

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И ФОТОНИКА»
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(ФНИЦ «КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И ФОТОНИКА» РАН)

Принято на Ученом совете
ИПЛИТ РАН – филиала
ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН
Протокол № 4/2020 от 24 сентября 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ



Директор
ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН

О.А. Алексеева

«24» сентября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
учебной дисциплины
«**ЛАЗЕРНЫЙ СИНТЕЗ И ДИАГНОСТИКА
ТОНКИХ ПЛЕНОК И НАНОСТРУКТУР**»

направление подготовки **11.06.01** Электроника, радиотехника и системы связи
направленность Квантовая электроника (**05.27.03**)

Квалификация
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Шатура
2020

Григорьев

Алексеева

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Лазерный синтез и диагностика тонких пленок и наноструктур» является овладение современными профессиональными знаниями в области квантовой электроники, связанной с синтезом тонких пленок и наноразмерных структур методом импульсного лазерного осаждения (ИЛО) и методами исследования тонких пленок и наноразмерных структур.

Задачи дисциплины:

- изучение физических основ лазерного синтеза тонких пленок и наноструктур;
- изучение основных механизмов, определяющих диаграмму разлета факела при лазерном воздействии на мишени;
- изучение методов определения функции распределения частиц факела по скорости: оптической эмиссионной спектроскопии, лазерно-индуцированной флуоресценции (ЛИФ) и зондовой диагностики;
- изучение механизмов размерных эффектов проводимости в пленках металлов нанометровых толщин в процессе импульсного лазерного осаждения пленок;
- неравновесное легирование пленок прозрачных проводящих оксидов и разбавленных магнитных полупроводников при синтезе методом ИЛО;
- изучение методов диагностики наноразмерных структур (тонких пленок, р-п-переходов, квантовых ям, мемристоров, спиновых вентиляей).

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы аспирантуры

Дисциплина «Лазерный синтез и диагностика тонких пленок и наноструктур» (индекс Б1.В.ДВ.2.2) относится к вариативной части программы подготовки аспирантов по направлению подготовки 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи (направленность 05.27.03 Квантовая электроника).

Дисциплина после выбора должна быть освоена аспирантом обязательно (но не обязательно в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане).

3. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины

Освоение дисциплины «Лазерный синтез и диагностика тонких пленок и наноструктур» направлено на формирование следующих универсальных (УК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций аспиранта:

УК-1 (способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях);

ОПК-1 (владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности);

ОПК-2 (владение культурой научного исследования, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий);

ПК-1 (способность проводить научные исследования и технические разработки лазеров, приборов, систем и комплексов с использованием лазерного излучения, материалов, элементно-узловой базы, технологий и специального оборудования с целью развития лазерной техники и лазерных информационных и фотонных технологий и их применения в различных отраслях науки, технике, медицине).

4. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины «Лазерный синтез и диагностика тонких пленок и наноструктур» аспирант должен

ЗНАТЬ:

- перспективные направления исследований в области применения лазерного излучения в технологиях создания тонкопленочных материалов наноразмерных толщин;
- основные особенности энергетического спектра частиц лазерного факела, возникающего при взаимодействии мощного лазерного излучения с мишенями;
- механизмы размерных эффектов проводимости в тонких наноразмерных пленках металлов;
- методы определения функции распределения частиц факела по скорости (метод зонда Ленгмюра, ЛИФ, оптическая эмиссионная спектроскопия);
- особенности моделирования модового состава ионной составляющей лазерного факела;
- основные механизмы формирования высокоэнергетических групп ионов факела;
- достоинства и недостатки различных методов устранения капель;
- особенности неравновесного легирования при синтезе проводящих пленок прозрачных оксидов, метод солегирирования;
- основные методы диагностики наноразмерных структур;
- механизмы мемристорного эффекта в тонких пленках оксидов под действием электрического поля,

УМЕТЬ:

- оценить порог абляции различных материалов (металлов и полупроводников) при воздействии лазерного излучения с различной длиной волны;
- пояснить и теоретически описать механизмы поглощения энергии лазерного излучения в различных средах в режиме абляции;
- оценить соотношения скоростей разлета ионов и нейтральных частиц капель факела по времяпролетным кривым зондовой и оптической диагностики лазерного факела в металлах и полупроводниках при лазерных воздействиях;
- определить функции распределения капель по скоростям по времяпролетным распределениям капель;
- проводить исследование электрических характеристик тонких пленок легированных полупроводников методом Холла,

ВЛАДЕТЬ:

- методом определения функции распределения капель по скоростям и методом управления осаждением наноразмерных частиц с заданным интервалом скоростей;
- методом неравновесного легирования при синтезе проводящих пленок оксидов, методом солегирирования;
- методами синтеза пленок разбавленных магнитных полупроводников с высокотемпературным ферромагнетизмом;
- методом исследования морфологии тонких пленок оптическим и атомно-силовым микроскопами;
- навыками получения спектров фотолюминесценции квантовых ям в диапазоне температур от 10 К до 300 К для исследования размерных эффектов в квантовых ямах;
- методом исследования и построения ВАХ мемристоров.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине

(заполняется в соответствии с картами компетенций)

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1	31 (УК-1) Знать методы критического анализа и оценки современных достижений в выбранной области квантовой электроники, а так-

	<p>же методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.</p> <p>У1 (УК-1) Уметь анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.</p> <p>В1 (УК-1) Владеть навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p>
ОПК-1	<p>З1 (ОПК-1) Знать методики анализа современных проблем, способы и методы решения теоретических и экспериментальных задач в выбранной области квантовой электроники.</p> <p>У1 (ОПК-1) Уметь обоснованно выбирать и применять расчетно-теоретические методы для разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов в выбранной области квантовой электроники.</p> <p>У2 (ОПК-1) Уметь обоснованно выбирать и применять экспериментальные методы исследования для решения научных задач в выбранной области квантовой электроники.</p> <p>В1 (ОПК-1) Владеть современными методами теоретических и экспериментальных исследований для решения задач в выбранной области профессиональной деятельности.</p>
ОПК-2	<p>З1 (ОПК-2) Знать современные информационные технологии, программные продукты и ресурсы сети Интернет для решения задач профессиональной деятельности.</p> <p>У1 (ОПК-2) Уметь использовать профессионально-профилированные знания в области современных информационных технологий, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности.</p> <p>В1 (ОПК-2) Владеть навыками поиска (в том числе с использованием новейших информационных систем и баз данных) и критического анализа научной и технической информации по тематике проводимых исследований.</p> <p>В2 (ОПК-2) Владеть навыками использования знаний в области информационных технологий, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности.</p>
ПК-1	<p>З1 (ПК-1) Знать современное состояние науки в области квантовой электроники, тенденции развития фундаментальных исследований и прикладных разработок лазеров и лазерных информационных и фотонных технологий, цели и задачи научных исследований в выбранной области, базовые принципы и методы их организации.</p> <p>З2 (ПК-1) Знать физические и конструкционные особенности лазеров разных типов, современные материалы, компоненты, лазерное диагностическое и технологическое оборудование, технологические процессы производства.</p> <p>У1 (ПК-1) Уметь проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие математическое и компьютерное моделирование, проектирование, конструирование, использование и эксплуатацию материалов, компонентов, приборов, устройств, установок квантовой электроники различного функционального назначения, лазерного технологического и диагностического оборудования.</p> <p>В2 (ПК-1) Владеть навыками исследования, моделирования, проектирования, конструирования и практического применения материалов, компонентов, приборов, устройств, установок квантовой электроники различного функционального назначения, лазерного технологического и диагностического оборудования.</p>

6. Структура и содержание дисциплины

6.1. Структура дисциплины

Вид работы	Семестр			Всего
	3-4			
Общая трудоёмкость, акад. часов	144			144
Аудиторная работа:	32			32
Лекции, акад. часов	16			16
Практические занятия, акад. часов	16			16
Лабораторные работы, акад. часов	-			-
Самостоятельная работа, акад. часов	108			108
Индивидуальные занятия, акад. часов	-			-
Вид итогового контроля (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен) - ЗАЧЕТ	4			4

6.2. Разделы дисциплины

№ раздела	Наименование раздела	Аудиторная работа, трудоёмкость (акад. часов)	Самостоятельная работа, трудоёмкость (акад. часов)
1	Современные методы получения тонких пленок.	2	10
2	Физические основы метода импульсного лазерного осаждения.	14	20
3	Импульсное лазерное осаждение тонких пленок металлов, оксидов металлов, полупроводников.	6	20
4	Импульсное лазерное осаждение тонких пленок высокотемпературных ферромагнитных полупроводников.	2	10
5	Импульсное лазерное осаждение тонкопленочных наноструктур. Квантовые ямы, спиновые вентили, мемристоры.	4	20
6	Методы диагностики тонких пленок и наноструктур.	4	20
	Итоговая аттестация (зачет)	4	8
	<i>Общая трудоёмкость</i>	36	108

6.3. Лекции и их трудоёмкость

№ раздела	№ лекции	Тематика	Трудоёмкость (акад. часов)
1	1	(Обзорно-установочная лекция) <i>Методы получения тонких пленок и наноструктур.</i> Молекулярно лучевая эпитаксия (МВЕ), метод газофазной эпитаксии (МОСVD), импульсное лазерное осаждение (PLD).	2
2	2	<i>Физика метода импульсного лазерного осаждения.</i> Абляция ми-	2

		шени. Конгруэнтность выноса материала мишени. Состав и диаграмма разлета факела. Времяпролетные характеристики компонент факела.	
2	3	Диагностика лазерного факела. Метод оптический эмиссионной спектроскопии, ЛИФ метод определения функции распределения по скоростям. Зондовая диагностика факела, энергетический спектр ионов факела. Многомодальность распределения ионов по скоростям.	2
2	4	Капли в методе ИЛО. Метод определения функции распределения капель по скоростям. Методы борьбы с каплями. Метод управления осаждением частиц с заданной скоростью.	2
3	5	Импульсное лазерное осаждение тонких пленок металлов и прозрачных проводящих оксидов. Размерные и квантоворазмерные эффекты в тонких пленках металлов и полупроводников. Неравновесное легирование при синтезе проводящих пленок оксидов, метод солегирования. Синтез пленок оксидов переходных металлов.	2
4	6	Импульсное лазерное осаждение тонких пленок высокотемпературных ферромагнитных полупроводников. Высокотемпературный ферромагнетизм пленок разбавленных магнитных полупроводников. Спиновая поляризация электронов, аномальный эффект Холла в магнитных полупроводниковых пленках. Перспективы применения в спинтронике. Особенности высокотемпературного ферромагнетизма пленок $A^{IV}B^{VII}$ (MnSi). Синтез пленок ферромагнитных полупроводников $A^{III}-B^V$ (InSb, GaSb), легированных марганцем. Температурная зависимость намагниченности, функция Ланжевена.	2
5	7	Импульсное лазерное осаждение тонкопленочных наноструктур - квантовых ям, спиновых вентиляей, мемристоров. Размерные эффекты в квантовых ямах, квантово-каскадные лазеры. Туннельный эффект в сверхтонких пленках оксида магния. Спиновые вентиля типа жесткий ферромагнетик/MgO/мягкий ферромагнетик. Мемристивный эффект в тонких пленках оксидов под действием электрического поля.	2
6	8	Методы диагностики тонких пленок и наноструктур . Контроль морфологии пленки в процессе роста. Рентгеновские методы диагностики тонких пленок и наноструктур. Рефлексо- и рефрактометрия. Электронная, атомно-силовая микроскопия (АСМ), возможности просвечивающей электронной микроскопии	2
Общая трудоемкость лекций:			16

6.4. Практические занятия

№ раздела	№ практического занятия	Тематика	Трудоёмкость (акад. часов)
2	1	Расчет соотношения скоростей разлета ионов, нейтральных частиц и капель факела по времяпролетным кривым.	2
2	2	Расчет геометрических характеристик сепаратора капель.	2
2	3	Оценка порога абляции металлов и полупроводников. Сравнение экспериментальных результатов с литературными данными.	2

2	4	Зависимость порога абляции металлов и полупроводников от длины волны излучения.	2
3	5	Исследование электрических характеристик тонких пленок легированных полупроводников методом Холла.	2
3	6	Исследование морфологии тонких пленок методом АСМ.	2
5	7	Получение спектров фотолюминесценции квантовых ям в диапазоне температур от 10 К до 300 К. Исследование размерных эффектов в квантовых ямах.	2
6	8	Определение толщины пленок оптическим методом.	2
Общая трудоемкость практических занятий:			16

6.5. Самостоятельные занятия

№ раз-дела	Вид самостоятельной работы	Трудоёмкость (акад. часов)
1.	Работа с лекционным материалом по разделу 1	10
2.	Работа с лекционным материалом по разделу 2. Решение задач по заданию преподавателя. Самостоятельное изучение темы: Диаграмма разлета факела при абляции твердотельной мишени.	20
3.	Работа с лекционным материалом по разделу 3. Решение задач по заданию преподавателя. Самостоятельное изучение темы: Расчет из первых принципов свойств тонких пленок при неравновесном легировании при синтезе проводящих пленок оксидов.	20
4.	Работа с лекционным материалом по разделу 4. Решение задач по заданию преподавателя.	10
5.	Работа с лекционным материалом по разделу 5. Решение задач по заданию преподавателя. Самостоятельное изучение темы: Механизмы мемристивного эффекта в тонких пленках оксидов под действием электрического поля.	20
6.	Работа с лекционным материалом по разделу 6. Решение задач по заданию преподавателя. Самостоятельное изучение темы: Методика подготовки образцов для исследования методом просвечивающей электронной микроскопии.	20
	Подготовка к итоговой аттестации (зачету)	8
Общая трудоемкость самостоятельной работы:		108

Руководитель дисциплины оставляет за собой право уточнять тематику и форму проведения аудиторных занятий.

Основная часть работы аспиранта является самостоятельной и включает изучение рекомендованной руководителем дисциплины литературы, работу с источниками, написание текстов, составление и защиту презентаций, подготовку к итоговой аттестации и т.п.

По согласованию с руководителем дисциплины возможно проведение индивидуальных консультаций и собеседования с руководителем дисциплины.

В случае отсутствия аудиторных занятий или невозможности их посещать руководитель дисциплины предлагает аспиранту соответствующую отработку с тем же объемом оценки проделанной работы.

7. Аттестационные критерии

От аспиранта требуется посещение занятий, выполнение заданий руководителя дисциплины, знакомство с рекомендованной литературой, по согласованию с научным руководителем возможна подготовка зачетной письменной работы (реферата, аналитической записки, обзора источников или литературы и т.п.). При аттестации аспиранта оценивается качество работы на занятиях (умение вести научную дискуссию, способность четко и ёмко формулировать свои мысли), уровень подготовки к самостоятельной научно-исследовательской деятельности в избранной области, качество выполнения заданий (презентаций, докладов, аналитических записок и др.).

8. Требования к итоговой аттестации по дисциплине

Итоговая аттестация для дисциплины проводится в форме зачета.

Условия аттестации, а также вопросы для повторения (контрольные вопросы) и задания руководителя дисциплины определяются в начале курса. Обучающийся должен показать владение предметом, знание рекомендованных статей и монографий, материалов конференций и т.п., умение выполнять устные и письменные задания руководителя дисциплины.

9. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

9.1. Перечень и карта компетенций дисциплины «Лазерный синтез и диагностика тонких пленок и наноструктур»

Универсальные компетенции						Общепрофессиональные компетенции					Профессиональные компетенции	
УК-1	УК-2	УК-3	УК-4	УК-5	УК-6	ОПК-1	ОПК-2	ОПК-3	ОПК-4	ОПК-5	ПК-1	ПК-2
+						+	+				+	

Критерии оценивания компетенций приведены в основной образовательной программе высшего образования – программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи, направленность 05.27.03 Квантовая электроника.

9.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

9.2.1. Контрольные вопросы для сдачи зачета

1. Чем вызвана необходимость разработки и исследования новых тонкопленочных материалов?
2. В чем уникальность тонкопленочных технологий?
3. Какие материалы применяются при создании светоизлучающих устройств в ИК, видимой и УФ области спектра?
4. Зонная структура полупроводников.
5. Какие существуют методы получения тонких пленок?
6. Особенности метода молекулярно - лучевой эпитаксии.
7. Особенности метода газофазной эпитаксии.
8. Особенности метода магнетронного распыления.
9. Особенности метода импульсного лазерного напыления.

10. Исследование морфологии пленок методом атомно-силовой микроскопии.
11. Исследование морфологии пленок методом электронной микроскопии.
12. Рентгеноструктурный анализ тонких пленок.
13. Определение состава пленок методом фотоэлектронной спектроскопии.
14. Гомо- и гетеро- p- n- переходы.
15. Недостатки метода импульсного лазерного осаждения.
16. Причина размерного эффекта проводимости в тонких пленках металлов.
17. Управление энергетическим спектром факела.
18. Зондовая диагностика лазерного факела.
19. Определение скорости разлета капель.
20. Какие бывают механизмы роста пленок?
21. Механизмы прилипания нейтральных и заряженных частиц к поверхности.
22. Влияние чистоты поверхности на рост пленок.
23. Методы подготовки подложек для получения пленок.
24. Что такое рассогласование решеток?
25. В чем смысл конгруэнтности переноса при напылении методом ИЛО?
26. Что нарушает конгруэнтность при синтезе пленок методом ИЛО?
27. Как осуществляют легирование пленок широкозонных полупроводников из керамических мишеней?
28. Эффект Холла.
29. АСМ микроскопия.
30. Интерферометрический метод определения толщины пленок.
31. Край фундаментальной полосы поглощения.

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Обязательная литература

1. Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры / Под ред. Л. Ченга и К. Плога. М.: Мир, 1989. 584 с.
2. Розин К.М. Практическая кристаллография: Учебное пособие для вузов. МИСИС, 2005. 488 с.
3. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки. Пер. с английского. М.: Мир, 1989. 240 с.
4. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. Пер. с английского. В 2-х т. М.: Мир, 1984.
5. Кардона М. Основы физики полупроводников. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2002. 560 с.
6. Дубровский В.Г. Теория формирования эпитаксиальных наноструктур. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 352 с.
7. Шуберт Ф.Е. Светодиоды. М.:Физматлит, 2008. 496 с.
8. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки. М.: Мир, 1989. 240 с.
9. О.А. Новодворский, В.Я. Панченко. Современные технологии импульсного лазерного осаждения для синтеза новых материалов и структур микро- и нанофотоники. // Современные лазерно-информационные технологии. Коллективная монография под ред. акад. В.Я. Панченко и проф. Ф.В. Лебедева. М.: Интерконтакт Наука, 2015, 959 с.
10. Хора Х. Физика лазерной плазмы М.: Энергоатомиздат. 1986, 272 с.
11. Арутюнян Р.В., Баранов В.Ю., Большов Л.А. и др. Воздействие лазерного излучения на материалы. М.: Наука, 1989. 367 с.

Дополнительная литература

1. R.A. Roy, P. Catania, K.L. Saenger, J.J. Cuomo, and R.L. Lossy Role of energetic atoms and ions in Ta films grown by different physical vapor deposition methods. // Journal of Vacuum Science & Technology B. – 1993. – v. 11. - p. 1921.
2. Ю.В.Афанасьев, О.Н. Крохин. Газодинамическая теория воздействия излучения лазера на конденсированные среды // Труды ФИАН СССР. -1970. т. -52. - с.118 - 170.

3. С.В. Гапонов, Е.Б. Клюенков, Б.А. Нестеров и др. Лазерное напыление пленок в активной среде // Письма в ЖТФ, вып.13, 1977.
4. О.А. Новодворский, Е.О. Филиппова, О.Д. Храмова, А.К. Шевелев, К. Венцель, И. Барта Зондовые исследования эрозионного факела при абляции тантала в вакууме излучением эксимерного лазера с длиной волны 308 нм // Квантовая эл.-ка. - 2001. - т.31. - № 2. - с. 159.
5. Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. Введение в физику поверхности. М.: Наука, 2006. 490 с.
6. Nakamura S., Fasol G. The blue laser diode: GaN based light emitters lasers. Springer-Verlag, Berlin, 1997.
7. Уфимцев В.Б., Акчурин Р.Х. Физико-химические основы жидкофазной эпитаксии. М.: Металлургия, 1983, 222 с.
8. Стоянова И. Г., Анаскин И. Ф. Физические основы методов просвечивающей электронной микроскопии. М.: 1972.
9. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: ФИЗМАТЛИТ, 1978. 789 с.
10. В.Я. Панченко, О.А. Новодворский, В.С. Голубев. Технология лазерно-плазменного напыления пленок нанометровых толщин // Наука и технологии в промышленности. - 2006. - № 4. Часть 1. - С. 39.
11. Емельянов В. И. Самоорганизация упорядоченных дефектно-деформационных микро- и наноструктур на поверхности твердых тел под действием лазерного излучения (обзор) // Квантовая электроника, 1999. Т. 28 , №1. С. 2-28.

Периодические издания, электронные ресурсы, включая доступ к базам данных и т.п.:

РИНЦ	https://elibrary.ru/orgs.asp
Web of Science	http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_in-put.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=F2LiEv3BvmxwoCqmOmV&preferencesSaved=
Scopus	https://www.scopus.com/home.uri
Google Scholar citations	https://scholar.google.ru/citations?user=NbJEoV8AAA&hl=ru
IOP Institute of Physics материалы компании IOP Publishing Limited, а именно, база данных IOP Journal	http://www.iop.org/
AIP материалы компании American Institute of Physics	https://www.aip.org/
CASC материалы издательства EBSCO Publishing, а именно база данных CASC	https://www.ebsco.com/e/ru-ru/products-and-services/research-databases
APS Журналы Американского физического общества база данных APS Online Journals	https://www.aps.org/
IEEE материалы компании The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, а именно, база данных IEEE/IEL	http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp
RSC материалы Royal Society of Chemistry	http://pubs.rsc.org/
Wiley материалы компании John Wiley & Sons Ltd., а именно база данных Wiley	http://onlinelibrary.wiley.com/

Journals	
Inspec материалы издательства EBSCO Publishing, а именно база данных INSPEC	https://www.ebsco.com/e/ru-ru/products-and-services/research-databases/inspec
ProQuest материалы компании и PROQUEST LLC, а именно база данных Proquest Dissertations and Theses Global	https://www.proquest.com/products-services/pqdtglobal.html
SpringerNature Зарубежные электронные ресурсы издательства, а именно: Springer Journals Springer Protocols Springer Materials Springer Reference zbMATH Nature Journals Nano Database	http://link.springer.com/ http://www.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://link.springer.com/search?facet-content-type=%22ReferenceWork%22 http://zbmath.org/ http://npg.com/ https://nano.nature.com
Elsevier B.V. Science Direct Complete Freedom Collection зарубежные электронные ресурсы издательства Elsevier «Freedom Collection» и коллекция электронных книг «Freedom Collection eBook collection», размещенных на платформе Science Direct	https://www.elsevier.com/
CCDC - Cambridge Crystallographic Data Centre Зарубежные электронные ресурсы Кембриджского центра структурных данных	https://www.ccdc.cam.ac.uk/
Scifinder База данных	https://scifinder.cas.org

11. Образовательные технологии

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор), доступ к сети Интернет, учебная доска.

Научное и технологическое оборудование:

- Автоматизированные установки для осаждения тонких пленок из лазерной плазмы, оснащенные лазерами ИК, видимого и УФ диапазона и вакуумными камерами с турбомолекулярной и криогенной откачкой

- Установка для исследования электрических параметров тонких пленок на базе Keitley 2612 (System SourceMeter)

- Криостат CCS-150 (JanisResearchCo)

- Спектрометр HR4000

- Спектрофотометр СФ-56 (ЛОМО)

- Лазер газовый He-Cd ($\lambda=325$ нм)

- Лазер твердотельный Nd-YAG ($\lambda=1064$ нм)

- Атомно-силовой микроскоп DME dualscope 2401

- Атомно-силовой микроскоп СММ-2000

- Оптические микроскопы

- Измеритель удельного сопротивления пленок Pro 4 Keitley 2400
- Измеритель транспортных характеристик пленок HMS-3000

Программу составил:

д.ф.-м.н. О.А. Новодворский