

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 02 » 09 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
(наименование дисциплины)

Направление подготовки: **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**

Профиль/программа подготовки: **Нанотехнологии и микросистемная техника**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Форма обучения: **очная**

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
7	4/144	18	-	36	90	зачет с оценкой
Итого	4/144	18	-	36	90	зачет с оценкой

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Аддитивные технологии» являются

1. Получение представления об основных направлениях развития методов аддитивного формирования новых материалов.
2. Мотивация студентов к проведению самостоятельных исследовательских работ по получению нано- и микросистемной техники для подготовки выпускной квалификационной работы.
3. Развитие навыков самостоятельного использования экспериментальной техники и представления результатов исследований.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Аддитивные технологии» относится к блоку Б1, к части, формируемой участниками образовательных отношений – дисциплине по выбору. Номер в учебном плане Б1.В.ДВ.01.01.

Пререквизиты дисциплины - для изучения дисциплины студенты должны обладать знаниями, умениями и навыками, приобретенными при изучении таких дисциплин, как: Метрология, стандартизация и сертификация, Материаловедение наноструктурированных материалов, Моделирование и проектирование в нанотехнологиях.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ПК-1 Способен проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий	Частично	Знать: физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники. Уметь: решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники. Владеть: математическим аппаратом и методами компьютерных технологий для моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники.
ПК-2 Способен проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	Частично	Знать: основные методики экспериментальных исследований синтеза и анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники. Уметь: планировать и проводить исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники. Владеть: навыками выбора оптимальных методов проведения исследований материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.
ПК-4 Способен совершенствовать процессы измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	Частично	Знать: базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства наноматериалов и компонентов. Уметь: осуществлять диагностику неполадок и частичный ремонт измерительного, диагностического, технологического оборудования. Владеть: навыками мониторинга диагностического, технологического оборудования.

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	История развития аддитивных технологий	7	1-2	2	-	4	10	2/33%	
2	Основные этапы процесса формирования изделий методами аддитивных технологий	7	3-6	4	-	8	20	4/33%	Рейтинг-контроль №1
3	Методы получения микро и наноструктурированных изделий с использованием аддитивного подхода	7	7-12	6	-	12	30	6/33%	Рейтинг-контроль №2
4	Лазерные методы формирования прототипов и готовых изделий	7	13-16	4	-	8	20	4/33%	Рейтинг-контроль №3
5	Экспериментальные модели	7	17-18	2	-	4	10	2/33%	
Всего за __7__ семестр:		7	18	18	-	36	90	18/33%	зачет с оценкой
Наличие в дисциплине КП/КР		нет							
Итого по дисциплине		7	18	18	-	36	90	18/33%	зачет с оценкой

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Темы лекций:

Раздел 1. История развития аддитивных технологий.

Лекция 1. История развития аддитивных технологий. Современные направления развития.

Раздел 2. Основные этапы процесса формирования изделий методами аддитивных технологий.

Лекция 2-3. САПР для формирования прототипов. Основные этапы проектирования.

Лекция 4-5. Особенности формирования структуры прототипов.

Раздел 3. Методы получения микро и наноструктурированных изделий с использованием аддитивного подхода.

Лекция 6. Экструзионные методы: проблемы и преимущества.

Лекция 7. Технологии прямой записи: ограничения и развитие.

Лекция 8. Ink-jet- технологии: перспективы развития.

Лекция 9. Spray-jet- технология: возможности и недостатки.

Лекция 10. Методы плавления и формовки.

Лекция 11. Методы химического осаждения.

Лекция 12. Методы послойного физического осаждения.

Раздел 4. Лазерные методы формирования прототипов и готовых изделий.

Лекция 13. Лазерные методы воздействия на материалы.

Лекция 14. Лазерная стереолитография.

Лекция 15. SLS/SLM – различие и сходство.

Лекция 16. Лазерная послойная обработка.

Лекция 17. Лазерное струйное осаждение.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Лабораторная работа 1. Изготовление прототипов монолитных изделий простых форм (сферическая, кубическая и т.д.).

Лабораторная работа 2. Изготовление прототипов изделий с внутренними полостями.

Лабораторная работа 3. Оптимизация процесса расстановки подпорок.

Лабораторная работа 4. Оптимизация расположения детали для уменьшения плоскости роста.

Лабораторная работа 5. Конвертация модели в формат STL.

Лабораторная работа 6. Изготовление прототипа методом лазерной стерелитографии.

Лабораторная работа 7. Изготовление прототипа методом лазерного спекания металлических порошков.

Лабораторная работа 8. Постобработка прототипов.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «*Аддитивные технологии*» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

Интерактивная лекция (Раздел 1. История развития аддитивных технологий. Лекция 1. История развития аддитивных технологий. Современные направления развития. Раздел 2. Основные этапы процесса формирования изделий методами аддитивных технологий. Лекция 2-3. САПР для формирования прототипов. Основные этапы проектирования. Лекция 4-5. Особенности формирования структуры прототипов. Раздел 3. Методы получения микро и наноструктурированных изделий с использованием аддитивного подхода. Лекция 6. Экструзионные методы: проблемы и преимущества. Лекция 7. Технологии прямой записи: ограничения и развитие. Лекция 8. Ink-jet- технологии: перспективы развития. Лекция 9 . Spray-jet- технология: возможности и недостатки. Лекция 10. Методы плавления и формовки. Лекция 11. Методы химического осаждения. Лекция 12. Методы послойного физического осаждения. Раздел 4. Лазерные методы формирования прототипов и готовых изделий. Лекция 13. Лазерные методы воздействия на материалы. Лекция 14. Лазерная стереолитография. Лекция 15. SLS/SLM – различие и сходство. Лекция 16. Лазерная послойная обработка. Лекция 17. Лазерное струйное осаждение.);

Групповая дискуссия (Лекция 1. История развития аддитивных технологий. Современные направления развития. Лекция 8. Ink-jet- технологии: перспективы развития. Лекция 12. Методы послойного физического осаждения. Лекция 13. Лазерные методы воздействия на материалы. Лекция 14. Лазерная стереолитография).

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль – рейтинг-контроль успеваемости основан на оценке нескольких составляющих.

1. Подготовка и защита реферата.
2. Участие в обсуждении рефератов.
3. Выполнение лабораторных работ.

Темы рефератов для рейтинг-контроля 1

1. Проектирование изделия в среде САПР (основные пакеты для проектирования прототипов)
2. Преобразование данных в STL формат
3. Преобразование данных из STL в командные коды
4. Особенности изготовления изделий в различных методов аддитивных технологий:
 - а) системы с использованием фотополимеров
 - б) системы с использованием порошков
 - в) системы с расплавленным материалом
 - г) твердые листовые материалы
5. Постобработка изделий после процесса выращивания
6. Ограничения различных методов

Темы рефератов для рейтинг-контроля 2

1. Экструзионные системы: экструзия; отверждение
2. FDM-технология
3. Технологии прямой записи
4. Использование технологии ink-jet
5. Аэрозольная прямая запись
6. Термическое напыление
7. Экструзия расплава
8. Распыление материала методом струйной печати
9. Использование различных материалов для струйной печати:
 - Полимеры
 - Керамика
 - Металлы
10. Осаждение растворов и взвесей
11. Методы формирования капель
12. Методы контролируемого испарения капель
13. Методы распыления (непрерывный, DOD)
14. Использование связующих материалов для методы распыления
15. Формирование слоистых материалов (склеивание и адгезивное связывание)
16. Формирование слоистых материалов (соединение и раскрой, раскрой и соединение)
17. Формирование слоистых материалов (термоскрепление, прессование, ультразвуковая обработка)
18. Процессы направленного энерговклада.

Темы рефератов для рейтинг-контроля 3

1. Лазерные методы аддитивного производства
2. Лазерная фотополимеризация
3. Лазерное селективное спекание
4. Лазерное селективное плавление (лазерная наплавка)
5. Лазерная обработка слоистых материалов
6. Лазерное осаждение «чернил»
7. Лазерное осаждение расплавленного материала

Участие в обсуждении рефератов.

Преподаватель фиксирует активность студентов в процессе обсуждения рефератов и качество представления докладов. Поскольку основные вопросы на зачете полностью повторяют темы рефератов, то повышенная активность студентов позволяет им пройти подготовку к сдаче зачета.

Выполнение лабораторных работ.

Выполнение лабораторных работ нацелено на закрепление полученных теоретических знаний. Лабораторная работа состоит из краткой теоретической части, описания проведения работы и полученных результатов. После выполнения работы и оформления отчета происходит защита (в группах по 3-4 человека). Таким образом студенты получают навык научной работы в команде и разделению обязанностей в научной группе.

Промежуточная аттестация проходит в форме зачета с оценкой. Вопросы к зачету с оценкой охватывают всю тематику, рассмотренную в ходе представления рефератов в течение семестра.

Вопросы к зачету с оценкой:

1. Проектирование изделия в среде САПР (основные пакеты для проектирования прототипов)
2. Преобразование данных в STL формат
3. Преобразование данных из STL в командные коды
4. Особенности изготовления изделий в различных методов аддитивных технологий:
 - а) системы с использованием фотополимеров
 - б) системы с использованием порошков
 - в) системы с расплавленным материалом
 - г) твердые листовые материалы
5. Постобработка изделий после процесса выращивания
6. Ограничения различных методов
7. Экструзионные системы: экструзия; отверждение
8. FDM-технология
9. Технологии прямой записи
10. Использование технологии ink-jet
11. Аэрозольная прямая запись
12. Термическое напыление
13. Экструзия расплава
14. Распыление материала методом струйной печати
15. Использование различных материалов для струйной печати:
 - Полимеры
 - Керамика
 - Металлы
16. Осаждение растворов и взвесей
17. Методы формирования капель
18. Методы контролируемого испарения капель
19. Методы распыления (непрерывный, DOD)
20. Использование связующих материалов для методы распыления
21. Формирование слоистых материалов (склеивание и адгезивное связывание)
22. Формирование слоистых материалов (соединение и раскрой, раскрой и соединение)
23. Формирование слоистых материалов (термоскрепление, прессование, ультразвуковая обработка)
24. Процессы направленного энергозаклада.
25. Лазерные методы аддитивного производства
26. Лазерная фотополимеризация
27. Лазерное селективное спекание
28. Лазерное селективное плавление (лазерная наплавка)

29. Лазерная обработка слоистых материалов
30. Лазерное осаждение «чернил»
31. Лазерное осаждение расплавленного материала

Самостоятельная работа студентов включает в себя:

1. Подготовку рефератов (подбор источников по заданной теме, их анализ, написание текста, подготовку к докладу). Контроль осуществляется на занятиях. Процедура контроля описана выше.
2. Подготовке к выполнению лабораторных работ, оформлению отчетов по лабораторным.
3. Работу с дополнительной литературой по вопросам, связанным с материалом аудиторных занятий. Контроль осуществляется на экзамене. Студент должен продемонстрировать освоенные самостоятельно знания во время ответов на экзаменационные вопросы.

Распределение видов самостоятельной работы по разделам курса.

Раздел 1. Работа с дополнительной литературой (10 ч.)

Раздел 2. Работа с дополнительной литературой (10 ч.); Подготовка реферата (10 ч.), подготовка лабораторных работ (4 ч)

Раздел 3. Работа с дополнительной литературой (10 ч.); Подготовка реферата (10 ч.), подготовка лабораторных работ (8 ч)

Раздел 4. Работа с дополнительной литературой (10 ч.); Подготовка реферата (10 ч.), подготовка лабораторных работ (8 ч)

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1 О.С.Сироткин Основы современного материаловедения: М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 364 с	2015	-	http://znanium.com/catalog.php?booinfo=432594
2. А.А. Ильин, В.В. Плихунов, Л.М. Петров и др. Вакуумная ионно-плазменная обработка: Учебное пособие / - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 160 с	2014	-	http://znanium.com/catalog.php?booinfo=426490
3. В.А. Горохов Материалы и их технологии. В 2 ч. Ч. 2.: М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. - 533 с.	2014	-	http://znanium.com/catalog.php?booinfo=446098
Дополнительная литература			
1. Федотов, А.К. Физическое материаловедение. Ч. 2. Фазовые превращения в металлах и сплавах [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Минск : Выш. шк., 2012. – 446 с.	2012	-	http://znanium.com/catalog.php?booinfo=508082
2. Лепешев, А. А. Плазменное напыление аморфных и нанокристаллических материалов [Электронный ресурс] : монография / А. А. Лепешев. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - 224 с.	2013	-	http://znanium.com/catalog.php?booinfo=492492
3 А.А.Ильин, Г.Б.Строганов,	2013	-	http://znanium.com/catalog.php?booinfo=

С.В.Скворцова Покрытия различного назначения для металлических материалов: Учебное пособие / - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013 - 144 с.			okinfo=415572
--	--	--	---------------

7.2. Периодические издания

1. Журнал «Новости материаловедения. Наука и техника». Режим доступа (электронная библиотека elibrary.ru)
2. Журнал «Успех физических наук». Архив номеров. Режим доступа: <http://www.rufn.ru/archive/>
3. Журнал Металлообработка № 05-06.2013: журнал / под ред. Г.Ф. Мощенко. - М.: Издательство "Политехника" Режим доступа (студенческая электронная библиотека studerium.ru)

7.3 Интернет-ресурсы

1. Аддитивные технологии. Режим доступа: <http://make-3d.ru/articles/chto-eto-takoe-additivnye-texnologii/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий *лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной.*

Лекционные аудитории, оснащённые доской и переносным проектором для проведения занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов (420-3, 430-3; 431-3; 318-3).

Аудитории для проведения практических и лабораторных занятий, оснащённые современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением (122б-3) и научные лаборатории (104-3, 107а-3, 107-3, 123-3, 419-3, лаборатории послыонного роста 2 и 4 корпусов), где размещены современные лазерные комплексы.

Рабочую программу составил ст.препод.каф.ФиПМ Елена Леонидовна Шаманская
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) Тен. директор ООО "ВидеоИнТек" Санкт-Петербург
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ
Протокол № 1 от 02.09.2019 года

Заведующий кафедрой _____

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Протокол № 1 от 02.09.2019 года

Председатель комиссии _____

(ФИО, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

Аддитивные технологии

образовательной программы направления подготовки 28.03.01 *Нанотехнологии и*

микросистемная техника

технологии, направленность: Нанотехнологии и микросистемная техника

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой _____ / _____

Подпись

ФИО