



УТВЪРДИЛ:

Декан

Дата

СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ "СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ"

Факултет: Физически

Специалност: (код и наименование)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Комуникации и физична електроника

Магистърска програма: (код и наименование)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

УЧЕБНА ПРОГРАМА

Дисциплина:

--	--	--	--

Физична електроника 2: Твърдотелна електроника

(код и наименование)

Преподавател: доц. д-р Евгения Вълчева, доц. д-р Стоян Русев

АСИСТЕНТ: гл. ас. д-р Гичка Цуцуманова, гл. ас. д-р Кирил Кирилов, ас. д-р Гергана Алексиева

Учебна заетост	Форма	Хорариум
Аудиторна заетост	Лекции	60
	Семинарни упражнения	
	Практически упражнения (хоспетиране)	30
Обща аудиторна заетост		90
Извънаудиторна заетост	Самостоятелна подготовка за две контролни работи	30
	Подготовка за задачите от практическите упражнения, обработка на данните от тях и писане на протоколи	30
	Самостоятелна подготовка за изпит	30
Обща извънаудиторна заетост		90
ОБЩА ЗАЕТОСТ		180
Кредити аудиторна заетост		3
Кредити извънаудиторна заетост		3
ОБЩО ЕКСТ		6

№	Формиране на оценката по дисциплината	% от оценката
1.	Две контролни работа	30
2.	Изпълнение на практическите упражнения, резултати и протоколи	20
3.	Изпит	50

Анотация на учебната дисциплина:

Първата част на курса дава основни знания в областта на физиката на твърдото тяло. Физиката на твърдото тяло (ФТТ), обхващаща значителна част от съвременната физика, е богата на разнообразни и интересни физични явления и приложения. Твърдите тела се характеризират със силно взаимодействие между частиците, имащо предимно електростатичен произход. То определя колективния характер на физичните процеси, стабилността на външната форма при нормални условия и квантовия характер на свойствата. В тесен смисъл под физика на твърдото тяло се разбира физика на кристалите. Развитието на схващанията ни, че взаимодействията, които изграждат кристалните, аморфните вещества, течни кристали и др. имат еднаква физична основа, доведе до оформянето на по-широко понятие. Така ФТТ се явява основа на съвременното материалознание. Твърдите тела са материална база и имат широко приложение в съвременната електроника и техника. Освен това ФТТ е теоретичната основа на съвременната, а което е по-важно и на бъдещата микроелектроника.

Във втората част на курса се разглеждат физическите принципи на действие на основните полупроводникови прибори. Разгледани са основни физически явления в еднороден и нееднороден полупроводник в работния температурен диапазон на приборите, необходими за обяснение на принципа на работа и пресмятане на основните характеристики на отделните групи полупроводникови прибори. Целта е да се даде модел за разбиране на принципите на действие на огромното количество прибори на базата на конкретни примери.

Курсът завършва с изпит, като в окончателната оценка се отчитат и резултатите от двата теста/контролни и работата на студента по изпълнение на задачите от практическите упражнения.

Предварителни изисквания:

- Математически методи
- Основи на радиоелектроника
- Електричество и магнетизъм

Очаквани резултати:

Студентите, завършили успешно курса по Физична електроника 2: Твърдотелна електроника, могат да:

- Познават основните свойства на твърдотелните материали – кристална структура и електронни свойства.
- Познават принципи на изграждане и действие на полупроводникови прибори;
- Прилагат теоретичните знания за пресмятане на основни характеристики на полупроводникови структури и прибори;
- Познават и могат да ползват основни експериментални методи за изследване и характеризирание на полупроводникови материали и структури

Учебно съдържание

№	Тема:	Хорариум
1.	Физика на твърдото тяло. Елементи от зонната теория.	
1.1	Геометрия на кристалната решетка: Решетки на Браве - класификация. Елементарна клетка. Права и обратна решетка. Зони на Брилуен. Точкови и пространствени групи на симетрия. Елементи и операции на симетрия. Кристалографски категории, сингонии. Класове на симетрия. Принцип на Нойман.	4
1.2	Структура на кристалите: Видове химична връзка. Плътна опаковка на сфери при кристални структури. Дефекти в кристалната решетка. Експериментални методи за изследване на кристалната структура. Дифракция на вълни в кристали – х-лъчи, неутрони, електрони.	4
1.3	Тензорно описание на физичните свойства на твърди тела. Анизотропия на свойствата на кристалите. Физични свойства, описвани с тензори - диелектрични и магнитни свойства, напрежения и деформации, еластичност. Пиезоелектричен ефект.	4
1.4	Трептения на атомите в кристална решетка. Фонони. Взаимодействие на фонони с вълни и частици. Свойства на твърди тела, свързани с фононите: Специфична топлина. Модели на Айнщайн и Дебай. Топлинно разширение. Фононна топлопроводност. Плазмони; поляритони.	4
1.5	Електронна структура. Основи на зонната теория: Едноелектронно приближение. Теорема на Блох. Разрешени и забранени енергетични зони. Приближения на почти свободни и на силно свързани електрони. Ефективна маса на електроните. Дупки. Плътност на състоянията. Статистика на електроните в твърди тела. Ниво на Ферми.	4

1.6	Свойства и явления, свързани със зонната структура: метали, диелектрици и полупроводници. Зонна структура на някои полупроводници (ПП). Електронни състояния на примеси и дефекти в ПП. Неравновесни носители на заряд в ПП. Генерация и рекомбинация.	4
1.7	Оптични свойства: Междузонни оптични преходи. Преки и непреки преходи. Примесно поглъщане. Екситони, екситонно поглъщане. Методи за измерване на някои оптични свойства.	2
1.8	Контактни явления в метали и полупроводници. Шотки-контакт. Хетероструктури. Метал-оксид-полупроводник. Нискоразмерни структури и ефекти на квантово ограничение: Квантови ями и свръхрешетки.	4
2.	Твърдотелна електроника	
2.1	Еднороден полупроводник. Зонна структура (Ge, Si, GaAs, InSb ...). Концентрация на свободните токоносители, подвижност, проводимост. Температурен диапазон на работа на полупроводниковите прибори.	2
2.2	Нееднороден полупроводник. Основни уравнения за анализ на полупроводниковите прибори. Поле на заряда и заряди в полупроводника. Екранировка на електричното поле. Квазинеутралност. Характерни времена и дължини в полупроводника	3
2.3	р-п преход в термодинамично равновесие. Дифузен потенциал. Рязък преход. Плавен линеен преход. Преход с произволен профил. Специални типове преходи.	3
2.4	Неравновесно състояние на р-п преход. Волт-амперна х-ка, разпределение на токоносителите, условие за квазиравновесие.	2
2.5	Реален р-п преход. Волт - амперни характеристики - модели тънък преход/дебела база, тънък преход/тънка база. Реални ВАХ - топлинен и генерационен обратен ток. Коефициент на инжекция, разпределение на токовете и електричното поле. Пробив на прехода - тунелен, лавинен, топлинен. Температурен режим. Динамични характеристики - Барьерен и дифузен капацитет. Динамичен отклик за малосигнални параметри. Импулсни характеристики. Шумове.	4
2.6	Диоди. Видове полупроводникови диоди - точкови, в.ч., изправителни, импулсни, стабилитрони, варикапи, тунелни, обърнати и др.	2
2.7	Биполярни транзистори. Класификация. Принцип на действие - процеси в емитерния и колекторния преходи. Ефективност на емитера и коефициент на пренос. Статичен коефициент на предаване по ток. Модулация	4

	<i>на ширината на базата. Температурни зависимости. Динамични характеристики</i>	
2.8	Полеви транзистори. Структура и класификация. Принцип на действие. Температурни зависимости. Динамични характеристики	4
2.9	Прибори с р-п-р-п структури. Структура и класификация. Принцип на действие - динистор, тиристор, триак. Динамични характеристики.	2
2.1 0	Оптоелементи. Приемници: Фоторезистори, фотодиоди, фототранзистори, фототиристори. Излъчватели: Светодиоди, лазери. CMOS и CCD приемници. Диелектрични елементи. Кварцови резонатори. Пиезо, сегнетоелектрични и пироелектрични елементи.	2
2.1 1	Интегрални схеми. Класификация. Аналогови, цифрови, смесени. Съвременно състояние и перспективи.	2

Конспект за изпит

№	Въпрос
Физика на твърдото тяло	
1.	Геометрия на кристалната решетка: Решетки на Браве - класификация. Елементарна клетка. Права и обратна решетка. Зони на Брилуен. Точкови и пространствени групи на симетрия. Елементи и операции на симетрия.
2.	Структура на кристалите: Видове химична връзка. Плътна опаковка на сфери при кристални структури. Дефекти в кристалната решетка. Експериментални методи за изследване на кристалната структура. Дифракция на вълни в кристали – х-лъчи, неутрони, електрони.
3.	Тензорно описание на физичните свойства на твърди тела. Анизотропия на свойствата на кристалите. Физични свойства, описвани с тензори - диелектрични и магнитни свойства, напрежения и деформации, еластичност. Пиезоелектричен ефект.
4.	Трептения на атомите в кристална решетка. Фонони. Взаимодействие на фонони с вълни и частици. Свойства на твърди тела, свързани с фононите: Специфична топлина. Модели на Айнщайн и Дебай. Топлинно разширение. Фононна топлопроводност.
5.	Електронна структура. Основи на зонната теория: Едноелектронно приближение. Теорема на Блох. Разрешени и забранени енергетични зони. Ефективна маса на електроните. Дупки. Статистика на електроните в твърди тела. Ниво на Ферми.
6.	Свойства и явления, свързани със зонната структура: метали, диелектрици и полупроводници. Зонна структура на някои полупроводници (ПП). Електронни състояния на примеси и дефекти в ПП. Неравновесни носители на заряд в ПП. Генерация и рекомбинация.

7.	Оптични свойства: Междузонни оптични преходи. Преки и непреки преходи. Примесно поглъщане. Методи за измерване на някои оптични свойства.
8.	Контакни явления в метали и полупроводници. Шотки-контакт. Хетероструктури. Метал-оксид-полупроводник.
Твърдотелна електроника	
9.	Еднороден полупроводник. Зонна структура (Ge, Si, GaAs, InSb ...). Концентрация на свободните токоносители, подвижност, проводимост. Температурен диапазон на работа на полупроводниковите прибори.
10.	Нееднороден полупроводник. Основни уравнения за анализ на полупроводниковите прибори. Полета и заряди в полупроводника. Екранировка на електричното поле. Квазинеутралност. Характерни времена и дължини в полупроводника
11.	p-n преход в термодинамично равновесие. Дифузен потенциал. Рязък преход. Плавен линеен преход. Преход с произволен профил. Специални типове преходи.
12.	Неравновесно състояние на p-n преход. Волт-амперна х-ка, разпределение на токоносителите, условие за квазиравновесие.
13.	Реален p-n преход. Волт - амперни характеристики - модели тънък преход/дебела база, тънък преход/тънка база. Реални ВАХ - топлинен и генерационен обратен ток. Коефициент на инжекция, разпределение на токовете и електричното поле.
14.	Пробив на прехода - тунелен, лавинен, топлинен. Температурен режим
15.	Динамични характеристики. Бариерен и дифузен капацитет.
16.	Диоди. Видове полупроводникови диоди - точкови, в.ч., изправителни, импулсни, стабилитрони, варикапи, тунелни, обърнати и др.
17.	Биполярни транзистори. Класификация. Принцип на действие. Ефективност на емитера и коефициент на пренос. Статичен коефициент на предаване по ток. Модулация на ширината на базата.
18.	Полеви транзистори. Структура и класификация. Принцип на действие.

Библиография

Основна:

1. Лекционен материал. (ксерокопие и е-вариант)
2. А. Апостолов, Физика на кондензираната материя, Университетско издателство, София, 2000
3. И. Лалов, В.Дечева, Физика на кондензираната материя, Университетско издателство, София, 2005
4. М. Шур, Физика полупроводниковых приборов, М., Мир, 1992
5. F. A. Fraser, The Physics of semiconductor devices, Oxford, 1985

Допълнителна:

6. М. Борисов, К. Маринова, К. Германова, Увод във физиката на твърдото тяло – I и II част, София, 1978
7. А. Апостолов, Експериментални методи на физиката на твърдото тяло, София, 1978
8. S.M. Sze Physics of Semiconductor Devices Wiley-Interscience 1969 (С. Зи, Физика полупроводниковых приборов, М., Мир, 1984)
9. Ch. Kittel, Introduction to Solid State Physics, New York, John Willey&Sons, 1995 (Ч. Киттель, Введение в физику твердого тела, Москва, “Наука”, 1978).

Дата: 27.02.2013

Съставили:

доц. д-р Евгения Вълчева

доц. д-р Стоян Русев