

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата физико-математических наук Поповой Елены Викторовны на диссертационную работу Сидоренкова Андрея Юрьевича «Разработка жидкого сцинтиллятора на основе линейного алкилбензола для экспериментов следующего поколения в астрофизике частиц», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Диссертация Сидоренкова Андрея Юрьевича выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН). Диссертационная работа посвящена разработке и созданию нового жидкого сцинтиллятора с высоким световыходом на основе линейного алкилбензола для экспериментов следующего поколения в астрофизике частиц. Жидкие органические сцинтилляторы успешно использовались во многих экспериментах в области астрофизики частиц, в частности, в нейтринной физике, обеспечивая возможность проведения прецизионных измерений свойств нейтрино. Поэтому при планировании будущих экспериментов уделяется пристальное внимание усовершенствованию характеристик существующих и разработке новых жидких сцинтилляторов, что подтверждает несомненную актуальность выполненной работы.

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

Во введении автор обосновывает актуальность темы исследований, формулирует цели диссертационной работы, обсуждает ее новизну и практическую ценность.

В первой главе описываются эксперименты в области нейтринной физики и физики элементарных частиц, где нашли применение жидкие органические сцинтилляторы.

Во второй главе описаны механизмы сцинтилляции в жидких органических сцинтилляторах, приведены результаты исследования параметров жидких органических сцинтилляторов, в которых в качестве растворителя используется линейный алкилбензол (LAB), а также диизопропилнафталин (DIN) и псевдокумол (PC), представлены результаты исследования параметров высокоэффективного жидкого органического сцинтиллятора с новыми кремнийорганическими добавками, а также описаны методы и средства тестирования параметров жидких органических сцинтилляторов.

Третья глава диссертации посвящена методам очистки жидких сцинтилляторов и исследованию концентрации радиоактивного изотопа ^{14}C в жидких органических сцинтилляторах.

Четвертая глава диссертации посвящена разработке и исследованию фотоэлектронных умножителей для использования в крупномасштабных жидкосцинтилляционных детекторах. В данной главе представлены результаты исследования параметров разработанных в коллаборации с ООО «МЭЛЗ ФЭУ» специализированного фотоэлектронного умножителя с полусферическим фотокатодом диаметром 3 дюйма.

В пятой главе представлены результаты исследования параметров высокоэффективных и быстрых неорганических сцинтилляционных кристаллов GAGG(Ce) для изучения нелинейных эффектов в жидких органических сцинтилляторах.

В заключении сформулированы основные результаты, которые состоят в следующем:

1. Разработаны и созданы высокоэффективные жидкие сцинтилляторы на основе новых кремнийорганических сцинтилляционных добавок и линейного алкилбензола для экспериментов следующего поколения в астрофизике частиц. Световой выход разработанных сцинтилляторов почти в 2 раза превышает световой выход сцинтилляторов с использованием PPO.
2. Разработаны методы и средства исследования параметров разработанных жидких органических сцинтилляторов на базе быстродействующих фотоумножителей с фотокатодами с высокой квантовой эффективностью.
3. Разработаны совместно с ООО «МЭЛЗ ФЭУ» полусферические фотоэлектронные фотоумножители диаметром 3 дюйма для крупномасштабных экспериментов следующего поколения, которые способны конкурировать с зарубежными аналогами.
4. Разработаны методы и средства тестирования высокоэффективных быстрых неорганических сцинтилляционных кристаллов GAGG(Ce) для исследования нелинейных эффектов в жидких сцинтилляторах с использованием комптоновской спектрометрии.
5. Разработана и создана электронная регистрирующая система на базе быстродействующего оцифровщика импульсов DRS4 для низкофоновой установки по исследованию содержания радиоактивного изотопа ^{14}C в жидких органических сцинтилляторах.

Таким образом, поставленные цели работы, в частности разработка и создание высокоэффективных жидких сцинтилляторов на основе линейного алкилбензола и новых кремнийорганических сцинтилляционных добавок, были достигнуты. Новизна проведённых исследований состоит в том, что впервые в мире разработаны жидкие органические сцинтилляторы с кремнийорганическими сцинтилляционными добавками, которые характеризуются высоким световым выходом, почти в 2 раза превышающем

световыход сцинтилляторов с добавлением РРО. Также разработан и создан специализированный фотоэлектронный умножитель для использования в жидкосцинтилляционных детекторах, способный составить конкуренцию зарубежным аналогам.

Исследования, представленные в диссертации, выполнены на высоком уровне. В целом, диссертация оставляет хорошее впечатление. К сожалению, в диссертационной работе есть недостатки:

1. Наличие стилистических ошибок и опечаток. Например, в оглавлении нет параграфа 2.7, неправильно указан номер рисунка 2.32 на стр. 81. В ряде ссылок не указаны страницы, например, на странице 130 ссылки 9-11, а на странице 131 ссылки 19-23.
2. На странице 126, на рисунке 5.6 неправильно указан угол θ , на который рассеивается гамма-квант. Этот угол определен чуть выше на этой же странице в формуле 5.2.
3. Не указано при каком значении приложенного перенапряжения, определяющего эффективность регистрации света кремниевым фотоумножителем, получен зарядовый спектр, показанный на рисунке 5.5.

Указанные выше замечания незначительны и несколько не снижают высокой научной ценности представленной диссертации. Диссертация Сидоренкова А.Ю. является итогом большой по объему и качественной работы, в которой автором продемонстрированы хорошие знания и высокая квалификация уже сложившегося физика-экспериментатора. Сформулированные в диссертации выводы и положения достоверны, обоснованы и обладают высокой научной ценностью. В опубликованных автором работах достаточно полно отражены основные результаты работы. Диссертация является законченной научно-исследовательской работой на актуальную тему. Полученные в диссертации результаты, несомненно, найдут применение в экспериментах в астрофизике частиц.

Автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации. Работа соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Сидоренков Андрей Юрьевич, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Официальный оппонент

Попова Елена Викторовна,

кандидат физико-математических наук,

доцент ООП ИЯФИТ НИЯУ МИФИ,

и.о. руководителя межкафедральной лаборатории

№ 366 "Кремниевые Фотоумножители"

Федерального государственного автономного образовательного

учреждения высшего образования "Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ" (НИЯУ МИФИ).

адрес: 115409, г. Москва, Каширское шоссе д. 31

тел.: +7-910-418-84-64

e-mail: elenap73@mail.ru

«17» ноября 2021 г.

Попова Е.В.

Подпись Е.В. Поповой удостоверяю

Заместитель начальника отдела
документационного обеспечения
НИЯУ МИФИ

В.М. Самородова

Попова Елена Викторовна

Кандидат физико-математических наук.

Специальность 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

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

1. Vinogradov S., **Popova E.** Status and perspectives of solid state photon detectors.//Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 2020, Volume 9521, Article number 161752. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2018.12.067>
2. Engelmann E., **Popova E.**, Vinogradov S. et al., Tip Avalanche Photodiode—A New Generation Silicon Photomultiplier Based on Non-Planar Technology.// IEEE Sensors Journal 2021, Volume: 21, Issue: 5, pp.6024-6034. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.3041556>
3. Chergui A. C., **Popova E. V.** et al., Neutron-gamma separation study for ZnS(Ag)⁶LiF scintillator and silicon photomultipliers.//Journal of Physics: Conference Series, 2020, Volume 1690, Article number 012036. doi: 10.1088/1742-6596/1690/1/012036
4. Chergui A. C., **Popova E. V.** et al., Experimental comparison of the measurement results of two different silicon photomultipliers and organic scintillator to detect fast neutrons.//Journal of Physics: Conference Series, 2020, Volume 1690, Article number 012039. doi: 10.1088/1742-6596/1690/1/012039
5. **Popova E. V.** et al, Measurements with silicon photomultipliers of dose-rate effects in the radiation damage of plastic scintillator tiles in the CMS hadron endcap calorimeter// Journal of Instrumentation, 2020 Volume 15, Article number 06009, <https://doi.org/10.1088/1748-0221/15/06/P06009>
6. E. Engelmann, **E. Popova**, S. Vinogradov, Spatially resolved dark count rate of SiPMs.// The European Physical Journal C, 2018, Volume 78, Article number: 971, doi: 10.1140/epjc/s10052-018-6454-0
7. [D. Philippov](#); [E. Popova](#) et al., Development of SiPM-Based X-Ray Counting Scanner for Human Inspection.// [IEEE Transactions on Nuclear Science](#) 2018, Volume 65, [Issue: 8](#), pp 2013-2020 <https://doi.org/10.1109/TNS.2018.2795251>
8. **Popova E. V.** et al, Radioactive source calibration test of the CMS Hadron Endcap Calorimeter test wedge with Phase I upgrade electronics.// [Journal of Instrumentation](#), 2017, [Volume 12](#), Article number 12034, doi: 10.1088/1748-0221/12/12/P12034