

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе БГУ

(подпись)

27 декабря 2017 г.

(дата утверждения)

А. Л. Толстик

(И.О. Фамилия)

Регистрационный № УД 4709 /уч.

ФИЗИКА ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

**1-98 80 03 Аппаратное и программно-техническое обеспечение
информационной безопасности**

2017 г.

Учебная программа составлена на основе *ОСВО 1-98 80 03-2012* и учебного плана № *P98-286/уч от 26.05.2017*

СОСТАВИТЕЛИ:

П.И.Гайдук, профессор кафедры физической электроники и нанотехнологий Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

С.И.Чубаров, заведующий кафедрой информационных технологий в образовании, УО «Белорусский государственный педагогический университет им. М.Танка», кандидат технических наук, доцент;

Ю.М.Покотило, доцент кафедры энергофизики УО «Белорусский государственный университет», кандидат физико-математических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физической электроники и нанотехнологий Белорусского государственного университета

(протокол № 4 от 22 ноября 2017 г.);

Учебно-методической комиссией факультета радиофизики и компьютерных технологий Белорусского государственного университета

(протокол № 4 от 19 декабря 2017 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа «Физика хранения и обработки информации» разработана для студентов специальности 1-98 80 03 Аппаратное и программно-техническое обеспечение информационной безопасности.

Место. Дисциплина входит в цикл дисциплин специальной подготовки государственного компонента.

Взаимосвязь. Для успешного усвоения дисциплины необходимы знания в объеме курса общей физики первой степени высшего образования.

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов систематизированных теоретических знаний, практических навыков и умений в области электронных приборов, используемых для обработки, защиты и хранения информации.

Основная задача дисциплины – научить студентов анализировать физические явления, эффекты и процессы, протекающие в полупроводниковых материалах и структурах, лежащих в основе работы приборов электроники и компьютерных систем. Для освоения дисциплины необходимо:

- изучить зонную теорию, статистику носителей заряда, кинетические явления и основные закономерности переноса носителей заряда в полупроводниках, электронные, оптические и магнитные свойства материалов электроники;
- изучить принципы работы и характеристики р-п переходов, контактов металл-полупроводник и электронных структур на их основе;
- изучить физические процессы, происходящие в электронных структурах и приборах при различных внешних воздействиях.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- зонную структуру и статистику носителей зарядов в материалах электроники;
- физические процессы, связанные с распределением и переносом носителей заряда в электронных структурах и приборах;
- принципы работы основных электронных приборов и систем;

уметь:

- экспериментально определять и теоретически рассчитывать характеристики полупроводников;
- на основе экспериментальных измерений находить электрофизические параметры полупроводниковых структур и приборов на их основе;

владеть:

- методами экспериментального определения и теоретического расчета физических параметров полупроводников;
- практическими приемами и методами измерения характеристик электронных структур и приборов

Освоение образовательной программы по учебной дисциплине «Физика хранения и обработки информации» должно обеспечить формирование следующих **компетенций**.

Академические:

АК-1. Способность к самостоятельной научно-исследовательской деятельности (анализ, сопоставление, систематизация, абстрагирование, моделирование, проверка достоверности данных, принятие решений и др.), готовность генерировать и использовать новые идеи.

АК-2. Методологические знания и исследовательские умения, обеспечивающие решение задач научно-исследовательской, научно-педагогической, управленческой и инновационной деятельности.

Социально-личностные:

СЛК-1. Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности.

СЛК-3. Формировать и аргументировать собственные суждения и профессиональную позицию.

СЛК-4. Анализировать и принимать решения по социальным, этическим, научным и техническим проблемам, возникающим в профессиональной деятельности.

Профессиональные:

ПК-7. Работать с научной информацией с использованием современных информационных технологий.

ПК-8. Разрабатывать и совершенствовать методы исследования проблем информационной безопасности.

ПК-9. Осуществлять постановку и проведение теоретических и экспериментальных исследований в области информационной безопасности.

ПК-10. Обосновывать достоверность полученных научных результатов.

ПК-11. Формулировать выводы и рекомендации по применению результатов научно-исследовательской работы.

ПК-12. Оформлять научные статьи и доклады

ПК-13. Составлять отчеты и презентации о научно-исследовательской работе, участвовать в работе научных конференций.

ПК-18. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям информационной безопасности, инновационным технологиям, проектам и решениям.

ПК-19. Разрабатывать новые методы и технологии защиты информации.

Программа рассчитана на объем 176 часов, из которых 46 являются аудиторными. Распределение аудиторных часов по видам занятий следующее: лекций – 16 часов, лабораторных работ – 30 часов.

Дисциплина изучается студентами второй степени дневной формы получения высшего образования на первом курсе во втором семестре.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Введение. Полупроводниковая электроника – аппаратный базис информационных технологий: история развития. Основные свойства материалов электроники.

2. Модельные представления о структуре материалов электроники. Химические связи. Кристаллические решетки. Операции симметрии. Обратная решетка. Кристаллические структуры материалов электроники. Дефекты кристаллического строения. Фононы. Выращивание монокристаллов Si.

3. Основы зонной теории полупроводников. Уравнение Шредингера для кристалла. Адиабатическое и одноэлектронное приближения. Одномерная модель Кроннига-Пенни. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса носителей заряда. Циклотронный резонанс. Классификация материалов с позиций зонной теории. Элементарная теория примесных состояний

4. Статистика носителей заряда в полупроводниках. Плотность квантовых состояний. Функции распределения частиц. Свойства функции Ферми-Дирака. Степень заполнения примесных уровней. Концентрация носителей заряда в полупроводниках. Закон действующих масс. Собственный полупроводник. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для невырожденного полупроводника.

5. Кинетические явления в полупроводниках. Дрейфовая и диффузионная электропроводность. Подвижность носителей заряда. Соотношение Эйнштейна. Эффект Холла. Механизмы рассеяния носителей заряда. Рассеяние на фононах и ионизованной примеси. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Электропроводность в сильном электрическом поле. Электростатическая, термоэлектронная и ударная ионизация. Эффект Ганна.

6. Генерация и рекомбинация носителей заряда. Взаимодействие света с полупроводниками. Закон Бугера-Ламберта. Генерация и рекомбинация носителей. Равновесные и неравновесные носители заряда. Квазиуровни Ферми. Биполярная и монополярная оптическая генерация носителей. Время жизни и диффузионная длина неравновесных носителей заряда. Механизмы рекомбинации.

7. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Внутренний фотоэффект. Внешний фотоэффект. Фотопроводимость. Фотовольтаические эффекты.

8. Контактные явления. Электронно-дырочный переход: формирование, токи, ОПЗ, емкость. Вольтамперная характеристика электронно-дырочного перехода. Пробой электронно-дырочного перехода. Контакты металл-полупроводник. Гетеропереходы. Структуры металл-окисел-полупроводник.

9. Полупроводниковые диоды. Специальные типы диодов. Классификация диодов. Выпрямительные и силовые диоды. Диоды Шоттки. Стабилитроны. СВЧ диоды. Диоды Ганна. Лавинно прелетные диоды. Туннельные диоды. Обращенные диоды. Варикапы.

10. Полупроводниковые транзисторы. Биполярные транзисторы. Электрические схемы включения и режимы работы биполярных транзисторов. Эквивалентная схема биполярного транзистора. Емкости переходов. Частотные характеристики. Статистические характеристики. Полевые транзисторы с управляющим переходом. Полевые транзисторы с изолированным затвором.

11. Ключевые и функциональные приборы. Тиристоры. МОП ПТ с плавающим затвором. Приборы с зарядовой связью. Полупроводниковые термоэлектрические и гальваномагнитные приборы. Терморезисторы. Варисторы. Приборы Пельтье. Датчики Холла.

12. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы. Фотоприемники. Светодиоды и полупроводниковые лазеры. Оптопары. Интегральные оптоэлектронные схемы.

13. Приборы электронной памяти. Магнитные материалы. Приборы памяти на основе магнитных материалов. Приборы памяти на основе ССD. Транзисторы с плавающим затвором и устройства Flash – памяти. Перспективы развития приборов памяти.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР	Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	ВВЕДЕНИЕ (0.5 ч)	0.5	-	-	-	Презентация 1	[1],[2],[5]	
2.	МОДЕЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРУКТУРЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ (2.5 ч)	0.5	-	2	-			
2.1.	Кристаллические структуры материалов электроники.	0.5				Презентация 1а	[1],[2],[3],[6],[10],[12]	Аудиторный тест по главе
2.2.	Изучение кристаллической структуры основных полупроводников.			2		Компьютерный класс, учебная лаборатория	[1], [12]	Отчет по лабораторной работе
3.	ОСНОВЫ ЗОННОЙ ТЕОРИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ (6 ч)	2	-	4	-			
3.1.	Уравнение Шредингера для кристалла	1				Презентация 3а	[1-4],[10]	Аудиторный тест по главе
3.2.	Энергетический спектр электронов в кристалле	1				Презентация 3б	[1-6],[11]	
3.3.	Изучение зонной структуры полупроводников Si, Ge, GaAs, AlAs и сплавов на их основе в зависимости от композиционного состава			4		Компьютерный класс, учебная лаборатория	[1], [5]	Отчет по лабораторной работе
4.	СТАТИСТИКА НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ (6 ч)	2	-	4	-			
4.1.	Плотность энергетических уровней	0.5				Презентация 4а	[1-3],[5]	Аудиторный тест по главе
4.2.	Концентрация носителей заряда в полупроводнике	0.5				Презентация 4б	[1-4],[10-13]	
4.3.	Положение уровня Ферми в невырожденном полупроводнике	1				Презентация 4в	[1-4],[12]	
4.4.	Исследование положения уровня Ферми в зависимости от концентрации легирующей примеси			4		Компьютерный класс, учебная	[1-4],[11-13]	Отчет по лабораторной

	и температуры.					лаборатория		работе
5.	КИНЕТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ (3 ч)	1	-	2	-			
5.1.	Дрейфовая и диффузионная электропроводность	0.5				Презентация 5а	[1-5],[18]	Аудиторный тест по главе
5.2.	Электропроводность в сильном электрическом поле	0.5				Презентация 5б	[1-3],[11]	
5.3.	Определение подвижности и концентрации носителей заряда методом эффекта Холла.			2		Учебная лаборатория, стенд «эффект Холла»	[1-5] [13]	Отчет по лабораторной работе
6.	ГЕНЕРАЦИЯ И РЕКОМБИНАЦИЯ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА (5 ч)	1	-	4	-			
6.1.	Генерация носителей	0.5				Презентация 6а	[1-6],[8][19]	Аудиторный тест по главе
6.2.	Механизмы рекомбинации	0.5				Презентация 6а	[1-5], [18]	
6.3.	Изучение эффекта Ганна.			4		Учебная лаборатория, стенд «эффект Ганна»	[1-3]	Отчет по лабораторной работе
7.	ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ (5 ч)	1	-	4	-			
7.1.	Фотопроводимость	0.5				Презентация 7а	[1-3]	Аудиторный тест по главе
7.2.	Фотовольтаические эффекты	0.5				Презентация 7б	[1-6]	
7.3.	Спектральная зависимость фотопроводимости полупроводников.			4		Учебная лаборатория, стенд «ФП»	[1-4]	Отчет по лабораторной работе
8.	ЭЛЕКТРОННО-ДЫРОЧНЫЙ ПЕРЕХОД (1 ч)	1	-	-	-			
8.1.	Контактные явления	0.5				Презентация 8а	[1],[13-15]	Аудиторный тест по главе
8.2.	Область пространственного заряда и емкость	0.5				Презентация 8б	[1],[7-8][12]	
9.	ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТИПЫ ДИОДОВ (5 ч)	1	-	4	-			
9.1.	ВАХ и переходные процессы в диодах	0.5				Презентация 9а	[1],[5],[8] [9-11]	Аудиторный тест по главе
9.2.	Типы диодов	0.5				Презентация 9б	[1],[6],[7]	
9.3.	Изучение электрофизических характеристик диода.			4		Компьютерный класс, учебная лаборатория	[7],[8]	Отчет по лабораторной работе

10.	ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ (6ч)	2	-	4	-			
10.1	Биполярные транзисторы.	1				Презентация 10а	[1],[7],[8]	Аудиторный тест по главе
10.2	Полевые транзисторы.	1				Презентация 10в	[7],[8]	
10.3	Изучение характеристик транзистора.			4		Компьютерный класс, учебная лаборатория	[1],[2],[7] [8]	Отчет по лабораторной работе
11.	КЛЮЧЕВЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ (1 ч)	1	-	-	-			
11.1	Многослойные структуры	0.5				Презентация 11а	[10],[8],[19]	Аудиторный тест по главе
11.2	Функциональные приборы	0.5				Презентация 11б	[7],[8]	
12.	ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ (3 ч)	1	-	2	-			
12.1	Фотоприемники	0.5				Презентация 12а	[1-3], [5], [9]	Аудиторный тест по главе
12.2	Светоизлучающие приборы	0.5				Презентация 12б	[1-7], [9]	
12.3	Изучение спектральных характеристик светодиодов.			2		Учебная лаборатория, стенд ФП	[1-5] [13]	Отчет по лабораторной работе
13.	ПРИБОРЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ПАМЯТИ (2 ч)	2	-	-	-			
13.1	Память на магнитных эффектах	1				Презентация 13а	[1-3], [5-9]	Аудиторный тест по главе
13.2	Flash-память	1				Презентация 13б	[17-19]	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. *Шалимова, К.В.* Физика полупроводников / К.В. Шалимова. М.: Энергия, 1985.
2. *Фистуль, В.И.* Введение в физику полупроводников / В.И. Фистуль. М.: Высш. шк., 1984.
3. *Бонч-Бруевич, В.Л.* Физика полупроводников / В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников / М.: Наука, 1977.
4. *Смит, Р.* Полупроводники / Р. Смит. М.: Мир, 1982. 560 с.
5. *Росадо, Л.* Физическая электроника и микроэлектроника / Л. Росадо. М.: Высш. школа, 1991.
6. *Солимар.* Лекции по электрическим свойствам материалов / Солимар. М.: Мир, 1991.
7. *Пасынков, В.В.* Полупроводниковые приборы / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. С-П, 1991. 470с.
8. *Зи, С.* Физика полупроводниковых приборов / С. Зи. М, 1984
9. *Степаненко, И.П.* Основы микроэлектроники / И.П. Степаненко. М, 1980. 250с.
10. *Викулин, И.М.* Физика полупроводниковых приборов / И.М. Викулин, В.И. Стафеев. М, 1980.

Дополнительная литература

11. *Ридли, Б.* Квантовые процессы в полупроводниках. / Б. Ридли М.: Мир, 1986.
12. *Епифанов, Г.И.* Физика твердого тела. / Г.И. Епифанов. М.: Высш. школа, 1977.
13. *Анималу, А.* Квантовая теория кристаллических твердых тел. / А. Анималу. М.: Мир, 1981.
14. *Mayer, J.W.* Electronic Materials Science / J.W. Mayer, S.S. Lau. N.Y.: Macmilan Publ. Company, 1994. 476 p.
15. *Малер, Р.* Элементы интегральных схем / Р. Маллер, М.Кейминс. М.: Мир, 1981. 630 с.
16. *Тилл, У.* Интегральные схемы. Материалы, приборы, изготовление. / У. Тилл, Дж. Лаксон. М.: Мир, 1985. 501 с.
17. *Мосс, Т.* Полупроводниковая оптоэлектроника. / Т. Мосс, Г. Баррел, Б. Эллис. М.: Мир, 1979.
18. *Шур М.* Современные приборы на основе арсенида галлия. / М. Шур. М.: Мир, 1991.
19. *Овчинников, В.В.* Технологии многослойных структур для микроэлектроники / В.В. Овчинников, А.С. Тимошин, В.В.Крапухин. М, 1992. 88с.

Примерный перечень лабораторных работ

1. Изучение кристаллической структуры основных полупроводников (*компьютерные Апплеты*).
2. Изучение зонной структуры полупроводников Si, Ge, GaAs, AlAs и сплавов на их основе в зависимости от композиционного состава (*компьютерные Апплеты*).
3. Исследование положения уровня Ферми в зависимости от концентрации легирующей примеси и температуры (*компьютерные Апплеты*).
4. Определение подвижности и концентрации носителей заряда методом эффекта Холла (лабораторный стенд).
5. Спектральная зависимость фотопроводимости полупроводников (лабораторный стенд).
6. Изучение эффекта Ганна (лабораторный стенд).
7. Изучение электрофизических характеристик терморезистора (лабораторный стенд).
8. Изучение электрофизических характеристик диода (*компьютерные Апплеты*).
9. Изучение характеристик транзистора (*компьютерные Апплеты*).
10. Изучение спектральных характеристик светодиодов (лабораторный стенд).

Выполнение лабораторных работ

В лабораторном практикуме по дисциплине «Физика хранения и обработки информации» запланировано проведение натуральных экспериментов по изучению физических свойств полупроводниковых материалов и характеристик полупроводниковых приборов с различными по сложности стендовыми измерениями. Кроме того необходимым условием глубокого понимания и усвоения изучаемого материала является проведение студентами компьютерного моделирования, решение компьютерных задач (апплетов) с использованием современных программных комплексов интерактивного исследования и изучения характеристик как полупроводниковых материалов, так и приборов на их основе. Параллельное проведение натурального и компьютерного экспериментов в ходе выполнения лабораторного практикума по дисциплине «Физика хранения и обработки информации» позволяет в дальнейшем более эффективно и грамотно использовать полученные при изучении дисциплины студентами знания, а также приобретённые ими умения и навыки в своей дальнейшей практической профессиональной работе.

Задание по лабораторным работам для студентов заключается в подготовке отчета в письменном виде по выполненной работе. Контроль выполнения лабораторных работ будет осуществляться путем рассмотрения отчета по каждой выполненной лабораторной работе. Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Фамилию, имя, отчество студента, номер группы.
2. Название работы.
3. Цель исследования.

4. Исходные данные и методику проведения лабораторной работы.
5. Название выполняемого пункта задания.
6. Блок-схему исследования (где это применимо) с необходимыми пояснениями.
7. Таблицы рассчитанных и экспериментальных зависимостей в виде удобном для анализа.
8. Графические зависимости рассчитанных и экспериментальных данных с нанесенными точками и выполненные на одном рисунке для каждого случая.
9. Обсуждение полученных результатов, оценки величин и зависимостей, выводы по работе.

Защита отчетов по лабораторной работе студентам будет проводиться в форме индивидуального собеседования и тестирования.

Перечень средств диагностики

Основным средством диагностики усвоения знаний и овладения необходимыми умениями и навыками по дисциплине «Физика хранения и обработки информации» является письменная работа в виде аудиторного тестирования, подготовка отчетов по лабораторным работам с последующим индивидуальным собеседованием и тестированием по ним, подготовка рефератов, контрольные опросы на лекциях, консультации.

Методика формирования итоговой оценки

Итоговая оценка формируется на основе 3-х документов:

1. Правила проведения аттестации (Постановление № 53 от 29.05.2012 г.)
2. Положение о рейтинговой системе БГУ (ред. 2015 г.).
3. Критерии оценки студентов (10 баллов).

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹

¹ При наличии предложений об изменениях в содержании учебной программы УВО.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
на ____/____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
физической электроники и нанотехнологий
(протокол № ____ от _____ 201__ г.)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)