

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института
физики полупроводников им. А.В. Ржанова
Сибирского отделения Российской академии
наук, академик РАН



 А.В. Латышев

« 10 августа 2018 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Назьмова Владимира Петровича

«Литографическая широкоапертурная рефракционная рентгеновская оптика», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики

Диссертационная работа Назьмова Владимира Петровича посвящена созданию и исследованию приборов на основе рентгеновских преломляющих линз. В работе разработаны математические модели плоских рентгеновских преломляющих линз, изготовлены образцы линз и исследованы их основные характеристики. Работа основана на использовании и дальнейшем развитии проекционной рентгеновской литографии на источниках синхротронного излучения. С использованием рентгеновских шаблонов на мембранах из титана с поглощающим слоем из золота созданы полимерные фокусирующие линзы, при этом достигнуты рекордные величины аспектного отношения для элементов линз при толщинах полимера в линзах до 7 мм. Получены значительные результаты в создании приборов на основе рентгеновских преломляющих линз различной геометрии и морфологии с расчетным размером фокуса до 40 нм в диапазоне энергий рентгеновских квантов от 10

до 40 кэВ. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Актуальность темы диссертации определяется широким кругом проводимых в мире исследований, в которых анализируются возможности фокусировки синхротронного рентгеновского излучения с помощью преломляющих линз. Кроме того представляется насущной необходимостью развития методов и приборов для нанодиагностики материалов, включая полупроводниковые наноматериалы. Благодаря высокой проникающей способности рентгеновского излучения информация может быть получена не только с поверхности, но и с глубины объекта. Несмотря на то, что рентгеновское излучение относится к классу ионизирующих излучений, воздействие квантов высоких энергий не приводит к заметному изменению механических и других свойств исследуемых объектов, не создает дефектов в кристаллах полупроводников. Это позволяет использовать методы рентгеновской нанодиагностики для научных исследований, в частности в биологии, химии, археологии, истории и хронологии, геологии, физике, экологии. Таким образом, диссертация Назьмова В.П., представляющая собой комплексное исследование по разработке и анализу характеристик рентгеновских преломляющих линз, безусловно, является актуальной работой, как в области рентгеновской литографии, так и в области разработки приборов рентгеновской нанодиагностики.

Содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования, критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования. Выдвигаемые соискателем теоретические и методологические положения, а также сформированные в диссертации выводы и предложения, как результаты исследования, являются новыми.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и теме диссертации представляется бесспорным, поскольку работа целиком и полностью посвящена исследованию широкоапертурной рефракционной рентгеновской оптики, созданной методом рентгеновской литографии. Созданы и исследованы новые приборы (рентгеновский микроскоп, рентгеновский телескоп и монохроматор) на основе широкоапертурных преломляющих рентгеновских линз.

Степень достоверности результатов исследования является высокой, поскольку материалы диссертации прошли апробацию на многочисленных международных конференциях и опубликованы в 57 научных статьях, цитируемых в базах данных “Web of Science” и “Scopus”.

Научная и практическая значимость полученных автором диссертации результатов заключается в установлении предельных возможностей рентгеновской литографии и рентгеновских полимерных линз с высокой апертурой. Структурные элементы полученных в работе рентгеновских линз отличаются рекордным аспектным отношением.

Вследствие высокой степени фокусировки рентгеновского излучения в фокусе линз и существенного повышения интенсивности рентгеновского излучения в фокусе размером в десятки нанометров реализована высокая предельная чувствительность (способность к обнаружению) рентгеновского анализатора элементов вещества, достигающая 10 аттограмм при работе в атмосферных условиях.

Полученные данные по параметрам преломляющих рентгеновских линз могут быть использованы при проектировании и создании новых приборов рентгеновской оптики, в частности рентгеновской установки совмещения и экспонирования (нанолиитографа) для использования в нанoeлектронике и фотонике.

Полученные результаты можно рекомендовать для использования при нанодиагностике наноматериалов и наноструктур, включая полупроводниковые структуры и биологические объекты. Результаты диссертационной работы представляют интерес для таких организаций, как Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН (г. Новосибирск), Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН (г. Новосибирск), Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН (г. Новосибирск), Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН (г. Черноголовка), а также других организаций, специализирующихся на изучении полупроводниковых наноматериалов и разработке устройств и структур для наноэлектроники и фотоники.

Научная новизна работы состоит в том, что в ней впервые выполнено подкрепленное обширным экспериментальным материалом обобщенное исследование реализации фокусировки рентгеновского излучения в полимерных линзах Френеля с учетом конструкции, особенностей рентгеновской литографии с использованием синхротронного излучения, и радиационной стойкости.

Впервые получены и исследованы широкоапертурные рентгеновские линзы из полимера, устойчиво работающие в режиме пропускания рентгеновского синхротронного излучения.

Созданы новые оптические приборы для работы в рентгеновском диапазоне (микроскоп, телескоп, монохроматор) с уникальными характеристиками. В результате работы получено пять патентов на изобретения.

Возникшие при обсуждении диссертационной работы **замечания** заключаются в следующем:

1. Интенсивность рассеянного рентгеновского излучения, возникающего при прохождении рентгеновских лучей через полимерные линзы в случае разработанного рентгеновского монохроматора сравнима по величине с полезным сигналом. Это обстоятельство вызовет дополнительное облучение исследуемых образцов «фоновым» излучением в широком диапазоне энергий рентгеновских квантов.
2. Положения, выносимые на защиту, недостаточно полно описывают содержательную часть диссертации, и сформулированы слишком лаконично.
3. В печатном варианте диссертации отсутствует страница № 103. Имеется более 45 опечаток в тексте диссертации.
4. В списке опубликованных автором работ в автореферате не приведены имена всех соавторов соискателя.

Заключение

Указанные замечания не снижают научной значимости и общей высокой оценки диссертационной работы. В целом, диссертационная работа В.П. Назьмова «Литографическая широкоапертурная рефракционная рентгеновская оптика» является законченным научным исследованием, имеет как научную, так и практическую ценность. Результаты исследований опубликованы в высокорейтинговых научных журналах. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертационной работы.

Диссертация В.П. Назьмова является целенаправленным исследованием, в результате которого созданы основы нового направления в физике и технологии приборов – рентгеновских широкоапертурных линз для рентгеновских микроскопов, телескопов, монохроматоров, наноанализаторов материалов.

Диссертация В.П. Назьмова отвечает всем требованиям и критериям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени доктора физико-математических наук в соответствии с «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации №842 (п.9) от 24 сентября 2013 года, а её автор Назьмов Владимир Петрович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

Доклад В.П. Назьмова по материалам диссертационной работы был заслушан и обсужден на институтском семинаре на базе лаборатории нанодиагностики и нанолитографии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук 28 июня 2018 г., (Протокол № 9).

Отзыв на диссертационную работу В.П. Назьмова одобрен Ученым советом ИФП СО РАН протокол № 8 от 09 июля 2018 г.

Отзыв составили старший научный сотрудник лаборатории нанодиагностики и нанолитографии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, кандидат физико-математических наук



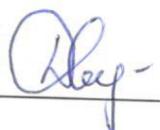
Настаушев Юрий Владимирович

Ведущий научный сотрудник лаборатории нанодиагностики и нанолитографии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, доктор физико-математических наук



Шкляев Александр Андреевич

Председатель семинара,
член-корреспондент РАН,
д.ф.-м.н., профессор

 А.В. Двуреченский

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова
Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП СО РАН)
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13.
Тел. +7(383)330-90-55
Факс +7(383)333-27-71
E-mail: ifp@isp.nsc.ru , webmaster@isp.nsc.ru
Web: <http://www.isp.nsc.ru/>