

## ОТЗЫВ

на диссертацию Сахоненкова Сергея Сергеевича на тему «Изучение влияния материала барьерного слоя и температуры отжига на процесс формирования межслоевых областей в многослойных короткопериодных рентгеновских зеркалах на основе бериллия», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Актуальность темы диссертационной работы определяется развитием технологии создания многослойных рентгеновских зеркал (МРЗ). Логика развития многослойной оптики рентгеновского диапазона подчинена непрерывному улучшению характеристик отражения для МРЗ.

Наибольшее влияние на величину пикового коэффициента отражения МРЗ оказывает межслоевая шероховатость. И чем меньше значение периода, тем больше ее влияние. В связи с этим приобретает большое значение умение управлять протяженностью и составом межслоевых областей. К сожалению, ощущается нехватка методов исследований структуры, химического состава, протяженности слоев и особенно межслоевых границ в МРЗ. В подавляющем большинстве случаев исследователи ограничиваются данными рентгеновской рефлектометрии с привлечением просвечивающей электронной микроскопии. Эти методы не позволяют ответить на все имеющиеся вопросы. Например, они не позволяют определить химический состав слоев, без которого невозможно ни точное прогнозирование коэффициентов отражения, ни разработка методов уменьшения протяженности межслоевых областей.

В рассматриваемой работе С. С. Сахоненкова предложено дополнить имеющиеся методы изучения МРЗ рентгеновской фотоэлектронной спектроскопией (РФЭС). Автором убедительно продемонстрированы положительные стороны применения РФЭС к изучению состава МРЗ. Интересно, что для апробации метода выбраны практически неизученные структуры на основе бериллия W/Be и Cr/Be. Это совершенно новые МРЗ, предложенные буквально в последние годы и имеющие большие перспективы применения в области мягкого и жесткого рентгеновского излучения. Свойства реальных структур изучены мало, тем интереснее и полезнее выглядят выводы автора относительно состава слоев и межслоевых границ этих МРЗ. Полученные данные не только могут, но и будут использованы в дальнейших исследованиях зеркал на основе W/Be и Cr/Be.

Важно, что автор диссертации применяет метод РФЭС в связке с другими, более традиционными методиками изучения МРЗ: с рефлектометрией, с дифрактометрией, с просвечивающей электронной микроскопией. При этом полученные данные не противоречат, а подкрепляют друг друга, что добавляет достоверности как новому подходу, так и данным, полученным иными методами. Очевидно, что предложенный в работе подход может быть с успехом применен и для изучения иных составов МРЗ. В целом, результаты, полученные автором, являются новыми научными знаниями в многослойной рентгеновской оптике.

Диссертация изложена грамотным языком, позволяющим без усилий понять мысль автора, хорошо проиллюстрирована, содержит как экспериментальные данные, так и результаты теоретических расчетов. По каждой главе и работе в целом сделаны четкие выводы.

По диссертации можно сделать несколько замечаний, которые не влияют на общую высокую оценку:

1. Положения, выносимые на защиту, сформулированы не как утверждения, а, скорее, как результаты, что немного непривычно.
2. Первая глава не выглядит полноценным литературным обзором. В какой-то степени это можно объяснить новизной исследуемых структур W/Be и Cr/Be и почти полным отсутствием соответствующих публикаций.
3. Украшением работы могли бы стать примеры расчетов коэффициентов отражения с полученными данными по составу слоев. Приведенные на рисунке 5.1a результаты явно недостаточны, тем более, что здесь не объяснено расхождение угловых положений пиков.

Работа выполнена на высоком профессиональном уровне и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Сахоненков С.С. заслуживает ученой степени кандидата физико-математических наук.

Член-корр. РАН, д. ф.-м. н.,

г. н. с. ИФМ РАН

Дата 09.09.2022г.

*Салащенко*

Салащенко Николай Николаевич



*Подпись Салащенко Н.Н. заверено.*

*Генеральный секретарь ИФМ РАН*

*Д.М. Талочков*