

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФТИ
Долматов О.Ю.

«___» _____ 2016 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«МЕТАЛЛЫ И ПОЛУПРОВОДНИКИ: ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЦЕССЫ»**

Направление (специальность) ООП: **03.03.02 Физика**

Номер кластера (для унифицированных дисциплин) **ДИСЦ.В.М.1.6.1**

Профиль подготовки (специализация, программа) **Физика**

конденсированного состояния вещества

Квалификация (степень) **Академический бакалавр**

Базовый учебный план приема **2015 г.**

Курс **3** семестр **6**

Количество кредитов **6**

Код дисциплины **ДИСЦ.В.М.1.6.1 (Б1.ВМ.5.1.6.1)**

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	32
Практические занятия, ч	32
Лабораторные занятия, ч	16
Аудиторные занятия, ч	80
Самостоятельная работа, ч	136
ИТОГО, ч	216

Вид промежуточной аттестации: **экзамен**

Обеспечивающее подразделение: **кафедра общей физики ФТИ**

Заведующий кафедрой _____ **к.ф.-м.н., доцент Лидер А.М.**

Руководитель ООП _____ **к.п.н., доцент Склярова Е.А.**

Преподаватель _____ **д.ф.-м.н., доцент Панин А.В.**

2016 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Металлы и полупроводники: технологии и процессы» является формирование у обучающихся теоретических и практических знаний физических основ создания металлических и полупроводниковых материалов с заданной структурой и технологическими свойствами, необходимых студентам для формирования их профессиональных компетенций.

Цель дисциплины соответствует целям ООП подготовки бакалавров по направлению 03.03.02 Физика.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Металлы и полупроводники: технологии и процессы» относится к вариативной части вариативного междисциплинарного профессионального модуля основной образовательной программы.

Дисциплине «Металлы и полупроводники: технологии и процессы» предшествует освоение таких дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ), как «Высшая математика», «Химия», «Физика». КОРЕКВИЗИТАМИ являются курсы «Физические основы наноматериалов», «Физика поверхности и тонкие пленки», а также учебно-исследовательская работа студентов.

Для успешного освоения дисциплины студентам необходимо иметь представление о современном материаловедении, уметь составлять уравнения химических реакций, уметь проводить анализ и обработку данных с использованием современных компьютерных программ. Иметь опыт работы в приложениях Microsoft Office.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с требованиями ООП после изучения дисциплины «Металлы и полупроводники: технологии и процессы» направлено на формирование у студентов следующих компетенций:

общекультурные компетенции:

- способность работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОК-6);
- способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

общепрофессиональные компетенции:

- способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);
- способность понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности (ОПК-4);

- способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией (ОПК-5);
- способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-6);

профессиональные компетенции:

- способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);
- способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2);
- способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин (ПК-4);
- способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований (ПК-5);
- способность понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований (ПК-6);
- способность участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме (ПК-7).

В результате освоения дисциплины «Металлы и полупроводники: технологии и процессы» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

- получение организационно-управленческих навыков при работе в научных группах, критическое переосмысление накопленного опыта, изменение при необходимости профиля своей профессиональной деятельности, ответственность за последствия своей инженерной деятельности (Р5);
- проведение научных теоретических и экспериментальных исследований в областях: материаловедения, атомной и ядерной физики, водородной энергетики, физики плазмы с помощью современной приборной базы с использованием специализированных знаний физики и освоенных профильных дисциплин (Р6);
- применение на практике профессиональных знаний теории и методов физических исследований, а также профессиональных знаний и умений в результате освоения профильных дисциплин для проведения физических исследований в инновационных областях науки, используя современные методы обработки, анализа и синтеза информации (Р7);
- использование на практике теоретических основ организации и планирования физических исследований, участие в подготовке и составлении научной документации по установленной форме, понимание и применение на

практике методов управления в сфере природопользования (Р8).

Для достижения данных результатов освоения дисциплины «Металлы и полупроводники: технологии и процессы» студентом должен:

знать:

- структуру и основное содержание курса, а также взаимосвязь частей курса между собой;
- технологические принципы получения полупроводниковых материалов, их преимущества и ограничения;
- технологические принципы создания металлических материалов и способы изменения их структурного состояния;
- основы методов поверхностного упрочнения изделий.

уметь:

- самостоятельно квалифицированно эксплуатировать оптический и электронный микроскопы, а также установки для магнетронного распыления тонких пленок и вакуумно-дугового напыления покрытий.
- формулировать научно-техническую проблему в области поверхностного упрочнения материалов;
- осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по изучаемой дисциплине;
- самостоятельно находить решение поставленной задачи;
- представлять итоги самостоятельной работы в виде отчетов, докладов на семинарах, с использованием компьютерных презентаций.

владеть:

- технологиями магнетронного распыления тонких пленок и вакуумно-дугового напыления покрытий;
- методами подготовки данных для составления обзоров, отчетов и докладов о научно-исследовательской работе;
- методами организации Интернет-ресурсов для сбора междисциплинарных знаний в области современной науки о металлах и полупроводниках, квалифицированного обобщения научных данных.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аннотированное содержание курса «Металлы и полупроводники: технологии и процессы» и его структура по разделам и видам учебной деятельности представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Аннотированное содержание разделов дисциплины

Тема и содержание лекций	Название лабораторных работ	Тема практических занятий
МОДУЛЬ 1. Методы получения объемных моно- и поликристаллических материалов (лекции - 10 ч., лабораторные работы - 4 ч., практические занятия – 10 ч.)		
Лекция 1. Металлы, полупроводники, диэлектрики. Электронное строение. Зонная диаграмма. Физические, химические, механические и технологические свойства. Основные области применения.	Морфология поверхности моно- и поликристаллических материалов (4ч.)	Металлы, полупроводники, диэлектрики. Структура, свойства, области применения.
Лекция 2. Методы выращивания кристаллов. Кристаллизация из газовой (паровой) фазы при градиенте давления. Кристаллизация из расплавов при температурном градиенте. Кристаллизация из растворов при градиенте концентрации на границе раздела кристалл-раствор.		Методы выращивания кристаллов.
Лекция 3. Литье стали. Диаграмма состояния сплавов железо-углерод. Фазы и структурные составляющие железоуглеродистых сталей.		Получение стали. Типы сталей.
Лекция 4. Термическая и химико-термическая обработка металлов.		Термическая и химико-термическая обработка металлов.
Лекция 5. Легирование металлов и полупроводников. Основные способы легирования.		Легирование металлов и полупроводников.
МОДУЛЬ 2. Процессы и методы формирования наноструктурных состояний в конструкционных материалах (лекции - 10 ч., лабораторные работы - 4 ч., практические занятия – 10 ч.)		
Лекция 6. Методы интенсивной пластической деформации. Равноканальное угловое прессование. Кручение под высоким давлением. Всесторонняя		Получение объемных нанокристаллических материалов методами интенсивной пластической деформации.

Тема и содержание лекций	Название лабораторных работ	Тема практических занятий
ковка.		
Лекция 7. Наноструктурирование поверхностных слоев металлов и полупроводников. Методы и оборудование для высокочастотного воздействия.		Методы поверхностного наноструктурирования.
Лекция 8. Ультразвуковая ударная обработка. Закономерности изменения морфологии поверхности и микроструктуры поверхностных слоев конструкционных материалов.	Микроструктура поверхностных слоев образцов ВТ1-0, подвергнутых ультразвуковой обработке (4 ч)	Ультразвуковая ударная обработка.
Лекция 9. Механические свойства наноструктурных материалов. Механизмы деформации и разрушения.		Механизмы деформации и механические свойства наноструктурных материалов.
Лекция 10. Обработка поверхности электронными и ионными пучками. Закономерности изменения микроструктуры поверхностных слоев.		Пучковые технологии поверхностного наноструктурирования.
МОДУЛЬ 3. Тонкие пленки и покрытия (лекции - 12 ч., лабораторные работы - 8 ч., практические занятия – 12 ч.)		
Лекция 11. Физические методы нанесения тонких пленок. Термическое испарение. Вакуумно-дуговое напыление. Магнетронное распыление. Электролитическое осаждение.	Магнетронное распыление тонких пленок (4 ч.)	Физические методы нанесения тонких пленок.
Лекция 12. Химические методы нанесения тонких пленок. Виды CVD – процессов. Преимущества и недостатки. Области применения		Химические методы нанесения тонких пленок.
Лекция 13. Эпитаксиальный рост полупроводников. Эпитаксия из газовой фазы. Жидкофазная эпитаксия. Молекулярно-лучевая эпитаксия.		Эпитаксия.
Лекция 14. Механизмы роста	Вакуумно-дуговое	Механизмы роста

Тема и содержание лекций	Название лабораторных работ	Тема практических занятий
пленок и покрытий. Влияние параметров осаждения на структуру и функциональные свойства металлических, полупроводниковых и керамических материалов. Напряжения в тонких пленках.	напыление покрытий (4 ч.)	тонкопленочных структур.
Лекция 15. Деформация и разрушение тонких пленок при термическом нагружении. Влияние податливой подложки на характер упругой деформации пленок.		Деградация тонких пленок при термическом нагружении.
Лекция 16. Деформация и разрушение тонких пленок при механическом нагружении. Закономерности растрескивания и скалывания покрытий. Скрэтч-тест. Растяжение. Сжатие. Знакопеременный изгиб. Испытания на износ.		Деградация тонких пленок при механическом нагружении.

Таблица 2

Структура дисциплины по разделам и формам организации обучения

Название раздела	Аудиторная работа (час)			СРС (час)	Итого
	Лекции	ЛР	ПЗ		
МОДУЛЬ 1. Методы получения объемных моно- и поликристаллических материалов	10	4	10	45	69
МОДУЛЬ 2. Процессы и методы формирования наноструктурных состояний в конструкционных материалах	10	4	10	41	65
МОДУЛЬ 3. Тонкие пленки и покрытия	12	8	12	50	82
Итого	32	16	32	136	216

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекционный материал данного курса представлен в виде презентаций, подготовленных с использованием программы Microsoft PowerPoint. Презентации лекций содержат цветные иллюстрации для лучшего усвоения теоретического материала.

Специфика сочетания методов и форм организации обучения отражается в таблице 3. Перечень методов обучения и форм организации обучения может быть расширен.

Таблица 3

Методы и формы организации обучения (ФОО)

ФОО	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	СРС
Методы				
IT-методы	+	+	+	+
Работа в команде		+		
<i>Case-study</i>			+	+
Методы проблемного обучения	+		+	+
Обучение на основе опыта		+		
Опережающая самостоятельная работа			+	+
Поисковый метод			+	+

6. ОРГАНИЗАЦИЯ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Виды и формы самостоятельной работы

При изучении дисциплины предусмотрено несколько типов внеаудиторной (самостоятельной) работы:

текущая самостоятельная работа:

- подготовка к лекции включает работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса, (опережающая самостоятельная работа);
- подготовка к лабораторным работам включает оформление отчета, проработку лекционного материала, и изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к экзамену включает работу с лекционным материалом, отчетами по экспериментальным лабораторным работам и материалов, выносимым на самостоятельное изучение;

творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа:

- конспект выполняется с использованием ресурсов научно-технической

библиотеки ТПУ по отдельным темам, которые не рассматриваются на лекции и включает анализ научных и учебных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;

- подготовка устного сообщения выполняется по каждому модулю по материалу, выносимому на самостоятельное обучение.

6.2. Контроль самостоятельной работы

Контроль результатов самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия, и может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Таблица 4

Виды контроля СРС

Тип контроля	Способ осуществления и тип самостоятельной работы
Самостоятельные работы	Проводятся в виде тестов или теоретических вопросов на лекциях и/или практических занятиях. Позволяют контролировать качество проработки лекционного материала, уровень усвоения тем, выносимых на самостоятельное изучение, контролировать уровень опережающей самостоятельной работы.
Защита лабораторных работ	Проводятся после каждой лабораторной работы. Позволяют контролировать качество проработки лекционного материала; уровень усвоения тем, выносимых на самостоятельное изучение, оценить уровень усвоения технологических процессов получения полупроводниковых и металлических материалов; проверить навыки оформления и представления информации в лабораторных отчетах.
Проверка индивидуального задания	Проводится на практических занятиях. Включает подготовку компьютерной презентации и краткого реферата по заранее определенной преподавателем теме. Позволяет контролировать качество проработки тем, выносимых на самостоятельное изучение, оценить способность студента к поиску, анализу, структурированию и презентации информации.

7. СРЕДСТВА ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В качестве контролирующих мероприятий для текущей оценки качества

освоения дисциплины планируется использовать тестирование, защиту лабораторных и устные сообщения (Таблица 5). Оценка итоговой аттестации происходит по результатам сдачи экзамена. Примеры оценочных средств представлены в таблице 6.

Таблица 5

Виды контролируемых мероприятий

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Тестирование	РД1, РД3
Защита лабораторных работ	РД4, РД5
Проверка индивидуальных заданий	РД5, РД6, РД7
Экзамен	РД2, РД3, РД4

Таблица 6

Фонд оценочных средств

Контролирующее мероприятие	Примеры оценочных средств
Тестирование	<p>1. Какой из нижеперечисленных методов является методом выращивания кристаллов из расплава?</p> <ul style="list-style-type: none"> - метод Чохральского - метод Виккерса - метод Берковича <p>2. С какой целью применяется равноканальное угловое прессование?</p> <ul style="list-style-type: none"> - легирование - получение нанокристаллической структуры - формовка изделий <p>3. Каким методом выращиваются полупроводниковые пленки?</p> <ul style="list-style-type: none"> - магнетронным распылением - электролитическим осаждением - молекулярно-лучевой эпитаксией
Защита лабораторных работ	<p>1. Что такое вицинальная и сингулярная поверхность?</p> <p>2. Какие параметры магнетронного распыления контролируют размер зерен в тонких пленках?</p> <p>3. Что такое эпитаксия?</p>
Экзамен	<p>Билет 1.</p> <p>1. Кристаллизация из расплавов при температурном градиенте. Метод Чохральского.</p>

Контролирующее мероприятие	Примеры оценочных средств
	<p>2. Поверхностное упрочнение поверхностных слоев конструкционных материалов ультразвуковой ударной обработкой.</p> <p>3. Влияние параметров осаждения на структуру тонких пленок.</p> <p>Билет 2.</p> <p>1. Деграция металлических пленок при механическом нагружении.</p> <p>2. Получение объемных нанокристаллических материалов методом равноканального углового прессования.</p> <p>3. Методы легирования полупроводников.</p> <p>Билет 3.</p> <p>1. Электронно-лучевая технология поверхностного наноструктурирования материалов.</p> <p>2. Получение стали. Типы сталей.</p> <p>3. Эпитаксиальный рост полупроводников.</p>

8. РЕЙТИНГ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (к моменту завершения семестра студент должен набрать максимально 60 баллов, но не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация производится в конце семестра в виде экзамена (на экзамене студент должен набрать максимально 40 баллов, но не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный

итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Основы материаловедения: учебник / Г.Г. Бондаренко, Т.А. Кабанова, В.В. Рыбалко. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 760 с.: ил. - Учебник для высшей школы. - Предметный указатель: с. 748-760. - ISBN 978-5-9963-0639-8.
2. Годлевская Е.В., Соловьев Н.М. Материаловедение и технология металлов. Учебное пособие. Ч. 1. Челябинск: ЧГАА (ЧГАУ), 2012.
3. Сорокин В., Антипов Б., Лазарева Н. Материалы и элементы электронной техники. Учебник. Том 1: Проводники. Полупроводники. Диэлектрики / СПб, Из-во Лань, 2015. - 448 с. - ISBN 978-5-8114-2003-2.
4. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий: учебное пособие: в 2 т. / под ред. Ю.Н. Коркишко. - М.: Бином ЛЗ, 2010-2011. Т. 2: Технологические аспекты. - 2011. - 252 с.: ил. - Библиогр.: с. 243-248. - ISBN 978-5-9963-0336-6.
5. Дубровский, Владимир Германович. Теория формирования эпитаксиальных наноструктур / В.Г. Дубровский. - Москва: Физматлит, 2009. - 352 с.: ил. - Фундаментальная и прикладная физика. - Библиогр.: с. 338-350. - ISBN 978-5-9221-1069-3.
6. Блейхер, Галина Алексеевна. Эрозия поверхности твердого тела под действием мощных пучков заряженных частиц: монография / Г.А. Блейхер, В.П. Кривобоков. - Новосибирск: Наука, 2014. - 248 с.: ил. - Библиогр.: с. 228-248. - ISBN 978-5-02-019252-2.
7. Носенко, Владимир Андреевич. Физико-химические методы обработки материалов: учебное пособие / В.А. Носенко, М.В. Даниленко. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 196 с.: ил. - Библиогр.: с. 194-195. - ISBN 978-5-94178-327-4.
8. Физические основы современных технологических процессов / В.А. Клименов [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). - Томск: Дельтаплан, 2012. - 175 с.: ил. - Библиогр.: с. 164-173. - ISBN 978-5-94154-165-2.

Дополнительная литература:

1. Материаловедение: учебник О.С. Моряков. - 7-е изд., стер.. - М.: Академия. - 2014. - 285с.: ил. - ISBN 978-5-4468-1369-8.
2. Мамонтов, Аркадий Павлович. Ресурсоэффективные технологические процессы: учебное пособие / А.П. Мамонтов, В.Ф. Рудковская; Национальный исследовательский Томский политехнический

университет (ТПУ). - Томск: Изд-во ТПУ, 2013. - 151 с.: ил. - Библиогр.: с. 151.

3. Блейхер, Галина Алексеевна. Теоретические основы обработки материалов импульсными электронными и ионными пучками : учебное пособие / Г.А. Блейхер, В.П. Кривобоков; Томский политехнический университет (ТПУ). - Томск: Изд-во ТПУ, 2009. - 216 с.: ил. - Инновационная образовательная программа. - Библиография в конце глав.
4. Киселев, Михаил Григорьевич. Электрофизические и электрохимические способы обработки материалов: учебное пособие / М.Г. Киселев, Ж.А. Мрочек, А.В. Дроздов. - Москва; Минск: Инфра-М Новое знание, 2014. - 389 с.: ил. - Высшее образование - Магистратура. - Библиогр.: с. 387-388. - ISBN 978-5-16-009430-4. - ISBN 978-5-16-100530-9. - ISBN 978-985-475-624-0.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Помещение для проведения лекционных и практических занятий укомплектованы специализированной учебной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном, считывающим устройством для передачи информации в компьютер, мультимедийным проектором.

Проведение практических занятий осуществляется в компьютерном классе, оснащенных компьютерным оборудованием с соответствующим лицензионным программным обеспечением и доступом к сети Интернет.

Для выполнения лабораторных работ на кафедре общей физики ФТИ имеется следующее оборудование:

Таблица 7

№ п/п	Наименование оборудования	Корпус, ауд., количество установок
1.	Компьютерный класс	Корпус №3, аудитория 103, 11 шт.
2.	Шлифовальная машина «Шлиф-3М»	Корпус №3, аудитория 3-Н2
3.	Оптический микроскоп	Корпус №3, аудитория 303
4.	Centaur U HR (комплекс, сочетающий сканирующий зондовый микроскоп, конфокальный микроскоп/спектрометр с двойной	Корпус №3, аудитория 01

	дисперсией для получения спектров рамановского рассеяния и флюоресценции и спектральных изображений, конфокальный лазерный микроскоп и оптический прямой микроскоп).	
5.	Электронный микроскоп	
6.	Магнетронное распыление	
7.	Вакуумно-дуговое напыление	

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению и профилю подготовки 03.03.02 Физика

Программа одобрена на заседании кафедры общей физики физико-технического института ТПУ (протокол № ____ от «__» _____ 2015 г.).

Автор: _____ д.ф.-м.н., доцент Панин А.В.

Рецензенты: _____
