

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.262.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 22 ноября 2021 г. № 11

О присуждении Колесникову Алексею Олеговичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Разработка и исследование оптических элементов и спектральных приборов на их основе для вакуумной ультрафиолетовой области спектра» по специальности 1.3.6 – «Оптика» принята к защите 28 июня 2021 года (протокол заседания № 4) диссертационным советом 24.1.262.01, созданным 11 апреля 2012 года приказом № 105/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Колесников Алексей Олегович, 2 декабря 1992 года рождения, в 2017 году с отличием окончил Факультет проблем физики и энергетики Московского физико-технического института (МФТИ) по специальности «Прикладная математика и физика», защитив магистерскую дипломную работу. С 1 сентября 2017 года обучался в аспирантуре МФТИ по направлению «Физика и астрономия» и закончил её 10 июля 2021 года, получив диплом об окончании аспирантуры с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь». Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана МФТИ в 2021 году. С октября 2014 года по настоящее время

А.О. Колесников работает в Отделе спектроскопии Отделения оптики ФИАН. С 1 июня 2019 г. по результатам конкурса зачислен на должность высококвалифицированного младшего научного сотрудника.

Диссертационная работа А.О. Колесникова выполнена в Отделе спектроскопии Отделения оптики ФИАН.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук Рагозин Евгений Николаевич, высококвалифицированный ведущий научный сотрудник Отделения оптики ФИАН.

Научный консультант: кандидат физико-математических наук Вишняков Евгений Александрович, высококвалифицированный научный сотрудник Отделения оптики ФИАН.

Официальные оппоненты:

1. Скобелев Игорь Юрьевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории №1.1 диагностики вещества в экстремальном состоянии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН);

2. Бушуев Владимир Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор Кафедры физики твердого тела Физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт спектроскопии Российской академии наук (ИСАН), город Москва, город Троицк, в своем положительном отзыве, подписанном кандидатом физико-математических наук Анциферовым Павлом Станиславовичем, ведущим научным сотрудником Отдела атомной спектроскопии ИСАН, и кандидатом физико-математических наук Медведевым

Вячеславом Валериевичем, старшим научным сотрудником, заведующим Отделом атомной спектроскопии ИСАН, и утвержденном доктором физико-математических наук, профессором Задковым Виктором Николаевичем, директором ИСАН, указала, что соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 34 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации 12 работ, из них 6 работ опубликованы в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science. Получен один патент РФ. Результаты работы доложены на 7 российских и международных конференциях.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем А.О. Колесниковым работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Вишняков Е.А., Колесников А.О., Рагозин Е.Н., Шатохин А.Н. VLS-спектрографы с плоским полем для мягкого рентгеновского излучения. // Квантовая электроника – 2016. Т 46. – №10. – С. 953–960.
2. Е.А. Вишняков, А.О. Колесников, Е.Н. Рагозин, А.Н. Шатохин. «Изображающий спектрограф нормального падения на основе аperiодической сферической решетки для вакуумной области спектра». // Оптика и спектроскопия – 2018 – Т. 125. – №5. – С 687 – 698.
3. Колесников А.О., Вишняков Е.А., Шатохин А.Н., Рагозин Е.Н. VLS-спектрометр с плоским полем на область длин волн 50–275 Å. // Квантовая электроника – 2019 – Т. 49. – №11. – С. 1054 – 1058.
4. Колесников А.О., Вишняков Е.А., Рагозин Е.Н., Шатохин А.Н. Изображающий широкополосный спектрограф для мягкого рентгеновского диапазона ($\lambda > 111 \text{ \AA}$) с пропускающей дифракционной решеткой. // Квантовая электроника – 2020 – Т. 50. – №10. – С. 967–975.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием у них признанных достижений в области спектроскопии мягкого рентгеновского диапазона.

Диссертационный совет отмечает, что в диссертации исследованы возможности применения сферических дифракционных решеток с шагом, зависящим от координаты на апертуре (varied line-space gratings, VLS-решеток), в схемах нормального и скользящего падения, изготовление таких решеток методом интерференционной литографии, а также возможности создания широкополосных зеркал на основе аperiодических многослойных структур Mo/Be для работы в диапазоне за L-краем кремния.

На основании выполненных соискателем исследований диссертационный совет отмечает следующие основные результаты работы:

1. Разработан метод решения “обратной” задачи интерференционной литографии, позволяющий находить параметры схемы записи, состоящей из двух точечных монохроматических источников и одного сферического зеркала, для изготовления плоской или сферической VLS-решетки. При этом зависимость частоты интерференционных полос от координаты отклоняется от требуемой зависимости частоты штрихов от координаты не более, чем на 0.1%. С помощью схемы записи, рассчитанной данным методом, в Научно-производственном объединении Государственный институт прикладной оптики (г. Казань) были изготовлены первые отечественные сферические VLS-решетки для спектрографа скользящего падения с плоским полем.

2. Разработан метод расчета спектрографа скользящего падения с плоским полем, позволяющий подобрать оптическую схему под требуемые параметры, такие как диапазон, габариты и спектральное разрешение. Рассчитаны три спектрографа: с габаритами 25 см, 0.5 м и 1.5 м для диапазонов 90 – 250 Å, 50 – 275 Å и 20 – 110 Å, разрешающей способностью 400, 850 и 2400, соответственно. Создан и испытан первый отечественный спектрограф скользящего падения с плоским полем с габаритами 0.5 м, диапазоном 50 – 275 Å и экспериментально продемонстрированной разрешающей

способностью не менее 750.

3. Проанализированы возможные варианты схем изображающего широкополосного спектрографа нормального падения (1) на основе сферической VLS-решетки с размещением входной щели и детектора на оси симметрии решетки и (2) на основе сферической периодической решетки с криволинейными штрихами с размещением входной щели и детектора на круге Роуланда. Рассчитаны по два варианта таких спектрографов на основе каждого типа решеток для вакуумного ультрафиолетового (ВУФ) диапазона с шириной около октавы длин волн и центром на $\lambda \sim 1250 \text{ \AA}$.

4. Выполнен расчет четырех аperiodических многослойных структур Mo/Be с применением сглаживания толщин соседних слоев для широкополосных рентгеновских зеркал. Зеркала обладают равномерным отражением на уровне 15.8, 12.6, 10.7 и 10.3% в диапазонах 111 – 138, 111 – 150, 111 – 200 и 111 – 222 \AA при среднеквадратичном отклонении коэффициента отражения от среднего 3.2, 5.5, 7.6, и 5.8%, соответственно.

5. Испытан в эксперименте изображающий спектрограф на основе широкополосного (111–138 \AA) Mo/Be зеркала нормального падения и широкоапертурной свободновисящей пропускающей дифракционной решетки (1000 мм^{-1}). При этом, используя квазиконтинуум излучения вольфрамовой лазерной плазмы, удалось определить толщину “мертвого” слоя ПЗС-детектора. Решена также задача по разделению порядков дифракции на поддерживающей структуре решетки и по восстановлению пространственного хода интенсивности спектральных линий лазерной плазмы (мишень: LiF).

Все основные научные результаты, включенные в диссертацию Колесникова А.О., получены лично автором либо при его непосредственном участии, являются оригинальными и научно обоснованными.

Анализ и интерпретация полученных результатов, подготовка материалов к опубликованию производились автором лично или в сотрудничестве с соавторами.

Достоверность полученных в работе результатов определяется согласием

аналитических расчетов, результатов численной трассировки лучей, проведенной с использованием нескольких различных программ, и экспериментальных результатов.

Научная новизна полученных результатов обусловлена тем, что впервые найден общий метод решения обратной задачи интерференционной литографии для схемы записи с одним вспомогательным сферическим зеркалом-“аббератором”, впервые произведен исчерпывающий анализ схем широкополосных изображающих спектрографов нормального падения на основе сферической VLS-решетки или на основе периодической сферической решетки с криволинейными штрихами, впервые произведен расчет широкополосных рентгеновских зеркал нормального падения на основе многослойных структур Mo/Be с применением сглаживания толщин соседних слоев, испытаны в эксперименте первые широкополосные рентгеновские зеркала нормального падения на основе многослойной структуры Mo/Be.

Практическая значимость исследования заключается в предложенном методе решения обратной задачи интерференционной литографии, что продвигает отечественную технологию изготовления VLS-решеток, а также в предложенных методах расчета схем спектральных приборов с решетками такого типа под заданные спектральный диапазон, разрешающую способность, габариты и другие требования, что позволяет создавать приборы с уникальными характеристиками, подходящими под конкретную исследовательскую задачу.

Результаты работы могут быть использованы в спектроскопии ВУФ и мягкого рентгеновского диапазонов, в том числе при диагностике плазмы.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

В ходе защиты соискатель Колесников А.О. аргументировано ответил на заданные ему вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 22 ноября 2021 года диссертационный совет принял решение присудить А.О. Колесникову учёную степень кандидата физико-математических наук за решение научной задачи расчета схемы записи для

изготовления плоских и сферических VLS-решеток методом интерференционной литографии, создания на их основе оптико-спектральных приборов для далекой ВУФ и мягкой рентгеновской области спектра, разработки и применения новых широкополосных многослойных рентгеновских зеркал нормального падения в области $\lambda > 111 \text{ \AA}$, охватывающей L-край кремния. Решение этой задачи имеет важное значение для развития спектрометрии в ВУФ и мягком рентгеновском диапазонах, в том числе для расширения диапазона построения стигматических спектральных изображений источников мягкого рентгеновского излучения в коротковолновую сторону.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 22 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.6 – Оптика), участвовавшие в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени - 21,

против присуждения учёной степени - 0,

недействительных бюллетеней - 1.

Председатель диссертационного совета,

член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н., Колачевский Николай Николаевич

Учёный секретарь диссертационного совета,

д.ф.-м.н.

Золотько Александр Степанович

22 ноября 2021 г.