

## ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертационной работе «Изучение влияния материала барьерного слоя и температуры отжига на процесс формирования межслоевых областей в многослойных короткопериодных рентгеновских зеркалах на основе бериллия» соискателя ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния Сахоненкова Сергея Сергеевича.

Диссертационная работа С.С. Сахоненкова посвящена исследованию формирования межслоевых областей в короткопериодных многослойных структурах на основе бериллия W(Cr)/Be. Данные структуры чрезвычайно востребованы в экспериментах с использованием синхротронного излучения в областях мягкого и жесткого рентгеновского излучений, поскольку применение таких структур позволяет эффективно подавлять высокие порядки дифракции и обеспечивает работу при больших углах скольжения. Уменьшение топологических размеров многослойных структур ведет к существенному возрастанию роли процессов, происходящих на межфазной границе, что приводит к формированию переходных слоев, сопоставимых по протяженности с толщиной основных слоев, и как следствие, к уменьшению отражательной способности структуры. Выбор объектов исследования и предложенная методология их исследования позволили Сахоненкову С.С. установить, что в короткопериодных зеркалах ( $d < 3$  нм) происходит полное перемешивание слоев, а также дать теоретическую оценку влияния различных факторов на величину перемешивания слоев и указать возможность управления степенью перемешивания путем введения барьерных слоев в зависимости от их материала. На базе полученных результатов был развит подход к управлению составом и протяженностью межслоевых областей в короткопериодных многослойных зеркалах.

Следует подчеркнуть, что предложенный теоретический подход к анализу перемешивания слоев в процессе осаждения материалов, выбору материала барьерного слоя и месту его расположения с учетом критериев выбора толщин слоев является новым и будет способствовать оптимизации технологии изготовления короткопериодных зеркал.

Полученные в работе результаты интересны и важны как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения и могут быть использованы при разработке оптимальных конфигураций зеркал для различных диапазонов излучения, особенно для области жесткого рентгеновского излучения.

За время обучения в СПбГУ С.С. Сахоненков успешно защитил бакалаврскую и магистерскую диссертации, в полной мере освоил работу на самых современных рентгеновских спектрометрах с высокими экспериментальными характеристиками, получил богатый опыт проведения экспериментальных исследований, как в СПбГУ, так и в ведущих мировых научно-исследовательских центрах синхротронного излучения (BESSY II (Берлин) и DESY (Гамбург) (Германия), Elettra (Италия), "КИСИ-Курчатов" (Москва)), и проявил себя грамотным, ответственным и инициативным исследователем в области физики межфазных границ, сформировался как высококвалифицированный специалист, способный реализовывать научно-исследовательские проекты, решать сложные научные задачи.

В процессе обучения в аспирантуре Сахоненков С.С. выиграл грант РФФИ, направленный на создание условий для подготовки диссертации. В 2017-2019 трижды побеждал в конкурсе проектов российско-немецкого междисциплинарного центра G-RISC. За время обучения в аспирантуре С.С. Сахоненков стал стипендиатом Правительства РФ (2021 г.), в том числе по приоритетным направлениям (2019-2020 гг.), Президента РФ (2021 гг.), в том числе по приоритетным направлениям (2021 г.), а также получил специальную ректорскую стипендию СПбГУ (2020 г.).

Полученные в рамках работы результаты опубликованы в 4-х ведущих научных журналах и докладывались на российских и международных научных конференциях. Следует подчеркнуть, что Сахоненков С.С. является соавтором 17 работ, опубликованных в журналах, индексируемых системами Web of Science и Scopus. Во всех работах представлены оригинальные результаты исследований межфазных границ в системах металл/металл и металл/диэлектрик.

Оценивая работу С.С. Сахоненкова в целом, считаю необходимым отметить большой объем и высокий уровень выполненной работы, актуальность исследований, достоверность полученных данных и широкую апробацию результатов исследований на престижных международных и российских научных конференциях.

Сахоненков С.С. является основным исполнителем проекта РНФ № 19-72-20125 «Управление составом и протяженностью межфазовых границ в многослойных рентгеновских зеркалах с целью повышения их отражательной способности» и был участником проектов РФФИ № 19-02-00287 А «Разработка



подхода к изучению протяженности и строения интерфейсов в многослойных рентгеновских зеркалах на основе рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии высоких энергий», РФФ 18-72-00132 «Рентгеноспектральное исследование атомного и электронного строения и протяженности границы раздела диэлектрик/металл с использованием синхротронного излучения».

Сахоненков С.С. принимает активное участие в педагогической деятельности и является соруководителем бакалаврских и магистерских работ.

Оценивая работу С.С. Сахоненкова в целом, могу сделать заключение, что на сегодняшний день он является квалифицированным физиком - исследователем в области физики межфазных границ, способным реализовывать научно-исследовательские проекты и решать сложные актуальные научные задачи.

Считаю, что представленная квалификационная работа по новизне результатов, их апробации, качеству исполнения и объему полностью соответствует требованиям и уровню кандидатской диссертации, а ее автор Сахоненков Сергей Сергеевич заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Научный руководитель диссертационной работы  
доктор физико-математических наук, профессор



Е.О. Филатова

12.04.2022

