

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор
Южного федерального университета

д.э.н., профессор


М.В. Сероштан

«18» февраля 2015 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» о диссертационной работе Кубанкина Александра Сергеевича «Новые возможности энергодисперсионной рентгенодиагностики атомной структуры вещества на основе пучков быстрых электронов», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертация А.С. Кубанкина посвящена исследованию механизмов генерации рентгеновского излучения, реализующихся при взаимодействии быстрых заряженных частиц с веществом.

В настоящее время ведутся поиски новых возможностей для диагностики атомной структуры вещества, что обусловлено как возросшими требованиями к результатам исследований, так и появлением новых задач, требующих новых подходов. Поскольку измерение параметров атомной структуры вещества является основой многочисленных исследований, прежде всего в физике конденсированного состояния вещества и физического материаловедения, актуальность тематики диссертационного исследования не вызывает сомнения.

Общая характеристика диссертации

Объём диссертации составляет 221 страницы и состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы из 180 наименований.

В первой главе диссертации представлено описание экспериментальной установки Отдела физики высоких энергий ФИАН, разработанной с участием автора диссертации для проведения исследований, часть из которых вошла в обсуждаемую диссертационную работу.

Во второй главе диссертации описано экспериментальное исследование ПТИ, генерирующегося при взаимодействии релятивистских электронов с металлическими поликристаллическими фольгами. Представлены результаты абсолютных измерений ПТИ при различных углах наблюдения процесса излучения. Впервые убедительно зафиксированы спектральные пики ПТИ в измеренных спектрах и показано хорошее количественное согласие теории и эксперимента.

В третьей главе диссертации описано экспериментальное исследование ПТИ в геометрии обратного рассеяния (излучение регистрируется в направлении, противоположном направлению распространения электронов, взаимодействующих с мишенью). Все полученные в данной главе результаты получены впервые, а именно, обнаружены спектральные пики ПТИ в геометрии обратного рассеяния, обнаружен эффект аномального сужения спектральных пиков ПТИ.

В четвёртой главе диссертации рассмотрены процессы взаимодействия пучков релятивистских электронов и широкополосного рентгеновского излучения с мозаичными кристаллами. Результаты исследования состоят в определении новых возможностей исследования степени неоднородности распределения кристаллических блоков кристалла по углам ориентации (распределения мозаичности). Впервые предсказана возможность измерения асимметрии распределения мозаичности на основе параметрического рентгеновского излучения (ПРИ) релятивистских электронов в геометрии

скользящего взаимодействия электронов с исследуемой кристаллографической плоскостью.

В пятой главе диссертации представлено исследование двух новых задач физики излучения заряженных частиц, связанных с возможностью разработки источников квазимонохроматического рентгеновского излучения, обладающих возможностью плавной перестройки спектра излучения. В первой части главы выполнен эксперимент, в котором впервые удалось обнаружить эффект увеличения выхода ПРИ релятивистских электронов в кристалле. Эксперимент состоял в наблюдении ПРИ в геометрии асимметричной дифракции при скользящем взаимодействии электронов с поверхностью кристалла. Выполненное в работе сравнение полученных результатов с теорией показало хорошее согласие. Во второй части главы теоретически исследуется возможность разработки источника квазимонохроматического рентгеновского излучения, основанного на использовании циклических ускорителей электронов. В работе решена задача по построению математической модели источника, состоящего из циклического ускорителя, тонкой мишени, установленной в кольце циклического ускорителя, и рентгеновского зеркала, установленного вне ускорителя для монохроматизации излучения, генерирующего при взаимодействии электронов с мишенью в режиме многократного прохождения электронов через мишень. Разработанная модель учитывает возможность реализации различных механизмов генерации излучения и позволяет рассчитать условия для получения излучения с требуемыми спектральными характеристиками.

В шестой главе диссертации исследованы новые эффекты, связанные с генерацией излучения в областях вакуумного ультрафиолета и мягкого рентгена быстрыми электронами. В данной связи можно выделить следующие результаты:

- предсказан эффект трансформации конуса черенковского излучения при скользящем взаимодействии релятивистских электронов с плоскостью аморфной мишени;

- предсказан эффект увеличения угловой плотности переходного излучения быстрых электронов при скользящем взаимодействии электронов с плоскостью поверхности мишени вблизи углов полного внешнего отражения;

- предсказан эффект увеличения выхода ПРИ, генерирующегося в многослойных структурах в области аномальной дисперсии вещества одного из слоёв структуры.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений по нескольким причинам. Прежде всего, необходимо отметить, что все журналы, в которых были опубликованы результаты исследований, являются рецензируемыми и, соответственно, работам ранее была дана положительная оценка специалистами высокого уровня. Результаты теоретической части работы получены на основе апробированных методов теоретической физики, использующихся для решения задач в области электродинамики сплошных сред. Полученные в данной части работы результаты имеют аналитический вид и могут быть достаточно легко проверены. В данной связи, в работе выполнен анализ полученных результатов и их достоверности на основе асимптотических переходов к известным общепризнанным результатам других авторов. Для проведения экспериментальных исследований использовалось сертифицированное откалиброванное оборудование и хорошо известные методы рентгеновской спектрометрии. Полученные результаты имели достаточно малую статистическую ошибку и не вызывают сомнений.

Научные положения диссертационной работы прежде всего обоснованы новизной соответствующих исследований, дающих существенный вклад в развитие физики излучения заряженных частиц, и возможностью практического использования результатов исследований.

Выводы и рекомендации, представленные в диссертационной работе, находятся в соответствии с соответствующими научными положениями.

Научная новизна работы, в первую очередь, определяется достаточно масштабным экспериментальным исследованием поляризованного тормозного излучения (ПТИ) релятивистских электронов, образующегося в поликристаллах. Также стоит отметить ряд решённых новых задач, имеющих непосредственное отношение к теме диссертационного исследования, и вносящих существенный вклад в физику взаимодействия заряженных частиц с веществом.

Замечания по диссертационной работе

В работе можно отметить следующие недостатки:

- в третьей главе диссертации приводится описание эксперимента по исследованию ПТИ в геометрии обратного рассеяния, но не приводятся данные по ошибке ориентации оси детектирования излучения относительно направления строго обратного рассеяния.

- в пятой главе приводится математическая модель источника рентгеновского излучения, основанного на многократном прохождении электронов через мишень, установленную в циклическом ускорителе без учёта потерь энергии электронов в мишени, что должно иметь значение.

Отмеченные недостатки не являются принципиальными и не снижают значимости полученных результатов. Все поставленные в диссертационной работе цели достигнуты и соответствуют положениям, выносимым на защиту.

Совокупность полученных в работе результатов может быть определена как решение крупной научной проблемы в области радиационной физики взаимодействия заряженных частиц с конденсированным веществом. В частности, полученные результаты могут быть использованы для исследования атомной и блочной структуры вещества, а также для разработки источников излучения.

Материалы диссертации 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 и содержания работы можно заключить, что диссертация Кубанкина Александра Сергеевича «Новые возможности энергодисперсионной рентгенодиагностики атомной структуры вещества на основе пучков быстрых электронов» полностью соответствует 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.

Отзыв подготовлен д.ф.-м.н., профессором кафедры общей физики физического факультета ЮФУ Малышевским Вячеславом Сергеевичем (Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 5, тел. +7-863-2975120).

Материалы диссертации доложены автором и обсуждены на научном семинаре физического факультета 1 октября 2014 года (протокол № 10). Отзыв на диссертацию утвержден на заседании Ученого совета физического факультета Южного федерального университета 11 февраля 2015 года, протокол № 2.

Председатель ученого совета
физического факультета
Южного федерального
университета

Вячеслав Сергеевич Малышевский



Список основных публикаций сотрудников физического факультета ЮФУ за 2010-2014 гг. по тематике диссертации Кубанкина Александра Сергеевича на тему «Новые возможности энергодисперсионной рентгенодиагностики атомной структуры вещества на основе пучков быстрых электронов», выполненной по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния:

1. Малышевский В.С. ОСОБЕННОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ ВБЛИЗИ ЧЕРЕНКОВСКОГО ПОРОГА // Письма в Журнал технической физики. 2014. Т. 40. № 8. С. 1-5.
2. Безуглов М.В., Малышевский В.С., Малыхина Т.В., Торговкин А.В., Фомин Г.В., Шраменко Б.И. ФОТОЯДЕРНЫЙ КАНАЛ ОБРАЗОВАНИЯ КОСМОГЕННОГО ВЕ В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ // Ядерная физика. 2012. Т. 75. № 4. С. 427.
3. Bezuglov M.V., Malyshevsky V.S., Fomin G.V., Torgovkin A.V., Shramenko B.I., Malykhina T.V. PHOTONUCLEAR PRODUCTION OF COSMOGENIC BERYLLIUM-7 IN THE TERRESTRIAL ATMOSPHERE // Physical Review C - Nuclear Physics. 2012. V. 86. № 2. P.024609.
4. Казаков А.В., Малышевский В.С. О ДИНАМИЧЕСКОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ НЕЙТРАЛЬНЫХ АТОМОВ С ПОВЕРХНОСТЬЮ КРИСТАЛЛА ПРИ СКОЛЬЗЯЩИХ ПАДЕНИЯХ // Письма в Журнал технической физики. 2011. Т. 37. № 17. С. 98-103.
5. Малышевский В.С., Серба П.В. О ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ПОТЕРЯХ ЭНЕРГИИ ИОНОВ // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2011. № 5. С. 101-103.
6. Казаков А.В., Малышевский В.С. ЭФФЕКТ ПОВЕРХНОСТНОГО КАНАЛИРОВАНИЯ НЕЙТРАЛЬНЫХ АТОМОВ // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2011. № 8. С. 25-28.
7. Малышевский В.С., Трухов Д.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ ЧЕРЕЗ КРИСТАЛЛЫ // Известия высших учебных заведений. Физика. 2010. Т. 53. № 7. С. 73-77.
8. Павлов А.Н., Казаков А.Т., Сахненко В.П., Панченко Е.М. ВЛИЯНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ СПЕКТРОВ АНОМАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ В НИОБАТЕ ЛИТИЯ // Интернет-журнал Науковедение. 2012. № 3 (12). С. 114.

9. Павлов А.Н., Козаков А.Т., Сахненко В.П., Панченко Е.М. АНОМАЛЬНАЯ ЭМИССИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ПРИ МЯГКОМ РЕНТГЕНОВСКОМ ОБЛУЧЕНИИ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕКТРЕТОВ // Инженерный вестник Дона. 2012. Т. 22. № 4-1 (22). С. 144.
10. Kozakov A.T., Googlev K.A., Nikolsky A.V., Raevski I.P., Polozhentsev O.E., Soldatov A.V. X-RAY PHOTOELECTRON STUDY AND FIRST PRINCIPLE CALCULATIONS OF THE ELECTRONIC STRUCTURE OF $PbFe_{1/2}Nb_{1/2}O_3$ SINGLE CRYSTAL IN THE FERROELECTRIC AND PARAELECTRIC PHASES // Journal of Alloys and Compounds. 2013. V. 579. P. 401-405.
11. Альперович И.Г., Солдатов А.В., Мунширам Д., Пушкарь Ю.Н. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ Б_{2,3}КРАЕВ СПЕКТРОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ (XANES) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ (DFT) // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2012. V. 95. № 9-10. P. 572-578.
12. Bugaev L.A., Avakyan L.A., Srabionyan V.V., Bugaev A.L. RESOLUTION OF INTERATOMIC DISTANCES IN THE STUDY OF LOCAL ATOMIC STRUCTURE DISTORTIONS BY ENERGY-RESTRICTED X-RAY ABSORPTION SPECTRA // Physical Review B: Condensed Matter and Materials Physics. 2010. V. 82. № 6. P. 064204.
13. Guda A.A., Smolentsev N., Kravtsova A.N., Polozhentsev O.E., Soldatov A.V., Verbeeck J., Kaidashev E.M., Zubavichus Y. X-RAY AND ELECTRON SPECTROSCOPY INVESTIGATION OF THE CORE-SHELL NANOWIRES OF $ZnO:Mn$ // Solid State Communications. 2011. V. 151. № 19. P. 1314-1317.
14. Lange K.M., Könnecke R., Ghadimi S., Golnak R., Soldatov M.A., Hodeck K.F., Aziz E.F., Soldatov A. HIGH RESOLUTION X-RAY EMISSION SPECTROSCOPY OF WATER AND AQUEOUS IONS USING THE MICRO-JET TECHNIQUE // Chemical Physics. 2010.
15. Kozakov A.T., Googlev K.A., Nikolsky A.V., Raevski I.P., Smotrakov V.G., Yeremkin V.V., Kochur A.G. X-RAY PHOTOELECTRON STUDY OF THE VALENCE STATE OF IRON IN IRON-CONTAINING SINGLE-CRYSTAL $BiFeO_3$, $PbFe_{1/2}Nb_{1/2}O_3$, AND CERAMIC ($BaFe_{1/2}Nb_{1/2}O_3$) MULTIFERROICS // Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena. 2011. V. 84. № 1-2. P. 16-23.