

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Сухих Леонида Григорьевича «Измерение размеров микронных электронных пучков высокой энергии на основе переходного излучения», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.20 – Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Предметом исследования представленной диссертационной работы является обратное переходное излучение электронных сгустков в видимом диапазоне длин волн и диапазоне вакуумного ультрафиолета. Основным содержанием диссертационной работы является изложение экспериментальных результатов исследования характеристик переходного излучения с точки зрения диагностики поперечного размера сгустка и их теоретическое описание.

Актуальность темы исследования определяется необходимостью совершенствования мониторов поперечного размера электронного пучка, основанных на обратном переходном излучении, для возможности определять размеры сгустков с микронным разрешением. Несмотря на то, что на данный момент установки с подобными размерами пучков находятся в стадии разработки, очевидно, что разработка и ввод в строй новейших источников излучения 4-го поколения делает диагностику с микронной и субмикронной точностью важнейшим инструментарием в практике линейных ускорителей и лазеров на свободных электронах.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения; содержит 196 страниц текста и 99 рисунков, 3 таблицы, список литературы насчитывает 171 наименование.

Первая глава диссертационной работы посвящена обзору современных методов диагностики поперечного профиля пучков электронов. Обсуждаются мониторы, основанные на проволочных сканерах, синхротронного, переходного и дифракционного излучения, сцинтилляторах.

Во второй главе обоснован метод визуализации поперечного профиля микронных пучков на основе переходного излучения в видимом спектральном диапазоне от наклонных мишеней. Вводится понятие функции одного электрона. Изложена теория обратного переходного излучения от одного электрона от наклонной мишени. Учитывается процесс распространения излучения от плоскости источника до линзы, модификация поля при прохождении линзы и распространения излучения от линзы до детектора. Анализируются отдельно σ - и π - компоненты поляризации переходного излучения.

В **третьей главе** изложены и проанализированы результаты экспериментов по регистрации обратного переходного излучения в видимом диапазоне длин волн и визуализации поперечного профиля электронных пучков с энергией 855 МэВ, проведенных на микротроне г. Майнц, Германия с использованием объектива Шварцшильда.

В **четвертой главе** изложена теоретическая модель обратного переходного излучения от одного электрона в диапазоне вакуумного ультрафиолета. Приведены результаты измерения пространственных распределений излучения от электронного сгустка в рассматриваемых спектральных диапазонах. Изложены результаты эксперимента по визуализации поперечного профиля электронного пучка и определены значения поперечных размеров пучков.

В **Заключении** сформулированы основные выводы диссертации.

Достоверность результатов диссертации основана на использовании автором хорошо разработанных и надежно проверенных методов, как экспериментальных так и теоретических.

Новизна полученных Л.Г. Сухих научных результатов обусловлена разработанной концепцией визуализации поперечного профиля пучка по переходному излучению от наклонных мишеней, подкрепленной теоретическими оценками и полученными экспериментально изображениями электронного пучка в спектральном диапазоне вакуумного ультрафиолета и в видимом диапазоне с использованием двухзеркального объектива Шварцшильда.

Рекомендации автора к практическому внедрению полученных им результатов следует признать **обоснованными**, ввиду надежности применявшихся им методов исследования и практичности постановки задачи с учетом неидеальной фокусировки оптической системы, а также тем обстоятельством, что результаты пригодны в практически важном случае электронных пучков с микронными поперечными размерами.

К диссертации можно сделать следующие **замечания**:

1. Текст диссертации не свободен от грамматических ошибок и опечаток. Например, в выражении (2.3) присутствует английское слово with, на стр. 67 – and; в выражении (2.7) отсутствует дифференциал; стр. 56 «ни что иное как» вместо «не что иное как», стр. 145 «...по двум походам...» вместо «...по двум подходам...», и т.д.

2. В работе можно неоднократно встретить утверждение, что эффективный радиус поля электрона – это произведение Лоренц-фактора на длину волны. Между тем, на деле эта величина должна делиться на 2π . Эта неточность, по-видимому, не играет большой роли в оценках, поскольку основной упор в работе сделан на экспериментальные исследования, но величина

2 π составляет почти порядок отличия, что, вообще говоря, следует учитывать при качественном анализе явлений.

3. Как известно, характеристики когерентного излучения определяются так называемым форм-фактором, который содержит информацию о форме и размерах пучка. При этом некогерентное излучение представляет собой сумму интенсивностей излучений от отдельных частиц, так что интенсивность суммарного излучения является произведением числа частиц на одночастичную интенсивность, – и данное произведение никак не зависит от размеров пучка. В таком случае, каким образом, концептуально, извлекается информация о размерах пучка по характеристикам некогерентного излучения, которое от размеров пучка не зависит?

4. Излучение в волновой зоне подобно излучению точечного источника, и поэтому в некогерентном режиме не содержит характеристик размера источника. Если проводится интегрирование по размерам «пятна», определяемым полем пучка, возбуждающим мишень, то не должно ли излучение рассчитываться в предволновой зоне? В этом смысле имеет значимость также вопрос о допустимости пренебрежения различием нормального и наклонного падения в случае ультрарелятивистских электронов – в волновой зоне это различие действительно оправдано, но в предволновой? Не могут ли эти пренебрежения быть причиной различия теории и экспериментальных данных?

5. В 3-й главе утверждается, что при измерении поперечных размеров пучка по УФ переходному излучению наличие π -компоненты поляризации приводит к завышению оценки размера пучка из-за дополнительного замазывания провала. В этом отношении непонятно, почему автор не учел этого дополнительного «замазывания» провала при подборе аппроксимирующей функции.

Отмеченные недостатки не снижают общей высокой оценки проведенных Л.Г. Сухих исследований. Автор представил в диссертации подробный анализ функции распределения переходного излучения на поверхности детектора от одного электрона и ее влияние на распределение излучения от сгустка электронов и возможность определения поперечного размера сгустка; подробно изложил результаты экспериментов по визуализации поперечного размера пучка в видимом диапазоне длин волн и по регистрации пространственных распределений обратного переходного излучения и визуализации поперечного размера пучка в спектральном диапазоне вакуумного ультрафиолета, которые проводились на пучке электронов с энергией 855 МэВ на микротроне МАМІ (г. Майнц, Германия).

Проведенные исследования несомненно полезны для разработки мониторов поперечных размеров электронных сгустков с микронным разрешением, основанных на обратном переходном излучении от наклонных мишеней.

Оценивая работу в целом, можно заключить, что диссертация Л.Г. Сухих «Измерение размеров микронных электронных пучков высокой энергии на основе переходного излучения» представляет собой законченное научное исследование, работа актуальна, обладает достаточной научной новизной, представляет научный и практический интерес. Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к работам на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации, а ее автор, Сухих Леонид Григорьевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.20 – Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника за значительный вклад в теорию и практику диагностики поперечных размеров ультрарелятивистских электронных пучков с микронной точностью.

Профессор, доктор физико-
математических наук,
ректор НИЯУ МИФИ.

2
Стриханов Михаил Николаевич

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный
университет «МИФИ», 115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31

тел. +7 (499) 324-3384,
электронный адрес: MNStrikhanov@mephi.ru