

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе и инновациям
Национального исследовательского Томского
политехнического университета



М.С. Юсубов

« 11 » марта 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический
университет»

Диссертация **«Когерентное излучение Вавилова-Черенкова релятивистских электронных сгустков в радиаторах конечных размеров»** выполнена в Исследовательской школе физики высокоэнергетических процессов (ИШФВП) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

В период подготовки диссертации соискатель Гоголев Сергей Юрьевич обучался в очной аспирантуре Национального исследовательского Томского политехнического университета и работал в ОЯТЦ ИЯТШ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» в должности ассистента.

В 2008 г. с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный педагогический университет» (физико-математический факультет) по специальности «Физика» с дополнительной специальностью «Математика» с присуждением квалификации «Учитель Физики и Математики». В 2011 г. закончил аспирантуру Томского политехнического университета.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2019 г. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Научный руководитель – д.ф.-м.н., Потылицын Александр Петрович, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», профессор; ведущий научный сотрудник Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов.

Диссертационная работа рассмотрена на научном семинаре Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов (ИШФВП) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национального исследовательского Томского политехнического университета».

По итогам обсуждения принято следующее заключение

Общая характеристика работы

Диссертация Гоголева Сергея Юрьевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены результаты теоретических исследований, совокупность которых можно квалифицировать как новые научные достижения в области излучения заряженных частиц. Приведены результаты моделирования спектрально-угловых характеристик излучения Вавилова-Черенкова (ИВЧ) и когерентного ИВЧ (КИВЧ) от условий пролёта заряженной частицы (сгустка заряженных частиц) относительно радиатора различных геометрий. Показано, что наклон мишени относительно траектории заряда или наклонный пролёт сгустка приводит к явному

нарушению азимутальной симметрии углового распределения интенсивности ИВЧ/КИВЧ, что позволяет выводить излучение в вакуум. Расчёт спектрально-угловых характеристик КИВЧ для релятивистского мононаправленного электронного сгустка, который проходит через ось вакуумного канала в диэлектрической мишени конической формы, материал которой обладает соответствующей частотной дисперсией в терагерцовом диапазоне длин волн, может использоваться как инструмент невозмущающей диагностики для оценки длины сгустка, на основе измерения углового распределения КИВЧ. Азимутальная асимметрия ИВЧ/КИВЧ определяется асимметричным зарядовым распределением сгустка, что также может быть использовано для измерения характеристики пучков современных ускорителей. При пролёте ультрарелятивистской заряженной частицы вблизи бесконечного радиатора вдоль траектории движения заряда и вблизи радиатора конечной толщины ИВЧ имеет асимметричное азимутальное распределение, при этом радиационные потери в оптическом диапазоне через механизм дифракционного излучения Вавилова-Черенкова для радиатора конечной толщины превышают потери для радиатора бесконечной толщины на несколько порядков.

Полученные результаты и сформулированные выводы обладают единством изложения результатов выполненных исследований. Оформление и стиль написания диссертации отвечают требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Актуальность темы исследования.

Актуальность проведенных исследований подтверждается необходимостью разработки новых и достаточно простых методов, позволяющих одновременно описывать и рассчитывать спектрально-угловые характеристики различных типов поляризационного излучения (например, излучение Вавилова-Черенкова, переходного излучения, дифракционного излучения и т.д.) от радиаторов сложной формы и геометрии, которые могут быть использованы, как источник излучения в ТГц и суб-ТГц диапазонах. При создании таких источников излучения важно оценивать, геометрию и параметры мишени (линейные размеры, проводимость, форма и т.д.), для оптимизации характеристик излучения, выводимого из радиатора в вакуум.

Метод поляризационных токов, применяемый в рассматриваемой диссертационной работе, основанный на макроскопических уравнениях Максвелла, является эффективным инструментом, позволяющим рассчитывать характеристики (поляризацию, интенсивность), например, некогерентного излучения Вавилова-Черенкова, а также КИВЧ в зоне Фраунгофера (дальняя зона) в широком спектральном диапазоне (от рентгеновского до миллиметрового диапазона длин волн) в условиях реального эксперимента, т.е. с учётом характеристик диэлектрических мишеней (включая дисперсию среды) произвольной геометрической формы, условий пролёта сгустка любой конфигурации (с учётом его первоначальной расходимости) относительно мишени.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации

В диссертационной работе были исследованы характеристики КИВЧ в миллиметровом, субмиллиметровом, и терагерцовом спектральных диапазонах и радиационные потери энергии на оптическое ИВЧ в радиаторах с различными геометрическими размерами. Автором были созданы модели и разработаны алгоритмы для решения поставленных физических задач, проведены моделирование характеристик КИВЧ/ИВЧ для конкретных геометрий радиатора.

Степень достоверности результатов проведенных исследований обеспечивается сведением их большей части к аналитическим формулам, совпадающим с известными результатами в предельных случаях, а также качественное согласие большинства представленных выводов с результатами экспериментальных исследований.

Новизна результатов проведённых исследований.

Научная новизна полученных автором результатов заключается в следующем: проведено сравнение азимутальных распределений оптического ИВЧ для двух геометрий

радиатора: бесконечного радиатора вдоль движения заряда и радиатора с конечной толщиной имеющего поперечные входные и выходные грани и показано, что наличие неоднородностей (входной и выходной грани) приводит к значительному увеличению интенсивности ИВЧ вблизи, которого движется заряженная частица. Получено выражение интенсивности для расчёта азимутального распределения ИВЧ/КИВЧ для наклонного пролёта заряда через диэлектрический радиатор конечной толщины и сгустка заряженных частиц вблизи диэлектрической пластины. Получена формула для когерентного фактора при наклонном пролёте сгустка, имеющего первоначальную расходимость вблизи радиатора. Получена модель для расчёта спектрально-угловых характеристик КИВЧ, генерируемого сгустком заряженных частиц в конической мишени с вакуумным каналом, обладающая частотной дисперсией в терагерцовом диапазоне длин волн, которая может служить «естественным» спектрометром в диагностике длины сгустка заряженных частиц. Получена модель для расчёта спектрально-угловых характеристик поляризационного излучения (ПИ, ИВЧ), генерируемого мононаправленным сгустком с асимметричным зарядовым распределением в диэлектрической мишени конечных размеров.

Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов.

В рамках выполненной диссертационной работы был обобщен метод поляризационных токов на случай когерентного поляризационного излучения сгустка релятивистских заряженных частиц от радиаторов различных геометрических размеров и формы. Радиатор в виде конической мишени с вакуумным каналом, материал которой обладает дисперсионными свойствами в субмиллиметровом (терагерцовом) диапазоне, будет являться «естественным» спектрометром, позволяющий по измеренному угловому распределению КИВЧ определять длину субпикосекундного сгустка электронов. Для создания источника на основе механизма КИВЧ в субмиллиметровом диапазоне длин волн с регулируемыми спектрально-угловыми характеристиками развитый подход позволяет проводить выбор параметров радиатора для электронных сгустков включая асимметричное зарядовое распределение и имеющего первоначальную расходимость.

Апробация результатов исследования

Основные результаты и выводы диссертационной работы были представлены на следующих научных конференциях и симпозиумах:

- VII, VIII Международная конференция «Charged and Neutral Particles Channeling Phenomena» («Channeling»), (Сирмионе, Италия – 2016 г.), (Ишия, Италия – 2018 г.);
- XII, XIII Международный симпозиум «Radiation from Relativistic Electrons in Periodic Structures» («RREPS»), (Гамбург, Германия – 2017 г.), (Белгород, Российская Федерация – 2019 г.);
- XLVII, XLVIII Международная «Тулиновская конференция по физике взаимодействия заряженных частиц с кристаллами», (Москва, Российская Федерация – 2017 г.), (Москва, Российская Федерация – 2018 г.);

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.

Всего по теме диссертации Гоголевым С.Ю., опубликовано 6 статей, в том числе 5 статей, индексируемых базами данных «Scopus».

Статьи в журналах из перечня рецензируемых научных изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискания ученой степени кандидата наук:

Статьи в журналах, входящих в базы данных Scopus:

1. Потылицын А.П., Гоголев С.Ю. Когерентное излучение Вавилова – Черенкова от ультракороткого электронного пучка, проходящего через вакуумный канал в конической мишени // Известия вузов. Физика. – 2011. – Т. 54, № 11/2. – С. 279 – 286.

2. Potylitsyn A.P., Gogolev S.Yu., Sukhikh L.G. Angular distribution of coherent Cherenkov radiation from a bunch passing through a vacuum channel in the dielectric target // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. – 2017. – V. 402. – Pp. 139 – 143.
3. Gogolev S.Yu., Potylitsyn A.P. Azimuthal asymmetry of coherent Cherenkov radiation from a tilted bunch // Physics Letters A. – 2019. – V. 383, no. 9. – Pp. 888–893.
4. Potylitsyn A.P., Gogolev S.Yu. Vavilov – Cherenkov Radiation in an Inclined Dielectric Plate and Violation of Azimuthal Symmetry // Physics of Particles and Nuclei Letters – 2019. – V. 16, no. 2. – Pp. 127 – 132.
5. Потылицын А.П., Гоголев С.Ю. Радиационные потери релятивистского заряда, пролетающего вблизи диэлектрика // Известия вузов. Физика. – 2019. – Т. 12, № 62. – С. 27 – 32.

Перечисленные публикации полностью отражают основное содержание диссертационной работы. Доля авторского участия соискателя в работах 1–5 составляет 40 – 60 %.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности

Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой и соответствует специальности 01.04.16 – Физика атомного ядра и элементарных частиц, пунктам из паспорта специальности:

4. Слабые и электромагнитные процессы в ядерной физике, ядерная нейтринная физика – Процесс и механизм излучения заряженной частицы (ансамбля частиц) в однородных, изотропных, немагнитных средах, в частности, с дисперсионными свойствами; Радиационные потери энергии релятивистской заряженной частицы на излучение Вавилова-Черенкова;

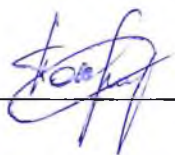
Диссертация «Когерентное излучение Вавилова-Черенкова релятивистских электронных сгустков в радиаторах конечных размеров» Гоголева Сергея Юрьевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – «Физика атомного ядра и элементарных частиц».

Заключение принято на заседании Научного семинара Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Присутствовало на заседании – 15 чел. Результаты голосования: «за» – 15 чел., «против» - нет, «воздержалось» – нет, протокол № 4 от «20» февраля 2020 г.



председатель научного семинара,
Суших Леонид Григорьевич, д.ф.-м.н.,
директор ИШФВП ТПУ



секретарь научного семинара,
Покровская Елена Александровна,
начальник организационного отдела
ИШФВП ТПУ