

## Загальні відомості про курс:

Загальний курс,

Всього 140 годин;

З них лекційна частина має об'єм 140 годин; практичні та семінарські заняття 70 годин і лабораторні роботи 120 годин.

## Викладачі:

проф. Мельник П.В., проф. Находкін М.Г.

## Короткий зміст та мета курсу:

В цьому курсі викладаються фізичні основи та тенденції розвитку явищ, що використовуються в мікроелектроніці, та основні принципи та процеси, що використовуються при розробці та виготовленні мікроелектронних приладів.

## Зміст курсу:

**1. Виготовлення тонких шарів і плівок.** Зменшення товщини масивної речовини: кування, прокатка, травлення. Нарощування шарів на підкладках: хімічне із парової фази або розчину, топохімічні реакції, електроліз, катодне розпорошування, іонно-плазмове нанесення плівок, магнетронне нанесення плівок, конденсація із парів в вакуумі. Управління процесом виготовлення тонких шарів речовини на підкладках.

**2. Механізм утворення і структура тонких плівок.** Термодинаміка гомогенного і гетерогенного утворення зародків конденсованої фази і кристалізація. Фазові діаграми. Молекулярний механізм конденсації і кристалізації. Кінетика конденсації і кристалізації. Роль дифузії. Роль аморфної і кристалічної підкладок. Каталізатори. Епітаксійне нарощування плівок. Дефекти структури. Особливості механізмів утворення плівок. Методи визначення структури. Структура і субструктура тонких плівок речовини.

**3. Напруження і механічні властивості плівок.** Методи дослідження механічних властивостей плівок. Власні та термічно збуджені внутрішні напруги в плівках. Адгезія. Діаграми деформація -напруженість. Модуль пружності. Пластичність, механічна міцність, границя міцності. Структурні зміни в плівках, що виникають під дією механічних напружень. Вплив домішок, забруднень, дефектів структури. Роль вакансій, міжвузельних атомів та дислокацій.

**4. Явища переносу в тонких металевих плівках.** Особливості методики вимірювання явищ переносу в тонких металевих плівках. Роль контактів. Залежність електропровідності металевих плівок від їх товщини. Розмірні ефекти. Довжина вільного пробігу носіїв струму. Вплив умов розсіювання носіїв струму на границях плівок на їх електропровідність. Квантовий розмірний ефект. Гальваномагнітні розмірні ефекти. Електропровідність плівок з сітковою структурою. Острівцеві плівки: механізми переносу носіїв струму, електронна емісія, випромінювання світла острівцевими плівками.

**5. Діелектричні плівки.** Особливості методики дослідження тонких діелектричних плівок. Діелектрична проникливість і тангенс кута втрат. Електрична міцність плівок. Полімерні діелектричні плівки. Лінійні та нелінійні діелектрики. Тонкі шари нелінійних

діелектриків. Доменна структура і петля гістерезису. Особливості тонких сегнетоелектричних плівок та їх застосування.

**6. Феромагнітні плівки.** Особливості методики дослідження магнітних плівок. Намагніченість, петля гістерезису, температура Кюрі. Залежність магнітних властивостей плівок від їх товщини. Спонтанна намагніченість тонких плівок. Доменні стінки. Анізотропія магнітних властивостей тонких плівок. Вісі важкого і легкого намагнічування. Перемагнічування тонких феромагнітних плівок. Феромагнітний резонанс. Вплив домішок, дефектів структури і внутрішніх напружень на магнітні властивості плівок. Шари з циліндричними доменами. Застосування феромагнітних плівок.

**7. Мікроелектроніка.** Визначення і задачі мікроелектроніки. Історія її розвитку. Основні напрямки розвитку мікроелектроніки. Необхідність мікромініатюризації. Мінімальний розмір елементів. Фізичні, технологічні та групові обмеження рівня мікромініатюризації.

**8. Явища переносу рівноважних носіїв струму.** Дефініція явищ переносу. Їх значення для мікроелектроніки. Електропровідність, час релаксації, довжина вільного пробігу носіїв струму. Розмірні ефекти. Класичний розмірний ефект. Квантовий розмірний ефект (КРЕ). Розмірні підзони. Необхідні умови існування КРЕ. Енергетичний спектр. Густина станів. Концентрація носіїв струму. Час релаксації. Експериментальне спостереження КРЕ. Розмірні ефекти в шарах просторового заряду в напівпровідниках. Польовий уніполярний транзистор. Модель довгого каналу. Статичні характеристики. Напруга відсічки. Крутизна характеристики, коефіцієнт підсилення. Еквівалентна схема транзистора. Ефекти короткого каналу. Розігрів носіїв струму. Вплив поперечного поля. Гетероструктури. Велика рухливість носіїв струму. Шумові характеристики транзисторів. Перспективи застосуванні МОН транзисторів в мікроелектроніці. Явища переносу рівноважних носіїв струму в тонких шарах аморфних напівпровідників. Загальні властивості аморфних напівпровідників. Густина електронних станів. Електропровідність аморфних напівпровідників: по нелокалізованим станам, в хвостах густини станів, по локальним станам на рівні Фермі. Застосування аморфних напівпровідників.

**9. Переніс нерівноважних носіїв струму в тонких напівпровідникових шарах.** Дефініція та основні властивості нерівноважних носіїв струму. Генерація, рекомбінація, середній час життя. Квазірівень Фермі. Рівняння переносу. Дифузія і дрейф носіїв струму. Характерні довжини дифузії і дрейфу носіїв струму. Амбіполярна дифузія. Поверхнева рекомбінація носіїв струму. Її вплив на дифузію та дрейф носіїв струму. Ефективний час життя носіїв струму. Розмірні ефекти. Транзистори на р-п переходах. Еквівалентні схеми. Вплив поверхневої рекомбінації та розмірних ефектів. Струм обмежений просторовим зарядом (СОПЗ). Монополярна інжекція носіїв струму. Діелектрик без пасток. Діелектрик з неглибокими пастками. Глибокі пастки. Вплив поверхневої рекомбінації і розмірних ефектів на СОПЗ. Біполярна інжекція і її вплив на СОПЗ. Плазма, інжектвана в напівпровідник і в діелектрик. Біполярна інжекція з захватом носіїв.

**10. Проходження струму крізь тонкі шари напівпровідників та діелектриках в МДМ та МДП структурах.** Гетероструктури. Омичні контакти. Інжекція носіїв струму на контактах. Надбар'єрна емісія. Надбар'єрна емісія в діоді з гетеропереходом. Тунельна емісія в МДМ структурах. Тунельна емісія із металу в діоді з гетеропереходом. Тунельна емісія в МДМ структурах. Тунельна емісія із металу в зону провідності напівпровідника. Тунелювання з участю домішкових центрів. Резонансне тунелювання. Міжзонне тунелювання. Залежність струму від густини станів. Тунельна

спектроскопія. Тріодні структури МДМДМ, МДМП, МДПП. Тунельна мікроскопія та спектроскопія. Запис інформації. Вакуумні діоди та тріоди. Проблеми вакуумної мікроелектроніки. Одноелектроніка.

**11. Надпровідність тонких плівок.** Загальні властивості надпровідників. Ізотопний зсув. Куперівські пари. Магнітні властивості надпровідників. Ідеальний діамagnetизм. Лондонівська глибина. Реальні надпровідники. Надпровідність першого і другого роду. Проміжний стан. Вихорі Абрикосова. Вплив розміру зразку на його надпровідність. Критичні струми тонких зразків. Кріотрони. Стаціонарний та нестационарний ефекти Джозефсона. Високотемпературна надпровідність.

**12. Оптичні властивості тонких плівок.** Відбиття, пропускання і поляризація світла тонкими плівками речовини. Просвітлення оптики. Інтерференційні ефекти. Поляризація. Розмірні ефекти. Аномальний скін-ефект. Плазмові резонанси в тонких плівках. Розсіювання світла острівцевими плівками. Люмінесценція тонких плівок.

**13. Плівкова електроніка.** Дефініція. Основи плівкової технології. Нанесення плівок та виготовлення плівкових структур. Підкладинки. Конструкції плівкових елементів. Провідники. Резистори. Ємності. Активні плівкові елементи. Ізоляція.

**14. Інтегральні напівпровідникові мікросхеми (ІНМС або ІМС).** Дефініція. Класифікація. Підкладинки. Активні елементи. Біполярні транзистори. Модель Еберта-Мола. Статичні характеристики. Крутизна. Коефіцієнт підсилення, інжекції, переносу. Ефективність колектора. Технологія виготовлення ІМС з біполярними транзисторами. Паразитні параметри. Шуми біполярних транзисторів. Еквівалентні схеми. Транзистор з бар'єром Шоттки. Багатомітерний транзистор. ІМС з уніполярними транзисторами. Їх особливості. Діоди. Пасивні елементи ІМС. Дифузійні та об'ємні резистори. Об'ємні та тонкоплівкові конденсатори. Методи ізоляції ІМС. Зворотно зміщені р-п переходи, тонкі шари SiO<sub>2</sub> і інших діелектриків, повітряні проміжки. Великі інтегральні схеми (ВІМС) їх особливості. Насичення ступеня інтеграції.

**15. Функціональна мікроелектроніка.** Визначення функціональної електроніки (ФЕ). Явища, котрі використовуються в ФЕ. Функціональні прилади з динамічними зарядовими неоднорідностями. Лінії затримки. Прилади з зарядовим зв'язком (ПЗЗ). Діоди Гана. Функціональна акустоелектроніка. Взаємодія електричних коливань з акустичними. Лінії затримки. Активні лінії затримки. Нелінійні акустоелектронні прилади. Оптоелектроніка. Джерела когерентного і некогерентного світла. Детектори. Світловоди. Модулятори і дефлектори. Нелінійні елементи. Інтегральна оптика.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Находкін М.Г. Фізична мікроелектроніка. Конспект лекцій на дискетах: КУ ім. Тараса Шевченка, 1998 рік.
2. И.Е. Ефимов, И.Я. Козырев, Ю.И. Горбунов. Микроэлектроника, - М.: "Высш. Шк.", 1986, -464с.
3. Росадо Л. "Физическая электроника и микроэлектроника"/М.: "Высшая школа", 1991, с.351.
4. И.П. Степаненко / "Основы микроэлектроники". - М.: Сов. Радио, 1980. - 424с.
5. Р. Миллер, Т. Кейминс "Элементы интегральных микросхем" : Пер. С англ. - М.: Мир, 1989, -330с.
6. Т. Сугано, Т. Икогама, Е. Такэиси "Введение в микроэлектронику": Пер. с яп.- М.:Мир,-1988-320с.
7. С. Зи / "Физика полупроводниковых приборов": Пер. с англ. М.: Мир, - 1984, -456С.,

ил.

8. В.И. Балакший, В.Н. Парыгин, Л.Е. Чириков "Физические основы акустооптики" - М.: -1985-280с.

9. Суэмацу Я., Катаока С., Кисино К., Кокубун Я., Судзуки Т., Исии О., Енэдзава С. "Основы оптоэлектроники": Пер. с яп. - М.: Мир, 1988.-288 с.