ергодичні випадкові процеси. Властивості кореляційної функції стаціонарного процесу. Спектральна густина потужності сигналу

§ 4. Дискретизація повідомлень. Задачі та види дискретизації. Дискретизація неперервного сигналу за часом. Теорема відліків, її значення та обмеження. Властивості відліків. Властивості спектра дискретизованого сигналу. Відновлення дискретизованого сигналу у неперервний

Розділ 2. Основи теорії інформації

§ 1. Інформаційні процеси в діяльності людини та в електронних системах. Предмет вивчення теорії інформації. Визначення інформації. Інформація, повідомлення, сигнали, події. Форми подавання інформації. Оцінка кількості інформації. Підходи до обчислення кількості інформації. Міри інформації та одиниці вимірювання кількості інформації. Логарифмічна міра Гартлі

§ 2. Ентропійна оцінка кількості інформації у повідомленнях та міра Шенона. Властивості ентропії дискретних джерел інформації. Умовна ентропія зв'язаних станів джерела інформації. Взаємна інформація та її властивості. Модель дискретного каналу зв'язку та канальні матриці. Ентропія неперервних повідомлень. Диференціальна ентропія та її властивості. Взаємна інформація у неперервних повідомленнях. Поняття епсилон-ентропії

§ 3. Надлишковість повідомлень. Задачі оптимального кодування. Основні поняття теорії кодування. Види та класифікації кодів. Реалізація оптимальних кодів на прикладі алгоритмів Гафмена та Фено. Оцінка ефективності коду та граничні можливості оптимального кодування

Розділ 3. Передавання інформації сигналами

§ 1. Поняття каналу зв'язку. Види та моделі каналів зв'язку. Види впливів, що зазнає сигнал в каналах зв'язку, їх природа та моделі. Види перешкод у каналах зв'язку. Закон Найквіста

§ 2. Інформаційна оцінка джерела інформації та каналу зв'язку. Продуктивність джерела інформації. Надлишковість джерел інформації. Максимальна продуктивність дискретного та неперервного джерела. Інформаційна ємність сигналу. Швидкість передавання інформації. Поняття пропускну здатності каналу зв'язку. Пропускна здатність дискретних та неперервних каналів зв'язку. Теореми Шеннона про кодування

§ 3. Основні поняття та принципи завадостійкого кодування. Виявне кодування та виявна здатність коду. Декодування з корекцією за принципом найбільшої правдоподібності. Проблеми реалізації завадостійких кодів. Систематизація кодів. Найпростіші лінійні коди

§ 4. Подавання дискретних повідомлень сигналами. Задача розпізнавання сигналів дискретних повідомлень. Типові набори завадостійких сигналів. Задачі та суть оптимального приймання дискретних повідомлень. Критерії оптимального приймання. Реалізація алгоритмів оптимального приймання. Оцінка потенційної завадостійкості оптимального приймання дискретних сигналів

§ 5. Модуляція як спосіб кодування неперервних повідомлень. Види модуляції. Амплітудна модуляція, її особливості, види, реалізація та застосування. Кутові методи модуляції. Особливості фазової та частотної модуляції, їх реалізація та застосування. Основні види імпульсної модуляції, їх загальна характеристика та методи реалізації. Геометрична інтерпретація модульованих сигналів. Зв'язок завадостійкості сигналу з параметрами модуляції. Приймання модульованих гармонічних коливань. Завадостійкість різних видів модуляції. Цифрові методи передавання неперервних повідомлень. Види та особливості кодово-імпульсної модуляції. Багатоканальні системи передавання інформації. Умови розділення багатоканального сигналу на канальні складові. Види ущільнення каналів

Література

1. *Жураковський Ю.П.* Теорія інформації та кодування : підруч. / Ю.П. Жураковський, В.П. Полторак. – К. : Вища шк., 2001. – 255 с.
2. *Баскаков С.И.* Радиотехнические цепи и сигналы / С.И. Баскаков. – М. : Высш. шк., 2003. – 462 с.
3. *Цымбал В.П.* Теория информации и кодирование / В.П. Цымбал. – К. : Высш. шк., 1992. – 263 с.

Дисципліна: Мікропроцесорна техніка

Розділ 1. Введення в мікропроцесорну техніку

§ 1. Проблеми використання ЕОМ в системах управління процесами в реальному масштабі часу, в інформаційно-вимірювальних системах

Розділ 2. Цифрові пристрої з "жорсткою" логікою

§ 1. Їхні переваги і недоліки

§ 2. Супернадвеликі інтегральні схеми (СНВІС)

§ 3. Мікропроцесор - цифровий пристрій на основі СНВІС з програмованою логікою

Розділ 3. Принципи роботи мікропроцесора (МП)

- § 1. Мікропроцесорні системи
- § 2. Основні визначення і класифікація
- § 3. Місце мікропроцесорів в ієрархії засобів обчислювальної техніки

Розділ 4. Архітектура мікропроцесора

- § 1. Поняття про архітектуру мікропроцесора
- § 2. Виконання основних арифметичних і логічних операцій над даними, представленими в двійковому та двійково-десятковому кодах
- § 3. Організація процесу обробки інформації в мікропроцесорі з однією, двома і трьома внутрішніми шинами, порівняльний аналіз
- § 4. Організація керування процесом обробки інформації в мікропроцесорі
- § 5. Мікропроцесори з фіксованою системою команд і з мікропрограмним керуванням, їх порівняльний аналіз
- § 6. Схемотехнічні питання організації внутрішніх і зовнішніх шин мікропроцесорів і мікропроцесорних систем
- § 7. Стекова пам'ять в мікропроцесорах і засоби її організації
- § 8. Узагальнена схема мікропроцесора
- § 9. Архітектурні особливості основних типів мікропроцесора
- § 10. Організація 8-розрядного мікропроцесора з фіксованим набором команд

Розділ 5. Система команд мікропроцесора

- § 1. Класифікація команд мікропроцесора
- § 2. Команди пересилки ("Регістр-регістр", "Пам'ять-регістр", "Ввід даних", "Вивід даних")
- § 3. Команди арифметичних операцій
- § 4. Команди логічних операцій
- § 5. Команди передавання управління
- § 6. Регістр ознак і його роль в організації умовних переходів
- § 7. Спеціальні команди
- § 8. Структура і формати команд
- § 9. Засоби скорочення довжини команд мікропроцесорів

Розділ 6. Види адресації, які використовуються в мікропроцесорних системах

- § 1. Безпосередня адресація
- § 2. Пряма адресація
- § 3. Непряма адресація
- § 4. Відносна адресація
- § 5. Особливості систем команд різноманітних мікропроцесорів
- § 6. Система команд 8-розрядного мікропроцесора з фіксованим набором команд

Розділ 7. Керування мікропроцесорами з нарощуваною розрядністю

- § 1. Пристрої мікропрограмного управління
- § 2. Складання мікропрограм
- § 3. Макрокоманда - базова команда мікропрограмованої мікроЕВМ
- § 4. Організація інтерфейсу в мікропроцесорах і мікропроцесорних системах

Розділ 8. Поняття інтерфейсу мікропроцесорної системи

- § 1. Функції інтерфейсу, розподіл засобів інтерфейсу між різними пристроями

Розділ 9. Організація зв'язку мікропроцесора з пам'яттю

- § 1. Способи обміну інформацією в мікропроцесорних системах
- § 2. Програмно-керований обмін
- § 3. Обмін даними в режимі "Переривання" і в режимі "Прямий доступ до пам'яті"
- § 4. Інтерфейс і проблема зовнішніх виводів
- § 5. Паралельно-последовне передавання інформації і мультиплексування
- § 6. Порівняльний аналіз деяких варіантів інтерфейсу мікропроцесорних систем
- § 7. Функціональне спряження компонентів мікроЕОМ

Розділ 10. Електричне спряження компонентів мікропроцесорних систем, які входять в один комплект або виконаних на основі різних технологій

Розділ 11. Інтерфейсний компонент сучасних мікропроцесорних комплексів (паралельний і послідовний периферійні адаптери, схема пріоритетного переривання, багаторежимний буферний регістр, шинні формувачі та ін.)

Розділ 12. Система вводу-виводу мікропроцесорних систем

§ 1. Склад и призначення периферійного обладнання мікропроцесорних систем

§ 2. Зовнішні накопичувачі інформації

§ 3. Технічні характеристики периферійних пристроїв

Розділ 13. Організація і програмне забезпечення мікропроцесорних систем

§ 1. Архітектура і способи організації МП

§ 2. Синхронізація і початковий запуск мікропроцесорної системи

Розділ 14. Кодування мікрокоманд

§ 1. Запис і розміщення мікропрограм в пам'яті

§ 2. Розвиток програмного забезпечення

§ 3. Мова Асемблера

Розділ 15. Проблема програмного забезпечення мікропроцесорних систем і мікроЕОМ

§ 1. Редагувальні програми

§ 2. Завантажники

§ 3. Налаштовувальні програми

§ 4. Засоби автоматизації програмування

§ 5. Контроль правильності і якості програмного забезпечення

§ 6. Інструментальні і програмні засоби налагодження і тестування мікропроцесорних систем

Література

1. *Мікропроцесорна техніка* : підруч. для студ. бакалаврату «Електроніка» та ін. техн. спец. / Ю.І. Якименко та ін. – К. : Політехніка, 2004. – 440 с.

2. *Корнеев В.В.* Современные микропроцессоры : учеб. для студ. техн. спец. / В.В. Корнеев, А.В. Киселев. – М. : НОЛИДЖ, 2000. – 320 с.

Дисципліна: Спеціальні розділи фізики

Розділ 1. Зародження квантової механіки

Суперечності між експериментальними ми 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

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

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

Розділ 4. Хвильове рівняння Шредінгера

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

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

Розділ 6. Лінійний гармонійний осцилятор

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

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

Розділ 8. Частинка в сферично-симетричному полі

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

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 неvirодженого 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

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

Симетрія (антисиметрія) багаточасткової хвильової функції відносно перестановки частинок. Орто- та паракелій. 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

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

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

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)

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

Розділ 17. Предмет і завдання кристалофізики

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

Розділ 18. Методи кристалографічного індексування

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

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

Розділ 20. Класифікація кристалів за типом хімічного зв'язку

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

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

Метод порошоків. 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 p-n-переходом
- § 3. Інжекція та екстракція неосновних носіїв заряду
- § 4. Вивід рівняння ВАХ ідеального p-n-переходу

Розділ 8. Відхилення ВАХ напівпровідникового діода від ідеальної моделі

- § 1. Вплив генерації і рекомбінації носіїв заряду в ОПЗ p-n-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 пробою p-n-переходу

- § 1. Тунельний, лавинний та тепловий пробій діода
- § 2. Особливості лавинного пробою 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 карбїду 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. Польові транзистори і прилади із зарядовим зв'язком

- § 1. Польовий транзистор із затвором Шоттки
- § 2. Структура і принцип дії
- § 3. Статичні характеристики
- § 4. Польовий транзистор із затвором Шоттки і гетеропереходом

Розділ 27. Польовий транзистор з керувальним р-n-переходом

- § 1. Структура і принцип дії польового транзистора з керуючим р-n-переходом

Розділ 28. Польовий 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 польових 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 електроніки

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: Технологія зінтегрованих схем

Розділ 1. Вступ до курсу. Предмет і задачі курсу. Основні поняття і визначення

Розділ 2. Загальна характеристика технологічного ланцюжка промислового виготовлення зінтегрованих мікросхем (ЗіМС)

Планарна технологія. Етапи технології виготовлення ЗіМС: отримання вихідних пластин; формування шарів із заданими властивостями; формування рисунків, що забезпечують відтворення топології ЗіМС на поверхні пластин; збирання і монтаж ЗіМС

Розділ 3. Технологія створення біполярного транзистора і біполярних ЗіМС

Біполярний n-p-n і p-n-p транзистор; виготовлення одиничного транзистора; виготовлення мікросхеми з двох транзисторів; способи електричної ізоляції транзисторів у біполярній мікросхемі; промислове виробництво біполярних ЗіМС

Розділ 4. Технологія створення ЗіМС на польових транзисторах

Польові n- і p-канальні МОН-транзистори; послідовність технологічних операцій виготовлення МОН-транзистора; порівняння технології створення ЗіМС на польових і біполярних транзисторах; комплементарні МОН ЗіМС; використання двоокису кремнію і нітриду кремнію в технології виготовлення МОН ЗіМС

Розділ 5. Напівпровідникові матеріали для ЗіМС. Кремній як основний матеріал для великих ЗіМС

Напівпровідники, які використовуються у промисловій технології створення ЗіМС. Кремній як матеріал для ЗіМС: поширення в природі; важливі параметри; кристалічна структура і характер хімічного зв'язку; зонна структура; технологія вирощування; основні легувальні і фонові домішки

Розділ 6. Технологія виготовлення та обробки підкладок для ЗіМС

Підкладки для ЗіМС: варіанти класифікації; технологічні етапи виготовлення: різання зливків, шліфування, полірування, відмивання, просушування; параметри якості обробки підкладок; розділення пластин на окремі мікросхеми

Розділ 7. Термічне окислення кремнію

Спонтанне окислення кремнію; цілеспрямоване формування тонких шарів двоокису кремнію; активне і пасивне окислення; етапи і кінетика процесу окислення кремнію; модель Діла і Гроува; закон Генрі; формування окисного шару за швидкої і повільної дифузії; швидкість росту окисного шару; лінійний і параболічний закони окислення; окислення в сухому і вологому кисні; енергія активації процесу окислення; труднощі моделі Діла і Гроува; використання хлористого водню в процесах формування окисних шарів кремнію; хімічне осадження плівок SiO₂ з газової фази. Формування чужорідних діелектричних плівок на пластинах кремнію та їх використання

Розділ 8. Літографія в технології виготовлення ЗіМС

Літографія як процес створення захисної маски, необхідної для локальної обробки напівпровідникової пластини; різні види літографії; фотолітографія; реалізація процесу фотолітографії; фотошаблони; фоторезисти позитивні і негативні; фотохімічні закони, які управляють процесами, що протікають у фоторезистах; чутливість і роздільна здатність фоторезисту; послідовність етапів фотообробки; основні методи суміщення і узгодження шаблонів і підкладки; експозиція; процеси проявлення і травлення; вологе хімічне і сухе плазмове травлення; ізотропне й анізотропне травлення; системи багат шарових резистів; електронна літографія; рентгенівська літографія

Розділ 9. Дифузія в технології виготовлення зінтегрованих мікросхем

Дифузія й її призначення в технології ЗіМС; механізми дифузії; закони дифузії Фіка; дифузія з нескінченного і обмеженого джерела; загонка і розгонка домішки; концентраційні профілі домішок в підкладці після процесів загонки і розгонки; вплив різних технологічних факторів на процеси дифузії; дифузанти для формування легованих шарів кремнію; особливості процесів послідовної дифузії; дифузія, прискорена окисленням

Розділ 10. Іонна імплантація в технології виготовлення ЗіМС

Іонна імплантація й її призначення в технології ЗіМС; формування іонних пучків; іонна доза, довжина і проекція пробігу іона; профіль розподілу домішки та її концентрація за іонної імплантації; розподіли Гауса і Пірсона; каналювання високоенергетичних іонів; закономірності гальмування імплантованих іонів; основні механізми втрат енергії імплантованих іонів під час гальмування; теорія Ліндхарда, Шарффа, Шіотта; дефектоутворення в процесі імплантації; критична доза імплантації для утворення аморфного шару; високотемпературний відпал і його роль у процесах обробки пластин імплантацією

Розділ 11. Процеси епітаксії в технології виготовлення ЗіМС. Осадження полікристалічного кремнію

Епітаксійні шари в технології виготовлення ЗіМС: причини і наслідки використання; вирощування з газової фази відновленням тетрахлориду кремнію і піролізом силану; швидкість епітаксії; розподіл легувальних домішок. Вирощування, властивості і застосування полікристалічних шарів кремнію

Розділ 12. Металізація в технології виробництва ЗіМС. Виготовлення міжелементних з'єднань та контактів

Призначення і вимоги до металізації; методи отримання металевих плівок на кремнієвих пластинах; алюміній як основний матеріал для металізації в технології кремнієвих ЗіМС, його переваги і недоліки; проблеми багаторівневої комутації

Розділ 13. Методи зборки та герметизації ЗіМС

Поділ пластин на мікросхеми й їх сортування; монтаж кристалів; типи корпусів і технології їх виготовлення; герметизація; особливості збирання швидкодіючих ЗіМС і мікропроцесорів

Розділ 14. Новітні розробки в технології виготовлення ЗіМС

Досягнення останніх років у технології виготовлення ЗіМС різного функціонального призначення

Література

1. *Технология СБИС* : в 2 кн. / под ред. С. Зи. – М. : Мир, 1986.
2. *Черняев В.Н.* Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров / В.Н. Черняев. – М. : Радио и связь, 1987.
3. *Бродуай И.* Физические основы микротехнологии / И. Бродуай, Дж. Мерей. – М. : Мир, 1985.

Дисципліна: Фізика лазерів

Розділ 1. Відкриті оптичні резонатори

Типи відкритих оптичних резонаторів. Добротність оптичних резонаторів. Скалярна модель конфокального резонатора. Багат шарові діелектричні дзеркала. Розподіл коливальних полів на дзеркалах конфокального резонатора. Поздовжні та поперечні моди конфокального резонатора.

Розділ 2. Властивості лазерного променя

Поширення гауссівського лазерного променя у просторі. Ближня та дальня зона. Розбіжність лазерного променя.

Розділ 3. Кінетична теорія лазерної генерації

Кінетичні рівняння для 4-рівневого лазера та їх фізичний зміст. Зв'язок між вихідною потужністю лазера та кількістю фотонів в резонаторі. Особливості моделі генерації 3-рівневого лазера. Теорія нестаціонарного режиму лазерної генерації. Методи модуляції добротності резонатора для формування лазерних імпульсів. Електрооптичні та механічні модулятори добротності. Класифікація лазерів

Розділ 4. Твердотілі лазери

Схеми оптичного накачування твердотільних лазерів. Взаємодія світла з твердим тілом. Основні активні середовища для твердотільних лазерів. Термомеханічні та термооптичні властивості активних середовищ для твердотільних лазерів

Розділ 5. Напівпровідникові оптоелектронні пристрої

Загальні відомості про напівпровідникові лазери. Принципи роботи напівпровідникових оптоелектронних пристроїв. Фотоприймачі, світлодіоди та сонячні елементи

Література

1. *Стаховський Г.М.* Основи квантової електроніки / Г.М. Стаховський. – К. : Вища шк., 1993. – 368 с.
2. *Звелто М.* Принципи лазерів / М. Звелто. – М. : Наука, 1990. – 390 с.
3. *Мейтленд А.* Введение в физику лазерів / А. Мейтленд. – М. : Наука, 1978. – 407 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 АІІВІ та АІІВV

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.