

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
им. Г.И. Будкера
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИЯФ СО РАН)

Пр. Ак. Лаврентьева, д. 11, Новосибирск, 630090
тел.: (383) 329-4760, факс: (383) 330-7163
<http://www.inp.nsk.su>, e-mail: inp@inp.nsk.su
ОКПО 03533872 ОГРН1025403658136
ИНН/КПП 5408105577 / 540801001

От _____ № 15311 – _____

На № _____ от _____

"Утверждаю"

Директор ИЯФ СО РАН,
академик

 А.Н.Скринский

2 июня 2014 г.

Отзыв

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И.Будкера Сибирского отделения Российской академии наук (ИЯФ СО РАН) на диссертацию Александрова Ивана Сергеевича

«Разработка сверхчувствительного метода регистрации ионизации в детекторах на основе благородных газов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

Диссертация И.С. Александрова посвящена разработке нового метода регистрации ионизации, который может быть применен в перспективных двухфазных детекторах нового поколения для регистрации редких процессов в условиях низкофоновых лабораторий, а именно для поиска темной материи и регистрации когерентного рассеяния нейтрино на атомном ядре. Этот метод основан на применении сравнительно новых типов детекторов и фотодетекторов, Газового электронного умножителя (ГЭУ), толстого ГЭУ (ТГЭУ) и многопиксельного Гейгеровского лавинного фотодиода (МГЛФД), в двухфазных детекторах на основе плотных благородных газов. Сложность наблюдения таких процессов заключается в том, что эксперименты нужно ставить с массивными мишенями (сотни килограммов), а искать события с энерговыделениями порядка 1 кэВ, а в некоторых случаях даже с отдельными электронами ионами и фотонами возбуждения среды, на фоне сигналов от естественной радиоактивности и космических лучей. Таким образом, задачи, стоявшие перед автором данной работы, несомненно, являются весьма актуальными.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы.

Во *введении* дается краткая характеристика современного состояния двух направлений исследований, посвященных поискам темной материи и когерентного рассеяния нейтрино на атомном ядре.

В *первой главе* рассмотрен жидкий ксенон как рабочее вещество детекторов ионизирующего излучения, а также уникальная способность двухфазных благородных газов одновременно регистрировать ионизацию и сцинтилляцию.

Вторая глава описывает принципы работы двухфазного эмиссионного детектора на основе благородных газов. Также в этой главе рассмотрены принципиальные элементы детектора - МГЛФД и ГЭУ.

Третья глава описывает экспериментальные данные по регистрации сцинтилляционного света с помощью МГЛФД и сместителя спектра в жидком ксеноне, включая оригинальный двух-пленочный спектросместитель, состоящий из р-терфенила и защитной пленки полипараксилилена.

В *четвертой главе* представлен основной экспериментальный результат работы - успешная регистрация ионизации в двухфазном детекторе на основе ксенона с комбинированным умножителем «ГЭУ + сместитель спектра + матрица МГЛФД». В частности, описывается процедура восстановления координат с помощью матрицы МГЛФД, моделирование светосбора и оценка чувствительности детектора.

В *заключении* сформулированы основные результаты диссертации.

Таким образом, работа И.С. Александрова является существенным вкладом в развитие методов регистрации частиц и излучений сверхчувствительными детекторами на основе плотных благородных газов. Разработанный И.С. Александровым метод позволяет увеличить точность, чувствительность и быстродействие измерений в экспериментах в физике высоких энергий, астрофизике и прикладных областях. К ним относятся низкофоновые эксперименты по поиску темной материи и двойного бета-распада, эксперименты по регистрации когерентно рассеянных нейтрино и медицинские приложения.

Хотя в целом работа выполнена на высоком уровне, в ее изложении и оформлении имеются отдельные недостатки.

1. По терминологии. Наряду с названием «двухфазные эмиссионные детекторы», употребляемым в диссертации, для этого класса детекторов распространено также название «двухфазные криогенные лавинные детекторы», которое кажется более адекватным: см. следующее замечание.

2. В главе 2, где рассматриваются принципы работы, не отражено, что необходимым условием работы детектора является уникальная способность ГЭУ работать в плотных благородных газах при криогенных температурах в режиме лавинного усиления. Именно поэтому такие детекторы часто называют «криогенные лавинные детекторы».

3. В этой связи было бы уместно сослаться на пионерские работы группы ИЯФ по работе ГЭУ, ТГЭУ и МГЛФД в двухфазном и газообразном ксеноне при криогенных температурах, имеющих прямое отношение к данной работе: A. Bondar et al., *Two-phase argon and xenon avalanche detectors based on Gas Electron Multipliers*, Nucl. Instrum. Meth. A 556 (2006) 273; A. Bondar et al., *On the low-temperature performances of THGEM and THGEM/G-APD multipliers in gaseous and two-phase Xe*, JINST 6 (2011) P07008. Этого, к сожалению, не было сделано.

4. На стр. 41 утверждается, что величина электролюминесцентного (ЭЛ) сигнала (в отверстиях ГЭУ) может быть рассчитана по формуле (1.8). Это не так, т.к. в лавинном режиме ЭЛ сигнал не пропорционален полю, из-за экспоненциального размножения числа электронов в лавине.

5. Следует также отметить косноязычность некоторых речевых оборотов: стр. 41 – «... на двухстороннем металлизированном каптоне, покрытом золотом»; стр. 64 – «схема ... для изучения отклика схемы ...»; и т.п.

Очевидно, что перечисленные выше замечания не снижают общей высокой оценки диссертации, представляющей собой законченное исследование. Достоверность выводов и результатов диссертации, а также их новизна и актуальность не вызывают сомнений, также как и то, что диссертант внес существенный вклад в развитие данного нового направления детекторов частиц и излучений. Основные результаты работы были опубликованы в ведущих научных журналах и представлены на российских и международных научных конференциях. Автореферат диссертации правильно и полно отражает содержание диссертации.

Результаты данной работы должны быть рекомендованы для широкого использования в российских (ИАЭ, ИФВЭ, ИТЭФ, ИЯИ РАН, ОИЯИ, ИЯФ СО РАН и др.) и зарубежных (КЕК (Япония), ЦЕРН (Швейцария), ФНАЛ (США) и др.) научных центрах, занимающихся исследованиями в области физики элементарных частиц, астрофизики, а также для прикладных задач.

Диссертация И.С. Александрова удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 - приборы и методы экспериментальной физики.

Отзыв составил
доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник

Б.А. Шварц

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании Ученого совета ИЯФ СО РАН

Ученый секретарь ИЯФ СО РАН,
кандидат физико-математических наук



А.В. Васильев