

Отзыв

официального оппонента Боднарчука Виктора Ивановича на диссертацию Трунова Дмитрия Николаевича «Сцинтилляционные детекторы нейтронов на основе кремниевых фотоумножителей и органического световода», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 — Приборы и методы экспериментальной физики.

Диссертационная работа Трунова Д.Н. посвящена разработке сцинтилляционных детекторов, методам улучшения параметров детекторов и исследованию их характеристик. Работа нацелена на разработку детекторов главным образом для применения на станциях нейтронного рассеяния для структурных исследований в области физики конденсированного состояния.

Диссертационная работа является очень актуальной и своевременной. В настоящее время у ученых и специалистов, использующих в своих исследованиях метод рассеяния нейтронов, наблюдается дефицит доступных станций и пучкового времени для проведения исследований. Это связано с ограничением доступа к зарубежным нейтронным источникам, а также с меньшей доступностью к подобного рода исследованиям внутри России из-за устаревания оборудования, нестабильной работы отечественных источников и других факторов. Это обстоятельство стимулирует коллективы, обслуживающие станции нейтронного рассеяния к проведению модернизации оборудования для адаптации его к современным требованиям экспериментаторов, а также к разработке новых станций нейтронного рассеяния, в том числе в тех нейтронных центрах, где до этого подобными

исследованиями не занимались. Кроме этого, в настоящее время на высокопоточном источнике нейтронов ПИК реализуется масштабная программа создания новых станций нейтронного рассеяния. Эти факторы способствовали тому, что спрос на новые разработки в области детектирования нейтронов резко вырос в последнее время, поскольку детектор является одним из основных узлов любой станции нейтронного рассеяния.

В рассматриваемой диссертационной работе приводятся разработки одномерных счетчиков, и позиционно-чувствительных детекторов. Основная идея, заложенная в конструкции регистрирующих модулей, описанных в диссертации, состоит в использовании прозрачного световода, выполненного из оргстекла и кремниевых фотоумножителей (SiPM). В диссертации приводится разработанный метод увеличения загрузочной способности SiPM, который может использоваться в широком спектре задач применения SiPM, таких как ЛИДАР и позитрон-эмиссионная томографии (ПЭТ). Отдельной частью работы является разработка уникальной многофункциональной дифракционной установки СФЕРА, детекторная система которой основана на сцинтилляционных детекторах, разработанных автором. Это придает представленной работе не только актуальность, но и научную новизну и ценность. Основное внимание в диссертации уделено разработке сцинтилляционных детекторов нейтронов и тестированию их параметров на установках ИЯИ РАН ИН-06 и РАДЭКС. Данными детекторами оснащены установки ГЕРКУЛЕС, МНС и КРИСТАЛ. Однако, результаты, полученные в ходе выполнения работы, могут применяться на установках нейтронного рассеяния на источниках нейтронов любого типа.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка

сокращений и списка литературы. Список литературы включает в себя 89 наименований. Полный объем диссертации составляет 135 страниц и включает в себя 83 рисунка и 3 таблицы. Изложенные результаты многократно представлены автором на различных конференциях и опубликованы в рецензируемых журналах.

Во введении приведен обзор исследований и разработок детекторов тепловых нейтронов для обоснования актуальности. Также, в нём указывается цель диссертационной работы, описываются задачи, стоящие перед автором. Обсуждается научная новизна, обосновывается актуальность проводимого исследования.

В **первой** главе диссертации приведен обзор существующих детекторов тепловых нейтронов и описаны их основные параметры. Также приведены основные характеристики дифракционных нейтронных установок.

Вторая глава посвящена моделированию и описанию разработки сцинтилляционных детекторов, в том числе и позиционно-чувствительных, и методов улучшения их параметров. Приведено описание разработанной электроники и методов улучшения параметров детекторов.

В **третьей** главе достаточно подробно описаны источники ИН-06 и РАДЭКС ИЯИ РАН, используемые для тестирования детекторов. Приведено исследование параметров детекторов, и тестирование их на реальных образцах.

В **четвертой** главе приведено описание разработанной автором многофункциональной дифракционной установки СФЕРА. Описаны основные параметры и результаты первых тестов.

Заключение содержит краткое изложение основных результатов диссертации.

Вместе с тем диссертация содержит ряд недостатков.

1) В диссертации мало внимания уделено сравнению разрабатываемых сцинтилляционных детекторов с детекторами других типов по таким параметрам как, временное и пространственное разрешение. В связи с этим иногда трудно оценить достижения автора в ряду других разработок в этой области.

2) Глава 1.2.3 Разрешение детектора. В формуле (4) величина d , стоящая и в правой, и в левой части равенства очевидно две разные по смыслу величины, поскольку слева от знака равенства означает межплоскостное расстояние, а справа - ширину детектора. Величина T_p в подписи обозначена без индекса, как T . Недостаточно раскрыта суть вопроса, касающаяся позиционного разрешения. В тексте не раскрывается чем определяется эта величина.

3) Глава 1.2.4 Гамма-чувствительность. Проблема разделения n -у в сцинтилляционных детекторах нейтронов гораздо глубже, чем простой анализ амплитудных распределений каждой из компонент. Для сигнала от регистрации нейтрона сцинтиллятором ZnS характерна сложная форма сигнала, растянутая во времени с множеством биений, разной амплитуды. Амплитуды биений зависят от светосбора от конкретного события и затухают со временем. Если основываться на дискриминации сигнала по амплитуде, то можно отделить события, вызванные регистрацией u , только за счет потери части сигналов, полученных от нейтронов, т.е. существенно снизив эффективность регистрации нейтронного излучения.

4) В тексте диссертации термин «детектор» применяется и для отдельного счетчика, и для составного детектора, что вносит путаницу в

понятия. Следовало бы разделять понятия отдельный элемент - «счетчик» и «детектор», состоящий из набора счетчиков.

5) Глава 1.4. Позиционно-чувствительные детекторы тепловых нейтронов. «Для прозрачного сцинтиллятора с увеличением толщины будет падать разрешение, а в случае использования непрозрачного сцинтиллятора, невозможно добавить дополнительный слой сцинтиллятора». Утверждение неверное. Для непрозрачного сцинтиллятора вполне возможно использование многослойной конструкции.

6) Глава 2. Создание сцинтилляционного детектора нейтронов. «В то же время, дифракция нейтронов на образце образует кольца Дебая-Шеррера, и, в идеальном случае, детекторы должны размещаться вертикально по радиусу кольца от образца.» Фраза «вертикально по радиусу кольца от образца» непонятна. Автор не упоминает, что кольца Дебая-Шеррера метод для порошковой дифракции и монохроматического пучка.

7) Рисунок 17. Что такое «перенапряжение»?

8) Глава 2.1.1 Моделирование оптических параметров и создание прототипа. «В тестовой версии детектора использовался сцинтиллятор с эффективностью 28% и толщиной 0.45 мм» Для какой длины волны?

9) Рисунок 20. На рисунке отсутствует масштаб оси абсцисс. Для сцинтиллятора ZnS это является принципиальным моментом. Сигнал от единичного события представляет собой затянутый на несколько микросекунд сигнал со множеством осцилляций переменной амплитуды и принципы отбора для таких сигналов являются одними из самых принципиальных моментов для такого рода детекторов. Если ориентироваться только на первый пик и отрезать все остальные, то это неизбежно приведет к потере доли полезных событий.

10) В тексте диссертации содержится много опечаток, несогласованных окончаний. Редакции текста уделено недостаточно внимания.

Перечисленные замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы. Работа является оригинальным завершённым исследованием, выполненным на высоком уровне, и характеризует автора как состоявшегося научного исследователя.

Полученные автором результаты имеют существенное значение для прикладной физики. Материалы диссертации полностью изложены в опубликованных работах автора. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Новизна работы подтверждена 3 полученными патентами на методы, детекторы и уникальную установку СФЕРА.

С учётом вышеизложенного считаю, что диссертация Трунова Дмитрия Николаевича на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор безусловно заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 - «Приборы и методы экспериментальной физики».

Официальный оппонент,

Боднарчук Виктор Иванович, кандидат физико-математических наук по специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния». Тел. +7 (49621) 65915, адрес электронной почты: bodnarch@nf.jinr.ru

Международная межправительственная организация Объединённый институт ядерных исследований, Лаборатория нейтронной физики им. И. М. Франка, Научно-экспериментальный отдел комплекса спектрометров ИБР-2, начальник отдела
141980, г. Дубна Московская обл., ул. Жолио- Кюри, 6

« 25 » октября 2024г.

Боднарчук В.И. _____

Подпись (Боднарчука Виктора Ивановича) удостоверяю:

Учёный секретарь ЛНФ ОИЯИ

Д.М. Худоба

Сведения об оппоненте

Боднарчук Виктор Иванович, кандидат физико-математических наук по специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния». Тел. +7 (49621) 65915, адрес электронной почты: bodnarch@nf.jinr.ru

Список основных публикаций по теме рецензируемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Боднарчук В.И. и др. Детектор тепловых нейтронов типа плоскопараллельная резистивная камера на основе конвертера В-10// Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2023, - № 8, - с. 40-45.
2. Боднарчук В.И. и др. Прототип двухкоординатного позиционно-чувствительного детектора на основе сцинтиллятора ${}^6\text{LiF}/\text{ZnS}(\text{Ag})$ // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2023, - № 4, - с. 67-70.
3. Bodnarchuk V.I. et al. Mechanical neutron beam filter// Nuclear Inst, and Methods in Physics Research, A, 1055 (2023) 168547.
4. Боднарчук В.И. и др. Сравнительный анализ характеристик систем сбора данных с позиционно-чувствительных детекторов нейтронов // Приборы и техника эксперимента, 2020 № 3, - с. 56-64.
5. Боднарчук В.И. и др. Опыт разработки и создания детекторов тепловых нейтронов в НЭОКС ИБР-2 // Приборы и техника эксперимента, 2022 № 4, - с. 5- 17.