

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ



имени
П.Н. Лебедева

Российской академии наук

Ф И А Н

119991, ГСП-1, Москва,
Ленинский проспект, 53, ФИАН
Телефоны: (499) 135 1429

(499) 135 4264

Телефакс: (499) 135 7880

<http://www.lebedev.ru>

postmaster@lebedev.ru

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Физического института
им. П.Н. Лебедева

Российской академии наук (ФИАН),
д.ф.-м.н.



С.Ю. Савинов

05 декабря 2016 г.

Дата 05.12.2016 № 11220-93-11-1318

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Леонтьева Владимира Викторовича «Высокоточное восстановление импульса малоэнергетических продуктов рп-взаимодействия в области энергий единиц ГэВ микростриповыми детекторами», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 — «Физика атомного ядра и элементарных частиц»

Диссертация Леонтьева Владимира Викторовича посвящена созданию и исследованию системы кремниевых трековых телескопов (КТТ) для детектирования малоэнергетических частиц на базе двусторонних микростриповых полупроводниковых детекторов (ПДД) спектрометра ANKE, расположенного на накопительном кольце ускорителе COSY, Национального исследовательского центра г. Юлих, Германия.

В последнее десятилетие актуальной задачей стало изучение спиновой структуры заряженных частиц. Спектрометр ANKE является единственным в мире, где возможно проведение двойного поляризационного эксперимента $dp \rightarrow pp(n)$ с использованием поляризованной мишени и поляризованного пучка заряженных частиц ускорителя. Проводимые и планируемые на установке ANKE исследования по изучению спиновой физики нуклон-нуклонного взаимодействия в области энергий в несколько ГэВ, изучение околорогового рождения мезонов и барионов, спин-фильтрационные исследования требуют регистрации малоэнергетических продуктов реакций, в частности, протонов и дейтронов с кинетической энергией от 0,5 до 200 МэВ. Существенная часть этих исследований требует не только восстановления треков и идентификацию типа частиц, но и получения всего комплекса энергетической, временной, пространственной информации о них с высокой точностью.

Основной целью диссертационной работы является получение в системе КТТ максимальной, близкой к аппаратурному пределу, точности энергетических и временных измерений, применение их совместно с восстановлением треков частиц для расчета кинематических параметров продуктов исследуемых реакций и максимальное

расширение области определения этих параметров, а также изучение перспектив применения таких характеристик системы КТТ в будущих экспериментах.

Работа Леонтьева Владимира Викторовича является частью проекта создания системы детектирования малоэнергетических частиц, состоящей из нескольких двусторонних микростриповых полупроводниковых детекторов. Компактность модулей системы позволяет поместить их в вакууме в непосредственной близости от мишени. Это обеспечивает полноту восстановления наблюдаемых величин продуктов реакций с малым пробегом и дает возможность обеспечить точность реконструкции физического сигнала и самоконтроль системы. Создание методики калибровки и анализа первичных данных для всей совокупности энергетических, временных и пространственных каналов информации повышает эффективность реконструкции физического сигнала установки, использующей трековые ППД до качественно нового уровня. Существенно возрастает точность измерения дифференциальных сечений и возможность анализа реакций $pd \rightarrow pp(n)$, $pd \rightarrow pp(\Delta^0)$ с регистрацией пары протонов с малыми энергиями, упругого рассеяния $pd \rightarrow pd$ с малыми углами и регистрацией дейтрона с малой энергией. Именно этими задачами определяется актуальность настоящей работы

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, четырех приложений и списка литературы. Работа содержит 140 страниц, 15 таблиц и 95 иллюстраций.

Первая глава описывает экспериментальное окружение и предназначение системы кремниевых трековых телескопов (КТТ) установки ANKE, расположенной на внутреннем пучке ускорителя COSY.

Вторая глава содержит описание системы КТТ, а также описание исследований детекторов, считывающей электроники и единичного модуля системы.

Третья глава содержит описание процедуры калибровки и анализа первичных данных энергетических каналов системы. Описаны методики калибровки единичного чувствительного элемента, единичного детектора, целого модуля системы для того, чтобы восстановить первоначальную энергию идентифицируемого продукта реакции.

Четвертая глава содержит описание процедуры калибровки и анализа первичных данных каналов измерения времени и их связи с измерением энергии. Анализируются возможности измерения времени для применения в эксперименте. Исследованы характеристики точности временных отметок сигналов считывающей электроники ППД, изучены ее отклики на тестовые сигналы генератора. Помимо проведения аналогичных измерений, впервые проведены исследования на сигналах от реальных частиц, это обеспечило изучение тонкостей работы всего тракта детектор–электроника.

В пятой главе рассматривается процедура восстановления треков, связь получаемых пространственных данных с измерениями системой энергии, описание внедренного метода восстановления вершины реакции по парным трекам.

В шестой главе рассматривается мотивация для расширения текущей научной программы с применением КТТ и описывается анализ перспектив применения улучшенных характеристик КТТ.

Среди наиболее значимых новых результатов можно выделить:

1. Разработана и применена оригинальная методика тестирования микростриповых детекторов и электроники считывания (front-end). Впервые в рамках этой методики использована комбинация электронной калибровки и регистрации излучения радиоактивных источников, что позволило выявить и скомпенсировать ряд неизвестных до этого нерегулярностей функции отклика детекторной системы такого типа.

2. Разработана и экспериментально подтверждена методика кросс калибровки системы кремниевых трековых телескопов на основе комбинации данных, полученных от радиоактивных источников в лаборатории и данных по регистрации продуктов опорной реакции (упругого рассеяния протонов) в условиях научного эксперимента.

3. Разработан и использован в эксперименте метод восстановления начальной энергии малоэнергетических продуктов реакции с высокой точностью для протонов с кинетической энергией $1 \div 40$ МэВ, относительная погрешность измерения составила менее 1%. При этом повышена верхняя граница области определения энергии в два раза, с 35 до 70 МэВ.

4. Проработан метод измерения времени пролета частиц, впервые для полупроводниковых детекторов получена погрешность измерения временных интервалов менее 0,54 нс (в лабораторных условиях). Тем самым продемонстрирована возможность использования системы кремниевых трековых телескопов для время-пролетных измерений, а также для идентификации частиц, остановленных в детекторе, по их пробегу. Этот метод позволил снизить нижнюю границу области измерения энергии частиц с 5,5 МэВ до 1,5 МэВ.

5. Исследованы возможности системы кремниевых трековых телескопов для расширения научной программы ANKE-PAX по изучению спинового протон-нейтронного взаимодействия, в частности, для измерения дифференциальных сечений реакций $pd \rightarrow pp(n)$, $pd \rightarrow pp(\Delta^0)$ с регистрацией системой кремниевых трековых телескопов пары протонов с малой энергией возбуждения (\sim МэВ), а также для изучения упругого рассеяния на малые углы с регистрацией низкоэнергетического дейтрона.

Результаты работы докладывались на семинарах и конференциях, опубликованы в журналах из перечня ВАК. Достоверность результатов подтверждается экспериментальными результатами, полученными на установке ANKE-COSY.

По диссертации имеются следующие замечания:

- 1) Поскольку в работе для аппроксимации зависимостей повсеместно применялись многочленные функции, было бы закономерно демонстрировать качество аппроксимации при помощи критерия Тейлора.
- 2) На рисунке 3.11, отображающем перекрестные наводки в каналах электроники (раздел 3.2), наблюдается явное несоответствие экспериментальных точек на правом и на левом графиках.
- 3) Относительно порядка представления материала следует заметить, что в разделе 3.3 на основе калибровки на α -частицах сразу делаются выводы о характеристиках системы по восстановлению энергии протонов и дейтронов без ссылок на обоснованность такого перехода. При этом обосновывающие доводы и экспериментальные результаты вынесены в следующий раздел.
- 4) Относительно ясности изложения необходимо отметить негативные моменты, связанные с тем, что ряд терминов и фраз является буквальным переводом с английского языка. На подписях к рисункам чередуются буквенные обозначения кириллицей и латиницей.

Указанные замечания не снижают научной ценности работы, выполненной на высоком экспериментальном уровне.

Диссертация В.В. Леонтьева «Высокоточное восстановление импульса малоэнергетических продуктов рп-взаимодействия в области энергий единиц ГэВ микростриповыми детекторами» является научно-квалификационной работой, посвященной актуальной проблеме современной физики элементарных частиц, и соответствует специальности 01.04.16 «Физика атомного ядра и элементарных частиц». Полученные результаты являются новыми и имеют существенное практическое значение.

Автореферат диссертации правильно и полно отражает ее содержание. Работа удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г., а Леонтьев Владимир Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Работа заслушана и обсуждена на заседании Ученого совета Отделения ядерной физики и астрофизики ФИАН 20 октября 2016 года, протокол №50. Отзыв на диссертацию подготовил главный научный сотрудник Отделения ядерной физики и астрофизики, доктор физ.-мат. наук Михаил Александрович Негодаев.

г.н.с. ОЯФА ФИАН
д. ф.-м. н.

 М.А. Негодаев

Зам. Председателя Ученого совета ОЯФА ФИАН,
д.ф.- м. н.

 А.В. Агафонов

Секретарь Ученого совета ОЯФА ФИАН,
к. ф.-м. н.

 Н.П. Топчиев

Сведения об организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН)

Адрес: 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д.53, ФИАН

Телефон: 8(499)135-42-64

Факс: 8(499)135-78-80

e-mail: postmaster@lebedev.ru, negodaev@lebedev.ru

Публикации по специальности:

1. STUDY OF DD-REACTION YIELDS FROM THE PD/PDO:DX AND THE TI/TIO2:DX HETEROSTRUCTURE AT LOW ENERGIES USING THE HELIS SETUP // Bagulya A.V., Dalkarov O.D., Negodaev M.A., Rusetskii A.S., Chubenko A.P. // Physica Scripta. 2015. T. 90. № 7. С. 074051.

2. BOSE-EINSTEIN CORRELATIONS IN HADRON-PAIRS FROM LEPTO-PRODUCTION ON NUCLEI RANGING FROM HYDROGEN TO XENON: HERMES COLLABORATION // Jackson H.E., Reimer P.E., De Leo R., Lagamba L., Nappi E., Vilardi I., Ma B.-Q., Mao Y., Wang S., Garay García J., Schnell G., Van Hulse C., Ellinghaus F., Kinney E., Akopov Z., Avetisyan E., Borissov A., Deconinck W., Gavrilov G., Hartig M. et al. // The European Physical Journal C - Particles and Fields. 2015. T. 75. № 8. С. 361.
3. PENTAQUARK Θ^+ SEARCH AT HERMES // Jackson H.E., Reimer P.E., Rubin J., De Leo R., Lagamba L., Nappi E., Vilardi I., Ma B.-Q., Mao Y., Wang S., Ye H., Garay García J., Schnell G., Van Hulse C., Kinney E., Martinez De La Ossa A., Akopov Z., Avetisyan E., Borissov A., Deconinck W. et al. // Physical Review D - Particles, Fields, Gravitation and Cosmology. 2015. T. 91. № 5. С. 057101.
4. ИЗУЧЕНИЕ СТИМУЛИРОВАНИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ И ИЗЛУЧЕНИЙ НА ГРАНИЦЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА И ПЛАЗМЫ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ РАЗРЯДОМ И ПУЧКАМИ ИОНОВ И ЭЛЕКТРОНОВ НА УНИКАЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ ФИАН // Багуля А.В., Далькаров О.Д., Негодаев М.А., Огинов А.В., Русецкий А.С. // Инноватика и экспертиза: научные труды. 2015. № 2 (15). С. 201-221.
5. CHANNELING EFFECT IN POLYCRYSTALLINE DEUTERIUM-SATURATED CVD DIAMOND TARGET BOMBARDED BY DEUTERIUM ION BEAM // Bagulya A.V., Dalkarov O.D., Negodaev M.A., Rusetskii A.S., Chubenko A.P., Ralchenko V.G., Bolshakov A.P. // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. 2015.
6. TRANSVERSE-TARGET-SPIN ASYMMETRY IN EXCLUSIVE ω -MESON ELECTROPRODUCTION: THE HERMES COLLABORATION // Jackson H.E., Reimer P.E., De Leo R., Lagamba L., Vilardi I., Ma B.Q., Mao Y., Wang S., Schnell G., Van Hulse C., Ellinghaus F., Kinney E., Akopov Z., Borissov A., Deconinck W., Holler Y., Rostomyan A., Yaschenko S., Zihlmann B., Aschenauer E.C. et al. // The European Physical Journal C - Particles and Fields. 2015. T. 75. № 12. С. 1-8.