

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



А.А. Панфилов

« 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ОПТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

Направление подготовки 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»

Профиль подготовки -

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежу- точного кон- троля (экз./зачет)
5	4 / 144	18	18	18	54	Экзамен (36 ч.)
Итого	4 / 144	18	18	18	54	Экзамен (36 ч.)

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс имеет целью овладение методами создания оптических материалов из различных видов сырьевых ресурсов.

Задачи дисциплины.

Основные задачи курса "Оптические материалы и изделия":

- изучение классификации и назначения оптических материалов;
- изучение методов расчетов свойств оптических материалов;
- обучение методам и приемам разработки оптических материалов и применения наиболее рациональных технологий для их получения;
- знакомство с некоторыми конкретными химическими производствами, на примере которых предметно демонстрируются основные теоретические положения курса.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Оптика – интегрирующая наука, которая базируется на фундаментальных основах химии, физики, математики. Данный курс представляет собой введение в технологию получения оптических материалов как науку и предназначен для общего ознакомления с химическими производствами, рассмотрения общих проблем синтеза и анализа оптических материалов.

Решение теоретических и прикладных проблем курса основывается на анализе и использовании общих закономерностей протекающих химических, физических и фазовых превращений в сложных химических реагирующих системах.

Дисциплина относится к вариативной части учебного плана подготовки бакалавра. Знания, полученные в данном курсе необходимы для дальнейшего обучения по таким другим дисциплинам учебного плана.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

- основные принципы технологии производства оптических материалов (ПК-6);
- классификацию оптических материалов и технологий (ПК-5);
- основные методы анализа и расчета свойств оптических стекол (ПК-5).

2) Уметь:

- рассчитывать основные характеристики оптических изделий (ПК-5);

- выбирать рациональный состав оптического стекла в зависимости от его назначения (ПК-6);

- оценивать технологическую эффективность производства (ПК-6).

3) Владеть:

- методами анализа эффективности работы производств (ПК-5);

- методиками расчета свойств оптических материалов (ПК-5);

- методами анализа контроля технологических параметров процесса производства различных деталей и узлов (ПК-6).

В процессе ознакомления дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:

способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых схем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях (ПК-5);

способность к оценке технологичности и технологическому контролю простых и средней сложности конструкторских решений, разработке типовых процессов контроля параметров механических, оптических и оптико-электронных деталей и узлов (ПК-6).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 час.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр		Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости <i>(по неделям семестра)</i> форма промежуточной аттестации <i>(по семестрам)</i>
		Неделя семестра		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Прохождение оптического излучения через материалы	5	1-4	4	4			4		4/50	
2	Строение и оптические свойства стекла	5	5-6	2	2	8		16		4/33	Рейтинг-контроль № 1
3	Физико-химические характеристики и технологические свойства оптических стекол	5	7-8	2	2	10		20		4/28	
4	Виды оптических стекол с особыми свойствами	5	9-14	6	6			10		6/50	Рейтинг-контроль № 2.
5	Производство оптического бесцветного стекла	5	15-16	2	2			2		2/50	
6	Производство оптических деталей	5	17-18	2	2			2		2/50	Рейтинг-контроль № 3.
	Экзамен	5									36
Всего		5		18	18	18		54		20/37	Экзамен

4.1. Теоретический курс

Тема 1. Прохождение оптического излучения через материалы. Классификация оптических материалов. Распространение оптического излучения при прохождении через вещество. Оптические явления на границе двух сред. Поляризация света при отражении от диэлектриков. Рассеяние света материалами. Люминисценция (*Лекция 1, 2*).

Тема 2. Строение и оптические свойства стекла. Характерные особенности оптического стекла. Теория строения стекла. Типы и марки оптических бесцветных стекол (*Лекция 3*).

Тема 3. Физико-химические характеристики и технологические свойства оптических стекол. Механические свойства. Определение остаточных напряжений в стекле. Термические и термооптические характеристики стекла. Химическая устойчивость стекла (*Лекция 4*).

Тема 4. Виды оптических стекол с особыми свойствами. Показатели качества оптических бесцветных стекол. Стекла оптические цветные, стекла с особыми свойствами, ситаллы, органические стекла. Оптические кристаллы и керамика (*Лекция 5 - 7*).

Тема 5. Производство оптического бесцветного стекла. Состав стекол. Приготовление шихты. Варка и выработка стекла (*Лекция 8*).

Тема 6. Производство оптических деталей. Выращивание кристаллов. Технология изготовления заготовок оптических деталей (*Лекция 9*).

4.2. Перечень практических занятий.

1. Расчет свойств стекол по аддитивному методу.
2. Расчет теплоемкости и коэффициента теплопроводности стекла по методу аддитивности.
3. Расчет удельной теплоемкости по методу Шарпа – Гинтера.
4. Общие положения о технологических параметрах и расчетах “сложных” свойств стекол. Метод Охотина.
5. Метод Охотина и Андрюхиной для расчета вязкости малощелочных стекол.
6. Метод Мазурина для расчета вязкости стекол.
7. Расчет свойств стекол по методу Аппена.
8. Принцип аддитивного метода расчета свойств стекол по Гельгофу – Томасу (метод замещения).

4.3. Перечень тем лабораторных занятий

Лабораторное занятие 1. Инструктаж по ТБ. Ознакомление с лабораторным курсом дисциплины. Выдача задания на выполнение лабораторного практикума (4 часа).

Лабораторное занятие 2. Выполнение лабораторных работ № 1 «Определение плотности оптического стекла различными методами» (4 часа).

Лабораторное занятие 3. Выполнение лабораторной работы № 2. «Определение пороков оптического стекла» (4 часа).

Лабораторное занятие 4. Защита работ. Итоговый рейтинг-контроль знаний студентов (4 часа).

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине «Оптические материалы и технологии» используются различные образовательные технологии:

1. *Информационно-развивающие технологии*, направленные на овладение большим запасом знаний, запоминание и свободное оперирование ими.

Используется лекционно-семинарский метод, самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.

2. *Деятельностные практико-ориентированные технологии*, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при проведении экспериментальных исследований, обеспечивающих возможность качественно выполнять профессиональную деятельность.

3. *Развивающие проблемно-ориентированные технологии*, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности проблемно мыслить, видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения.

Используются виды проблемного обучения: освещение основных проблем на лекциях, учебные дискуссии, коллективная мыслительная деятельность в группах при выполнении лабораторных работ,

Личностно-ориентированные технологии обучения, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента при выполнении домашних индивидуальных заданий, подготовке индивидуальных отчетов по лабораторным работам.

4. Для целенаправленного и эффективного формирования запланированных компетенций у обучающихся, выбраны следующие сочетания форм организации учебного процесса и методов активизации образовательной деятельности:

- при выполнении лабораторных работ: работа в команде, метод выборочных ответов, исследовательский метод, анализ конкретных ситуаций (case-study);

- при чтении лекций: интерактивная лекция, опережающая самостоятельная работа, "мозговой штурм" (выборочно по списку группы определяются студенты, которые отвечают на вопросы преподавателя по предыдущей теме лекционного курса);

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

6.1. Формирование рейтинговой оценки. Критерии и методы оценки качества знаний студентов по дисциплине «Оптические материалы и технологии»

Текущий контроль знаний студентов осуществляется посредством рейтинговой оценки знаний студентов.

В соответствии с рейтинговой системой, текущий контроль производится трижды в течение семестра путем балльной оценки качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы) и результатов практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем).

Промежуточная аттестация (экзамен) проводится в конце семестра также путем балльной оценки. Итоговый рейтинг определяется суммированием баллов текущей оценки в течение семестра и баллов промежуточной аттестации в конце семестра по результатам экзамена. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

При оценке знаний студентов преподаватель должен руководствоваться следующими критериями для обеспечения объективного подхода к выставлению оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно»:

- оценка «отлично» выставляется за глубокие, исчерпывающие ответы на вопросы экзаменационного билета, изложенные последовательно, грамотно, с обоснованием представленных положений, использованием не только конспекта лекций и учебника, но и монографической литературы;

- оценка «хорошо» выставляется за правильные ответы на вопросы экзаменационного билета, причем они должны быть изложены грамотно и по существу вопроса, без существенных неточностей;

- оценка «удовлетворительно» выставляется за такие ответы, в которых частично изложен основной материал, но не приводятся детали, допущены неточности в формулировках, нарушена последовательность изложения, допущено недостаточное знание практических вопросов;

- оценка «неудовлетворительно») выставляется за отсутствие ответов на два вопроса билета, или неполные ответы на них, в которых допущены существенные ошибки.

Пересчет итогового рейтингового балла в оценку приведен в таблице.

Шкала пересчета итогового рейтингового балла в оценку

Итоговый рейтинговый балл	Оценка
≥ 91	отлично
75-90	хорошо
60-74	удовлетворительно
<60	неудовлетворительно

6.2. Вопросы к рейтинг-контролю.

Рейтинг-контроль № 1

1. Каким образом определяют спектральные и интегральные коэффициенты пропускания оптических и светотехнических материалов.
2. Что такое угол Брюстера?
3. Как изменится угол Брюстера для стекла, если вместо красного света пластинку освещает синий?
4. Как изменится степень поляризации преломленного света, если вместо одной пластины свет пройдет через стопу из трех пластин?
5. Показать, используя закон преломления, что угол между отраженным и преломленным лучом составляет 90° при угле падения α_B .
6. Каким образом производят измерения индикатрис рассеяния материалов и определяют коэффициент рассеяния и степень рассеяния материала.
7. Назовите основной светотехнический материал, обладающий хорошими светотехническими характеристиками, физико-химической стабильностью и способностью сравнительно легко перерабатываться в изделия.
8. Опишите оптические процессы, происходящие на поверхности среды и внутри неё при падении электромагнитного излучения.
9. Дайте определение коэффициентов отражения, поглощения и пропускания.
10. В результате чего появляется преломлённая и отражённая волна?
11. Чем вызвано рассеяние света?
12. В чём смысл закона Рэлея? Где мы встречаемся с его проявлениями?
13. От чего зависит характер отраженного света?
14. Как меняется картина рассеяния света с увеличением размера рассеивающих частиц?
15. Приведите классификацию оптических материалов по строению.
16. Формула по которой вычисляется основной коэффициент дисперсии (число Аббе).
17. Классификация бесцветного неорганического стекла по составу.

Рейтинг-контроль № 2

18. Влияние напряжений на оптические характеристики деталей и качество оптической системы в целом.

19. Перечислите основные параметры электромагнитного излучения.
20. Что происходит с лучами света на границе раздела двух сред?
21. Назовите основные свойства оптического стекла.
22. Какие марки бесцветного оптического стекла применяют для изготовления оптических деталей?

Рейтинг-контроль № 3

23. Перечислите сырьевые материалы, используемые для варки стекла.
24. Виды стекловаренных печей.
25. Этапы технологического процесса варки.
26. Содержание этапов варки оптического стекла.
27. Выращивание кристаллов (методы выращивания кристаллов, суть методов).
28. Технология изготовления заготовок оптических деталей.

6.3. Темы для самостоятельного изучения

Самостоятельная работа студентов обеспечивается учебной литературой, представленной в библиотеке ВлГУ, электронным залом ВлГУ, Интернет-ресурсами, доступом к электронным библиотечным фондам (ЭБС «Лань», «Консультант Студента» и др.)

При решении задач на занятиях и самостоятельно предусмотрены многовариантные условия задачи, что дает возможность студенту подойти индивидуально к решению поставленных задач.

1. Прохождение оптического излучения через материалы.
2. Классификация оптических материалов.
3. Распространение оптического излучения при прохождении через вещество.
4. Оптические явления на границе двух сред.
5. Поляризация света при отражении от диэлектриков.
6. Рассеяние света материалами.
7. Люминисценция.
8. Строение и оптические свойства стекла.
9. Характерные особенности оптического стекла.
10. Теория строения стекла.
11. Типы и марки оптических бесцветных стекол.
12. Физико-химические характеристики и технологические свойства оптических стекол.
13. Механические свойства.
14. Определение остаточных напряжений в стекле.
15. Термические и термооптические характеристики стекла.
16. Химическая устойчивость стекла.
17. Виды оптических стекол с особыми свойствами.

18. Показатели качества оптических бесцветных стекол.
19. Стекла оптические цветные, стекла с особыми свойствами, ситаллы, органические стекла.
20. Оптические кристаллы и керамика.
21. Производство оптического бесцветного стекла.
22. Состав стекол для варки бесцветного оптического стекла.
23. Приготовление шихты.
24. Варка и выработка стекла.
25. Производство оптических деталей.
26. Выращивание кристаллов.
27. Технология изготовления заготовок оптических деталей.

6.6. Вопросы к экзамену.

1. Прохождение оптического излучения через материалы.
2. Классификация оптических материалов.
3. Распространение оптического излучения при прохождении через вещество.
4. Оптические явления на границе двух сред.
5. Поляризация света при отражении от диэлектриков.
6. Рассеяние света материалами.
7. Люминисценция.
8. Строение и оптические свойства стекла.
9. Характерные особенности оптического стекла.
10. Теория строения стекла.
11. Типы и марки оптических бесцветных стекол.
12. Физико-химические характеристики и технологические свойства оптических стекол.
13. Механические свойства.
14. Определение остаточных напряжений в стекле.
15. Термические и термооптические характеристики стекла.
16. Химическая устойчивость стекла.
17. Виды оптических стекол с особыми свойствами.
18. Показатели качества оптических бесцветных стекол.
19. Стекла оптические цветные, стекла с особыми свойствами, ситаллы, органические стекла.
20. Оптические кристаллы и керамика.
21. Производство оптического бесцветного стекла.
22. Состав стекол для варки бесцветного оптического стекла.
23. Приготовление шихты.
24. Варка и выработка стекла.
25. Производство оптических деталей.
26. Выращивание кристаллов.
27. Технология изготовления заготовок оптических деталей.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература

1. Орликов Л.Н. Основы технологии оптических материалов и изделий. В 2 ч. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 88 с. - ч.2.

2. Гусев, В. Г. Оптические и оптоэлектронные устройства для биологии и медицины (в вопросах и ответах) : учеб. пособие / В. Г. Гусев, Т. В. Мирина, И. В. Мирин. – 2-е изд., стер. – М.: ФЛИНТА, 2012. – 266 с.

3. Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи : учебное пособие/ Ефанов В.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 149 с.

б) дополнительная литература

1. Гуляян, Ю. А. Технология стекла и стеклоизделий: высших и средних специальных учебных заведениях, на предприятиях, в системах профессионально-технического и производственного обучения /Ю. А. Гуляян.-Изд. 2-е, перераб. и доп.-Владимир :Транзит-ИКС, 2015. - 712 с: ил. 8 экз. в библиотеке ВлГУ.

2. Цуканов, В.Н. Волоконно-оптическая техника [Электронный ресурс] / В.Н. Цуканов, М.Я. Яковлев. - М.: Инфра-Инженерия. - 2011. - 640 с.

3. Оптика: Учеб. пособие: Для вузов. / Ландсберг Г.С. - 6-е изд., стереот. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010.

4. Оптика: Учеб. пособие / Л.В. Жорина, Б.С. Старшинов. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011.

5. Современные проблемы оптотехники : Учеб. пособие / Ю.С. Гулина, М.Н. Ефименко, Е.М. Иванова, С.И. Назаров, О.А. Гореликова, Е.В. Родионов, О.О. Новикова, В.А. Лазарев, М.С. Ковалев, С.В. Григорьев, Д.С. Дворецкий: Под ред. В.Е. Карасика. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010.

6. Серова В.Н. Полимерные оптические материалы: монография/ Серова В.Н.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Научные основы и технологии, 2011.— 384 с.

в) периодические издания:

- журнал «Известия ВУЗов. Химия и химическая технология»;
- журнал «Химическая промышленность сегодня»;
- журнал «Фундаментальные проблемы современного материаловедения»;
- журнал «Бутлеровские сообщения»;
- журнал «Башкирский химический журнал»;

- журнал «Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология»;
- журнал «Современные наукоемкие технологии»

г) интернет-ресурсы:

- сайты ведущих научных журналов по химической технологии, оптическим материалам;
- электронные библиотечные системы «Лань», ЭБС «Znanium», Студенческая электронная библиотека «Консультант студента», ЭБС «IPRbooks» и др. (бесплатный доступ через электронную библиотеку ВлГУ).

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

- 1) интерактивные лекции (наборы презентаций для прочтения лекций);
- 2) набор DVD-фильмов по различным производствам стекла;
- 3) лаборатории для проведения лабораторных занятий (ауд. 305а, 430-1).

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии».

Рабочую программу составил



д.т.н., профессор Христофорова И.А.

Рецензент
(представитель работодателя)

зам. генерального директора по
научно-технологическому развитию
ЗАО «Компания «СТЭС», к.т.н.
Лазарев Е.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТ.

Протокол № 2 от 13.10.15 года

Заведующий кафедрой



Панов Ю.Т.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии».

Протокол № 29 от 13.10.15 года

Председатель комиссии



Аракелян С.М.

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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 _____

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 _____

Рецензия
на рабочую программу дисциплины «Оптические материалы и технологии»
для студентов направления 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»
очной формы обучения профессора кафедры ХТ Христофоровой И.А.

На рецензирование представлена рабочая программа дисциплины «Оптические материалы и технологии» профессора Христофоровой И.А. для студентов направления очной формы обучения.

В рабочей программе четко сформулирована цель освоения студентами данной дисциплины и задачи, выполнение которых позволяет достигнуть обозначенную цель.

В соответствии с ФГОС ВО в программе перечислены компетенции, в формировании которых участвует данная дисциплина. Определены и четко согласованы с соответствующими компетенциями результаты образования.

Объем дисциплины (4 ЗЕТ, 144 ч.) соответствует учебному плану направления. Тематический план дисциплины представлен с разбиением по неделям, с указанием количества всех форм занятий, в том числе в интерактивной форме. Перечислены контрольные мероприятия текущей и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины. В части содержания дисциплины тематический план представлен достаточно подробно, что позволяет составить представление о материале лекционного курса, тематике лабораторных и практических занятий и сделать вывод о том, что содержание дисциплины полностью соответствует современным тенденциям развития науки и техники в области химической технологии.

В рабочей программе содержатся оценочные средства в виде вопросов к экзамену, заданий для проведения рейтинг-контроля, которые позволяют преподавателю объективно оценить результаты освоения дисциплины в процессе и в конце обучения. Даны методические указания и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента как неотъемлемой составной части образовательного процесса.

Описаны технологии обучения, применяемые автором для активизации образовательного процесса для всех форм занятий: лекций, лабораторных занятий, практических занятий, самостоятельной работы.

В рабочей программе перечислена учебно-методическая литература, рекомендованная автором для изучения дисциплины: основная, которая формирует основные результаты образования и заявленные компетенции, и дополнительная (в том числе интернет-ресурсы), необходимая для более глубокого освоения основных положений дисциплины и развития творческих и интеллектуальных способностей студентов.

Заявленное в рабочей программе материально-техническое обеспечение позволяет реализовать заявленные задачи дисциплины и достигнуть поставленной цели.

Таким образом, представленная рабочая программа дисциплины «Оптические материалы и технологии» профессора Христофоровой И.А. составлена в полном соответствии с требованиями ФГОС ВО и может быть использована при подготовке бакалавров направления «Лазерная техника и лазерные технологии».

Рецензент:

зам. генерального директора по
научно-технологическому развитию
ЗАО «Компания «СТЭС», к.т.н.



Лазарев Е.В.