

Минобрнауки России
Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Институт сильноточной электроники
Сибирского отделения
Российской академии наук
(ИСЭ СО РАН)
пр-кт Академический, д. 2/3,
г. Томск, 634055
тел. (3822) 491-544, факс (3822) 492-410
e-mail: contact@hcei.tsc.ru
<http://www.hcei.tsc.ru>
ОКПО 05160369; ОГРН 1027000871666
ИНН 7021001375; КПП 701701001

от 01.03.2022 № 15310-23/13
на № _____ от _____

"УТВЕРЖДАЮ"

Директор Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки Институт
сильноточной электроники
Сибирского отделения
Российской академии наук,
доктор физико-математических
наук

И.В. Романченко



«01» марта 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук на диссертационную работу КАСАТОВА Дмитрия Александровича "Исследование материалов нейтроногенерирующей мишени для бор-нейтронозахватной терапии", представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Дмитрия Александровича Касатова посвящена исследованию процессов взаимодействия ускоренных протонов и эпитетловых нейтронов с поверхностью твердого тела и направлена на создание эффективной мишени источника нейтронов для бор-нейтронозахватной терапии онкологических заболеваний. Тематика диссертации обусловлена, с одной стороны, высокой социальной значимостью и потребностью внедрения в клиническую практику современных компактных источников эпитетловых нейтронов на основе ускорителей протонов, обеспечивающих поток нейтронов с

плотностью уровня $10^9 \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$, при этом нелокализованная в раковой опухоли доза облучения пациента, сопутствующий нейтронному потоку паразитный поток гамма-излучения и активация элементов конструкции самого источника нейтронов должны быть минимальны. С другой стороны, физические аспекты взаимодействия протонов с МэВ-ным диапазоном энергии с металлической мишенью, реализуемые в мишени источника, требуют дальнейшего изучения с применением современного оборудования. Все это делает тематику данной диссертационной работы, несомненно, актуальной.

Научная новизна

В диссертационной работе Д.А. Касатова впервые с высокой точностью измерено сечение реакции неупругого рассеяния протона в энергетическом диапазоне от 0,64 до 2,1 МэВ на атомном ядре изотопа лития ${}^7\text{Li}$. Впервые измерена зависимость выхода фотона с энергией 478 кэВ из толстой литиевой мишени при диапазоне энергии протонов от 0,65 до 2,3 МэВ. Определена кратность уменьшения паразитной дозы гамма-излучения при замене толстой литиевой мишени на тонкую. Получен массив данных по мощности дозы и спектру рентгеновского излучения, мощности дозы нейтронного излучения и спектру излучения остаточной активности при поглощении протонов с энергией 2 МэВ в различных материалах. Особо отметим *in-situ* исследования динамики образования блистеров на поверхности меди и тантала под воздействием потока 2 МэВ протонов с высоким флюенсом. Главным результатом этих исследований является определение порога возникновения блистеров. Ранее такие исследования не проводились.

Научная и практическая значимость диссертации

Научная значимость диссертации состоит в получении новых знаний о взаимодействии протонов и нейтронов с металлами, возможности их использования для других разделов физики и физического материаловедения. Практическая значимость результатов заключается в их востребованности для осуществления эффективного лечения пациентов методом борнейтронозахватной терапии - современного и уникального метода удаления неоперабельных злокачественных опухолей. Отметим, что полученные в диссертации результаты уже были использованы при создании источника нейтронов для зарубежных клиник и в настоящее время ведутся работы по разработке таких устройств для отечественной медицины. Таким образом, полученные автором диссертации результаты обладают высокой научной

значимостью для развития физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники, важны для применения ускорителей протонов для задач практики.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты и выводы, приведенные в диссертации, рекомендуется использовать при разработке и создании источников нейтронов на базе пучков заряженных частиц в Институте прикладной физики РАН, Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Национальном исследовательском центре "Курчатовский институт", Научно-исследовательском институте электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова, Национальном медицинском исследовательском центре онкологии имени Н.Н. Блохина и в других организациях, ведущих исследования по этой тематике.

Апробация результатов диссертации

Результаты диссертации опубликованы в 5 статьях в рецензируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК: Metals, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research - B, Applied Radiations and Isotopes, Ядерная физика, Вестник рентгенологии и радиологии, а также в 4 полнотекстовых докладах в трудах конференций, доложены на 10 международных и 4 отечественных конференциях. Апробацию работы следует признать достаточной и всесторонней для кандидатской диссертации.

Общая характеристика работы

Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы подтверждается использованием современной приборной базы, систематическим характером результатов исследований, использованием независимых дублирующих экспериментальных методик, сопоставлением результатов экспериментов с результатами моделирования, практической реализацией научных положений и выводов работы при создании мишени для источника нейтронов. Диссертация является завершенной научной работой, имеет четкую структуру, обладает внутренним единством, содержит новые значимые результаты, изложена простым и понятным языком. Все вопросы и результаты исследований, изложенные в ней, рассмотрены подробно и доказывают научные положения, выносимые на защиту. Диссертационная работа соответствует научной специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника в части направлений исследований, указанных в пунктах 1, 3, 9 и 10 паспорта специальности. Автореферат диссертации правильно и полно отражает её основное содержание.

Замечания по диссертации:

1. Процесс образования блистеров при облучении мишени протонами должен сопровождаться изменением свойств материала поверхности самой мишени. Если бы одновременно с процессом изучения роста блистеров измерялась динамика изменения этих свойств, таких как параметры кристаллической решетки, образование дислокаций, микротвердость, пластичность и др., то это могло бы дать больше информации о физике процесса блистерообразования.

2. Формулирование первого предложения во втором научном положении диссертации без указания степени чистоты использованной в качестве материала мишени меди представляется не вполне конкретным. Аналогичные замечания можно сделать и по тексту работы. Например, на стр. 30 в первых трех предложениях трижды употреблен термин "существенно ниже" и один раз "существенно выше" без указания численных значений этих различий.

3. Имеются замечания по оформлению диссертации. Часть иллюстративного материала (рисунки 2, 3, 4 и др.) имеет англоязычные подписи. Встречаются отклонения от пунктов 5.3.9 - 5.3.11 ГОСТ Р 7.0.11 - 2011 "Диссертация и автореферат диссертации" (страницы 15, 37, 50 и др.), регламентирующего правила оформления текста диссертации.

Вместе с тем, сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Вывод

Диссертация Касатова Дмитрия Александровича на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, в которой содержится решение научной задачи, заключающейся в исследовании процессов блистерообразования, измерении сечений ядерных реакций, изучении генерации излучения в поверхности материала мишени протонного генератора нейtronов, имеющей значение для развития отрасли знаний Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Диссертационная работа Касатова Дмитрия Александровича "Исследование материалов нейтроногенерирующей мишени для бор-нейтронозахватной терапии" полностью соответствует требованиям и критериям пунктов 9 и 10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (с учетом всех последующих

редакций), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Отзыв на диссертационную работу Касатова Дмитрия Александровича рассмотрен, обсужден и одобрен на заседании структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук - лаборатории плазменных источников, протокол заседания №3 от 28 февраля 2022 г.

Отзыв подготовил главный научный
сотрудник лаборатории плазменных
источников, доктор технических наук



Юшков Георгий Юрьевич

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭ СО РАН); адрес: 634055 г. Томск, пр. Академический, 2/3; тел.: +7 (3822) 491-776, электронная почта: contact@hcei.tsc.ru, сайт: <https://www.hcei.tsc.ru>

Сведения о составителе отзыва:

Юшков Георгий Юрьевич, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭ СО РАН); доктор технических наук по специальности 05.27.02 - вакуумная и плазменная электроника; старший научный сотрудник по специальности 05.27.02 - вакуумная и плазменная электроника; адрес: 634055, гор. Томск, просп. Академический 2/3; тел.: (3822)491776; электронная почта: GYushkov@mail.ru

«Подпись сотрудника Института сильноточной электроники СО РАН Юшкова Г.Ю. удостоверяю».

Ученый секретарь Института
сильноточной электроники СО РАН,
кандидат технических наук



Крысина О.В.

