

Шаблон рабочей программы дисциплины

1. Лазерные микро- и нанотехнологии

2. Лектор.

2.1. Чл. корр. РАН, дфмн, проф. Конов Виталий Иванович, кафедра общей физики и молекулярной электроники, vik@nsc.gpi.ru, +74991357628.

3. Аннотация дисциплины.

- В курсе рассматриваются: основные технологические лазеры, особенности и характеристики; современные схемы облучения вещества; оптические свойства материалов; лазерный нагрев твердых тел; поверхностные термоупругие деформации; низкоинтенсивное излучение; лазерная абляция; лазерно-индуцированная плазма; поверхностные химические реакции; поверхность в зоне лазерного облучения; лазерные нано и микротехнологии, медицина.

В результате изучения данной дисциплины у студента формируются:

- представления о современных лазерных технологиях, в том числе о лазерных микро- и нанотехнологиях, а также путях их развития. Студент овладевает комплексом знаний об основных процессах и явлениях, которые определяют лазерные технологии обработки материалов, современных лазерах и особенностях их функционирования; методах доставки излучения и оптической диагностики
- умение определять возможности использования характерных особенностей лазеров для таких технологических операций как сварка и резка, микросверление, создание поверхностных и объемных структур, поверхностное плавление и упрочнение, очистка поверхности, химическое осаждение и травление тонких пленок, абляция материалов, получение плазмы, а также применение лазеров в биомедицине при диагностике и лечении;
- опыт использования и применения приобретенных знаний для экспериментальных исследований с помощью лазеров и интерпретации полученных результатов, выбора лазерного оборудования для разработки технологических приемов, решения конкретно поставленных исследовательских или производственных задач.

4. Цели освоения дисциплины.

Владение современными знаниями в области взаимодействия излучения с конденсированными средами, лазерных микро- и нанотехнологий, методами анализа и обработки экспериментальных данных и их применения для решения практических задач.

5. Задачи дисциплины.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные закономерности взаимодействия излучения с веществом, виды современного лазерного оборудования, способы применения лазерных систем; уметь исходя из поставленных задач, определять возможность применения того или иного типа и вида лазерного оборудования, применять различные технологические приемы для решения исследовательских или прикладных задач.

6. Компетенции.

6.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.

ОНК-5, ИК-1, ИК-2, ИК-3, ИК-4, ПК-1

6.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.

ПК-2, ПК-3, ПК-6

7. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен

знать основные явления, происходящие при взаимодействии интенсивного излучения с конденсированными средами, направления современной нанотехнологии и в том числе о лазерных микро- и нанотехнологиях, а также путях их развития

уметь определять возможности использования лазеров для обработки материалов, а также применения лазеров в биомедицине

владеть основными методами использования, применения и выбора лазерных систем и технологических приемов для решения конкретно поставленных исследовательских или производственных задач

8. Содержание и структура дисциплины.

Вид работы	Семестр			Всего
	1	2	3	
Общая трудоёмкость, акад. часов	128	...	...	128
Аудиторная работа:	...	...	...	...
Лекции, акад. часов	32	...	...	32
Семинары, акад. часов	0	...	...	0
Лабораторные работы, акад. часов	0	...	...	0
Самостоятельная работа, акад. часов	96	...	...	96
Вид итогового контроля (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен)	экз	...	...	экз

N раз- дела	Наименование раздела	Трудоёмкость (160 академических часов) и содержание занятий			Форма текущего контроля	
		Распределение общей трудоёмкости по семестрам указано в рабочих планах (приложение 7)				
		Аудиторная работа				Самостоятельная работа
Лекции	Семинары	Лабораторные работы				
1	Лазерные микро- и нанотехнологии	2 часа Введение. Исторический обзор и актуальность лазерных технологий обработки материалов.				ДЗ, Оп, Об
		2 часа Принципы работы лазеров. Схема построения, источники накачки. Открытые резонаторы и модовый состав излучения. Распространение гауссовых пучков. Основные параметры лазерного излучения.			16 часов Распространение и фокусировка гауссовых пучков Расчет проекционной схемы и путей минимизации зоны лазерного облучения	
		2 часа Основные технологические лазеры. Особенности их функционирования и характеристики излучения.			8 часов Современные лазерные системы	
		2 часа Схемы облучения, используемые в совре-				

	<p>менных лазерных технологиях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – линзовая и зеркальная фокусировка; – проекционная схема; – методы сканирования; – дифракционная оптика 				
	<p>2 часа</p> <p>Оптические свойства материалов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – отражательная и поглощательная способности, коэффициент поглощения света и методы их измерения; – идеальная и реальная оптические поверхности; – интерференционные явления; – роль температуры и фазовых переходов; – эффективная поглощательная способность. 			<p>16 часов</p> <p>Отличие оптических свойств идеальной и реальных поверхностей материалов.</p> <p>Методы измерения и контроля.</p>	

	<p>2 часа</p> <p>Лазерный нагрев твердых тел:</p> <ul style="list-style-type: none"> – классификация условий облучения; – одномерное и трехмерное приближения; – облучение движущимся лазерным лучом; – полезные формулы. 			<p>10 часов</p> <p>Модельные задачи нагрева твердых тел непрерывным и импульсным лазерным излучением</p>
	<p>2 часа</p> <p>Поверхностные термоупругие деформации</p> <ul style="list-style-type: none"> – теоретическая модель; – аппроксимация коротких и длинных импульсов; – изменение профиля облучаемой поверхности; – необратимое разрушение материала. 			
	2 часа			10 часов

	<p>Явления, инициируемые низкоинтенсивным излучением:</p> <ul style="list-style-type: none"> – флюоресценция; – генерация носителей заряда; – электронная эмиссия; – фото и термодесорбция; – термодиффузия; – поверхностные электромагнитные волны. 			<p>Явления, инициируемые низкоинтенсивным излучением</p> <p>Методы оптического контроля</p>	
	<p>2 часа</p> <p>Лазерная абляция:</p> <ul style="list-style-type: none"> – поверхностное плавление; – пороги испарения материала; – развитое испарение; – абляция без теплоотвода; – удаление жидкой фазы факелом паров. 				
	2 часа			8 часов	

	<p>Лазерно-индуцированная плазма:</p> <ul style="list-style-type: none"> – первоначальная ионизация газовой среды в зоне лазерного воздействия; – лазерный нагрев плазмы; – электронная лавина; – образование плазмы в испаряемом веществе; – разлет плазмы в вакуум; – лазерный пробой газов; – оптические разряды; – энергетический баланс. 			<p>Оптический пробой как источник взрыва в газах</p>	
	<p>2 часа</p> <p>Поверхностные химические реакции:</p> <ul style="list-style-type: none"> – классификация; – фотолитические процессы; – термохимические реакции; 				

		<ul style="list-style-type: none"> – положительная и отрицательная обратная связь; – моделирование; – газотранспортное лимитирование; – особенности импульсного облучения; – реакции на границе твердое тело – жидкость. 				
		<p>2 часа</p> <p>Поверхностные структуры в зоне лазерного облучения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – примеры; – резонансные и нерезонансные поверхностные структуры; – теоретический подход. 				<p>12 часов</p> <p>Положительная и отрицательная связь в лазерных технологиях обработки материалов</p>
		<p>2 часа</p> <p>Применение мощных лазеров (макротехнологии):</p> <ul style="list-style-type: none"> – поверхностное 				

		<p>плавление и упрочнение;</p> <ul style="list-style-type: none"> – лазерная сварка и резка; – лазерные реактивные двигатели; – термоядерный синтез. 				
		<p>2 часа</p> <p>Лазерные нано и микротехнологии:</p> <ul style="list-style-type: none"> – очистка поверхности; – фотолитография; – поверхностное легирование, отжиг и изменение фазового состава; – структурирование, профилирование и полировка поверхности; – лазерный принтинг; – микросверление; – структурирование в объеме первоначально прозрачных материалов; 				<p>16 часов</p> <p>Выбор параметров лазерного луча, требуемых для реализации технологий нанопереработки материалов</p>

	<ul style="list-style-type: none"> – химическое осаждение тонких пленок; – лазерное напыление; – лазерное прототипирование. 				
	<p>2 часа</p> <p>Лазерная медицина:</p> <ul style="list-style-type: none"> – общие представления о биотканях; – оптическая диагностика; – лазерная томография; – фототерапия; – лазерная хирургия, литотрипсия и коррекция зрения. 				
	<p>2 часа</p> <p>Заключение. Перспективы развития лазерных технологий. Организация исследований и разработок в РФ. Международное научно-техническое сотрудничество.</p>				

9. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

1. Дисциплина является дисциплиной по выбору.
2. Базовая часть, профессиональный блок, модуль "Общая физика".
- 3.1 Курс базируется на дисциплинах: Термодинамика, Механика, Электромагнетизм, Оптика, Введение в квантовую физику, Физика атомного ядра и частиц, Математический анализ, Теория функций комплексной переменной, Дифференциальные уравнения.
- 3.2 Этот курс необходим как предшествующий для изучения курсов «Методы элементного анализа твердых тел», «Оптика твердого тела и систем пониженной размерности», «Оптика наносистем», «Физические явления на поверхности твердого тела»

10. Образовательные технологии

- Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования. Студентам предлагаются темы для докладов и презентаций с последующей дискуссией и обсуждением сделанного, используются встречи с представителями российских и зарубежных исследовательских лабораторий, проводятся мастер-классы экспертов и специалистов.

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

- Полный перечень вопросов к экзамену.

1. Принципы работы лазеров. Схема построения, источники накачки. Открытые резонаторы и модовый состав излучения.
2. Распространение гауссовых пучков.
3. Основные технологические лазеры. Особенности их функционирования и характеристики излучения.
4. Основные технологические лазеры. CO₂-лазеры.
5. Основные технологические лазеры. Неодимовые лазеры.
6. Основные технологические лазеры. Полупроводниковые лазеры.
7. Основные технологические лазеры. Эксимерные лазеры.
8. Схемы облучения, используемые в современных лазерных технологиях: линзовая и зеркальная фокусировка; проекционная схема; дифракционная оптика.
9. Отражательная и поглощательная способности, коэффициент поглощения света и методы их измерения.
10. Идеальная и реальная оптические поверхности; интерференционные явления; роль температуры и фазовых переходов; эффективная поглощательная способность.
11. Лазерный нагрев твердых тел: классификация условий облучения; одномерное и трехмерное приближения.
12. Облучение движущимся лазерным лучом. Методы сканирования.
13. Поверхностные термоупругие деформации, теоретическая модель; аппроксимация коротких и длинных импульсов.
14. Изменение профиля облучаемой поверхности; необратимое термоупругое разрушение материала.
15. Низкоинтенсивное облучение, явление флюоресценции.
16. Комбинационное рассеяние света.
17. Лазерная генерация носителей заряда; электронная эмиссия; фото и термодесорбция.
18. Лазерная очистка поверхности.
19. Поверхностное плавление, вызванное интенсивным лазерным излучением.

20. Пороги испарения материала; развитое испарение; абляция без теплоотвода.
21. Удаление жидкой фазы факелом паров.
22. Лазерно-индуцированная плазма: первоначальная ионизация газовой среды в зоне лазерного воздействия; лазерный нагрев плазмы.
23. Электронная лавина; образование плазмы в испаряемом веществе; разлет плазмы в вакуум.
24. Лазерный пробой газов; оптические разряды.
25. Поверхностные химические реакции: классификация; положительная и отрицательная обратная связь; газотранспортное лимитирование; особенности импульсного облучения.
26. Резонансные и нерезонансные поверхностные структуры; теоретический подход.
27. Применение мощных лазеров (макротехнологии): поверхностное плавление и упрочнение; лазерная сварка и резка; лазерные реактивные двигатели; термоядерный синтез.
28. Лазерные нано и микротехнологии, фотолитография.
29. Поверхностное легирование, отжиг и изменение фазового состава.
30. Структурирование, профилирование и полировка поверхности.
31. Структурирование в объеме первоначально прозрачных материалов.
32. Лазерное напыление.
33. Лазерное прототипирование.
34. Лазерная медицина: общие представления о биотканях; оптическая диагностика; лазерная томография; фототерапия; лазерная хирургия, литотрипсия и коррекция зрения.
35. Перспективы развития лазерных технологий. Организация исследований и разработок в РФ. Международное научно-техническое сотрудничество.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Китель Г., «Введение в физику твердого тела», М., «Наука», 1978 – 792 с.
2. Звелто О., «Принципы лазеров», М.: Мир, 1990 – 559 с. – ISBN 5-03-001053-X.
3. Sujioka K., Meunier M., Pique A., Laser Precision Microfabrication, Springer Series in Material Science, vol.135, pp 1-344 (2010).
4. О. Звелто, Принципы лазеров, СПб.: Издательство <Лань>, стр. 1-720 (2008).
5. В.П. Вейко, М.Н. Либенсон, Г.Г. Червяков, Е.Б. Яковлев, Взаимодействие лазерного излучения с веществом, М.: Физматлит, стр. 1-312 (2008).
6. В.И. Конов, Современные лазерные технологии, Курс лекций в цифровом виде.
7. Bauerle D, Laser Processing and Chemistry, Springer-Verlag, Berlin, pp. 1-620 (2011)
8. A.M. Prokhorov, V.I. Konov, I. Ursu, I.N. Mihailescu, Laser Heating of Metals, The Adam Hilger Series in Optics and Electronics, pp. 1-239 (1990).
9. W.M. Steen, Laser Material Processing, Springer-Verlag, Berlin, pp. 1-379 (2003).

10. F.Dausinger,F.Lichtner,H.Lubatschowski,Femtosecond Technology for Technical and Medical Applications, Topics in Applied Physics, 96, Springer, Berlin , pp.1-327(2004)
11. Peter Schaaf editor, Laser Processing of Materials, Springer Series in Material Science,139,pp.1-231(2010)
12. В.В.Тучин , Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях , М:Физматлит , стр. 1-488 (2010)

13. Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».

ЦКП конф.-зал.