

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной  
и инновационной деятельности  
Белгородского национального  
исследовательского университета  
(НИУ «БелГУ»)

*И.С.Серегин*  
Константинов Игорь Сергеевич



«05» мая 2014 г.

#### ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертации Шпакова Владимира Сергеевича «Диагностика ультрарелятивистских электронных пучков с помощью двухщелевой системы дифракционного излучения», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.20 «Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника».

Предметом исследований представленной диссертационной работы являются новые методы диагностики ультрарелятивистских сверхярких электронных пучков. В работе исследована недавно предложенная система диагностики электронных пучков на основе дифракционного излучения, включающая в себя две щели. Основным содержанием работы является описание созданной автором модели, описывающей угловое распределение дифракционного излучения от двухщелевой системы. Основная часть результатов диссертационной работы посвящена исследованию влияния различных параметров системы на угловое распределение дифракционного

излучения с помощью созданной модели, а также теоретическому исследованию влияния расходимости электронного пучка на его форм-фактор для дифракционного излучения.

Актуальность темы исследования определяется растущими потребностями в диагностике электронных пучков с поперечными размерами на уровне нескольких десятков микрометров или меньше. Особый интерес к методам, основанным на дифракционном излучении, объясняется тем, что они не подразумевают прямого контакта электронного пучка с прибором для диагностики, что, с одной стороны, позволяет проводить невозмущающую диагностику пучка, а с другой стороны, гарантирует сохранность самого инструмента.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы; содержит 118 страниц текста и 41 рисунок, список литературы насчитывает 109 наименований.

Первая глава диссертационной работы посвящена обзору основных областей применения ультрарелятивистских сверхярких электронных пучков.

В первом разделе кратко описаны принципы работы лазеров на свободных электронах и основные свойства ондуляторного излучения.

Во втором разделе представлено современное состояние области линейных электрон-позитронных коллайдеров, а также планируемые проекты экспериментальных и теоретических исследований в этой области науки и техники.

В третьем разделе описаны существующие способы диагностики электронных пучков, их преимущества, недостатки, и области применения.

Вторая глава посвящена анализу основных свойств и характеристик дифракционного излучения. В главе представлены также теоретические исследования, впервые проведенные автором.

В первом разделе второй главы описано поле движущейся заряженной частицы, являющейся источником дифракционного излучения.

Во втором разделе с помощью метода псевдофотонов получены основные выражения, описывающие дифракционное излучение.

В третьем разделе рассмотрены спектр дифракционного излучения и энергетические потери заряженной частицы на излучение.

В четвертом разделе рассмотрена длина формирования дифракционного излучения.

В пятом разделе представлены теоретические исследования влияния расходимости электронного пучка на его форм-фактор. Показано, что для ультрарелятивистского пучка с расходимостью на уровне  $1/\pi\gamma$  форм-фактор приобретает дополнительный коэффициент, который в зависимости от параметров системы может серьезно изменять величину форм-фактора пучка.

Таким образом, во второй главе рассмотрены основные свойства дифракционного излучения, которые использовались в дальнейшей работе, а также рассмотрено влияние расходимости электронного пучка на его форм-фактор в дифракционном излучении за счет появления дополнительной фазовой разности между излучением от разных частиц пучка.

Третья глава посвящена описанию основных методов и особенностей диагностики электронного пучка с помощью дифракционного излучения.

В первом разделе третьей главы рассмотрены одни из первых экспериментов, в которых дифракционное излучение было использовано для диагностики электронного пучка. Показаны преимущества подобных методов, а также и трудности, которые были выявлены для одноцелевой системы дифракционного излучения.

Во втором разделе описана новая двухщелевая система диагностики пучка, ее отличия от однощелевой системы, и преимущества.

В третьем разделе рассмотрен вопрос о применимости приближения волновой зоны для описания дифракционного излучения двухщелевой системы, возникающий в силу того факта, что в представленной системе вторая щель находится в ближней зоне по отношению к первой щели.

В четвертом разделе третьей главы проведен анализ влияния на угловое распределение дифракционного излучения нового параметра, характеризующего двухщелевую систему, представляющего вертикальное смещение центров (горизонтально расположенных) щелей.

В данной главе показано, что приближение волновой зоны может быть использовано для описания рассматриваемой системы при условии малого вертикального смещения щелей относительно друг друга. Исследования влияния вертикального смещения щелей на картину углового распределения дифракционного излучения показали, что характер изменений, определяемый этим параметром, носит уникальный характер и, как следствие, существует возможность проведения фитирования параметров двухщелевой системы.

Четвертая глава посвящена сравнению теоретических расчетов, полученных с помощью модели, созданной в ходе исследований, с результатами экспериментов, проведенных на TTF FLASH (DESY, Германия).

В первом разделе четвертой главы кратко описана общая схема установки TTF FLASH и ее основные параметры.

Во втором разделе представлена экспериментальная установка, непосредственная область проведения эксперимента и конфигурация мишени, состоящей из двух щелей. В третьем разделе описана последовательность проведения экспериментов и сравнение полученных

результатов с теоретическими расчетами, выполненными с помощью созданного автором работы кода.

В четвертом разделе представлены результаты экспериментов по использованию двухщелевой системы дифракционного излучения для определения эмиттанса пучка.

В четвертой главе проведено сравнение результатов, полученных в рамках созданной в процессе работы модели, с результатами экспериментов. Сравнение выявило хорошее согласие результатов симуляции с результатами реального эксперимента.

В заключении сформулированы основные выводы диссертации.

На основании рассмотрения представленных в диссертации материалов вытекают следующие выводы:

Достоверность результатов диссертации подтверждается согласованностью полученных автором результатов с результатами, полученными в других работах, а также обеспечивается хорошим совпадением результатов теоретических расчетов с результатами экспериментов.

Новизна полученных Шпаковым В.С. научных результатов определяется рядом впервые полученных теоретических результатов. В рамках работы впервые была создана модель для описания двухщелевой системы дифракционного излучения, учитывающая потери излучения при отражении от экрана второй щели.

В диссертации можно отметить следующие недостатки:

1. В работе рассматривается система, в которой экран второй щели расположен в ближней зоне по отношению к ДИ от первой щели, при этом рассматриваются потери излучения, которые могут возникать при отражении от экрана второй щели. Однако остается не полностью

очевидным правомерность применения приближения волновой зоны по отношению к представленной системе.

2. Теоретические выводы о влиянии расходимости пучка на его форм-фактор по отношению к ДИ сделаны на основе проверенных моделей и представляются вполне обоснованными, однако на современном уровне развития экспериментальной базы по ДИ и ПИ следовало бы привести некоторые сравнения с реальными экспериментальными данными.

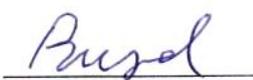
Отмеченные недостатки не снижают общей высокой оценки проведенных Шпаковым В.С. исследований. Автор представил в диссертации новую модель, описывающую угловое распределение дифракционного излучения от двухщелевой системы. Проведённые исследования и полученные модели, несомненно, найдут применение в области невозмущающих методов диагностики электронных пучков.

Развитые в диссертации методы являются оригинальными, а полученные в ходе исследований результаты имеют как научное, так и практическое значение. Они могут быть использованы при проведении экспериментальных и теоретических исследований в данной области физики и техники. Основные результаты, полученные в диссертации, опубликованы в рецензируемых научных журналах, доложены на представительных научных конференциях и известны большинству активно работающих в этом направлении физиков.

Оценивая работу в целом, можно заключить, что диссертация Шпакова В.С. "Диагностика ультрарелятивистских электронных пучков с помощью двухщелевой системы дифракционного излучения" представляет собой законченное научное исследование. Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации, а ее автор, Шпаков Владимир Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических

наук по специальности 01.04.20 за существенный вклад в развитие новых методов диагностики электронных пучков, основанных на дифракционном излучении.

Заведующий кафедрой  
общей и прикладной физики  
инженерно-физического факультета НИУ «БелГУ»  
профессор  
Внуков И.Е.



Отзыв составил  
Заведующий НИЛ физики взаимодействия заряженных  
частиц и излучений с твердым веществом  
НИУ «БелГУ»  
доктор физико-математических наук  
Блажевич Сергей Владимирович



Личную подпись удостоверяю Начальник управления по развитию персонала и кадровой работе	 Полное наименование: Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ «БелГУ») / Белгородский инженерно-физический факультет / Кафедра общей и прикладной физики Подпись: <i>Пуркова М. В.</i>
	Подпись: <i>С. В. Блажевич</i> 20__ г.

