

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента на диссертационную работу Кубанкина  
Александра Сергеевича «НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ  
ЭНЕРГОДИСПЕРСИОННОЙ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИКИ АТОМНОЙ  
СТРУКТУРЫ ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ ПУЧКОВ БЫСТРЫХ  
ЭЛЕКТРОНОВ», представленную на соискание ученой степени  
доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 –  
физика конденсированного состояния.**

Диссертация А.С. Кубанкина посвящена исследованию новых эффектов в физике излучения быстрых заряженных частиц в веществе. Актуальность темы диссертационной работы обусловлена направлением исследований, непосредственно связанным с расширением возможностей современных методов исследования атомной структуры вещества и разработкой основ новых методов. В частности, исследование рентгеновского поляризационного тормозного излучения (ПТИ) релятивистских электронов показало возможность измерения параметров атомной структуры поликристаллических и кристаллических сред аналогично энергодисперсионным методам рентгеноструктурного анализа.

Научные положения диссертационной работы обоснованы научной значимостью и новизной соответствующих задач в рассматриваемой области физики, которые необходимо было решить в рамках диссертационного исследования. Сформулированные на основе полученных результатов выводы и рекомендации находятся в соответствии с научными положениями и легко прослеживаются в тексте диссертации. Диссертация содержит теоретические и экспериментальные исследования, взаимосвязанные между собой. Для решения задач в теоретической части исследований использовался апробированный подход, основанный на анализе уравнений Максвелла. На основе данного подхода автору удалось найти аналитические решения для описания спектрально-углового распределения излучения, генерирующегося при взаимодействии электронов с веществом в рамках рассматриваемых задач. Данная особенность позволила выполнить предельные переходы к известным результатам других авторов, что

определяет достоверность полученных результатов. Экспериментальная часть исследований выполнена с использованием сертифицированного оборудования, к настоящему времени достаточно хорошо себя зарекомендовавшего в области исследований. Измерения проведены на основе апробированных методов рентгеновской спектроскопии с достоверной статистикой. Учитывая упомянутые особенности, достоверность полученных результатов не вызывают сомнений.

Научная новизна работы главным образом состоит в комплексном экспериментальном исследовании ПТИ релятивистских электронов, взаимодействующих с поликристаллическими средами. В данном случае можно говорить о новом направлении исследований в физике излучения заряженных частиц, соответственно, все основные полученные результаты являются новыми. Диссертация содержит ряд эффектов, исследованных автором впервые (см. ниже).

Диссертация, объёмом 221 страницы состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы из 180 наименований. По материалам исследований автором опубликовано 27 статей в журналах, входящих в перечень ВАК. Также, материалы диссертации доложены на 27 международных конференциях.

В первой главе диссертации описана экспериментальная установка, на которой были проведены исследования.

Во второй главе представлено экспериментальное исследование рентгеновского ПТИ релятивистских электронов, взаимодействующих с поликристаллическими фольгами. Впервые выполнено количественное сравнение когерентных пиков ПТИ, измеренных при различных углах наблюдения процесса излучения, с теорией. Показано хорошее согласие теории и эксперимента.

Третья глава диссертации является продолжением исследований, представленных во второй главе. Представлены результаты измерений ПТИ, генерирующегося в направлении обратного рассеяния из поликристаллов с

различной степенью упорядоченности кристаллитов. Впервые обнаружено, что в данной геометрии спектральная ширина пиков ПТИ аномально сужается, а спектральный состав сигнала ПТИ в рассматриваемой геометрии существенно зависит от степени и ориентации текстуры поликристаллической мишени.

В четвёртой главе рассматривается два подхода к диагностике мозаичных кристаллов. В первой части главы теоретически исследован эффект, состоящий в ослаблении влияния степени разориентации блоков мозаичного кристалла в поперечной плоскости на спектр ПРИ релятивистских электронов при скользящем взаимодействии электронов с рассматриваемой кристаллографической плоскостью. Данная особенность позволяет диагностировать анизотропию распределения мозаичности. Во второй части главы выполнена апробация теории, предсказывающей возможность измерения непосредственно функции распределения блоков мозаичных кристаллов по углам ориентации.

В пятой главе представлены результаты исследования двух задач, связанных с изучением процессов генерации квазимонохроматического рентгеновского излучения релятивистскими электронами. В первой части главы экспериментально рассмотрено параметрическое рентгеновское излучение (ПРИ) релятивистских электронов, взаимодействующих с кристаллической мишенью под скользящими углами относительно плоскости поверхности кристалла в асимметричной геометрии дифракции. В рамках исследования впервые зафиксирован эффект увеличения выхода ПРИ, сравнение результатов с теорией показало хорошее согласие. Во второй части главы приводится описание разработанной автором математической модели источника рентгеновского излучения, основанного на многократном прохождении релятивистских электронов через мишень, установленную в кольце циклического ускорителя с последующей монохроматизацией излучения многослойным рентгеновским зеркалом. Рассмотрены возможности реализации различных механизмов генерации излучения,

определены условия, при которых наиболее выгодно использовать тот или иной механизм.

В шестой главе представлены результаты исследования новых радиационных эффектов в областях вакуумного ультрафиолета и мягкого рентгена, реализующихся при взаимодействии быстрых электронов с веществом. Наиболее интересными новыми исследованными эффектами являются эффекты увеличения угловой плотности переходного и черенковского механизмов излучения, реализующиеся при скользящем взаимодействии быстрых электронов с плоскостью аморфной мишени, а также эффект увеличения спектральной плотности ПРИ в области аномальной дисперсии вещества.

Можно утверждать, что полученные результаты могут найти практическое применение для разработки источников вакуумного ультрафиолета и мягкого рентгена.

Среди недостатков работы отмечу следующие:

- Во всех экспериментальных работах по исследованию излучения, генерирующегося при взаимодействии релятивистских электронов с веществом, не указано угловое расхождение пучка электронов.

- Во второй и третьей главах упоминаются работы других авторов, исследовавших поляризационное тормозное излучение в поликристаллах, но в работах этих авторов использовано другое название – параметрическое рентгеновское излучение.

- В теоретической части работы автор пренебрегает анализом влияния на процесс излучения таких параметров как поперечный размер сечения пучка излучающих частиц, начальная расходимость пучка заряженных частиц и многократное рассеяние заряженных частиц в мишени.

Отмеченные недостатки не являются принципиальными и не меняют основных положений и выводов диссертации.

В работе достигнуты все поставленные цели, совокупность представленных результатов может квалифицироваться как решение крупной

научной проблемы в области радиационной физики твердого тела, имеющей важное значение для развития методов диагностики атомной и блочной структуры вещества.

Диссертация написана достаточно хорошим литературным языком, выводы ясно сформулированы и находятся в соответствии с поставленными целями. Материалы работы достаточно полно опубликованы в центральной печати и доложены на международных конференциях. Диссертация полностью соответствует специальности 01.04.07. – физика конденсированного состояния. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Исходя из изложенных положений, считаю, что диссертация Кубанкина Александра Сергеевича «Новые возможности энергодисперсионной рентгенодиагностики атомной структуры вещества на основе пучков быстрых электронов» полностью отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора наук, а ее автор Кубанкин Александр Сергеевич заслуживает присвоения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент,  
зав. кафедрой теоретической физики КБГУ,  
доктор физико-математических наук, профессор



Хоконов Мурат  
Хазреталиевич

360004, г.Нальчик, ул.Чернышевского 173,  
Кабардино-Балкарский государственный  
университет им.Х.М.Бербекова (КБГУ)  
тел. (+7) 8662 42-52-54,  
khokon6@mail.ru

Подпись Хоконова М.Х. удостоверяю  
Учёный секретарь КБГУ



Ашинова И.В.

25.02.2015

**Список публикаций официального оппонента  
Хоконова Мурата Хазреталиевича за 2010-2014 гг.**

1	Бекулова И.З., Хоконов М.Х. ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ С ЭНЕРГИЯМИ ДО НЕСКОЛЬКИХ ТЕРАЭЛЕКТРОН-ВОЛЬТ В ОРИЕНТИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛАХ // Журнал технической физики. 2011. Т. 81. № 4. С. 15-19.
2	Хоконов М.Х., Бекулова И.З. ДЛИНА ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В ПОСТОЯННОМ ВНЕШНЕМ ПОЛЕ ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ // Журнал технической физики. 2010. Т. 80. № 5. С. 136-139.
3	Хоконов М.Х., Бекулова И.З. НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ПОЛЕ ИНТЕНСИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ВОЛНЫ И ИЗЛУЧЕНИЕ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2011. № 1. С. 44-52.
4	Бекулова И.З., Хоконов М.Х. МНОГОФОТОННЫЙ ХАРАКТЕР ИЗЛУЧЕНИЯ ГАММА КВАНТОВ УЛЬТРАРЕЛЯТИВИСТСКИМИ ЭЛЕКТРОНАМИ В СИЛЬНЫХ ВНЕШНИХ ПОЛЯХ // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2010. № 2. С. 56-67.