

# Інститут телекомунікацій, радіоелектроніки і електронної техніки

*Освітня програма (спеціалізація):*

**Електроніка**

(код 171/0405)

*Спеціальність:*

**Електроніка**

(код 171)

*Галузь знань:*

**Електроніка та телекомунікації**

(код 17)

## **Перелік дисциплін для вступу на навчання за освітньою програмою підготовки магістр**

- Аналогова схемотехніка
- Елементна база твердотільної електроніки
- Квантова електроніка та лазерна техніка
- Матеріали електронної техніки
- Основи сенсорної техніки
- Технологічні основи електроніки
- Функціональна електроніка
- Цифрова схемотехніка

## **Дисципліна: Аналогова схемотехніка**

---

### **Розділ 1. Вступ. Основні поняття, мета та завдання курсу**

- § 1. Роль і місце дисципліни у навчальному плані кафедри
- § 2. Класифікація, принципи побудови, застосування та розвиток аналогової схемотехніки
- § 3. Аналогові сигнали, їх класифікація, параметри та спектри
- § 4. Функції та функціональні вузли аналогової схемотехніки, їх позначення, типи та застосування базових компонентів та елементів

### **Розділ 2. Елементна база лінійної аналогової схемотехніки та мікросхемотехніки. Базові аналогові елементи з пасивними компонентами**

- § 1. Класифікація, структура, схеми та характеристики
- § 2. Частотозалежні RCL-елементи, диференціювальні, інтегрувальні, роздільчі, розширювальні, фазообертальні, резонансні та квазирезонансні кола, частотні фільтри

### **Розділ 3. Базові аналогові елементи з активними компонентами**

- § 1. Класифікація, принципи побудови, схеми, моделі та методи їх комп'ютерного аналізу
- § 2. Еталони напруги та струму, транзисторні структури: підсилювальні елементи з різними схемами ввімкнення, складені транзистори, каскади, активні фільтри, вхідні, вихідні, зсувальні та диференціювальні елементи

- § 3. Схеми живлення та стабілізації підсилювальних елементів

### **Розділ 4. Аналогові перетворювачі напруги**

- § 1. Джерела вторинного електроживлення аналогових схем, класифікація, характеристики, параметри, методи розрахунку та аналізу
- § 2. Одно- та двоперіодні, середньоточкові, мостові, трьохфазні та керовані випрямлячі
- § 3. Пульсації напруги та згладжувальні фільтри
- § 4. Помножувачі напруги, стабілізатори, інвертори та конвертори

### **Розділ 5. Аналогові підсилювачі слабких сигналів (малосигнальні підсилювальні лінійні елементи та пристрої класу "А")**

- § 1. Класифікація, параметри, характеристики, схеми, моделі
- § 2. Методика розрахунку та комп'ютерно-експериментального аналізу малосигнальних підсилювачів
- § 3. Низько- та високочастотні, широко- та вузькосмугові, резонансні, балансні, диференційні та операційні підсилювачі

- § 4. Схеми зворотних та міжкаскадних зв'язків і корекцій
- § 5. Аналогові інтегральні схеми операційних підсилювачів, функціональні вузли на операційних підсилювачах

### **Розділ 6. Елементна база нелінійної аналогової схемотехніки та мікросхемотехніки. Аналогові підсилювачі потужності (класів В, АВ, С та D)**

- § 1. Класифікація, принципи будови, основні параметри, характеристики та методи розрахунку
- § 2. Однотактні та двотактні схеми підсилювачів потужності
- § 3. Трансформаторні та безтрансформаторні вихідні елементи підсилення
- § 4. Параметричні підсилювачі

### **Розділ 7. Автогенератори гармонійних коливань**

- § 1. Основні поняття, принципи побудови, схеми, параметри, характеристики, методи розрахунку та комп'ютерного моделювання
- § 2. Автогенератори на аналогових ІС
- § 3. Резистивно-ємнісні та індуктивно-ємнісні автогенератори, внутрішні зворотні зв'язки, фазообертальні кола та схеми стабілізації

§ 4. Параметричні генератори

### **Розділ 8. Аналогові перетворювачі спектру сигналів**

§ 1. Класифікація, принципи роботи та побудови, схемні рішення, елементи розрахунку та аналізу

§ 2. Помножувачі та перетворювачі частоти, модулятори сигналів

§ 3. Амплітудні, фазові та частотні детектори

### **Розділ 9. Імпульсні аналогові пристрої**

§ 1. Класифікація, принципи дії та побудови, типи, параметри та комп'ютерні моделі імпульсних сигналів

§ 2. Формувачі імпульсів, обмежувачі, компаратори

§ 3. Ключі, тригери та таймери. Схемні рішення, параметри та характеристики

§ 4. Релаксаційні генератори прямокутних імпульсів, класифікація та загальна характеристика

§ 5. Генератори прямокутних імпульсів низької та середньої потужності

§ 6. Автоколивальні та чекальні (загальмовані) мультівібратори на аналогових інтегральних схемах (АІС) операційних підсилювачів (ОП) та логічних елементів

§ 7. Блокінг-генератори

§ 8. Алгоритми та комп'ютерні програми розрахунку мультівібраторів на АІС ОП з використанням інтегрованих пакетів прикладних програм

§ 9. Релаксаційні генератори імпульсів лінійно змінних напруги (ГЛЗН) та струму (ГЛЗС). ГЛЗН та ГЛЗС на АІС

§ 10. Застосування ГЛЗН та ГЛЗС для керування електронно-променевими приладами та пристроями електронно-іонної технології

§ 11. Фантастронні генератори

### **Розділ 10. Генератори прямокутних імпульсів високої та надвисокої потужності**

§ 1. Генератори з нагромадженням енергії на потужних генераторно-модуляторних та комутаторних приладах та імпульсних високовольтних електровакуумних приладах, тиратронах та тиристорах

§ 2. Вибір режимів потужних комутаторів енергії

§ 3. Генератори на формувачах з зосередженими та розподіленими параметрами

§ 4. Перспективні напрямки розвитку аналогової схемотехніки

### **Література**

1. *Савицька М.П.* Аналогові електронні пристрої : навч. посіб. / М.П. Савицька, М.С. Гаврилюк. – Одеса : ОНАЗ, 2003.
2. *Бабич М.П.* Комп'ютерна схемотехніка / М.П. Бабич. – К. : МК-Прес, 2004.

## **Дисципліна: Елементна база твердотільної електроніки**

---

### **Розділ 1. Твердотільна (напівпровідникова) електроніка**

§ 1. Твердотільна (напівпровідникова) електроніка: загальні відомості, терміни, класифікації, історія розвитку.

§ 2. Базові технологічні процеси твердотільної електроніки.

### **Розділ 2. Зонна теорія напівпровідників**

§ 1. Зонна теорія напівпровідників

§ 2. Носії заряду та їх розподіл.

§ 3. Провідність напівпровідників.

§ 4. Рівень Фермі

### **Розділ 3. Потенційні бар'єри**

§ 1. Потенційні бар'єри

§ 2. Струм термоелектронної емісії

§ 3. Область просторового заряду

§ 4. Дебаївська довжина екранування

- § 5. Бар'єр Шотткі
- § 6. Вольт-амперна характеристика та основні параметри бар'єрів Шотткі
- § 7. Електронно-діркові p-n переходи
- § 8. Вольт-амперна характеристика та основні параметри p-n переходів
- § 9. Гетеропереходи

#### **Розділ 4. Фізика поверхні**

- § 1. Фізика поверхні
- § 2. Структури метал-діелектрик-напівпровідник (МДН)
- § 3. Зонна діаграма приповерхневої області напівпровідника
- § 4. Ємність області просторового заряду
- § 5. Вольт-фарадні характеристики МДН структур

#### **Розділ 5. Напівпровідникові діоди, їх характеристики та еквівалентна схема**

- § 1. Напівпровідникові діоди, їх характеристики та еквівалентна схема
- § 2. Перехідні процеси в напівпровідникових діодах
- § 3. Тунельний, лавинний та тепловий пробій в напівпровідникових діодах
- § 4. Варикапи
- § 5. Стабілітрони
- § 6. Тунельні діоди

#### **Розділ 6. Біполярні транзистори**

- § 1. Біполярні транзистори
- § 2. Фізичні процеси, зонна діаграма та струми біполярних транзисторів.
- § 3. Вхідна та вихідна характеристика біполярного транзистора
- § 4. Модель Еберса-Молла
- § 5. Параметри транзистора як чотириполюсника:  $z$ ,  $y$ ,  $h$
- § 6. Частотні та імпульсні характеристики
- § 7. Схеми включення біполярних транзисторів
- § 8. Ефект витіснення струму емітера
- § 9. Складені транзистори Дарлінгтона
- § 10. Дрейфові транзистори
- § 11. Потужні біполярні транзистори
- § 12. Надвисокочастотні транзистори
- § 13. Біполярні транзистори з гетеропереходами
- § 14. Топологія транзисторів твердотільних інтегральних схем

#### **Розділ 7. Пільові транзистори**

- § 1. Пільові транзистори
- § 2. Вольт-амперна характеристика пільових транзисторів
- § 3. Малосигнальні параметри
- § 4. МДН транзистори
- § 5. Топологія МДН транзисторів
- § 6. Потужні V-MOS та D-MOS транзистори
- § 7. Комплементарні МДН транзистори твердотільних інтегральних схем
- § 8. Субмікронні структури МДН транзисторів, розмірні ефекти
- § 9. МДН транзистор – базовий елемент твердотільних інтегральних схем пам'яті
- § 10. Пільові транзистори з керуючим p-n переходом
- § 11. Надвисокочастотні GaAs транзистори з бар'єром Шотткі
- § 12. GaN пільовий транзистор з гетеропереходом

#### **Розділ 8. Тиристри**

- § 1. Тиристри
- § 2. Вольт-амперна характеристика діодного тиристора

- § 3. Тринистор
- § 4. Симетричні триністори
- § 5. Однопереходні транзистори.

#### **Розділ 9. Лавино-пролітні діоди (ЛПД)**

- § 1. Лавино-пролітні діоди (ЛПД)
- § 2. Вольт-амперна характеристика ЛПД.
- § 3. Застосування ЛПД для генерування надвисокочастотних коливань.
- § 4. Комутаційні р-і-п діоди.

#### **Розділ 10. Діоди Ганна**

- § 1. Діоди Ганна
- § 2. Вольт-амперна характеристика діодів Ганна.
- § 3. Застосування діодів Ганна для генерування надвисокочастотних коливань

#### **Розділ 11. Фотоприймачі**

- § 1. Фотоприймачі
- § 2. Фотодіоди
- § 3. Фототранзистори
- § 4. Матриці фотоприймачів з зарядовим зв'язком
- § 5. Оптичні переходи
- § 6. Світлодіоди
- § 7. Напівпровідникові лазери.

#### **Розділ 12. Основи мікроелектроніки та функціональної електроніки**

- § 1. Основи мікроелектроніки та функціональної електроніки
- § 2. Структури твердотільних інтегральних схем
- § 3. Взаємоізоляція елементів твердотільних інтегральних схем
- § 4. Нанoeлектроніка
- § 5. Фулیرени
- § 6. Квантовий ефект Холла у двомірному електронному газі

#### **Література**

1. *Фізичні основи* електронної техніки / З.Ю. Готра, І.Є. Лопатинський, Б.А. Лукіянець, З.М. Микитюк. – Львів : Бескид Біт, 2004.
2. *Дружинін А.О.* Твердотільна електроніка: Фізичні основи і властивості напівпровідникових приладів / А.О. Дружинін. – Львів : вид-во НУ«Львівська політехніка», 2001.

### **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-оберттовому спектрі

#### **Розділ 4. Спонтанні та індуковані 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-обертними станами різних електронних станів.

§ 2. Особливості створення інверсії в CO та CO<sub>2</sub>.

§ 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: Матеріали електронної техніки**

---

### **Розділ 1. Вступ**

§ 1. Основні етапи розвитку електроніки

§ 2. Роль матеріалів в розвитку елементної бази електронної техніки

§ 3. Загальна характеристика сучасних методів дослідження матеріалів електронної техніки

§ 4. Будова атому, квантові числа

§ 5. Види хімічного зв'язку

§ 6. Кристалічна ґратка

§ 7. Індокси Міллера

§ 8. Дефекти кристалів

### **Розділ 2. Провідникові матеріали**

§ 1. Фізична природа електропровідності металів. Температурна залежність питомого опору. Вплив домішок та структурних дефектів на провідність металів. Правило Матіссена. Електричні властивості сплавів. Опір провідників на високих частотах. Опір тонких плівок. Контактні явища, контакт двох металів. Термо-ЕРС

§ 2. Надпровідність та надпровідникові матеріали. Явище надпровідності, поведінка надпровідників в магнітному полі. Надпровідники 1 та 2 роду. Низькотемпературні та високотемпературні надпровідники, основні області використання

### **Розділ 3. Напівпровідникові матеріали**

§ 1. Статистика носіїв заряду в напівпровідниках. Власні та домішкові напівпровідники. Донори та акцептори. Температурна залежність питомої електропровідності напівпровідника. Нерівноважні носії заряду та механізми рекомбінації. Оптичні та фотоелектричні явища в напівпровідниках. Поглинання світла. Фотопровідність. Ефект Холла

§ 2. Класифікація напівпровідників. Германій. Отримання. Фізико-хімічні властивості. Очистка та вирощування монокристалів. Зонна плавка. Метод Чохральського. Кремній. Отримання. Фізико-хімічні властивості. Вирощування монокристалів. Вертикальна без тигельна зонна плавка. Епітаксія кремнію. Захист поверхні кремнію. Полікремній

§ 3. Напівпровідникові з'єднання АЗВ5. Фізико-хімічні та електричні властивості. Домішки

та дефекти структури. Випромінювальна рекомбінація. Отримання монокристалів. Тверді розчини на основі з'єднань АЗВ5. Застосування в електронній техніці

#### **Розділ 4. Діелектричні матеріали**

§ 1. Поляризація діелектриків та її види. Класифікація діелектриків за видами поляризації. Електропровідність діелектриків. Види діелектричних втрат. Пробій діелектриків та його види

§ 2. Класифікація діелектриків за призначеннями та складом. Діелектричні полімери та композиції на їх основі. Шаруваті пластики. Неорганічне скло. Основні етапи технологічного процесу. Класифікація скла за складом та призначенням. Сітали. Кераміка

§ 3. Активні діелектрики. Сегнетоелектрики – особливості поляризації, діелектричний гістерезис, природа спонтанної поляризації. П'єзоелектрики. Прямий та зворотний п'єзоэффект. Піроелектрики. Суть піроелектричного ефекту. Електрети. Природа гомо- та гетерозаряду. Діелектрики для твердотільних лазерів. Вимоги до матриці та активаторів. Вирощування монокристалів рубіну. Рідкі кристали. Електрооптичні ефекти в рідких кристалах. Люмінофори. Види люмінесценції

#### **Розділ 5. Магнітні матеріали**

§ 1. Поняття про намагніченість та магнітну проникність. Поділ матеріалів за магнітними властивостями. Природа феромагнетизму. Процеси при намагнічуванні феромагнетиків. Поведінка феромагнетиків в змінних магнітних полях. Тонкі магнітні плівки

§ 2. Магнітні матеріали. Класифікація магнітних матеріалів. Магніто м'які матеріали. Низькочастотні магнітні матеріали. Високочастотні магнітні матеріали. Магнітодіелектрики. Литі високо коерцитивні сплави. Магнітотверді ферити. Матеріали для магнітного запису

#### **Література**

1. *Готра З.Ю.* Технологія електронної техніки : підруч. для вузів в 2 т. / З.Ю. Готра. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2009.
2. *Корицький Ю.В.* Справочник по электротехническим материалам / Ю.В. Корицкий, В.В. Пасынков, Б.М. Тареев. – Л. : Энергоатомиздат, 1995.

### **Дисципліна: Основи сенсорної техніки**

---

#### **Розділ 1. Вступне заняття**

- § 1. Розвиток сучасної сенсорики.
- § 2. Сфери та потреби застосування електронних сенсорів.
- § 3. Основні задачі сенсорики.

#### **Розділ 2. Аналіз основних проблем та систематизація напрямків математичного моделювання, конструювання та технології виготовлення електронних сенсорів**

- § 1. Основні характеристики первинних перетворювачів фізичних величин.
- § 2. Корекція характеристик.
- § 3. Лінеаризація функції перетворення первинних перетворювачів.
- § 4. Основні класифікаційні ознаки та класифікація електронних сенсорів.

#### **Розділ 3. Дротяні та плівкові терморезистори**

- § 1. Основні матеріали, їхні характеристики.
- § 2. Конструкції та схеми включення терморезистивних перетворювачів.

#### **Розділ 4. Напівпровідникові термоперетворювачі**

- § 1. Терморезистори.
- § 2. Термодіоди.
- § 3. Матеріали, технологія виготовлення, конструкції та схеми включення.

#### **Розділ 5. Дротяні та плівкові тензорезистори**

- § 1. Основні матеріали, конструкції, характеристики та схеми включення.

#### **Розділ 6. Напівпровідникові тензоперетворювачі**

- § 1. Основні матеріали, конструкції, характеристики та схеми включення.
- § 2. Розрахунок чутливості сенсорів тиску з плоскими мембранами.
- § 3. Анізотропія механічних властивостей кремнію, розрахунок пружних коефіцієнтів.

## **Розділ 7. Інтегральні тензоперетворювачі**

- § 1. Фізичні основи розробки інтегральних тензоперетворювачів (ІТП).
- § 2. Специфіка технології виготовлення ІТП.
- § 3. Методи двохстороннього суміщення.
- § 4. Мікропрофілювання.
- § 5. Контроль та відтворення форми пружного елемента.
- § 6. Контроль та відтворення товщини пружного елемента.
- § 7. Характеристики і параметри мостових схем ІТП.
- § 8. Методи термокомпенсації.
- § 9. Активні методи термокомпенсації.
- § 10. Пасивні методи термокомпенсації.
- § 11. Методи підвищення чутливості ІТП.

## **Розділ 8. Напівпровідникові фотоперетворювачі**

- § 1. Фоторезистори.
- § 2. Фотодіоди.
- § 3. Лавинні фотодіоди.
- § 4. Інжекційні фотодіоди.
- § 5. S-фотодіоди.
- § 6. Фототранзистори.
- § 7. Принцип роботи, основні матеріали, конструкції та технологія виготовлення.
- § 8. Схеми включення та елементи термокомпенсації.

## **Розділ 9. Гальваномагнітні перетворювачі**

- § 1. Перетворювачі Холла.
- § 2. Магніторезистори.
- § 3. Магнітодіоди.
- § 4. Магніто-транзистори.
- § 5. Принцип дії, основні характеристики, матеріали, конструктивні рішення.
- § 6. Схеми включення.

## **Розділ 10. Термоелектричні перетворювачі**

- § 1. Принцип дії.
- § 2. Основні характеристики.
- § 3. Типи конструкцій.
- § 4. Схеми включення та похибки вимірювання температури термоелектричними перетворювачами.

## **Розділ 11. Перетворювачі ємнісного типу**

- § 1. Ємнісні перетворювачі тиску.
- § 2. Ємнісні перетворювачі рівня.
- § 3. Принцип роботи, конструкції, технологічні особливості.

## **Розділ 12. П'єзоелектричні перетворювачі**

- § 1. П'єзоелектричні матеріали та їх характеристики.
- § 2. Принцип роботи та конструкції перетворювачів.

## **Розділ 13. Оптиелектронні перетворювачі**

- § 1. Місце оптиелектронних напівпровідникових перетворювачів у вимірювальній техніці.
- § 2. Основні матеріали, конструкції, застосування.

## **Розділ 14. Рідкокристалічні перетворювачі**

- § 1. Рідкокристалічні суміші, їх характеристики.
- § 2. Теплова чутливість термоіндикаторів на основі холестеричних рідких кристалів.

## **Розділ 15. Багатофункціональні та інтелектуальні сенсори. Сенсори з мікропроцесорним керуванням**

§ 1. Огляд сучасних сенсорів.

§ 2. Перспективи та розширення сфер застосування сенсорів фізичних величин.

## Література

Вуйцик В. Експертні системи / В. Вуйцик, О. Готра, В. Григор'єв. – Львів : Ліга-Прес, 2006.

## Дисципліна: Технологічні основи електроніки

---

### Розділ 1. Вступ

§ 1. Основні етапи розвитку електроніки

§ 2. Роль технології в розвитку електронної техніки

§ 3. Загальна характеристика сучасного стану технології виробництва електронних приладів і пристроїв

### Розділ 2. Організація виробництва електронних приладів і пристроїв

§ 1. Короткі дані про організацію виробництва, спеціалізація цеху, організація робочих місць

§ 2. Технічна підготовка виробництва

§ 3. Типовий технологічний процес

§ 4. Поняття технологічної гігієни виробництва

§ 5. Єдина система технологічної та конструкторської документації

§ 6. Методи контролю технологічної гігієни, контрольовані параметри

### Розділ 3. Технологія отримання вакууму

§ 1. Елементи кінетичної теорії газів. Основні газові закони. Фізичні явища в газах і взаємодія газів і парів з твердими тілами. Поверхневі явища в умовах розріджених газів і парів. Дифузія газів в тверді тіла., газопроникність твердих тіл (матеріалів)

§ 2. Фізичні принципи роботи різних типів вакуумних насосів: насоси компресійної дії, молекулярні насоси, турбомолекулярні насоси, насоси сорбційної дії, гетерні насоси, насоси струменевої дії - ежекторні та дифузійні

§ 3. Кріогенна техніка

§ 4. Параметри насосів

§ 5. Порядок проектування системи відкачування

§ 6. Методи вимірювання тиску. Типи вакуумних датчиків тиску, діапазон і принцип дії: деформаційні, компресійні, теплової дії, іонізаційні низького, середнього та високого вакууму. Основні принципи контролю складу залишкових газів і парів в герметизованих вакуумних об'єктах: статичні і динамічні мас-спектрометри

§ 7. Поняття натікання в вакуумній техніці. Методи знаходження і метрології натікань в виробництві вакуумних приладів

§ 8. Допоміжні елементи вакуумних систем: комутаційні елементи, трубопроводи, пристрої передачі руху в вакуумну порожнину, вакуумні пастки

### Розділ 4. Механічні методи формоутворення

§ 1. Класифікація методів

§ 2. Формоутворення шляхом лиття, переваги і недоліки

§ 3. Формоутворення в виробництві деталей з пластичних мас різних видів

§ 4. Неруйнівні методи формоутворення пластичних матеріалів

§ 5. Руйнуючі методи формоутворення

§ 6. Формоутворення технологією порошкової металургії

§ 7. Технологія металокераміки

§ 8. Технологія кераміки і скла

### Розділ 5. Електрофізичні і електрохімічні методи формоутворення і обробки матеріалів

§ 1. Електроерозійна обробка

§ 2. Електрохімічне травлення як розмірна і поверхнева обробка

§ 3. Ультразвукова обробка

§ 4. Обробка вибухом під дією електричного розряду в рідині, електричного вибуху провідника, штампування, отримання нероз'ємних з'єднань

§ 5. Механічна обробка напівпровідникових матеріалів

§ 6. Магнітоімпульсна обробка шляхом індукційної та електродинамічної взаємодії

§ 7. Променеві методи обробки: лазерна, електронно-променева, іонно-променева

§ 8. Порівняння різних методів обробки, області застосування

## **Розділ 6. Методи очищення матеріалів та елементів електронних приладів та пристроїв**

§ 1. Основні види забруднень і ступінь їх впливу на роботу і параметри електронних приладів

§ 2. Методи очищення, їх фізичні та хімічні основи

§ 3. Методи хімічного очищення

§ 4. Електрохімічне очищення: травлення та полірування

§ 5. Очищення іонним бомбардуванням

§ 6. Методи інтенсифікації процесу очищення деталей електронних приладів

§ 7. Променеві методи очищення: електронно-променево, лазерне, іонно-плазмове

## **Розділ 7. Технологія з'єднання в вакуумній техніці і технології**

§ 1. Фізичні основи процесу зварювання, вимоги до зварювання об'єктів вакуумної техніки

§ 2. Способи "чистого" зварювання: електронно-променево, лазерне

§ 3. Способи інтенсифікації процесів зварювання

§ 4. Фізико-хімічні основи процесу паяння

§ 5. Припої для електронних приладів, параметри припоїв

§ 6. Технологічне оснащення процесу паяння

§ 7. Лазерна обробка. Фізичні процеси при лазерному опроміненні поверхні твердого тіла

§ 8. Типи з'єднань в конструкції електронних приладів: роз'ємні і нероз'ємні, основи технології цих з'єднань

## **Розділ 8. Технологія виготовлення елементів та вузлів електронних приладів**

§ 1. Металічні, плівкові, оксидно-бар'єєві катоди, катоди з запасом активної речовини

§ 2. Основні технологічні процеси виготовлення підігрівних катодів: технологія підігрівачів. Технологія нанесення карбонатної маси на керни оксидних катодів. Термічна обробка катодів

§ 3. Технологія виготовлення сіток Основні типи конструкцій сіток електронних приладів, вимоги до матеріалів, особливості формоутворення в технології сіток

§ 4. Технологія анодів. Типи анодів, вимоги до матеріалів для їх виготовлення. Способи формоутворення анодів. Аноди потужних приладів з примусовим охолодженням

§ 5. Технологія оболонок приладів. Основні матеріали, вимоги до матеріалів, способи формоутворення і з'єднання елементів оболонок електронних приладів

## **Розділ 9. Основи технології виготовлення електровакuumних та газонаповнених електронних приладів**

§ 1. Способи заварювання приладів

§ 2. Основні технологічні схеми, їх переваги і недоліки

§ 3. Електровакuumна обробка приладів, основні етапи, зміна тиску в приладі в процесі вакуумної обробки

§ 4. Фізико-хімічні процеси в об'ємі і на поверхні оксидного катоду в процесі його активування

§ 5. Активування торованого карбідованого катода

§ 6. Активування газопоглиначів

§ 7. Інші технологічні схеми вакуумної обробки електронних приладів

§ 8. Тренування електронних приладів, мета тренування катодів, мета високовольтної обробки приладів

§ 9. Випробовування електронних приладів. Суть випробовувань, форми їх організації, очікувані результати і вплив на підвищення якості і довговічності приладів

## **Розділ 10. Отримання і механічна обробка напівпровідникових матеріалів**

§ 1. Основні використовувані напівпровідникові матеріали, їх властивості, технологія отримання монокристалів

§ 2. Методи отримання рівномірно легованих монокристалів з високою повторюваністю властивостей

§ 3. Суть процесу маркування

§ 4. Механічна обробка різанням

§ 5. Абразивні матеріали, вимоги до цих матеріалів, способи використання

§ 6. Механічна обробка шліфуванням

§ 7. Обробка поліруванням

§ 8. Види браку при механічній обробці, контрольовані параметри пластин

§ 9. Напівпровідникові підкладки, вимоги до їх чистоти і обробки поверхні

§ 10. Фізико-хімічні методи обробки підкладок

### **Розділ 11. Технології легування напівпровідників**

§ 1. Легування монокристалів і епітаксійних шарів

§ 2. Фізичні основи процесу епітаксії

§ 3. Легування в процесі епітаксії

§ 4. Контроль параметрів епітаксійних шарів

§ 5. Фізичні основи іонної імплантації

§ 6. Технологічне обладнання

§ 7. Методи дослідження напівпровідникових структур

### **Розділ 12. Променеві методи в технології напівпровідникових структур**

§ 1. Лазерна обробка, технологічне устаткування, особливості дії лазерного випромінювання на напівпровідник

§ 2. Стимуляція хімічних реакцій, покращення рельєфу поверхні, модифікація електрофізичних властивостей шляхом генерації дефектів

§ 3. Рекристалізація аморфних і полікристалічних шарів

§ 4. Лазерне легування

§ 5. Фізичні основи обробки поверхні твердого тіла електронним променем

§ 6. Непродуктивні витрати енергії, шляхи їх зменшення, особливості технологічного устаткування прецизійної обробки електронним променем, термічна обробка, розмірна обробка, плавлення та випаровування

§ 7. Зварювання

§ 8. Класифікація іонно-шіазмових методів обробки, основне технологічне устаткування

§ 9. Формування хімічно-активної плазми, параметри процесу травлення

### **Розділ 13. Технологічні основи мікроелектронних пристроїв**

§ 1. Типи міросхем: плівкові / товсто та тонко / інтегральні схеми, напівпровідникові схеми, суміщені схеми, великі інтегральні схеми та надвеликі інтегральні схеми

§ 2. Методи ізоляції елементів напівпровідникових ІС

§ 3. Структура і технологія пасивних та активних елементів ІС

§ 4. Фотошаблони, призначення, типи і основи технології. Технологія фотооригіналів. Технологія мультиплікації у випадку фотошаблонів

§ 5. Фізичні основи фотолітографії, обмеження, електронно- рентгено- та іонолітографія

§ 6. Хімічні процеси в технології літографії

§ 7. Основні технологічні методи отримання тонких плівок різних за температурою плавлення матеріалів

§ 8. Устаткування термічного випаровування в вакуумі, іонного розпилення та реактивного розпилення

§ 9. Контроль процесу отримання тонких плівок. Технологія контролю пористості плівок

§ 10. Основи технології товстоплівкових ІС. Матеріали для товстоплівкової технології

§ 11. Методи післятехнологічної підгонки елементів ІС

§ 12. Основні фізико-хімічні способи дії на елементи, які можуть бути використанні при підгонці. Механічна обробка, обробка анодуванням, лазерна і електронно-променева обробка,

комбіновані методи. Вплив обробки на стабільність структур ІС

§ 13. Конструктивні варіанти пасивних елементів, які підлягають підгонці одним із методів

#### **Розділ 14. Технологія збирання, монтажу та герметизування мікроелектронних пристроїв**

§ 1. Методи та технологія закріплення навісних елементів на поверхні підкладок

§ 2. Методи та технологічне устаткування для мікро-зварювання, мікро паяння відомих конструкцій зовнішніх виводів елементів ІС. Електропровідні клеї та технологія їх використання

§ 3. Типи корпусів мікроелектронних пристроїв, технологічне устаткування для їх герметизації контактним зварюванням, паянням, склеюванням, лазерним і електронно-променевим зварюванням

#### **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: Функціональна електроніка**

---

#### **Розділ 1. Мікроелектроніка в медицині. Електронні прилади в медичному обладнанні**

§ 1. Основні етапи розвитку електроніки

§ 2. Інтегральна електроніка, її стан, можливості та обмеження

§ 3. Інтегральні мікросхеми, класифікація, характеристика

§ 4. Застосування мікросхем в біомедичній апаратурі

§ 5. Сучасний стан розвитку біомедичної електроніки, основні напрямки, перспективи

§ 6. Електроніка і біоніка

#### **Розділ 2. Принцип побудови електронних приладів та пристроїв**

§ 1. Електронні прилади з використанням статичних неоднорідностей в кристалах. Види статичних неоднорідностей, їх створення. Переваги та недоліки електронних приладів на основі статичних неоднорідностей

§ 2. Електронні прилади з використанням динамічних неоднорідностей. Створення динамічних неоднорідностей. Керівні параметри динамічних неоднорідностей. Відмінні характеристики приладів з динамічними неоднорідностями

§ 3. Два підходи до проектування електронних пристроїв. Електромоделювання та фізичне моделювання. Схемний та об'ємний метод створення електронних пристроїв

§ 4. Функціональна електроніка. Напрямки розвитку інтегральної та функціональної електроніки

#### **Розділ 3. Основні фізичні явища, що використовуються в роботі пристроїв функціональної електроніки**

§ 1. Структура кристалів, дефекти структури

§ 2. Коливання кристалічної ґратки

§ 3. Теплові, діелектричні, магнітні властивості твердих тіл

§ 4. Кінетичні, контакти і оптичні явища в твердих тілах

§ 5. Розмірні ефекти

§ 6. Тунельний ефект

§ 7. Процеси в аморфних напівпровідниках

§ 8. Органічні напівпровідники

§ 9. Домени в твердих тілах

#### **Розділ 4. Оптиелектронні функціональні пристрої. Зір людини, процес зору, його характеристики**

§ 1. Світло, його характеристики

- § 2. Розповсюдження світла, взаємодія світла з твердим тілом
- § 3. Електронний зір
- § 4. Оптичні методи обробки інформації
- § 5. Голографія
- § 6. Оптичні запам'ятовуючі пристрої
- § 7. Оптоелектронні слідкуючі системи
- § 8. Оптрон
- § 9. Оптронні перетворювачі зображень
- § 10. Оптронноінтегральні схеми і можливості їх використання в діагностиці захворювань

#### **Розділ 5. Функціональні електронні пристрої із зарядовим зв'язком (ПЗЗ)**

- § 1. Фізичний принцип роботи ПЗЗ
- § 2. Методи створення заряду в напівпровіднику
- § 3. Пересування заряду вздовж поверхні напівпровідника
- § 4. Діагностика наявності заряду
- § 5. Пристрої перетворення зображення на ПЗЗ
- § 6. Цифрові та аналогові пристрої на ПЗЗ

#### **Розділ 6. Функціональні електронні пристрої на основі об'ємного негативного опору**

- § 1. Від'ємний опір та від'ємна провідність
- § 2. Фізичні ефекти, що приводять до від'ємного опору
- § 3. Принципи використання від'ємного опору в електронних пристроях
- § 4. Генератори випромінювань, що працюють на ефекті від'ємного опору

#### **Розділ 7. Акустоелектронні пристрої**

- § 1. Перетворення акустичного сигналу в електричний сигнал і зворотне перетворення
- § 2. Типи акустичних перетворювачів
- § 3. Об'ємний акустичний підсилювач
- § 4. Поверхневі акустичні хвилі (ПАХ) і методи їх збудження
- § 5. Матеріали для пристроїв на ПАХ
- § 6. Вплив різних факторів на швидкість розповсюджених ПАХ
- § 7. Фільтри на ПАХ
- § 8. Акустичні перетворювачі зображення
- § 9. Резонатори, хвилеводи, підсилювачі на ПАХ

#### **Розділ 8. Магнітоелектронні пристрої**

- § 1. Магнітний запис інформації. Магніто акустичні пристрої
- § 2. Магнітооптичні пристрої
- § 3. Магнітостатичні спінові хвилі і їх застосування в пристроях функціональної електроніки

#### **Розділ 9. Діелектрична електроніка**

- § 1. Тонкоплівкові структури і їх властивості
- § 2. Взаємодія між шарами багат шарових структур
- § 3. Прилади діелектричної електроніки

#### **Розділ 10. Кріоелектронні функціональні пристрої**

- § 1. Створення низьких температур
- § 2. Надпровідність
- § 3. Ефекти Джозефсона
- § 4. Кріотрон
- § 5. Кріоелектронні підсилювачі
- § 6. Надпровідникові пристрої для вимірювання слабких магнітних полів
- § 7. Квантовий інтерферометр (СКВІД) та його застосування в дослідженні біоб'єктів
- § 8. Високотемпературна надпровідність

## **Розділ 11. Хемотроніка**

- § 1. Електрохімічний перетворювач
- § 2. Процеси, що протікають у рідині та на границі рідких фаз
- § 3. Принципи побудови пристроїв хемотроніки
- § 4. Види хемотронних пристроїв
- § 5. Електрохімічний елемент пам'яті
- § 6. Іоністор
- § 7. Біоперетворювачі інформації

## **Розділ 12. Молекулярна електроніка і біоелектроніка**

- § 1. Організація електронних пристроїв на рівні молекул і їх комплексів
- § 2. Біоніка. Нервова система людини і моделювання нервових клітин
- § 3. Нейрон і нейронні мережі
- § 4. Нейрістор на основі багат шарових структур
- § 5. Нейрокон – твердотільний аналог відіконів
- § 6. Перспективи розвитку біоелектроніки

### **Література**

1. *Фізичні основи електронної техніки* / за ред. З.Ю. Готри. – Львів : Бескид Біт, 2004.
2. *Вуйцік В. Експертні системи* / В. Вуйцік, О. Готра, В. Григор'єв. – Львів : Ліга-Прес, 2006.

## **Дисципліна: Цифрова схемотехніка**

---

### **Розділ 1. Цифрова техніка, як галузь електроніки**

- § 1. Цифрова техніка, як галузь електроніки. Основні визначення.
- § 2. Класифікація цифрових пристроїв.
- § 3. Загальні відомості про цифрові автомати.
- § 4. Різновиди цифрових автоматів та особливості їх функціонування. Загальні питання цифрових автоматів.

### **Розділ 2. Математичні основи цифрової техніки**

- § 1. Математичні основи цифрової техніки.
- § 2. Відображення інформації в цифровій техніці.
- § 3. Системи числення та кодування.
- § 4. Перетворення числової інформації.

### **Розділ 3. Двійкова арифметика**

- § 1. Двійкова арифметика.
- § 2. Основні поняття та закони бульової алгебри.
- § 3. Властивості логічних функцій.
- § 4. Форми зображення логічних функцій.
- § 5. Мінімізація логічних функцій.
- § 6. Таблиці Карно.
- § 7. Структурна реалізація логічних функцій.

### **Розділ 4. Базові цифрові елементи**

- § 1. Базові цифрові елементи.
- § 2. Цифрові сигнали, їх параметри та способи передачі.
- § 3. Класифікація цифрових елементів.
- § 4. Основні характеристики та параметри цифрових мікросхем.
- § 5. Порівняльні характеристики цифрових мікросхем.

### **Розділ 5. Транзистор – як базовий ключовий елемент**

- § 1. Транзистор – як базовий ключовий елемент.
- § 2. Основні характеристики та обмеження.

- § 3. Конструктивно-технологічні аспекти цифрової техніки.
- § 4. Схемотехніка базових цифрових елементів.
- § 5. Елементи транзисторно-транзисторної логіки (ТТЛ), ТТЛ з бар'єром Шоттки, емітерно-зв'язаної логіки, інжекційної логіки, логічні елементи на МДН транзисторах, КМИН логіка, логічні елементи на GaAs ПТШ.

#### **Розділ 6. Основи аналізу електричних схем на ЕОМ**

- § 1. Основи аналізу електричних схем на ЕОМ.
- § 2. Комп'ютерне математичне моделювання.
- § 3. Пакети прикладних програм Micro-CAP та PSpice.
- § 4. Методи модельного аналізу.
- § 5. Синтаксис моделей.
- § 6. Особливості цифрового та змішаного моделювання.
- § 7. Параметри-на оптимізація.

#### **Розділ 7. Комбінаційні пристрої**

- § 1. Комбінаційні пристрої.
- § 2. Особливості синтезу комбінаційних пристроїв.
- § 3. Пристрої для перетворення та комутування цифрових сигналів.
- § 4. Шифратори та дешифратори.
- § 5. Повні та неповні дешифратори.
- § 6. Пріоритетні шифратори.
- § 7. Кодери та декодери, перетворювачі кодів.

#### **Розділ 8. Мультиплексори та демультиплексори**

- § 1. Мультиплексори та демультиплексори.
- § 2. Селектори.
- § 3. Розподільувачі сигналів.

#### **Розділ 9. Арифметичні пристрої**

- § 1. Арифметичні пристрої.
- § 2. Суматори.
- § 3. Однорозрядні та багато розрядні суматори.
- § 4. Послідовні суматори.
- § 5. Паралельні суматори.
- § 6. Накопичувальні суматори.
- § 7. Двійково-десяткові суматори.

#### **Розділ 10. Послідовні пристрої цифрової техніки та форми опису їх роботи**

- § 1. Послідовні пристрої цифрової техніки та форми опису їх роботи.
- § 2. Тригер – двостановий запам'ятовуюч інформації.
- § 3. Тригери типу RS, MSL, D, T, JK.
- § 4. Структура, позначення, таблиці істинності.
- § 5. Схемна реалізація тригерних схем в різних логічних базисах.
- § 6. Логічні методи синтезу тригерних структур.

#### **Розділ 11. Регістри. Визначення, принципи дії, побудова**

- § 1. Регістри. Визначення, принципи дії, побудова.
- § 2. Паралельні регістри. Зсувні (послідовні) регістри.
- § 3. Регістри одноктактною та багатоктактною дії.
- § 4. Реверсивні регістри.

#### **Розділ 12. Лічильники. Визначення, принципи дії, побудова, класифікація**

- § 1. Лічильники. Визначення, принципи дії, побудова, класифікація.
- § 2. Лічильники на базі тригерних схем.
- § 3. Лічильники з перегосом.

- § 4. Реверсивні лічильники.
- § 5. Лічильники з довільним коефіцієнтом лічби.
- § 6. Методи синтезу лічильників.
- § 7. Зсувні лічильники.
- § 8. Лічильники на базі багатостабільних схем.

### **Розділ 13. Формувальні пристрої**

- § 1. Формувальні пристрої.
- § 2. Пристрої виділення імпульсу із серії.
- § 3. Розширювачі та вкорочувачі імпульсів.
- § 4. Пристрої збільшення крутизни імпульсів.
- § 5. Затримка сигналів.
- § 6. Пристрої обнулення.
- § 7. Формування пакета імпульсів.
- § 8. Імпульсні генератори.

### **Розділ 14. Принципи побудови цифро-аналогових перетворювачів**

§ 1. Принципи побудови цифро-аналогових перетворювачів, їх параметри, характеристики та порівняльний аналіз.

§ 2. Принципи побудови аналого-цифрових перетворювачів, їх параметри, характеристики та порівняльний аналіз.

### **Розділ 15. Інтегральні запам'ятовувальні пристрої**

- § 1. Інтегральні запам'ятовувальні пристрої.
- § 2. Оперативні та постійні запам'ятовувальні пристрої.
- § 3. Постійні запам'ятовувальні пристрої.

### **Розділ 16. Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС)**

§ 1. Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС). Призначення, застосування та перспективи розвитку ПЛІС.

§ 2. Структура ПЛІС. Конструктивно-технологічні аспекти ПЛІС.

§ 3. Перепрограмовані ПЛІС.

### **Розділ 17. Інтерфейсні схеми**

- § 1. Інтерфейсні схеми.
- § 2. Схеми узгодження логічних елементів, перетворювачі рівнів.
- § 3. Вимоги до інтерфейсних мікросхем.
- § 4. Завадостійкі логічні елементи зі зворотнім зв'язком.
- § 5. Захист цифрових схем від завад та шумів.
- § 6. Шини передачі даних.
- § 7. Стандарти на інтерфейсні схеми.

### **Розділ 18. Перспективи розвитку цифрової техніки**

- § 1. Перспективи розвитку цифрової техніки. Тенденції розвитку.
- § 2. Прогресивні принципи побудови логічних пристроїв.
- § 3. Фізичні обмеження розвитку цифрових схем.
- § 4. Функціонально-інтегровані цифрові схеми.
- § 5. Наноелектроніка. Одноелектроніка.

### **Література**

1. *Рицар Б.Е.* Цифрова техніка / Б.Е. Рицар. – СПб. : БХВ, 2000 (1991).
2. *Волович Г.И.* Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств / Г.И. Волович. – М. : Изд. дом «Додэка-XXI», 2005.