

## Отзыв

**научного руководителя о работе аспиранта Михайленко М.С. представившего диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему «Разработка аппаратуры и методов ионно-пучкового травления для получения высокоточных элементов рентгеновской оптики» по специальности 1.3.2 Приборы и методы экспериментальной физики.**

Михаил Сергеевич Михайленко обучался очно в аспирантуре по специальности 1.3.2 Приборы и методы экспериментальной физики при Институте Физики Микроструктур РАН с 2019 года.

За время обучения Михайленко М.С. в полном объеме выполнил план аспирантской подготовки. При этом Михайленко М.С. проявил способности к работе с научной литературой, овладению изложенным в ней материалом, освоил методику проведения экспериментальных работ и обработку полученных данных, а также теоретического обобщения полученных результатов.

За время работы в ИФМ РАН зарекомендовал себя как дисциплинированный, аккуратный, ответственный, самостоятельный, инициативный и добросовестный сотрудник. Михаил успешно справляется как с теоретическими, так и экспериментальными задачами, что уже делает его очень востребованным членом коллектива. В работах М.С. Михайленко проведены глубокие теоретические и экспериментальные исследования физики распыления широкого спектра оптических материалов пучками ускоренных ионов. Михаил на основе собственных экспериментальных данных, а также теоретических моделей, описанных в литературе, разработал модель распыления с учётом эволюции микрошероховатости поверхности и реализовал ее в программе, тем самым дополнил неохваченный ранее диапазон низких энергий ионов ( $E_{\text{ионов}} < 1.5 \text{ кэВ}$ ) (доступные в научной среде модели, такие как SRIM и SDTrim, заметно расходятся с экспериментом в этом интервале энергий). С его непосредственным и, зачастую, определяющим участием обнаружены важные закономерности влияния ионных пучков на морфологию и шероховатость поверхности. Разработан ряд методик, такие как глубокая ионно-пучковая асферизация оптических поверхностей, коррекция локальных ошибок формы малоразмерным ионным пучком и др., которые позволяют создавать прецизионные оптические элементы дифракционного качества с атомарно гладкой шероховатостью для коротковолнового ( $\lambda \sim 2\text{-}30 \text{ нм}$ ) диапазона длин волн. Михаил также занимается разработкой и модернизацией экспериментального оборудования. В частности, с его



значительным участием разработан новый источник ускоренных ионов с фокусировкой ионного пучка обладающий рекордными для данного диапазона энергий ( $E_{\text{ионов}} \leq 1.5$  кэВ) характеристиками. Диаметр пучка на полуширине меньше 2 мм, при плотности ионного тока порядка 90 мА/см<sup>2</sup>, что обеспечивает скорость травления до 1.5 мкм/мин.

В процессе выполнения работы Михаил осуществил модернизацию исследовательской установки, а также разработал и собрал новую установку для проведения асферизации поверхности оптических элементов широкоапертурным ионным пучком (в том числе для случая внеосевой асферики). На разработанной установке уже изготавливаются элементы для современных рентгенооптических схем. По результатам исследований опубликован ряд статей в отечественных и иностранных научных журналах. Диссертационная работа выполнена грамотно и квалифицированно, на высоком научном уровне. Значимость данной работы подтверждена в рецензируемых научных публикациях, в изданиях входящих в Scopus и список ВАК.

Автор работы в достаточной мере владеет методами экспериментальных исследований и научного анализа, обладает высоким уровнем подготовленности к проведению самостоятельных научных исследований, имеет достаточные знания в области экспериментальной физики.

Считаю, что Михайленко М.С. отвечает требованиям, предъявляемым к кандидату физико-математических наук, и заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2. - Приборы и методы экспериментальной физики.

Научный руководитель  
К.ф.-м.н., зав. лабораторией 8133 отд. 8130



Пестов А.Е.

Подпись А.Е. Пестова заверяю  
Ученый секретарь ИФМ РАН  
к.ф.-м.н.



Гапонова Д.М.