

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан факультета радиотехники и электроники

  
/ В.А. Небольсин /  
«30» августа 2017 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
«Физика тонких пленок»

Направление подготовки 16.03.01 ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Профиль "Физическая электроника"

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы  /Стогней О.В./

Заведующий кафедрой  
Физики твердого тела  /Калинин Ю.Е./

Руководитель ОПОП  /Калинин Ю.Е./

Воронеж 2017

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Формирование у студентов систематических знаний о фундаментальных принципах, определяющих изменение физических свойств твердых тел при переходе их к тонкопленочному виду.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Методы получения тонких пленок.

Зародышеобразование и рост тонких пленок.

Кинетические явления в тонких пленках.

Магнитные свойства тонких пленок.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физика тонких пленок» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физика тонких пленок» направлен на формирование следующих компетенций:

ДПК-2 - готовностью учитывать тенденции развития современной науки, техники и технологии по выбранному профилю технической физики в своей профессиональной деятельности.

ДПК-3 - способностью использовать фундаментальные законы основных профессиональных дисциплин выбранного профиля в профессиональной деятельности

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ДПК-2	Знать: достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в области тонких пленок; закономерности и механизмы роста тонких пленок
	Уметь: проводить исследование физических свойств тонких пленок, собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию в этой области; оценивать последствия перехода в тонкопленочное состояние для физических свойств и параметров материала
	Владеть: владеть: способностью анализа и обработки научно-технической информации в этой области; методологией прогнозирования физических свойств тонких пленок

ДПК-3	Знать: методы получения тонких пленок металлов, полупроводников и диэлектриков; механические свойства тонких пленок и напряжения, возникающие в них в процессе роста; электрические свойства тонких и островковых пленок; магнитные свойства тонких пленок
	Уметь: выбирать метод, режимы и условия осаждения материала для обеспечения формирования требуемой структуры; выявлять факторы, влияющие на механизм роста и структуру формирующейся пленки
	Владеть: навыками исследования магнитных и электрических свойств тонких пленок.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физика тонких пленок» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	84	84
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
<b>Самостоятельная работа</b>	24	24
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость академические часы	108	108
з.е.	3	3

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Методы получения тонких пленок.	Понятие «тонкая пленка». Размерный эффект. Термовакuumное напыление. Давление насыщенного пара. Принцип ионно-плазменного распыления мишеней. Коэффициент распыления. Катодное распыление. Трехэлектродное ионно-плазменное распыление. Магнетронное распыление. Реактивное напыление. ВЧ-распыление диэлектрических материалов. Осаждение из газовой фазы. Газотранспортные реакции. Твердофазные реакции.	10	8	4	6	28
2	Зародышеобразование и рост тонких пленок	Гомогенное зародышеобразование. Критический радиус. Гетерогенное зародышеобразование. Скорость зародышеобразования. Механизмы роста тонких пленок. Роль поверхностной энергии в реализации механизма роста. Последовательность формирования сплошной пленки. Влияние параметров осаждения пленки на размер кристаллитов.	10	8		6	24
3	Кинетические явления в тонких пленках	Виды подложек. Способы подготовки подложек. Виды микронапряжений в тонких пленках. Влияние условий роста на микронапряжения в тонких пленках. Адгезия тонких пленок. Диффузия в тонких пленках. Электрические свойства сплошных металлических пленок. Размерный эффект. Электропроводимость дисперсных (островковых) пленок.	8	8	4	6	26
4	Магнитные свойства тонких пленок.	Магнитные свойства тонких пленок. Магнитная анизотропия и доменные стенки в тонких пленках.	8	12	4	6	30
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>108</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Электрические свойства тонких пленок: Классический размерный эффект.
2. Исследование температурной зависимости электросопротивления островковых металлических пленок.
3. Исследование магнитных характеристик тонкопленочных образцов. Размагничивающий фактор.

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ДПК-2	Знать: достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в области тонких пленок; закономерности и механизмы роста тонких пленок	Активная работа на лекциях и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь: проводить исследование физических свойств тонких пленок, собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию в этой области; оце-	Написание коллоквиумов, прохождение тестов.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	<p>нить последствия перехода в тонкопленочное состояние для физических свойств и параметров материала</p> <p>Владеть: владеть: способностью анализа и обработки научно-технической информации в этой области; методологией прогнозирования физических свойств тонких пленок</p>	<p>Выполнение и защита лабораторных работ</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>
ДПК-3	<p>Знать: методы получения тонких пленок металлов, полупроводников и диэлектриков; механические свойства тонких пленок и напряжения, возникающие в них в процессе роста; электрические свойства тонких и островковых пленок; магнитные свойства тонких пленок</p>	<p>Активная работа на лекциях и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>
	<p>выбирать метод, режимы и условия осаждения материала для обеспечения формирования требуемой структуры; выявлять факторы, влияющие на механизм роста и структуру формирующейся пленки</p>	<p>Написание коллоквиумов, прохождение тестов.</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>
	<p>Владеть: навыками исследования магнитных и электрических свойств тонких пленок.</p>	<p>Выполнение и защита лабораторных работ</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ДПК-2	<p>Знать: достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в области тонких пленок; закономерности и механизмы роста тонких пленок</p>	<p>Тест</p>	<p>Выполнение теста на 70-100%</p>	<p>Выполнение менее чем на 70%</p>
	<p>Уметь: проводить исследование физических</p>	<p>Тест, коллоквиум</p>	<p>Выполнение теста на 70-100%. Доля</p>	<p>Тест – менее 70%,</p>

	свойств тонких пленок, собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию в этой области; оценивать последствия перехода в тонкопленочное состояние для физических свойств и параметров материала		правильных ответов в коллоквиуме 66-100 %.	.коллоквиум – менее 66 %.
	Владеть: владеть: способностью анализа и обработки научной информации в этой области; методологией прогнозирования физических свойств тонких пленок	Тест, коллоквиум	Выполнение теста на 70-100%. Доля правильных ответов в коллоквиуме 66-100 %.	Тест – менее 70 %, .коллоквиум – менее 66 %.
ДПК-3	Знать: методы получения тонких пленок металлов, полупроводников и диэлектриков; механические свойства тонких пленок и напряжения, возникающие в них в процессе роста; электрические свойства тонких и островковых пленок; магнитные свойства тонких пленок	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее чем на 70%
	выбирать метод, режимы и условия осаждения материала для обеспечения формирования требуемой структуры; выявлять факторы, влияющие на механизм роста и структуру формирующейся пленки	Тест, коллоквиум	Выполнение теста на 70-100%. Доля правильных ответов в коллоквиуме 66-100 %.	Тест – менее 70 %, .коллоквиум – менее 66 %.
	Владеть: навыками исследования магнитных и электрических свойств тонких пленок.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, тест, коллоквиум	Выполнение теста на 70-100%. Доля правильных ответов в коллоквиуме 66-100 %.	Тест – менее 70 %, .коллоквиум – менее 66 %.

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

1. Какое условие должно выполняться, для того, чтобы пленку можно было считать «тонкой»? (Критерий того, что пленка действительно является тонкой)
2. В чем основное отличие физических методов получения тонкой пленки от химических?

3. Перечислить основные стадии процесса напыления пленки физическими методами.
4. Чем «прямой нагрев» отличается от «косвенного» в методах вакуумного напыления?
5. В чем основное отличие термовакuumного метода напыления пленок от метода катодного напыления?
6. Перечислить способы с помощью которых испаряется твердое вещество в методах термо-вакуумного напыления?
7. Дать определение понятия «давление насыщенного пара».
8. Дать определение понятия «условная температура испарения».
9. Что конденсируется на поверхности подложки в методах термо-вакуумного напыления – ионы или атомы?
10. Что является рабочей атмосферой внутри камеры в методах термовакuumного напыления?
11. Что такое коэффициент распыления?
12. Для чего в методах ионно-плазменного напыления используется аргон?
13. Каким образом происходит ионизация атомов аргона?
14. Что конденсируется на поверхности подложки в методах ионно-плазменного напыления – ионы или атомы?
15. Что является источником электронов в методе катодного (двухэлектродного) распыления?
16. Почему газовый разряд в методе катодного распыления называется «самостоятельный тлеющий разряд»?
17. Какие процессы происходят в области «темного катодного пространства» в методе катодного распыления?
18. Как соотносятся (что больше) длина свободного пробега и расстояние мишень-подложка в методе катодного распыления?
19. Почему в методе ионно-плазменного распыления можно использовать более низкое рабочее давление по сравнению с катодным распылением?
20. Что является источником электронов в методе трехэлектродного ионно-плазменного распыления?
21. Зачем в методе ионно-плазменного распыления используют магнитное поле?
22. Какая необходимость обуславливает использование методов ВЧ-распыления? Какая проблема решается этим способом?
23. В чем особенность магнетронного распыления?
24. Почему при магнетронном распылении скорость напыления пленки более высокая по сравнению с другими методами?
25. Почему в методе магнетронного напыления возникают проблемы с аспылением магнитных материалов?
26. Основная особенность реактивного напыления?
27. Какой смысл кроется в названии «реактивное»?
28. Какие материалы можно получать с помощью реактивного напыления и какая рабочая атмосфера для этого используется? (привести примеры).

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач (общие вопросы на коллоквиуме)

1. Что такое «критический зародыш»?
2. Что такое «поверхность раздела»?
3. Чем гомогенное зародышеобразование отличается от гетерогенного?
4. При гомогенном зародышеобразовании появление новой фазы (появление зародышей) приводит к изменению энергии Гиббса системы ( $\Delta G$ ). Какие слагаемые, дающие вклад в  $\Delta G$ , при этом рассматриваются? Изменение энергии за счет какого фактора рассматривает каждое слагаемое?
5. Почему при образовании новой фазы (при появлении зародышей) в объеме исходной фазы система вынуждена преодолевать потенциальный барьер? Почему существует потенциальный барьер для формирования зародышей новой фазы?
6. От чего зависит размер критического зародыша? Как можно уменьшить размер критического зародыша?
7.  $\mu$  - это химический потенциал,  $\Delta\mu$  - изменение химического потенциала системы или разность между химическим потенциалом системы в начальном состоянии (до появления зародышей новой фазы) и химическим потенциалом новой фазы. Можно ли воздействуя на систему менять величину  $\Delta\mu$ ? Если да – привести примеры.
8. Какой, примерно, размер имеют критические зародыши металла при конденсации из пара? Какой размер при кристаллизации из расплава?
9. При образовании зародыша какой формы высота потенциального барьера меньше: изотропного (сферического) или анизотропного (то есть имеющего определенную кристаллографическую огранку)?
10. При рассмотрении гетерогенного зародышеобразования, какое слагаемое добавляется в выражение для  $\Delta G$ ?
11. В каком случае высота потенциального барьера меньше: в случае гомогенного или гетерогенного зародышеобразования? От чего зависит изменение высоты барьера?
12. Появление зародыша новой фазы в системе приводит к росту энергии Гиббса, это термодинамически не выгодно. Объяснить, каким образом зародыш «умудряется» достигнуть критического размера, после чего его рост ведёт уже к уменьшению энергии.
13. Какие два механизма определяют рост зародыша новой фазы?
14. При каком механизме роста размер зародыша будет линейно пропорционален

времени?

15. Что является основным фактором, влияющим на то какой механизм формирования пленки на поверхности подложки (островковый, послойный или комбинированный) будет реализован?
16. В каком случае пленка будет расти по островковому механизму (Фольмера-Вебера)?
17. В каком случае пленка будет расти по послойному механизму (Франка – Ван дер Мерве)?
18. Чем отличается механизм роста Франка – Ван дер Мерве от механизма Крастнова – Странского?
19. Какой вид структурных дефектов будет основным в случае реализации механизма Франка – Ван дер Мерве, какой - в случае Фольмера-Вебера?
20. Нарисовать график зависимости упругой деформации от толщины пленки, растущей по механизму Франка – Ван дер Мерве.

### **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач (специальные вопросы на коллоквиуме)**

1. Как влияет температура подложки на размер зерен в формирующейся пленке:
  - увеличение температуры подложки приводит к \_\_\_\_ размера зерна, почему так?
  - уменьшение температуры подложки приводит к \_\_\_\_ размера зерна, почему так?
2. Как влияет термический отжиг поликристаллической пленки на размер зёрен? Почему так? Какие процессы могут при этом происходить?
3. Какие материалы могут использоваться в качестве подложек?
4. Методы очистки подложки (просто названия)?
5. Суть метода очистки подложки ионной бомбардировкой, плюсы, минусы.
6. Суть метода очистки подложки прогревом в вакууме, плюсы, минусы.
7. Какие методы очистки подложек дают наилучшие результаты и почему?
8. Классификация микронапряжений в пленках, формируемых на подложках.
9. Чем определяется электрическое сопротивление металлов? С чем связан положительный знак температурного коэффициента электросопротивления у металлов?
10. Чем обусловлено остаточное сопротивление металлов при низких (гелиевых) температурах (если, конечно, металл не является сверхпроводником)?
11. В чем суть классического размерного эффекта?
12. Как влияет толщина металлической пленки на величину её удельного электросопротивления ?
13. При каких условиях в сплошной металлической пленке начинает проявляться

размерный эффект?

14. Основные экспериментально наблюдаемые особенности электрических свойств островковых пленок?
15. Какой знак имеет температурный коэффициент сопротивления у островковых пленок? Объяснить почему.
16. Как будет меняться сопротивление островковой пленки при охлаждении если измерение будет проводиться на: - постоянном токе; - переменном токе высокой частоты?
17. Как толщина ферромагнитной пленки влияет на величину температуры Кюри?
18. Чем определяется ширина доменной стенки в ферромагнитном материале?
19. В чем заключается отличие доменной стенки Блоха от доменной стенки Неля?
20. Какие доменные стенки более вероятны в случае тонкой пленки (Блоха или Неля), почему?
21. Как проявляется магнитная анизотропия формы в тонких пленках?

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

1. Какие пленки могут называться «тонкими».
2. Особенности термического вакуумного напыления.
3. Распыление материалов ионной бомбардировкой. Преимущества по сравнению с термическим испарением. Катодное распыление. Самостоятельный тлеющий разряд (темное катодное пространство, положительный светящийся столб). Коэффициент распыления. Критерий выбора расстояния мишень-положка при катодном распылении.
4. Ионно-плазменное распыление. Несамостоятельный тлеющий разряд. Коэффициент распыления.
5. Высокочастотное распыление. Постоянное отрицательное смещение на мишени.
6. Магнетронное распыление.
7. Реактивное распыление. Три механизма образования химического соединения при реактивном распылении.
8. Осаждение пленок химическими методами: осаждение из газовой фазы, реакции разложения (пиролиз), реакции восстановления, газотранспортные реакции, реакции полимеризации углеводородов. Плюсы и недостатки химических методов.
9. Осаждение из жидкой фазы: осаждение из насыщенного расплава, химическое осаждение (окислительно-восстановительные реакции), осаждение из органических растворов, электрохимическое осаждение.
10. Требования, предъявляемые к подложкам. Методы подготовки (очистки) подложек.
11. Что такое гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Учет каких энергий необходим при т/д описании гомогенного зародышеобразования. Что такое

критический зародыш? Причина появления энергетического барьера при зародышеобразовании. От чего зависит высота барьера?

12. Учет каких энергий необходим при т/д описании гетерогенного зародышеобразования. Что такое критический зародыш? Причина появления энергетического барьера при зародышеобразовании. От чего зависит высота барьера?

13. Два механизма образования зародышей: кинетический и диффузионный. Зависимость размера зародыша от времени.

14. Механизмы роста тонких пленок: Фольмера-Вебера, Франка-Ван дер Мерве, Крастанова-Странского. Критерий, определяющий механизм роста.

15. Последовательность формирования островковой пленки. Зависимость размеров кристаллитов от параметров осаждения.

16. Классификация микронапряжений в пленках. Влияние условий роста пленки на микронапряжения, возникающие в ней.

17. Особенности электропроводности островковых пленок. Модель электропереноса за счет термоэлектронной эмиссии и туннелирования.

18. Особенности электропроводности островковых пленок. Модель электропереноса учитывающая влияние подложки.

19. Электрические свойства сплошных металлических тонких пленок. Влияние толщины на удельное сопротивление.

20. Электрические свойства сплошных тонких пленок в переменных полях. Тензоэффект.

21. Доменная структура тонкой ферромагнитной пленки, зависимость от толщины. Стенки Блоха и Нееля. Анизотропия тонкой пленки.

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену**

Не предусмотрено учебным планом

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет проводится в виде устного ответа по билетам, в которых содержится три вопроса.

1. Зачет считается сданным если студент ответил на два вопроса и дополнительные качественные вопросы.
2. Зачет считается НЕ сданным если студент смог ответить лишь на один вопрос и не отвечает на дополнительные качественные вопросы.

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Методы получения тонких пленок.	ДПК-2, ДПК-3	Тест, коллоквиум, защита лабораторных работ, зачет
2	Зародышеобразование и рост тонких пленок	ДПК-2, ДПК-3	Тест, коллоквиум, защита лабораторных ра-

			бот, зачет
3	Кинетические явления в тонких пленках	ДПК-2, ДПК-3	Тест, коллоквиум, защита лабораторных работ, зачет
4	Магнитные свойства тонких пленок.	ДПК-2, ДПК-3	Тест, коллоквиум, защита лабораторных работ, зачет

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Коллоквиумы проводятся в виде письменных ответов на предложенные качественные вопросы. Обычно в одном коллоквиуме предлагается ответить на 15 – 19 вопросов. Время написания 45 мин, после чего коллоквиумы проверяются преподавателем. Оценка за коллоквиум выставления согласно методики оценки при проведении промежуточной аттестации. После проверки результатов и их анализа проводится обсуждение результатов коллоквиума с анализом неправильных ответов.

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 40 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором, выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации. После этого проводится обсуждение полученных результатов в режиме вопрос-ответ, с анализом неправильных ответов.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **Основная литература:**

1. Пасынков В.В. Материалы электронной техники : Учебник. - 6-е изд., стереотип. - СПб. : Лань, 2004. - 368 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 5-8114-0409-3
2. Липатов Г.И. Технология материалов и изделий электронной техники : учеб. пособие. Ч.2. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2006. - 172 с.

#### **Дополнительная литература:**

3. Иевлев, В.М. Рост и субструктура конденсированных пленок : учеб. пособие. - Воронеж : Изд-во ВГТУ, 2000. - 386 с.
4. Трофимов, В.И. Рост и морфология тонких пленок. - М. : Энергоатомиздат, 1993. - 272 с. : ил. - ISBN 5-283-03861-0
5. Иевлев, В.М. Ориентированная кристаллизация пленок : учеб. пособие. - Воронеж : Изд-во ВГТУ, 1998. - 216 с. :
6. Стогней О.В. Методические указания 166-2006 к лабораторным работам п

курсу «Физика тонких пленок» для бакалавров направления 553100 «Техническая физика» очной формы обучения - Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2006. – 26 с (электронное издание).

## **8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

**Электронная информационная образовательная среда ВГТУ, код доступа:** <http://eios.vorstu.ru/>

**Программное обеспечение компьютеров для самостоятельной и аудиторной работы:**

Операционные системы семейства MSWindows;

Пакет программ семейства MS Office;

Пакет офисных программ OpenOffice;

Программа просмотра файлов Djview;

Программа просмотра файлов формата pdf AcrobatReader;

Интернет-браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome.

**Используемые электронные библиотечные системы:**

Модуль книгообеспеченности АИБС «МАРК SQL», код доступа:

<http://bibl.cchgeu.ru/provision/struct/>;

Университетская библиотека онлайн, код доступа: <http://biblioclub.ru/>;

ЭБС Издательства «ЛАНЬ», код доступа <http://e.lanbook.com/>;

ЭБС IPRbooks, код доступа: <http://www.iprbookshop.ru>;

научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, код доступа:

<http://elibrary.ru/>.

**Информационные справочные системы:**

портал федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования, код доступа <http://fgosvo.ru>;

единое окно доступа к образовательным ресурсам, код доступа

<http://window.edu.ru/>;

открытый образовательный ресурс НИЯУ МИФИ, код доступа

<http://online.mephi.ru/>;

открытое образование, код доступа: <https://openedu.ru/>;

физический информационный портал, код доступа: <http://phys-portal.ru/index.html>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Для проведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оснащенная доской, проектором, экраном для демонстрации слайдов.

Лабораторные работы проводятся в учебно-научных лабораториях кафедры ФТТ, оснащенных необходимым оборудованием и приборами (020, 024, 026а)

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Физика тонких пленок» читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия, проводится самостоятельная работа студентов.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков в области анализа и прогнозирования свойств тонких пленок. Занятия проводятся в режиме диалога и обсуждения наиболее сложных вопросов в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой коллоквиумов, тестов, устных опросов. Освоение дисциплины оценивается на зачете.

<b>Вид учебных занятий</b>	<b>Деятельность студента</b>
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теорети-

	ческие знания, полученные на лекции, при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных работ для подготовки к ним необходимо: разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, разобраться по методическому указанию, что и с какой целью предстоит делать на лабораторной работе.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.