

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук Харламова Петра Ильича
на тему: «Методика тестирования прототипа модуля трековой системы
эксперимента VM@N»
по специальности 1.3.15 – «Физика атомных ядер и элементарных
частиц, физика высоких энергий»

Диссертация Харламова П.И. посвящена разработке и исследованию детекторного модуля на основе кремниевых стриповых детекторов для эксперимента VM@N (барионная материя на Нуклотроне).

Актуальность темы диссертации обусловлена тем, что в экспериментах по физике высоких и средних энергий необходимо с высокой точностью восстанавливать треки и импульсы вторичных частиц и вершины их взаимодействий, а кремниевые стриповые детекторы являются наиболее подходящими детекторами для решения этих задач.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается успешными испытаниями с помощью различных методик разработанных детекторных модулей и алгоритмов обработки информации,

Научная новизна заключается в применении лазерного излучения для тестирования двухсторонних кремниевых трековых детекторных модулей с потоковым чтением.

Диссертация состоит из введения, **четырёх глав и заключения.**

Во введении описаны актуальность темы диссертации, степень разработанности проблемы, цели и задачи исследований, научная новизна, объект и предмет исследования, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, приведены основные положения, выносимые на защиту, личный вклад автора, степень достоверности и апробация, структура диссертации.

В первой главе дан обзор кремниевых стриповых детекторов, применяемых в экспериментах по физике высоких и промежуточных энергий. Отмечено, что широкое использование кремниевых детекторов определяется их высоким пространственным разрешением, компактностью, способностью работать в магнитных полях и в вакууме. Указаны преимущества кремниевых детекторов перед газовыми – на порядок большее число индуцированных зарядов на единицу потери энергии, высокая плотность материала детектора, обеспечивающая высокие удельные потери частиц, возможность создания тонких детекторов и высокую точность определения координат, и другие. Приведены примеры детекторов для экспериментов на D0 Теватроне, ATLAS на Большом адронном коллайдере. Подробно описана работа кремниевого вершинного детектора эксперимента CLASS12 на ускорителе CEBAF, в том числе дано описание системы сбора и передачи данных на основе специализированной микросхемы FSSR2 с потоковой системой считывания.

Вторая глава посвящена описанию кремниевой трековой системы эксперимента BM@N. В первом разделе главы автор подробно обсуждает программу научных исследований, на ионном коллайдере NICA (ОИЯИ). Во втором разделе дано описание кремниевых трековых систем для экспериментов CBM@FAIR и BM@N, приведены результаты расчета плотности треков на см² на основании моделирования центральных столкновений Au+Au при энергиях 4,5 ГэВ на нуклон в рамках внутриядерной каскадной модели, которые были использованы для выбора положения детекторных станций, обеспечивающего их оптимальную загрузку. В третьем разделе приведены параметры двухстороннего кремниевого микрострипового сенсора, дано описание технологии изготовления и проверки качества. Четвертый раздел посвящен описанию электроники считывания сигналов с детекторов, в основе которой лежит микросхема STS-XYTER, используемая в проекте CBM@FAIR. В пятом разделе описана система сбора данных BM@N, основанная на эмуляции с помощью архитектуры ПЛИС микросхемы GBTx из проекта CBM@FAIR, недоступной в настоящее время в силу сложившихся

обстоятельств. Возможность эмуляции обусловлена существенно более низким загрузкам детекторной системы эксперимента VM@N по сравнению с SVM@FAIR.

В третьей главе описана методика и приведены результаты испытаний прототипа системы сбора данных на пучке ускорителя электронов ЛИНАК-200 (ОИЯИ). Тестирование с помощью пучка заряженных частиц дает возможность проводить комплексную проверку детектирующей системы в условиях повышенного радиационного и электромагнитного фона. Такие условия испытаний в наибольшей степени соответствуют условиям реального эксперимента. В первом разделе главы дано описание прототипа тракта чтения кремниевой трековой системы, начиная от самотриггирующейся микросхемы STS-XYTER, принимающей сигналы стриповых детекторов, до серверных компьютеров, обеспечивающих обработку данных. Во втором разделе описана экспериментальная установка для пучковых испытаний детекторов и приведены результаты испытаний. Испытания проводились на пучках электронов с энергиями 50 и 150 МэВ. Определено соотношение величин собранных зарядов для этих энергий, проведен анализ с использованием соотношения ионизационных и радиационных потерь в зависимости от энергии электронов. Проверена стабильность синхронизации микросхем электроники считывания.

В четвертой главе представлены методика и результаты тестирования детекторных модулей с помощью лазерных импульсов. Описаны преимущества лазерной методики, позволяющей проводить быструю постриповую проверку работоспособности детекторного модуля с регулируемой загрузкой. В первом разделе главы описана физика взаимодействия лазерного импульса с кремнием, выбраны длины волн лазерного излучения, оценены энергии лазерных импульсов, обеспечивающие количество электрон-дырочных пар, типичное для частиц в планируемых экспериментах. Во втором разделе дано подробное описание установки для

тестирования модулей. В третьем разделе представлены результаты испытаний

В заключении подведены итоги диссертационной работы, главным из которых стало создание лазерной установки для тестирования детекторных модулей.

По диссертации могут быть сделаны следующие замечания.

1. В тексте диссертации имеется незначительное число опечаток, однако не ясно в связи с чем по всему тексту диссертации автор использует существительное «рисунок» в именительном падеже: «...на Рисунок XX показано...» и т.п.

2. По существу материала диссертации замечание касается анализа испытаний детекторного модуля на электронном пучке. Во-первых, не указана плотность тока на пластине в пределах импульса. Отсутствие этой информации не позволяет оценить степень загрузки детектора, соответственно, вероятность наложения сигналов от различных частиц. Во-вторых, не понятен смысл использования соотношения ионизационных и радиационных потерь электронов для оценки соотношения амплитуд сигналов с детекторов для энергий 50 МэВ и 150 МэВ. Амплитуда сигнала определяется числом образованных электрон-дырочных пар, которое, в свою очередь, определяется потерями энергии частицы на ионизацию именно в слое кремния, а не полными потерями энергии.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности **1.3.15 – «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий»**, а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также

оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Харламов Петр Ильич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.15 – «Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий»

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук, профессор,
главный научный сотрудник Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Шведунев Василий Иванович



Контактные данные:

тел.: +7(495)939-24-51, e-mail: shved@depni.sinp.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц, 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики

Адрес места работы:

119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2,
Научно-исследовательский институт ядерной физики имени
Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени
М.В. Ломоносова

Тел.: +7(495)939-18-18; e-mail: info@sinp.msu.ru

Подпись главного научного сотрудника Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Шведунев Василия Ивановича удостоверяю:

Ученый секретарь

Научно-исследовательского института ядерной физики имени
Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени
М.В. Ломоносова,



Сигаева Екатерина Александровна