

Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт сильноточной электроники
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИСЭ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ
директор ИСЭ СО РАН
академик РАН



Н. А. Ратахин Н. А. Ратахин

« 24 » август 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ

«Источники спонтанного оптического излучения»

основных профессиональных образовательных программ высшего образования —
программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
по направлениям подготовки кадров высшей квалификации

№ п/п	Направление подготовки	Наименование ОПОП (профиль подготовки)	Место дисциплины в учебном плане
1	03.06.01 Физика и астрономия	Оптика	Вариативная часть, дисциплина по выбору

1. Общая характеристика дисциплины

1.1. Место дисциплины в структуре ООП

Перечень основных профессиональных образовательных программ высшего образования — программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлениям подготовки кадров высшей квалификации, в учебные планы которых входит данная дисциплина, и ее место в учебном плане обозначены на титульном листе настоящей рабочей программы.

Дисциплина изучает физические основы генерации узкополосного спонтанного оптического излучения при распаде эксимерных и эксиплексных молекул, основные процессы, обеспечивающие функционирование и определяющие особенности устройства и работы источников такого излучения — эксиламп, методы исследований и разработки эксиламп, а также различные применения излучения эксиламп ультрафиолетового и вакуумно-ультрафиолетового диапазонов спектра.

Для успешного освоения дисциплины аспирант должен знать:

- общую физику, оптику, физику газового разряда, основы физики плазмы в объеме, предусмотренном для магистров;
- и уметь:
- применять методы математического анализа,
- использовать персональный компьютер для решения научных задач.

1.2. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является углубленное изучение методологических и теоретических основ функционирования, устройства, проектирования и использования источников узкополосного спонтанного оптического излучения — эксиламп.

В результате изучения дисциплины аспирант должен знать:

- физические процессы спонтанного излучения эксимерных и эксиплексных молекул;
- механизмы возбуждения газовых рабочих сред на основе таких молекул;
- возможности использования этих процессов и механизмов для создания источников узкополосного спонтанного оптического излучения;
- различные методы исследования и моделирования эксиламп;

уметь:

- оценивать эффективность тех или иных излучательных механизмов, а также методов возбуждения рабочих сред эксиламп, в той или иной области спектра;

иметь представление:

- об эффективности использования излучения эксиламп различных видов для решения тех или иных практических задач.

1.3. Формируемые компетенции

Освоение настоящей дисциплины дает вклад в формирование у обучающихся следующих компетенций:

ОПК-1: Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

ПК-1: Наличие широких, целостных и глубоких знаний о физических процессах генерирования спонтанного оптического излучения, в том числе излучения эксимерных и эксиплексных молекул, о механизмах возбуждения газовых рабочих сред на основе таких молекул, возможностях использования этих процессов и механизмов для создания источников узкополосного спонтанного оптического излучения, о методах исследования и моделирования эксиламп (как составляющая профессиональной компетенции ПК-1 в ООП, в состав которой включается настоящая дисциплина).

ПК-2: Умение оценивать эффективность различных излучательных механизмов, а также методов возбуждения рабочих сред эксиламп, в той или иной области спектра, оценивать эф-

фektivности использования излучения эксиламп различных видов для решения конкретных практических задач (как составляющая профессиональной компетенции ПК-1 в ООП, в состав которой включается настоящая дисциплина).

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.

УК-2: Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.

УК-3: Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

Таблица соответствия компонентов фонда оценочных средств (ФОС) по дисциплине формируемым компетенциям приведена в п. 5.2 рабочей программы.

2. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часа).

2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы и их трудоемкость (в часах)		
		Лекции	Практика	Самостоятельная работа
1	Физические основы генерации узкополосного спонтанного оптического излучения в эксилampe	6	—	4
2	Методики измерений и техника эксперимента	6	—	4
3	Временные, амплитудно-временные и спектральные характеристики излучения эксиламп	16	—	10
4	Моделирование процессов в эксилampe	8	—	6
5	Применения УФ и ВУФ излучения эксиламп	—	—	12
	ИТОГО	36	—	36

2.2. Наименование тем, их содержание, объём в часах лекционных занятий

Порядковый номер лекции	Раздел, тема учебного курса, содержание лекции	Трудоемкость	
		час.	зач. ед.
	Раздел 1. Физические основы генерации узкополосного спонтанного оптического излучения в эксилampe	6	0,17
1	<u>Тема 1.1. Введение</u> 1.1.1. История исследований и разработок эксиламп ультрафиолетового и вакуумно-ультрафиолетового диапазона	2	0,055
2	<u>Тема 1.2. Эксимерные и эксиплексные молекулы и их излучательные свойства</u> 1.2.1. Димеры инертных газов. 1.2.2. Димеры на основе галогенов. 1.2.3. Системы на основе галогенидов инертных газов.	2	0,055
3	<u>Тема 1.3. Способы возбуждения эксиламп</u> 1.3.1. Барьерный разряд. 1.3.2. Высокочастотный и сверхвысокочастотный разряды. 1.3.3. Тлеющий разряд. 1.3.4. Импульсный объемный разряд с предыонизацией газовой среды. 1.3.6. Возбуждение разрядом в сверхзвуковой струе газа.	2	0,055

	1.3.7. Импульсное возбуждение с высокой плотностью мощности.		
Раздел 2. Методики измерений и техника эксперимента		6	0,17
4	<u>Тема 2.1. Источники питания и материалы для эксиламп</u> 2.1.1. Виды источников и особенности их конструкции. 2.1.2. Оптические материалы, применяемые в конструкциях эксиламп	2	0,055
5	<u>Тема 2.2. Определение мощности и энергии возбуждения рабочей среды</u> 2.2.1. Определение мощности возбуждения по вольт-кулоновской характеристике. 2.2.2. Электрическая теория озонаторов. 2.2.3. Методика контроля и измерения мощности возбуждения при помощи измерения амплитуды быстрой части скачка давления. 2.2.4. Решение уравнений Кирхгофа для определения временного хода мощности и энергии возбуждения.	2	0,055
6	<u>Тема 2.3. Измерение энергетических характеристик излучения эксиламп</u> 2.3.1. Физические методы регистрации мощности излучения. 2.3.2. Химические методы регистрации мощности излучения. <u>Тема 2.4. Диагностическая аппаратура</u> 2.4.1. Аппаратура для определения амплитудно-временных и спектральных характеристик излучения	2	0,055
Раздел 3. Временные, амплитудно-временные и спектральные характеристики излучения эксиламп		16	0,44
7	<u>Тема 3.1. Эксилампы на димерах инертных газов</u> <u>Тема 3.2. Эксилампы на элементах VII и VIII групп</u>	2	0,055
8	<u>Тема 3.3. Излучение димеров галогенов</u> Излучение димеров I ₂ * Излучение димеров Br ₂ * и Cl ₂ *	2	0,055
9	<u>Тема 3.4. Многополосные эксилампы на элементах VII и VIII групп</u> МПЭ импульсного объемного разряда МПЭ тлеющего разряда МПЭ барьерного разряда	2	0,055
10	<u>Тема 3.5. Эксилампы на элементах II и VII групп</u>	2	0,055
11	<u>Тема 3.6. Источники с высокой плотностью мощности излучения</u> Источники на основе барьерного разряда Источники на основе объемного разряда, инициируемого пучком электронов лавин	2	0,055
12	<u>Тема 3.7. Ресурсные характеристики эксиламп</u>	2	0,055
13	<u>Тема 3.8. Пространственные характеристики излучения эксиламп</u> 3.8.1. Характеристики излучения. 3.8.2. Уравнение переноса излучения и интегрирование вдоль луча. 3.8.3. Моделирование излучения лампы методом пробных фотонов. 3.8.4. Моделирование цилиндрической лампы.	2	0,055
14	<u>Динамика разжигания эксиламп барьерного разряда</u>	2	0,055
Раздел 4. Моделирование процессов в эксилампах		8	0,22
15	<u>Тема 4.1. Эксилампы с возбуждением импульсным объемным разрядом</u> 4.1.1. ArF (193 нм) эксиплексная лампа. 4.1.2. KrCl (222 нм) эксиплексная лампа.	2	0,055
16	<u>Тема 4.2. Эксилампы с возбуждением барьерным разрядом</u> 4.2.1. Физика барьерного разряда в инертногалогидной смеси. KrCl (222 нм) эксиплексная лампа.	2	0,055
17	<u>Тема 4.3. Эксилампы с возбуждением жестким ионизатором.</u> 4.3.1. Описание возбуждения жестким ионизатором. 4.3.2. Ксеноновая эксилампа на переходах димеров ксенона. 4.3.3. XeCl эксилампа в смеси Xe—NaCl.	2	0,055
18	<u>Тема 4.4. Эксилампы с возбуждением тлеющим разрядом</u> 4.4.1. Теоретическое описание.	2	0,055

4.4.2. Неон. Установившаяся температура электронов при максвелловском распределении. 4.4.3. Бинарные смеси. Основные каналы образования эксиплексных молекул. 4.4.4. Тройные смеси		
СУММАРНАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ	36	1,0

В ходе лекций предусматривается демонстрация работающих образцов эксиламп различных видов, спектральных диапазонов и различного назначения.

2.3. Практические занятия

Не предусмотрены.

2.4. Самостоятельная работа аспирантов

Внеаудиторная самостоятельная работа аспирантов включает следующие виды деятельности:

- проработку учебного материала по конспектам лекций и учебной литературе,
- конспектирование и реферирование источников из списка дополнительной учебной и научной литературы.

2.4.1. Темы, вынесенные на самостоятельное изучение

№ недели	Раздел учебного курса, тема, вынесенная на самостоятельное изучение	Трудовое время	
		час.	зач. ед.
	Раздел 5. Применения УФ и ВУФ излучения эксиламп	12	0,33
19	<u>Тема 5.1. Управление фотохимическими процессами</u> 5.1.1. Фотолиз и его варианты. 5.1.2. Фотохимические реакторы. 5.1.3. Фотодимеризация, фотосинтез и «зеленая химия». 5.1.4. Изучение фотофизических свойств органических веществ. 5.1.5. Очистка сточных вод. 5.1.6. Аналитические методы и приборы.	5	0,14
	<u>Тема 5.2. Управление фотобиологическими процессами</u> 5.2.1. ВУФ- и УФ-инактивация микроорганизмов и клеток. 5.2.2. Фотомедицина. 5.2.3. Фоторегуляция растений.	3	0,08
	<u>Тема 5.3. Модификация свойств поверхности под действием УФ излучения</u> 5.3.1. Очистка поверхности. 5.3.2. Фотостимулированное низкотемпературное окисление. 5.3.3. Осаждение металлических пленок. 5.3.4. Осаждение тонких диэлектрических пленок. 5.3.5. Фототравление полимеров. 5.3.6. Отверждение полимеров. 5.3.7. Фотолиитография. 5.3.8. Производство оптических материалов и оптоэлектронных приборов	4	0,11
	СУММАРНАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ	12	0,33

2.4.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

Используются виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах, на рабочих местах с доступом к интернет-ресурсам, и в домашних условиях. Аспиранты имеют возможность получать консультации у лектора.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим основную и дополнительную учебную и научную литературу, а также конспекты лекций.

3. Учебно-методические материалы

3.1. Основная литература

1. Г.А. Волкова, Н.Н. Кириллова, Е.Н. Павловская, А.В. Яковлева. ВУФ лампы на барьерном разряде в инертных газах. // ЖПС. –1984. –Т. XLI. –Вып. 4. –С. 691-695.
2. Kogelschatz U. Excimer lamps: history, discharge physics and industrial applications // Proc. SPIE. – 2004. – V.5483. – P. 272–286.
3. А.М. Бойченко, М.И. Ломаев, А.Н. Панченко, Э.А. Соснин, В.Ф. Тарасенко. Ультрафиолетовые и вакуумно-ультрафиолетовые эксилампы: физика, техника и применения. Изд-во STT, Томск, 2011. – 512 с.
4. Oppenländer T. Photochemical Purification of Water and Air. Weinheim: WILEY-VCH Verlag, 2003. – 368 p.
5. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. – М.: Наука, 1987. – 592 с.
6. Эксимерные лазеры (Под ред. Ч. Роудза) – М.: Мир, 1981. – 246 с.
7. Автаева С.В. Барьерный разряд. Исследование и применение. – Бишкек: Изд-во КРСУ, 2009. – 290 с.

3.2. Дополнительная литература

1. Рохлин Г.Н. Разрядные источники света. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 720 с.
2. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. – М.: ЗАО «Дом света», 2008. – 952 с.
3. Смирнов Б.М. Эксимерные молекулы // Успехи физических наук. – 1983. – Т.139. – №1. – С.53–81.
4. Ломаев М.В., Скакун В.С., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф., Шитц Д.В., Ерофеев М.В. Эксилампы – эффективные источники спонтанного УФ- и ВУФ-излучения // УФН. – 2003. – №2. – Т.173. – №2. – С. 201–217.
5. Самойлович В.Г., Гибалов В.И., Козлов К.В. Физическая химия барьерного разряда. – М.: Изд-во МГУ, 1989. –176 с.
6. Ломаев М.И., Панченко А.Н., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф. Эффективные источники спонтанного ультрафиолетового излучения: физика процессов и экспериментальная техника. Эксилампы. Томск: Томский государственный университет, 1999. 108 с. ISBN5-7137-0155-7.
7. Boyd I.W., Zhang J.-Y., Kogelschatz U. Development and Applications of UV Excimer Lamps / In Book Photo-Excited processes, Diagnostics and Applications (Ed. A. Peled). – The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. – P. 161–199.
8. Sosnin E.A., Oppenländer T., Tarasenko V.F. Applications of Capacitive and Barrier Discharge Excilamps in Photoscience. // Journal Photochemistry and Photobiology C: Reviews. – 2006. – V.7. – P. 145–163
9. Бойченко А.М., Яковленко С.И. Моделирование ламповых источников излучения. В кн.: Энциклопедия низкотемпературной плазмы (Гл. ред. В.Е. Фортов), 2005. – Серия Б. – Том XI-4. – V.3. – С. 569–508. – М.: Физматлит, 2005.
10. Ломаев М.И., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф. Эксилампы – источники спонтанного УФ и ВУФ излучения. В кн.: Энциклопедия низкотемпературной плазмы (Гл. ред. В.Е. Фортов), 2005. – Серия Б. – Том XI-4. – V.3. – С. 522–546. – М.: Физматлит, 2005.
11. Ломаев М.И., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф. Оптические свойства плазмы барьерного и ёмкостного разрядов в смесях инертных газов с галоидами и в инертных газах, эксилампы. В

кн.: Энциклопедия низкотемпературной плазмы (Гл. ред. В.Е. Фортов), 2008. – Серия Б. – Том III-2. – С. 526–556. – М.: Янус-К, 2008.

12. Алехин А.А., Баринов В.А., Герасько Ю.В., Костенко О.Ф., Любченко Ф.Н., Тюкавкин А.В., Шалашков В.И. Непрерывные плазмохимические источники света. Под ред. Ф. Н. Любченко. –М.: "БИОР", 1997. -160 с.

13. Герасимов Г.Н., Крылов Б.Е., Логинов А.В., Щукин С.А. Ультрафиолетовое излучение возбуждённых молекул инертных газов // Успехи физических наук. – 1992. – Т.162. – №5. – С.123–159.

14. Ломаев М.И. Определение энерговогода в эксилампах с возбуждением барьерным разрядом // Оптика атмосферы и океана. –2001. –Т. 14. –№ 11. –С. 1091-1095.

15. Liu S. and Neiger M. Electrical modeling of homogeneous dielectric barrier discharges under an arbitrary excitation voltage. // J. Phys. D: Appl. Phys. 2003. V. 36. P. 3144-3150.

16. Пикулев А.А., Цветков В.М., Соснин Э.А., Панарин В.А., Тарасенко В.Ф. Исследование термодинамических процессов в эксилампах методом скачка давления (обзор) // ПТЭ. –2012. – № 5. –С 3-15.

17. Zhang J.-Y., Boyd I.W. Lifetime investigation of excimer UV sources // Applied Surface Science. – 2000. – V.168. – P.296–299.

18. Carman R.J., and Mildren R.P. Computer modeling of a short-pulse excited dielectric barrier discharge xenon excimer lamp ($\lambda \sim 172$ nm) // J. Phys. D: Appl. Phys. –2003. –V. 36. –P. 19–33.

19. A.N. Panchenko, V.F. Tarasenko, A.N. Belokurov, P. Mendoza. Planar KrCl* excilamp pumped by transverse self-sustained discharge with optical system for radiation concentration // Phys. Scr. –2006. –Vol. 74. –P. 108–113.

20. M.I. Lomaev, E.A. Sosnin, V.F. Tarasenko. Excilamps and their applications. // Progress in Quantum Electronics. –2012. –Vol. 36, –Issue 1. –P. 51-97.

3.3. Интернет-ресурсы

1. LINEX® – Linear Excimer LAMP System (123 D05 E 05/03 Co) // http://osram.com/_global/pdf/Professional/Display_Optic/Display_Systems/123D005GB_PI_LINEX.pdf

2. PLANON® Technical Information (104 S02 X 03/02 Co) // http://osram.com/_global/pdf/Professional/Display_Optic/Display_Systems/PLANON/PLANON_TechnikInfos.pdf

3. CiMAX-200 Excimer Lamp System (USHIO) // <http://www.ushio.com/products/semiconductor/excimer.htm>

4. УФ- и ВУФ-эксилампы. Технологии и разработки института сильноточной электроники СО РАН // <http://www.hcei.tsc.ru/ru/cat/technologies/tech10.html>

5. Сайт фирмы «Resonance Ltd» // <http://resonance.on.ca/Excimer.html>

6. BlueLight Compact Excimer UV System (сайт компании Heraeus Noblelight GmbH) // http://www.heraeus-noblelight.com/fileadmin/user_upload/PDF/disinfection/BlueLight_Compact.pdf

7. e-lux Vacuum Ultraviolet Excimer Lamp (сайт компании OPTIMARE GmbH) // http://www.optimare.de/cms/fileadmin/PDF/OPTIMARE_AN_elux_en.pdf

8. Сайт компании Opthos Instruments, Inc. // <http://www.e-opthos.com/sources.htm>

9. Сайт компании Quarktechnology Co., Ltd // <http://www.quark-tec.com>

10. Сайт компании M.D. Excimer, inc // <http://www.mdexcimer.com>

11. Сайт компании M.D. Com, inc // <http://mdcm.co.jp>

12. Сайт компании «SEN Engineering Co., Ltd» <http://www.senengineering.co.jp/product/index.html>

4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- аудиторный фонд ИСЭ СО РАН,
- средства мультимедиа,
- рабочее место аспиранта с выходом в Интернет,
- библиотечный фонд ИСЭ СО РАН,

- экспериментальный парк эксиламп в лаборатории оптических излучений ИСЭ СО РАН.

5. Оценка качества освоения дисциплины

5.1. Оценочные мероприятия и формирование оценки

Оценка качества освоения дисциплины обучающимся осуществляется с использованием балльной системы. Перечень оценочных мероприятий и максимальное количество баллов, которое может быть получено обучающимся в результате каждого мероприятия, приведены в таблице.

Оценочное мероприятие	Максимальное число баллов
Промежуточные тесты (по разделам дисциплины)	20
Подготовка реферата (самостоятельная работа)	10
Решение задач (самостоятельная работа)	20
Дифференцированный зачет	50
Максимальный суммарный балл	100

На дифференцированном зачете аспиранту выставляется оценка и соответствующее ей число баллов:

«Отлично»: 41—50 баллов.

«Хорошо»: 31—40 баллов.

«Удовлетворительно»: 16—30 баллов.

«Неудовлетворительно»: 15 баллов и менее.

Итоговая оценка качества освоения дисциплины определяется величиной суммарного балла:

«Отлично»: 81—100 баллов.

«Хорошо»: 61—80 баллов.

«Удовлетворительно»: 41—60 баллов.

«Неудовлетворительно»: 40 баллов и менее.

5.2. Соответствие оценочных мероприятий (компонентов ФОС) дисциплины формируемым компетенциям, перечисленным в п. 1.3

Компонента ФОС, оценочное мероприятие	Компетенции					
	ОПК-1	ПК-1	ПК-2	УК-1	УК-2	УК-3
Промежуточные тесты (по разделам дисциплины)	+	+	+			
Подготовка реферата	+	+	+	+		
Решение задач (самостоятельная работа)	+	+	+	+	+	+
Дифференцированный зачет	+	+	+	+		

Рабочая программа составлена на основании:

федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, утвержденных приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 867;

- паспорта специальности научных работников 01.04.05 — оптика;
- программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 01.04.05, утвержденного приказом Минобрнауки РФ от 08.10.2007 г. № 274.

Составитель рабочей программы
в.н.с., д.ф.-м.н.

М. И. Ломаев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена ученым советом ИСЭ СО РАН.
Протокол № 13 от «24» августа 2018 г.

Секретарь ученого совета, д.ф.-м.н.



И. В. Пегель

Дополнения и изменения в рабочей программе
за _____ / _____ учебный год

В рабочую программу дисциплины «Источники спонтанного оптического излучения» вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес _____
(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании ученого совета ИСЭ СО РАН.
Протокол № ____ от « » _____ 20__ г.

Секретарь ученого совета

подпись

Ф. И. О.