

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 12.10.2023 12:49:18

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Электронные и оптические свойства широкозонных соединений A2B6

Закреплена за подразделением

Кафедра ППЭ и ФПП

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 11

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

76

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	11 (6.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	34	17	34	17
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	76	76	76	76
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*к.ф.-м.н., доц., Кобелева Светлана Петровна*

Рабочая программа

**Электронные и оптические свойства широкозонных соединений A2B6**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра ППЭ и ФПП**

Протокол от 21.06.2023 г., №11

Руководитель подразделения Диденко Сергей Иванович, к.ф.-м.н., доцент

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Целью освоения дисциплины "Электронные и оптические свойства широкозонных соединений A <sub>2</sub> B <sub>6</sub> " является знакомство обучающихся со свойствами перспективных материалов оптоэлектроники и детекторных систем, особенностью их электронных и оптических свойств и связанной с значительной ролью собственных точечных дефектов в формировании этих свойств.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.22
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Высоковакуумное оборудование в нанoeлектронике	
2.1.2	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой электроники	
2.1.3	Мессбауэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники	
2.1.4	Микросхемотехника	
2.1.5	Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии	
2.1.6	Неразрушающие методы контроля процессов формирования гетерокомпозиций	
2.1.7	Планирование научной деятельности	
2.1.8	Приборные структуры на некристаллических материалах	
2.1.9	Приборные структуры на широкозонных полупроводниках	
2.1.10	Приборы и устройства магнитоэлектроники	
2.1.11	Приборы и устройства на основе наносистем	
2.1.12	Программирование микроконтроллеров	
2.1.13	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.14	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.15	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах Часть 1	
2.1.16	Технология наногетероструктур	
2.1.17	Методы математического моделирования	
2.1.18	Методы характеристики полупроводниковых материалов и структур	
2.1.19	Моделирование процессов и устройств полупроводниковой электроники	
2.1.20	Силовые полупроводниковые приборы	
2.1.21	Физика квантоворазмерных полупроводниковых композиций	
2.1.22	Физика наноструктур	
2.1.23	Физико-химия и технология наноструктур	
2.1.24	Магнитные измерения	
2.1.25	Математические модели технологических процессов получения магнитоэлектроники и радиокерамики	
2.1.26	Моделирование технологических процессов получения материалов электронной техники	
2.1.27	Нанoeлектроника полупроводниковых приборов и устройств	
2.1.28	Оборудование производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.1.29	Основы радиационной стойкости изделий электронной техники	
2.1.30	Основы технологии электронной компонентной базы	
2.1.31	Приборы квантовой и оптической электроники	
2.1.32	Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом	
2.1.33	Элементы и устройства магнитоэлектроники	
2.1.34	Дефекты в оптоэлектронных полупроводниковых приборах на широкозонных материалах	
2.1.35	Ионно-плазменная обработка материалов	
2.1.36	Компьютерные технологии проектирования процессов нанoeлектроники	
2.1.37	Материаловедение ферритов и родственных магнитных систем	
2.1.38	Основы технологии электронной компонентной базы. Технология тонких пленок	
2.1.39	Полевые полупроводниковые приборы	
2.1.40	Полупроводниковая нанoeлектроника	
2.1.41	Приемники оптического излучения	
2.1.42	Физика импульсного отжига	
2.1.43	Физико-математические модели процессов нанoeлектроники	
2.1.44	Физические основы электроники	

2.1.45	Функциональная наноэлектроника
2.1.46	Биполярные полупроводниковые приборы
2.1.47	Инженерная математика
2.1.48	Квантовая и оптическая электроника
2.1.49	Материаловедение полупроводников и диэлектриков
2.1.50	Технология материалов электронной техники
2.1.51	Физика диэлектриков
2.1.52	Физика магнитных явлений
2.1.53	Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники
2.1.54	Физические свойства кристаллов
2.1.55	Электроника
2.1.56	Математическая статистика и анализ данных
2.1.57	Практическая кристаллография
2.1.58	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.59	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.60	Физика
2.1.61	Физическая химия
2.1.62	Математика
2.1.63	Органическая химия
2.1.64	Информатика
2.1.65	Химия
2.1.66	Аналитическая геометрия
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.3	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.4	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

**ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности**

**Знать:**

ОПК-1-31 Зонную структуру кристаллических твердых тел

**Уметь:**

ОПК-1-У1 Анализировать особенности зонной структуры и диаграмм состояния широкозонных соединений А2В6

**Владеть:**

ОПК-1-В1 навыками анализа состава и концентрации собственных точечных дефектов в широкозонных соединениях А2В6

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. диаграммы состояния</b>							
1.1	Р-Т и Т-Х диаграммы широкозонных соединений А2В6 /Лек/	11	3	ОПК-1-31 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.3Л2.11 Л2.1 Л2.5Л3.7 Л3.9 Э1 Э2		КМ1,К М4	Р1,Р3

1.2	Особенности процесса испарения широкозонных соединений А2В6 /Лек/	11	2	ОПК-1-В1	Л1.3Л2.5 Л3.7 Л3.9Л2.1 Л3.4 Э1 Э2		КМ1,К М2,КМ 4	Р1,Р3,Р 4
1.3	Расчет параметров конгруэнтно испаряющихся составов /Пр/	11	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3Л1.1 Л3.4 Л2.8Л2.1 Э1 Э2		КМ1,К М2,КМ 4	Р3
1.4	Изучение методики измерения отклонения от стехиометрии в широкозонных соединениях А2В6 /Лаб/	11	6	ОПК-1-В1	Л1.3Л2.9 Л2.10Л2.1 Э1 Э2		КМ1,К М2,КМ 4	Р1
1.5	Анализ литературы по фазовым диаграммам халькогенидов кадмия и цинка /Ср/	11	20	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3Л2.9Л3. 11 Э1 Э2		КМ1,К М4	Р4
<b>Раздел 2. Состав СТД широкозонных соединений А2В6</b>								
2.1	Типы собственных точечных дефектов в широкозонных соединениях А2В6 /Лек/	11	3	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3Л2.1 Л2.1 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л3.11Л2.1 Э1 Э2		КМ2,К М4	Р1
2.2	Метод квазихимических реакций расчета концентраций СТД /Лек/	11	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3Л2.1 Л2.9 Л2.10Л2.1 Э1		КМ2,К М4	Р3,Р4
2.3	Структура СТД широкозонных соединений А2В6 /Лек/	11	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3 Л2.8 Л2.9Л2.1 Л2.7 Л3.11Л2.1 Э2		КМ2,К М4	Р3,Р4,Р 5
2.4	Статистика многозарядных центров /Лек/	11	2		Л1.1Л2.9 Л2.10Л2.1 Э1		КМ2,К М4	Р5
2.5	Расчет высокотемпературных равновесий в CdTe /Пр/	11	4	ОПК-1-В1	Л1.3Л2.8Л2. 1 Э2		КМ2,К М4	Р4,Р3
2.6	Расчет концентрации ионизированных многозарядных центров при комнатной температуре /Пр/	11	3	ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.3Л2.11 Л2.1Л2.1 Э1 Э2		КМ4	Р5
2.7	Овладение навыками составления и решения уравнения электронейтральности /Ср/	11	30	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3Л2.1Л2. 1		КМ4	Р4,Р5
<b>Раздел 3. Технология получения широкозонных соединений А2В6</b>								
3.1	Методы выращивания монокристаллов широкозонных соединений А2В6 /Лек/	11	2	ОПК-1-В1	Л1.3 Л3.7Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.1 Л2.1 Л2.1 Л2.6Л2.1 Э1		КМ4	Р8,Р9
3.2	Методы выращивания эпитаксиальных структур на основе широкозонных соединений А2В6 /Лек/	11	2		Л2.1 Л2.1Л2.2 Л2.1Л2.1 Э2		КМ4	Р8,Р9

3.3	Анализ технологии многократной возгонки-сублимации /Ср/	11	10		Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.1Л2.1 Э1		КМ4	Р8
	<b>Раздел 4. Электронные свойства широкозонных соединений А2В6</b>							
4.1	Энергии ионизации СТД и возможности создания электронного и дырочного материала /Лек/	11	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3 Л2.8 Л2.9 Л2.10Л2.1 Л2.1 Л3.9 Л2.1Л2.1 Э1 Э2		КМ2	Р4,Р5
4.2	Детекторы ионизирующих излучений на основе широкозонных соединений А2В6 /Лек/	11	3	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л2.11 Л1.1 Л1.3 Л3.7 Л2.8 Л2.9Л2.1 Л2.1 Л2.10Л3.4 Л3.11 Э1 Э2		КМ3,К М4	Р2,Р8
4.3	Топологические диэлектрики на основе широкозонных соединений А2В6 /Лек/	11	2		Л1.2 Л1.4Л3.4 Л2.9Л2.1 Э1 Э2		КМ4	Р8,Р9
4.4	Расчет концентраций электрически активных СТД /Пр/	11	2	ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.3Л3.4 Л2.1 Л2.5Л2.1 Э1 Э2		КМ2,К М4	Р5
4.5	Определение условий выращивания высокоомных кристаллов широкозонных соединений А2В6 /Пр/	11	4		Л1.3Л2.11 Л3.4 Л2.5Л2.1 Л2.1 Л2.1 Э1 Э2		КМ2,К М4	Р3
4.6	Поиск литературных данных по спектрам поглощения и излучения широкозонных соединений А2В6 /Ср/	11	16	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.3 Л3.7 Л3.9 Л2.8Л2.1 Л2.9 Л2.10Л2.1 Э1 Э2		КМ4	Р2
	<b>Раздел 5. Оптические свойства широкозонных соединений А2В6</b>							
5.1	Спектры поглощения широкозонных соединений А2В6 /Лек/	11	2		Л2.7 Л2.9 Л2.10Л2.1 Л2.1 Л2.8Л2.11 Л3.9 Э1 Э2		КМ2,К М4	Р2,Р7
5.2	Спектры излучения широкозонных соединений А2В6 /Лек/	11	2		Л3.7 Л2.8 Л2.10Л2.11 Л2.1 Л2.1Л3.11 Э1 Э2		КМ3,К М4	Р6,Р9
5.3	Фотоприемники оптического диапазона /Лек/	11	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л2.11 Л3.7 Л3.9 Л3.11Л2.1 Л2.7Л2.1 Э1 Э2		КМ3,К М4	Р2,Р5

5.4	СИД и полупроводниковые инжекционные лазеры широкозонных соединений А2В6 /Лек/	11	3	ОПК-1-31	Л2.1 Л2.7 Л2.8 Л2.10 Л3.11Л3.7 Л3.9 Л2.1 Л2.9Л2.1 Э1 Э2		КМ3,К М4	Р9
5.5	Выбор гетероструктур для создания эффективных СИД и полупроводниковых инжекционных лазеров /Пр/	11	2	ОПК-1-31	Л2.11 Л1.1 Л1.3Л3.4 Л2.5 Л3.7 Л3.9 Л2.8Л2.1 Э1 Э2		КМ4	Р9
5.6	Изучение спектров поглощения широкозонных соединений А2В6 /Лаб/	11	5	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.3 Л3.7 Л3.9Л2.11 Л3.4 Л2.1Л2.1 Э1		КМ4	Р2
5.7	Изучение спектров люминесценции широкозонных соединений А2В6 /Лаб/	11	6	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.1 Л1.3Л2.11 Л2.1 Л3.7 Л3.9Л2.1 Э2		КМ4	Р6

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Тест. Фазовые диаграммы широкозонных соединений А2В6		1. Вид диаграмм состав - температура и состав - давление широкозонных соединений А2В6 2. Состав равновесной паровой фазы при испарении широкозонных соединений А2В6. 3. Что характеризует минимальное общее давление равновесной паровой фазы состав этой паровой фазы.
КМ2	Тест 2. Собственные точечные дефекты в широкозонных соединениях А2В6		1. Типы СТД в широкозонных соединениях А2В6. 2. Энергетические характеристики СТД в халькогенидах кадмия и цинка. 3. Методы расчета концентраций СТД
КМ3	Тест 3. Приборы оптоэлектроники на основе широкозонных соединений А2В6		1. Материалы для фотоприемников оптического диапазона. 2. Возможности и проблемы создания СИД видимого диапазона на основе широкозонных соединений А2В6

КМ4	Экзамен		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фазовые диаграммы широкозонных соединений A2B6.</li> <li>2. Типы СТД в широкозонных соединениях A2B6.</li> <li>3. Особенности процессов испарения широкозонных соединений A2B6.</li> <li>4. Выбор технологии выращивания монокристаллов и пленок с оптимальным составом.</li> <li>5. Парофазные методы выращивания широкозонных соединений A2B6.</li> <li>6. Расчет высокотемпературных равновесий и выбор технологического режима выращивания кристаллов и пленок.</li> <li>7. Анализ концентраций многозарядных примесей в полупроводниках.</li> <li>8. Особенности электронной структуры и связь ее с концентрацией СТД.</li> <li>9. Фотоэлектрические преобразователи.</li> <li>10. Материалы для детекторов ионизирующих излучений.</li> <li>11. Возможности создания солнечных элементов на основе широкозонных соединений A2B6.</li> <li>12. Возможности создания СИД и пп инжекционных лазеров на основе широкозонных соединений A2B6.</li> </ol>
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Лабораторная работа 1. Изучение методики измерения отклонения от стехиометрии в широкозонных соединениях A2B6		Изучение оборудования для измерения состава паровой фазы и расчетов отклонения от стехиометрии по этому составу
P2	Лабораторная работа 2. Изучение спектров поглощения широкозонных соединений A2B6		Измеряют спектры пропускания соединения CdS и пересчитывают в спектры поглощения.
P3	Практическое занятие 1. Расчет параметров конгруэнтно испаряющихся составов		Научиться рассчитывать величину минимального общего давления и парциальных давлений компонентов при различных температурах по константе испарения соединения.
P4	Практическое занятие 2. Расчет высокотемпературных равновесий в CdTe		Изучение уравнения электронейтральности и методики численного решения для нахождения концентраций СТД.
P5	Практическое занятие 3. Расчет концентрации ионизированных многозарядных центров при комнатной температуре		Изучение статистики многозарядных центров и методики расчета концентрации дефектов в различных зарядовых состояниях
P6	Лабораторная работа 3. Изучение спектров люминесценции широкозонных соединений A2B6		Измерение спектров фотолуминесценции в оптическом диапазоне ZnSe.



P7	Практическое занятие 4. Расчет концентраций электрически активных СТД		Решение уравнения электронейтральности с учетом статистики многозарядных центров
P8	Практическое занятие 5. Определение условий выращивания высокоомных кристаллов широкозонных соединений A <sub>2</sub> B <sub>6</sub>		Расчет зависимости концентраций СТД в области конгруэнтно испаряющихся составов.
P9	Практическое занятие 6. Выбор гетероструктур для создания эффективных СИД и полупроводниковых инжекционных лазеров		Для заданной длины волны излучения подобрать гетероструктуру I типа на основе халькогенидов кадмия и цинка.

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов из различных разделов дисциплины и одной задачи. Комплект билетов хранится на кафедре.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

По дисциплине предполагается следующая шкала оценок:

- а) «отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;
- б) «хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;
- в) «удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;
- г) «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г.	Физика полупроводников	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1977
Л1.2	Векилов Юрий Хоренович, Кузьмин Юрий Михайлович, Мухин Сергей Иванович, Муковский Яков Моисеевич, Векилов Юрий Хоренович	Курс теоретической физики в задачах и упражнениях: учеб. пособие для студ. вузов спец. 'Физика металлов' и 'Металловедение и терм. обраб. металлов'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2005
Л1.3	Крегер Ф., Зломанов В. П.	Химия несовершенных кристаллов	Библиотека МИСиС	М.: Мир, 1969

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.4	Векилов Юрий Хоренович, Кузьмин Юрий Михайлович, Мухин Сергей Иванович	Квантовая механика: учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 1105	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Кожитов Л. В., Косушкин В. Г., Крапухин В. В., Пархоменко Ю. Н.	Технология материалов микро- и наноэлектроники	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2007
Л2.2	Кожитов Лев Васильевич, Крапухин Всеволод Валерьевич, Маренкин Сергей Федорович, Тимошина Галина Георгиевна, Кожитов Лев Васильевич	Технология материалов электронной техники: Лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2004
Л2.3	Крапухин В. В., Соколов И. А., Кузнецов Г. Д.	Технология материалов электронной техники: Теория процессов полупроводниковой технологии: Учебник для вузов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 1995
Л2.4	Киреев П. С.	Физика полупроводников: учеб. пособие для студ. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1969
Л2.5	Мартынов Валерий Николаевич	Физика твердого тела: Метод. указания по вып. курсовых работ для студ. спец. 01.41, 65.17, 65.18, 65.41 и направл. 55.07, 55.16, 55.31	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2000
Л2.6	Тимошин Анатолий Семенович, Крапухин Всеволод Валерьевич	Технология объемных кристаллов полупроводников. Разд.: Получение легированных монокристаллов полупроводников: Метод. указания для курсового и дипломного проектирования для студ. спец. 0604, 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1984
Л2.7	Ковалев А. Н., Мартынов В. Н.	Влияние точечных дефектов на физические свойства полупроводниковых соединений АП VVI и AIV VVI: Раздел: 'Получение полупроводниковых соединений АП VVI и AIV VVI с контролируемыми свойствами и исследование их физических свойств'. Отчет за пятилетие. Гос.рег. N75056032. Инв. NB433260	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1975
Л2.8	Медведев С. А., Мартынов В. Н.	Исследование физических свойств твердых растворов широкозонных полупроводников А2В6 и А3В5 с целью создания полупроводниковых излучателей. Тема 1.	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1980

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.9	Мартынов В. Н., Мартынов В. Н.	Комплексное исследование оптоэлектронных свойств полупроводников А2В6 с целью выявления способов улучшения рабочих характеристик мишеней ТПТ и ПЛ	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1989
Л2.10	Мартынов В. Н., Мартынов В. Н.	Комплексное исследование оптоэлектронных свойств полупроводников А2В6 с целью выявления способов улучшения рабочих характеристик мишеней ТПТ и ПЛ	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1990

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Юрчук Сергей Юрьевич, Диденко Сергей Иванович, Кольцов Геннадий Иосифович, Мартынов Валерий Николаевич	Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Курс лекций	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2004
Л3.2	Крапухин В. В., Соколов И. А., Кузнецов Г. Д.	Физико-химические основы технологии полупроводниковых материалов: Учебник для студ. вузов по спец. 'Технология спец. материалов электронной техники'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1982
Л3.3	Журавлев Валерий Борисович, Мартынов Валерий Николаевич, Спицына Лариса Григорьевна, Ладыгин Евгений Александрович	Методы измерения параметров полупроводников и диэлектриков. Разд.: Электрофизические и фотоэлектрические методы измерения параметров полупроводников: лаб. практикум для студ. спец. 0604, 0629, 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1982
Л3.4	Горбачев Владимир Васильевич, Мартынов Валерий Николаевич, Скипетров Евгений Павлович, Спицына Лариса Григорьевна, Ладыгин Евгений Александрович	Физика полупроводников и методы измерения их параметров: лаб. практикум для студентов спец. 0604, 0629, 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1983
Л3.5	Мартынов Валерий Николаевич, Спицына Лариса Григорьевна	Физика твердого тела: Разд.: Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках: Лаб. практикум для студ. спец. 2001, 2002, 0710 и направл. 5507, 5516, 5531	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2000
Л3.6	Овчинников В. В., Тимошин Анатолий Семенович, Крапухин Всеволод Валерьевич	Технология многослойных структур для микроэлектроники: Разд.: Термический и электролитический методы получения оксидных пленок	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 1992

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.7	Мартынов Валерий Николаевич, Гурков Л. Н.	Полупроводниковая оптоэлектроника: лаб. практикум для студ. спец. 2002	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1995
ЛЗ.8	Соколов И. А., Крапухин Всеволод Валерьевич	Теоретические основы технологии полупроводниковых материалов. Разд.: Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах: Учеб. пособие для студ. спец. 0643, 0604	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1987
ЛЗ.9	Мартынов В. Н., Кольцов Г. И.	Полупроводниковая оптоэлектроника: Учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по направл. 'Электроника и микроэлектроника' и спец. 'Микроэлектроника и полупроводниковые приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 1999
ЛЗ.10	Журавлев Валерий Борисович, Мартынов Валерий Николаевич, Спицына Лариса Григорьевна, Ладыгин Евгений Александрович	Методы измерения параметров полупроводников и диэлектриков. Разд.: Электрофизические и фотоэлектрические методы измерения параметров полупроводников: лаб. практикум для студ. спец. 0604, 0629, 0643	Электронная библиотека	М.: Учеба, 1982
ЛЗ.11	Медведев С. А., Мартынов В. Н.	Разработка методики выращивания эпитаксиальных пленок соединений А2В6 на сапфировых подложках: Отчет по НИР. Заключит.	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1980

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	<a href="http://lib.misis.ru/elcat.html">http://lib.misis.ru/elcat.html</a>	<a href="http://lib.misis.ru/elcat.html">http://lib.misis.ru/elcat.html</a>
Э2	<a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>	<a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	CES EDUPack
П.2	Microsoft Office
П.3	LMS Canvas
П.4	MS Teams
П.5	MATLAB
П.6	MATCAD

#### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
------	------------	-----------

К-510	Учебная аудитория	комплект лабораторного оборудования по ФТТ (АПК ТАУМЕР, установка "ВИК УЭС", компьютер с ПО); электромагнит ФЛ-1; установка для измерения Эффекта Холла, ноутбук с ПО, установка измерения сопротивления полупроводника в магнитном поле (электромагнит, прибор универсальный, источник питания универсальный, источник тока Э378, вольтметр В7-21А); установка определения удельного сопротивления двухзондовым методом (вольтметр В7-21А, источник питания Б5-50, стенд для измерения УЭС 2-зондовым методом с освещением и эталонным сопротивлением); установка изучения поглощения света в полупроводниках (монохроматор УМ-2, фотоприемник, вольтметр В7-16А, пульт питания с лампой ЭПС-112); установка измерения собственной и примесной проводимости полупроводниковых материалов (монохроматор МДР-3, вольтметр В7-138, источник питания с лампой ВК7-7); установка измерения температурной зависимости электропроводности (компьютер с лицензионным ПО, нагреватель, приставка для измерения ширины запрещенной зоны, источник питания Б5-30)
К-503	Лаборатория	установка измерения вольт-амперных характеристик фотодиодов (аппервольтметр Ф-30, вольтметр В7-65, источник питания Motech LPS-305); установка для измерения характеристик оптоэлектронных приборов (источник питания Motech LPS-305, вольтметр В7-38); установка для измерения спектральных характеристик фотодиодов (монохроматор МДР-206, осветитель с галогенной лампой ОЛГ-20, ноутбук с ПО); установка для измерения спектральных характеристик светодиодов (монохроматор МДР-2, блок питания Б5-50); установка для измерения малых токов полупроводниковых приборов (комплекс измерительный ИЕН-2, фотоэлектронная приставка ФЭП-3); установка спектроскопии глубоких уровней полупроводниковых приборов (измеритель релаксации емкости, осциллограф С1-55, осциллограф С1-137/2, генератор Г6-46, источник питания QJ3003С III, QJ5003С); лазерные генераторы ЛГИ-21 (2шт.); вольтметры В2-34(2шт.), В7-138; излучатель ИЛГИ-503; блок питания Б5-46; мегаомметр Ф4.104; ПК, комплект учебной мебели

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина «Электронные и оптические свойства широкозонных соединений А2В6» требует значительного объема самостоятельной работы студента. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.

Подготовка к лабораторным занятиям предусматривает проработку теоретического материала по теме предстоящей лабораторной работы, блок-схемы измерительной установки, программы исследования и методических указаний по выполнению лабораторной работы. Результатом подготовки к лабораторной работе является домашняя заготовка отчета.