

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы
Мальцева Тимофея Владимировича
«Координатные детекторы высокого разрешения
на основе газовых электронных умножителей»,

представленную в диссертационный совет 24.1.162.02 на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института ядерной физики имени Г. И. Будкера
Сибирского отделения Российской академии наук
на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.2 Приборы и методы экспериментальной физики

Диссертационная работа Т. В. Мальцева посвящена исследованию характеристик координатных детекторов на основе газовых электронных умножителей (ГЭУ), а также моделированию функционирования внутреннего трекера детектора для проекта электрон-позитронного коллайдера Супер Чарм-Тау Фабрика.

Актуальность диссертации обусловлена тем, что детекторы на основе ГЭУ активно применяются во многих экспериментах физики элементарных частиц: в CERN (COMPASS, CMS, ALICE, LHCb, TOTEM), в INFN (KLOE-2), в ОИЯИ (BM@N), в ИЯФ СО РАН (КЕДР, ДЕЙТРОН, Тестовый пучок, Лазерный поляриметр, проект СЧТФ). Детекторы данного типа обладают пространственным разрешением менее 50 мкм, временным разрешением на уровне 10 нс, эффективностью 99%, загрузочной способностью до 10^7 Гц/см², радиационной стойкостью и малым количеством материала.

Научная новизна работы заключается в обнаружении физических пределов пространственного разрешения детекторов на основе ГЭУ, которые находятся на уровне 15 – 30 мкм. Данные значения получены экспериментально и согласуются с результатами численного моделирования. При этом в рамках параметрического моделирования сформулирован алгоритм корректировки дифференциальной нелинейности метода центра тяжести, позволяющий улучшить собственное пространственное разрешение детектора до уровня 10 мкм. Найденный алгоритм был применён к экспериментальным данным, и при этом было зафиксировано ожидаемое уменьшение ширины распределения событий по координатной разности.

В моделировании работы внутреннего трекера на основе время-проекционной камеры был установлен пороговый импульс пи-мезона величиной 55 МэВ/с, при котором возможна стабильная реконструкция этой частицы. Такой пороговый импульс получен для вакуумной трубы, состоящей из 3 мм бериллия и 0,5 мм парафина, при этом внутренняя стенка состоит из 50 мкм каптона, 100 мкм тефлона и 5 мкм меди.

Также научная новизна работы обеспечивается результатами исследования искажений траектории электронов ионизации за счёт объёмного заряда ионов внутри время-проекционной камеры при использовании различных газовых смесей. Средствами моделирования установлено, что наименьшие искажения обеспечиваются при работе с газовой смесью Ar(45%)-iC₄H₁₀(15%)-CF₄(40%) в случае, когда коэффициент газового усиления торцевых детекторов равен 10^4 , напряжённость электрического поля равна 1 кВ/см, а обратный ионный ток составляет 1%.

Практическая значимость работы состоит в сформулированных требованиях на конструкцию и режим работы детекторов, обеспечивающих наилучшие характеристики.

В частности для достижения пространственного разрешения на уровне 15 – 20 мкм требуется работать при отношении сигнала к шуму более 150. Минимальное разрешение при этом достигается для шага полосок 300 мкм. Коэффициент эффективной поперечной диффузии электронов в детекторе на основе трёхкаскадных ГЭУ для газовой смеси $\text{Ar}(70\%)\text{-CO}_2(30\%)$ по результатам моделирования составил 300 ± 20 мкм/ $\sqrt{\text{см}}$. Данное значение может применяться для расчётов и оценок характеристик будущих проектируемых детекторов.

Установление величины порогового импульса для регистрации заряженных пимезонов время-проекционной камерой и нахождение состава газовой смеси, дающей минимальные отклонения траектории электронов ионизации за счёт объёмного заряда ионов, представляется важным для формирования физической программы проектируемой Супер Чарм-Тау Фабрики.

Достоверность полученных результатов обеспечивается подробным описанием методов измерения основных характеристик детекторов, к которым относится коэффициент газового усиления, эффективность регистрации частиц, пространственное разрешение. Экспериментальные исследования детекторов выполнялись многократно и в разных конфигурациях, при этом полученные результаты являлись согласованными. Моделирование работы детектора выполнялось в известных, надёжных программах, таких как GEANT4, HEED, Garfield++, ANSYS, DD4HEP, COMSOL.

Основные результаты диссертации были опубликованы в 6 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на 10 международных научных конференциях.

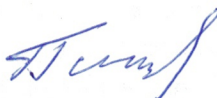
Автореферат написан грамотным научным языком; материал изложен последовательно, логично и ясно. В автореферате приведена вся необходимая информация для составления представления о диссертации в целом.

Диссертация выполнена на высоком профессиональном уровне и является законченным научным исследованием, соответствующим требованиям и критериям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор Мальцев Тимофей Владимирович заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.

Согласен на включение моих персональных данных в аттестационное дело соискателя и их дальнейшую обработку.

Поташев Станислав Ильич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Лаборатории атомного ядра Института ядерных исследований РАН, адрес: 117312, Москва, В-312, проспект 60-летия Октября, д. 7а, эл. почта: potashev@ing.ru.

«10» июня 2026 г.



Станислав Ильич Поташев

Подпись Поташева Станислава Ильича заверяю

Заведующая Отделом кадров ИЯИ РАН




Елена Александровна Горшкова