

«УТВЕРЖДАЮ»
директор федерального государственного
бюджетного научного учреждения
«Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной физики
Российской академии наук»
д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН



Денисов Г.Г.

05 марта 2019 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу **Ушакова Александра Александровича** «Частотно-угловые распределения терагерцевого излучения из плазмы при фокусировке фемтосекундного лазерного излучения в воздухе и получение терагерцевых изображений фазовых объектов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21-«Лазерная физика».

Диссертационная работа А.А. Ушакова посвящена изучению лазерно-плазменных источников терагерцевого излучения и развитию методов построения изображений в терагерцевой области частот. Актуальность диссертационной работы определяется требованиями создания направленной генерации терагерцевого излучения из фемтосекундной лазерной плазмы и возможностью неdestructивного контроля параметров источника с одной стороны, и разработке методов терагерцевой визуализации слабо поглощающих объектов, что предоставляет первостепенный интерес для задач спектроскопии с временным разрешением, удаленной диагностики и безопасности.

Проблемы, решаемые в диссертационной работе, изучаются мировым научным сообществом более 25 лет, но, тем не менее, остаются актуальными. В отличие от выполненных ранее исследований, в диссертации А.А. Ушакова представлены результаты, позволяющие более детально определить наиболее оптимальный режим фокусировки излучения накачки фемтосекундной длительности на основной частоте и второй гармонике титан-сапфирового лазера для направленной генерации терагерцевого излучения с унимодальным частотно-угловым спектром. Развита новая методика визуализации фазовых объектов в терагерцевом диапазоне, позволяющая достигать преимуществ при построении изображений за счет новых способов обработки данных.

Оценка содержания диссертационной работы и результатов.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы, включающего 193 источника. Диссертационная работа иллюстрирована 3 таблицами и 45 рисунками.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи. Кратко рассмотрено состояние вопроса на момент начала исследований, сформулированы защищаемые положения, научная новизна работы и ее практическая значимость, описаны основные результаты работы и вклад автора в решение поставленных задач.

Первая глава диссертации носит обзорно-аналитический характер. В ней рассматривались основные способы генерации терагерцевого излучения с применением лазеров, а, затем, более детально рассмотрены механизмы генерации терагерцевого излучения из индуцированной фемтосекундными импульсами плазмы. В конце приводится обзор работ, направленных на изучение визуализации объектов в терагерцевой области частот.

Вторая глава содержит результаты исследований угловых и частотно-угловых распределений терагерцевого излучения из лазерно-индуцированной плазмы в воздухе. Проводится анализ получаемых данных, экспериментальные результаты сравниваются с данными численного моделирования, приводится качественное объяснение наблюдаемых особенностей частотно-угловых распределений.

Третья глава посвящена исследованию терагерцевого излучения лазерно-плазменного источника в заднюю полусферу. Проводится экспериментальное подтверждение наличия части терагерцевого излучения, распространяющегося в направлении, обратном распространению оптического излучения, из плазмы, создаваемой при фокусировке двухчастотного лазерного излучения; анализируются свойства этого излучения, приводится сравнение экспериментальных результатов с данными численного моделирования.

Четвертая глава посвящена развитию методов визуализации фазовых объектов в терагерцевой области частот. Проводится анализ методов построения изображений фазовых объектов, приводится сравнение ключевых характеристик вышеупомянутых методов, обсуждаются их преимущества и недостатки.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

В качестве основных результатов работы можно выделить следующие:

1. Определены режимы фокусировки фемтосекундного излучения титан-сапфирового лазера на фундаментальной частоте и второй гармонике в воздухе при атмосферном давлении с точки зрения направленной генерации терагерцевого излучения и унимодальности его частотно-углового распределения из индуцированной лазерными импульсами плазмы.
2. При формировании фемтосекундными лазерными импульсами микроплазменного источника экспериментально зарегистрирована часть терагерцевого излучения, распространяющаяся в направлении противоположно направлению распространения двухчастотной лазерной накачки. Спектр этой части терагерцевого излучения имеет низкочастотное смещение по сравнению со спектром основной части терагерцевого излучения, генерируемого в направлении совпадающим с распространением лазерной накачки.

3. Показано, что кросс-корреляционный метод терагерцовой визуализации фазовых объектов демонстрирует лучшие показатели контраста и уровня шума получаемых изображений по сравнению с традиционными методами.

Результаты диссертационной работы **являются новыми, имеют научную и практическую значимость.** Результаты исследования могут быть рекомендованы к использованию в научно-исследовательских организациях, занимающихся разработками методов генерации и регистрации терагерцевого излучения, таких как ИПФ РАН (г. Нижний Новгород), ИОФ РАН (г. Москва), ФИ РАН (г. Москва), НГУ (г. Новосибирск), ИЯФ СО РАН (г. Новосибирск), МГУ имени М.В. Ломоносова (г. Москва), Университет ИТМО (г. С.-Петербург), ИСАН (г. Москва).

Достоверность полученных в результатов обусловлена сравнением большинства полученных экспериментальных результатов с данными численного моделирования, использованием современного измерительного оборудования и общепринятых методов проведения экспериментов

В качестве **замечаний** к диссертации Ушакова А.А. можно отметить следующие:

1. В диссертации не представлены результаты исследований характеристик источника терагерцевого излучения — лазерной плазмы. Здесь необходимость подобных исследований обусловлена сравнением результатов теоретического моделирования и результатов, полученных на разных экспериментальных установках.
2. При исследовании частотно-угловых распределений терагерцевого излучения целесообразно расширить диапазон параметра, выраженного через произведение частоты излучения на длину плазмы, в сторону повышения. Для этого необходимо применить либо фокусировку с меньшей угловой апертурой, либо более широкополосные детекторы.

Указанные замечания не снижают высокой оценки диссертации Ушакова А.А., а направлены на более полное раскрытие полученных результатов.

Заключение

Подводя итог вышесказанному, можно утверждать, что диссертационная работа Ушакова А.А. представляет собой законченное научное исследование, выполненное на актуальную тему, характеризующееся новизной и практической значимостью результатов. Выводы диссертационной работы основаны на результатах, полученных автором лично. По материалам диссертации автором опубликовано 6 статей в ведущих профильных российских и зарубежных рецензируемых журналах из списка ВАК. Тема диссертации соответствует специальности 01.04.21 «Лазерная физика».

Представляемая к защите работа полностью удовлетворяет требованиям к кандидатским диссертациям, которые установлены «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 10.06.2017), а ее автор, Ушаков Александр Александрович,

заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – «Лазерная физика».

Доклад по диссертации заслушан на семинаре отделения нелинейной динамики и оптики «05» марта 2019 г.

Отзыв составил
С.н.с. ИПФ РАН
К.ф.-м.н. по спец. 01.04.21 – Лазерная физика
тел. +7 (831) 416-4913
alex@ipfran.ru



Корыгин А.И.

05.03.2019г.

Сведения о ведущей организации.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук»

Почтовый адрес: 603950, г. Нижний Новгород. БОКС - 120, ул. Ульянова, 46

Контактный телефон: +7(831) 436-62-02

Интернет-сайт: <http://www.iapras.ru>, e-mail: igor@appl.sci-nnov.ru

с отзывом ознакомлен



06.03.2019