

О Т З Ы В

официального оппонента, доктора технических наук Ю.Н. Золотухина
на диссертацию Виталия Михайловича Титова
"Быстрый однокоординатный детектор гамма-квантов",
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 01.04. 01 - приборы и методы экспериментальной физики

Актуальность темы диссертационного исследования. Диссертационная работа В.М. Титова посвящена созданию быстрого координатного детектора рентгеновского излучения для проведения экспериментов с использованием рентгеноструктурного анализа. Предложение на рынке таких приборов, обладающих необходимым набором параметров, крайне ограничено, тем более это было актуально на момент начала разработки в 90-е годы. Перед автором стояла задача создать детектор, который можно использовать как для прецизионного анализа статичных образцов, так и для исследований в режиме дифракционного «кино» с длительностью кадра от нескольких микросекунд до часа. Детектор должен был обеспечивать высокую скорость регистрации событий, адекватную возможностям современных источников рентгеновского излучения. Кроме того, прибор должен быть беспараллаксным, иметь большую апертуру и обладать возможностью изменять диапазон регистрируемых углов в зависимости от

требований эксперимента. На мой взгляд, эта задача успешно выполнена соискателем.

Содержательная часть работы состоит из:

- введения, где определена цель диссертационной работы, обоснована ее актуальность и сформулированы основные положения, выносимые на защиту;
- главы 1, в которой перечислены требования к прибору, приведен обзор существующих решений и обоснован выбор проволочной газовой камеры в качестве координатного сенсора детектора;
- главы 2, содержащей описание конструкции детектора и принципов его работы;
- главы 3, посвященной разработке алгоритма вычисления координаты события и его аппаратной реализации;
- главы 4, представляющей тракт аналоговой и аналого-цифровой обработки сигналов камеры;
- главы 5, в которой рассмотрена процедура отбора событий и методика калибровки детектора;
- главы 6, посвященной измерению параметров созданного детектора;
- заключения с изложением основных выводов и результатов работы.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Возможности координатных сенсоров, с помощью которых можно обеспечить требуемые характеристики детектора, приведены в диссертации развернуто, с конкретными примерами разработок и ссылками на собственные исследования. Таким образом можно сделать вывод, что автор достаточно хорошо знаком с проблемной областью, а аргументацию выбора концепции детектора можно считать вполне обоснованной.

Предложенная схема детектора обладает рядом неоспоримых достоинств. Во-первых, использование для определения координаты принципа вычисляемого

канала позволило сократить объем электроники. Как следствие - детектор компактен и рассеивает сравнительно небольшую мощность, не требует вспомогательных систем охлаждения, что немаловажно при его применении в составе лабораторных установок. Во-вторых, применение в газовой камере сегментированного катода с веерной структурой позволило изготовить детектор с нужным для конкретных задач диапазоном измеряемых углов путем изменения геометрии сегментов катода.

Подробный анализ физических принципов работы пропорциональной газовой камеры позволяет сделать вывод, что выбранный тип координатного сенсора способен обеспечить требуемое пространственное разрешение, эффективность и скорость регистрации гамма-квантов.

Способ определения координаты события, названный соискателем модифицированным методом центра тяжести, претендует на оригинальность. В отличие от классического метода центра тяжести используемый метод оперирует информацией только части катодных полосок, что предполагает обязательное применение весовой функции, поиск которой подробно описан в главе 3. Здесь же делается оценка вносимой функцией погрешности и предлагается методика калибровки детектора, которая корректирует данные и устраняет эту погрешность. Правильность выбора метода измерения координаты и эффективность калибровки подтверждаются приведенными в главе 6 результатами измерения разрешения детектора и его интегральной и дифференциальной нелинейности. Обращает на себя внимание также тот факт, что измеренное разрешение находится в хорошем соответствии с предварительно сделанными оценками.

Вид весовой функции предопределяет минимально необходимую разрядность аналого-цифрового преобразования, требования к шумовым характеристикам аналогового тракта и структуру электроники обработки событий в целом. Эта сторона вопроса подробно описана в соответствующих разделах диссертации. Характеристики разработанного усилителя-формирователя с многоступенчатым

формированием сигнала удовлетворяют предъявленным требованиям. Измеренный вклад электроники в конечное разрешение детектора, определяемый шумом аналоговой части и погрешностью цифровой обработки сигналов, существенно ниже вклада, определяемого физическими процессами, происходящими в газовой камере.

В главе 6 приводятся примеры практического использования разработанного детектора. Видно, что детектор востребован и позволяет решать широкий спектр задач в области рентгеноструктурного анализа. Обращает на себя внимание интенсивность использования прибора в одном из центров коллективного пользования, - около 1800 измерений за год.

Достоверность и новизна научных положений, личный вклад соискателя

В целом видно, что проделана очень большая работа, в которой соискатель принимал самое активное участие на всех стадиях создания детектора. Для решения конкретных задач изготовлено 5 детекторов с различной угловой апертурой. В изготовлении и запуске детекторов в работу на экспериментальных станциях участие автора является определяющим.

По материалам диссертации опубликовано 14 печатных работ в рецензируемых периодических изданиях, рекомендуемых ВАК, результаты неоднократно докладывались на национальных и международных конференциях.

В работе получен ряд новых результатов:

1. Впервые в рентгеновском детекторе, использующем принцип вычисляемого канала, получена малая дифференциальная и интегральная нелинейности шкалы в сочетании с высоким координатным разрешением и высокой скоростью регистрации фотонов.
2. Предложен и реализован оригинальный способ определения координаты события - модифицированный метод центра тяжести, позволяющий вычислять

координаты событий по сигналам с трех катодных полосок с погрешностью, существенно меньшей их физических размеров.

3. Разработана методика калибровки детектора для получения равномерного однородного координатного спектра.
4. Разработана конструкция координатного рентгеновского детектора, обладающая компактными размерами и потребляющая относительно небольшую мощность, что позволяет использовать прибор как на станциях больших синхротронов, так и в составе лабораторных установок.

Диссертация написана грамотным языком, последовательность изложения материала выглядит вполне логично. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

На мой взгляд изложение материала не лишено недостатков. Остановимся на некоторых из них.

1. В тексте диссертации было бы целесообразно начать изложение не с состава детектора (раздел 2.1), а с физических принципов работы (раздел 2.2).
2. Хотелось бы видеть хотя бы схематичное представление работы детектора в реальном эксперименте (поток событий, фильтрация, параллельные вычисления и т. д.).
3. В работе отсутствуют расчеты эффективности регистрации фотонов.
4. В диссертации нет примеров использования детектора в режиме дифракционного КИНО с малой длительностью кадра.
5. К моему большому сожалению результаты работы не представлены в публикациях на русском языке.
6. В разделе *Заключение* хотелось бы видеть перспективы развития проблематики, исходя из исследований автора.

Конечно, эти замечания никоим образом не снижают положительной оценки работы. Диссертация посвящена решению актуальной задачи, имеющей научную и практическую значимость при исследовании структуры вещества с применением

рентгеноструктурного анализа - созданию быстрого координатного детектора рентгеновского излучения.

Считаю, что диссертация соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к диссертационным работам, представляемым на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор - Виталий Михайлович Титов заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 - приборы и методы экспериментальной физики.

Официальный оппонент

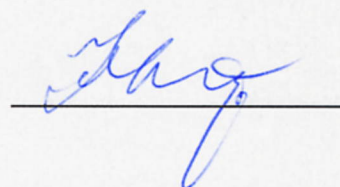
доктор технических наук, главный научный сотрудник
ФГБУН Институт автоматики и электрометрии СО РАН

Золотухин Юрий Николаевич

Почтовый рабочий адрес: 630090, г. Новосибирск,
проспект Академика Коптюга, д. 1.

Рабочий телефон: 8(383)3332625.

Электронный адрес: zol@idisys.iae.nsk.su



Подпись Ю.Н. Золотухина удостоверяю.

Ученый секретарь ИАиЭ СО РАН,

д. т. н., с. н. с.



С.В. Михляев
28 апреля 2014 г.