

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Михаила Сергеевича МИХАЙЛЕНКО «Разработка аппаратуры и методов ионно-пучкового травления для получения высокоточных элементов рентгеновской оптики», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 – Приборы и методы экспериментальной физики

Целью диссертационной работы М.С. Михайленко является экспериментальное исследование динамики поведения параметров шероховатости поверхности и коэффициентов распыления различных перспективных материалов при облучении ускоренными ионами подложек, используемых для создания высококачественных элементов многослойной рентгеновской оптики нормального падения.

Актуальность как самой темы диссертации, так и полученных в ней оригинальных результатов не вызывают сомнений. Это обусловлено тем, что с переходом в коротковолновый диапазон длин волн (3-100 нм), интересный для диагностики плазмы, технологии развития микроэлектроники на основе рентгеновской нанолитографии, получения томографических изображений в области «водяного окна» и т.п. для повышения коэффициента отражения, близкого к теоретическому пределу, принципиально важное значение имеют как точность формы поверхностей подложек, так и степень их шероховатостей буквально на атомном уровне. При этом следует особо подчеркнуть, что такие точности и гладкости подложек могут быть достигнуты только с использованием ионно-пучковых методов обработки.

Для достижения поставленных целей автору пришлось решить целый ряд конкретных задач – от анализа влияния вида газа, энергии и углов падения ионов, кристаллографической ориентации подложки на коэффициенты распыления и поведение шероховатости поверхности до разработки методик ионной обработки поверхностей с атомарной гладкостью.


К наиболее существенным научным результатам, полученных автором диссертации, можно отнести следующие результаты и положения, выносимые на защиту: 1) Определены параметры процесса травления (вид газа, энергия ионов и угол падения), развиты методы и разработано оборудование, которые позволяют проводить полировку, асферизацию и коррекцию локальных ошибок формы оптических элементов из плавленого кварца, бериллия и монокристаллического кремния с субнанометровой точностью и шероховатостью поверхности менее 0.3 нм в диапазоне пространственных частот 4.9×10^{-2} - 6.3×10 мкм⁻¹; 2) Разработаны ионно-оптическая схема и система компенсации заряда пучка для источника ускоренных ионов с холодным катодом, которые обеспечивают повышение

скорости травления в 7.5 раз без использования коллимирующей диафрагмы; 3) Показано, что влияние энергии ионов на шероховатость поверхности при ионно-пучковом травлении монокристаллического кремния носит пороговый характер и объясняется частичной аморфизацией приповерхностного слоя, причем при энергии выше пороговой реализуется сглаживание шероховатостей поверхности.

Автореферат дает полное представление о диссертационной работе. Результаты диссертации опубликованы в 12-ти статьях в отечественных журналах и в 13-ти статьях в международных журналах. Многочисленные рисунки и графики исчерпывающим образом демонстрируют основные достижения автора. Сколь-нибудь существенные замечания по автореферату отсутствуют.

Основные выводы, сформулированные в диссертации, соответствуют поставленным задачам. Оформление автореферата соответствует требованиям, предъявляемым Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации на соискание ученой степени кандидата наук, в том числе п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в ред. Постановления Правительства РФ от 21.04.2016 № 335), а её автор Михайленко М.С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Бушуев Владимир Алексеевич



19.11.2024

Доктор физико-математических наук
по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния,
профессор кафедры физики твердого тела физического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова

Адрес: 119991, г. Москва, ГСП-1, МГУ имени М.В. Ломоносова,
Ленинские горы, д. 1, стр. 2, физический факультет
Тел.: 8(495) 939-12-26
e-mail: yabushuev@yandex.ru

Подпись профессора В.А. Бушуева удостоверяю
Ученый секретарь Ученого совета
физического факультета МГУ
имени М.В. Ломоносова
доцент



С.Ю. Стремouхов