

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук Калинина Б.Д.

о диссертации *Портного Александра Юрьевича* «Физические процессы формирования сигнала и фона при использовании энергодисперсионных детекторов рентгеновского и гамма излучения», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики»

Одним из недостатков рентгенофлуоресцентной аппаратура и метод анализа является недостаточное соотношение сигнал/фон и соответствующий предел обнаружения. Изучению этой проблемы с целью повышения аналитических характеристик аппаратуры и метрологических параметров анализа уделяется большое внимание в научных публикациях. Успешное решение этой проблемы возможно при разработке адекватной модели, учитывающей все процессы в рентгеновском спектрометре, ответственные за возникновения сигнала и фона. Развитие представлений о физических процессах формирования сигнала и фона при измерениях аналитического сигнала на рентгенофлуоресцентных спектрометрах, начиная от излучателя, процессов в образце, спектрометрическом канала (для спектрометра с волновой дисперсией) и детекторе, является **актуальной научной проблемой** и необходимо изучение этих процессов для дальнейшего совершенствования аппаратуры и метода анализа.

Диссертация А.Ю. Портного состоит из введения, пяти глав, заключения, списка публикаций по теме диссертации, включающего 40 наименований, и списка литературы, включающего 464 наименования. Общий объем диссертации составляет 292 страницы и включает 77 рисунков и 7 таблиц.

Структура диссертации является традиционной.

Во введении (стр. 5-15 диссертации) обоснована актуальность проблемы и состояние вопроса, сформулирована цель работы и задачи, необходимые для решения, научная новизна и защищаемые научные положения, практическая значимость, приведены данные об апробации работы и публикациях автора. На стр. 15 приведены обозначения, принятые в диссертации.

В первой главе (стр. 16-104 диссертации) проведен литературный обзор современного состояния и основных проблем рентгенофлуоресцентного анализа. Рассмотрены физические процессы и математические модели возникновения рентгеновского излучения и взаимодействия его с элементами рентгенофлуоресцентной аппаратуры. Особое внимание уделено процессам возникновения полезного сигнала и фона и обработке сигнала электроникой. В конце главы на основе обзора сформулированы цели и задачи работы.

Вторая глава (стр. 105-154 диссертации) посвящена изучению процессов переноса энергии в детекторах.

Третья глава (стр. 155-201 диссертации) посвящена совершенствованию моделей формирования измеряемого сигнала и фона.

В четвертой главе (стр. 202-215 диссертации) рассматривается математическая модель двухслойных комбинированных детекторов и спектрометров на их основе.

В пятой главе (стр. 216-236 диссертации) рассмотрены разработанные способы цифровой фильтрации амплитудных спектров при наличии априорной информации о функции отклика детектора.

На стр. 237-239 диссертации сформулировано заключение.

Достоинством диссертации является единый метрологический подход в разработке комплексной модели, позволяющей анализировать процессы переноса энергии фотонов и электронов в образце и в детекторе, что позволяет улучшить значение параметра сигнал/фон и может являться основой для совершенствования рентгенофлуоресцентной аппаратуры и методик анализа.

Выносимые автором на защиту **научные положения являются новыми.**

Оценивая отдельные части работы, считаю необходимым выделить особо следующие **научные результаты** и результаты, отражающие **практическую значимость работы:**

Предложена комплексная математическая модель детектора рентгеновского излучения, учитывающая как процессы переноса излучения, так и электронов высоких и низких энергий. Модель позволяет с помощью метода Монте-Карло рассчитывать функцию отклика детектора и параметры данной функции в зависимости от энергии излучения. С применением разработанной модели реализована возможность расчета и оптимизации контрастности (отношение сигнал/фон) при использовании различных источников излучения и различных детекторов. Данные расчетов сопоставлены с имеющимися экспериментальными данными и получено удовлетворительное согласие.

Разработаны теоретические основы для комбинированных детекторов, имеющих в качестве первого слоя тонкий Si детектор, а в качестве второго слоя – Ge, AsGa, CdTe детекторы, причем одновременные события для первого и второго детекторов должны регистрироваться схемой антисовпадений. Исследованы варианты, когда при применении в спектрометрах комбинированного детектора будет обеспечена лучшая контрастность по сравнению с одиночными Si и Ge детекторами.

Комбинированный полупроводниковый детектор рентгеновского излучения защищен патентом на изобретение.

Для кристалл-дифракционных спектрометров предложен способ цифровой фильтрации амплитудного спектра, основанный на использовании информации о функции отклика пропорционального детектора, позволяющий при измерении интенсивности элементов с малым атомным номером в разы снизить уровень фона при сохранении уровня сигнала. Эффективность способа подтверждена экспериментально.

В рецензируемой работе можно отметить следующие **недостатки**.

Представленный материал в главе 1, содержащий литературный обзор (стр. 16 – 104), является излишне подробным и контрастирует с материалом основной части (стр. 105 – 236).

В тексте диссертации встречаются неудачные выражения:

стр. 232 «Из таблицы 5.1 видно ...» - предпочтительно «Из данных табл. 5.1 следует ...»;

стр. 234 «Из этого рисунка видно ...» - предпочтительно «Из этого рисунка следует ...»;

стр. 186 «... интенсивность анализируемой линии ...» предпочтительно «... интенсивность аналитической линии ...» или «... интенсивность измеряемой линии ...».

Положения научной новизны и положения, выносимые автором на защиту, сформулированы в излишне развернутом виде.

Отмеченные недостатки носят частный, непринципиальный характер, не затрагивают существа основных положений, выносимых на защиту, и не снижают общую положительную оценку представленной работы.

Основные результаты, представленные в диссертационной работе, опубликованы автором в ведущих отечественных и зарубежных журналах и полностью раскрывают основное содержание диссертационной работы: 21 публикация (19 статей и 2 патента) входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (по состоянию на 09.08.2018). Результаты работы с 1994 г. докладывалась на всероссийских и международных конференциях.

Автореферат диссертации и список публикаций автора правильно и достаточно полно отражают содержание диссертации.

Диссертационная работа А.Ю. Портного является законченным научным исследованием, в котором решена поставленная задача. Областью исследований является разработка методов математической обработки экспериментальных результатов. Моделирование физических явлений и процессов. Общим итогом выполненной работы является разработка теоретической модели и экспериментальное обоснование теории формирования регистрируемого сигнала и фона в энергодисперсионных детекторах рентгеновского и гамма излучения и создание на ее основе способов увеличения отношения сигнал/фон. Рецензируемая работа соответствует физико-математическим наукам и паспорту специальности 01.04.01: разработка новых направлений и методов физических исследований и разработка новых методов измерения физических величин, позволяющих существенно увеличить точность, чувствительность и быстродействие

6

измерений, разработка методов математической обработки экспериментальных результатов, моделирование физических явлений и процессов, исследование фундаментальных ограничений на точность измерений.

Диссертационная работа А.Ю. Портного «Физические процессы формирования сигнала и фона при использовании энергодисперсионных детекторов рентгеновского и гамма излучения» по объему выполненных исследований, новизне полученных результатов, практической значимости, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, соответствует критериям, предъявляемым к докторским диссертациям, установленным «Положением о присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. (в редакции от 28.08.2017 г.), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

г. Ломоносов, Санкт-Петербург

18 августа 2018 г.
Официальный оппонент,

доктор технических наук

Калинин Борис Дмитриевич

Калинин Борис Дмитриевич

Калинин

Адрес: 189412, Санкт-Петербург, ул. Швейцарская, д. 6, кв. 8.

Телефон: 8 965 067 7476

E-mail: kalinin_boris@mail.ru

г. Ломоно-

Российская Федерация, Санкт-Петербург, город Ломоносов.
Двадцать восьмого августа две тысячи восемнадцатого года.
Я, Костяева Марина Борисовна, нотариус Ломоносовского нотариального округа Ленинградской области, свидетельствую подлинность подписи КАЛИНИНА БОРИСА ДМИТРИЕВИЧА.

Подпись сделана в моем присутствии.

Личность подписавшего документ установлена.

Зарегистрировано в реестре: № 47/39-п/47-2018-5-683

Взыскано по тарифу: 100 руб.

Освобожден от платы за оказание услуг правового и технического характера.

МП



М. Б. Костяева

М. Б. Костяева



Итого в настоящем документе
Привито, пронумеровано и
скреплено печатью
шесть листа (ов)
Нотариус

М. Б. Костяева