

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук

Чекалина Сергея Васильевича

на диссертацию на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

Митиной Екатерины Владимировны

**на тему: «Формирование регулярных массивов филаментов и генерация терагерцевого излучения слабосфокусированными и коллимированными фемтосекундными лазерными пучками»
по специальности 1.3.19. – Лазерная физика**

Диссертация Митиной Екатерины Владимировны посвящена акустическому исследованию филаментов, формированию массивов филаментов, генерации терагерцевого излучения филаментом, помещенным в электростатическое поле.

Во **Введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи работы, обозначена научная и практическая значимость полученных результатов, приведены положения, выносимые на защиту, сведения об апробации результатов работы.

Первая глава диссертации посвящена экспериментальной разработке и практическому применению широкополосного акустического метода исследования филамента. Регистрация реальной формы акустической волны дает информацию о размере филамента и относительной концентрации электронов в нем. Таким образом, этот простой метод диагностики филамента является более информативным по сравнению с неоптическими методами исследования филамента. Благодаря высокому пространственному разрешению, можно исследовать в одном лазерном выстреле отдельные филаменты при множественной филаментации.

В работе **впервые** для диагностики филамента практически реализован широкополосный акустический метод, обеспечивающий в каждом лазерном выстреле поперечное и продольное пространственное разрешение менее 100 мкм и 7 мм соответственно.

Вторая глава диссертации посвящена исследованию формирования массивов фемтосекундных лазерных филаментов на протяженной атмосферной трассе. Лазерный пучок перегораживался непрозрачной пластинкой с отверстиями (амплитудной маской), после каждого отверстия формировался отдельный пучок. Исследованы условия формирования стабильного массива филаментов в этих пучках с количеством филаментов, равным количеству отверстий. Показано, что регулярный массив формируется в узком диапазоне энергий лазерного импульса, соответствующих двум-трем критическим мощностям самофокусировки. В коллимированном пучке получен массив из четырех и шести филаментов длиной 15 м.

Показано, что устойчивые массивы филаментов, образованные отверстиями амплитудной маски, формируются, если пиковая мощность в каждом из пучков, образованных отверстиями, превышает критическую мощность самофокусировки в 2–3 раза, если фокусное расстояние линзы больше длины самофокусировки каждого из пучков, либо расстояния первой зоны Френеля для отверстия амплитудной маски.

Третья глава диссертации посвящена генерации терагерцевого излучения длинным филаментом в электростатическом поле. Наблюдалось увеличение энергии терагерцевого импульса в 100 раз по сравнению с импульсами, зарегистрированными другими научными группами в аналогичных условиях, но с использованием более короткого филамента. Предложена и апробирована экспериментальная схема, позволяющая достичь увеличения выхода более чем на два порядка и сужения диаграммы направленности ТГц излучения одноцветного множественного филамента.

Экспериментально показано, что оптимальный режим генерации ТГц излучения достигается при слабой фокусировке лазерного пучка и при условии, что длина приложения электростатического поля примерно равна длине плазменного канала филамента.

Актуальность работы связана с перспективами **использования** филаментации на протяженных трассах в задачах спектроскопии атмосферных примесей, каналирования излучения, удаленной генерации терагерцевого излучения. Новый широкополосный акустический метод актуален для простого и информативного исследования фемтосекундного филамента. Массивы филаментов применимы для каналирования излучения на расстояния, превышающие длину Релея, и генерации узких пучков терагерцевого излучения. Терагерцевое излучение, генерируемое филаментом, активно исследуется и актуально для удаленной генерации терагерцевых импульсов. Все результаты, представленные в защищаемых положениях, являются **новыми** и опубликованы в высокорейтинговых рецензируемых журналах (Laser physics letters, New Journal of Physics, Optics Express, Optics & Laser Technology, Photonics MDPI). **Достоверность** полученных результатов подтверждена сравнением результатов, полученных разными экспериментальными методами, численным моделированием и данными из литературы.

Замечания к диссертации касаются главным образом ее текста, в котором содержится множество опечаток и незаконченных предложений.

- Совершенно не оправдано многократное употребление чисто медицинского термина "неинвазивное" в тексте.
- В каждой главе содержится обзор работ других авторов по данному пункту - это хорошо, но сбивают с толку обобщающие абзацы, озаглавленные как "Выводы", хотя это выводы по чужим работам.
- На рис. 6 в п. **1.2.5.2**, не указано, что по осям и в каких единицах. Хотя эти данные не являются предметом настоящей диссертации, но лучше их не приводить совсем, чем в таком виде.
- В тексте диссертации говорится, что вакуумный тракт позволяет уменьшить набег фазы проходящего излучения по сравнению с прохождением через воздух и приведена соответствующая

оценка. Однако ничего не сказано про набег фазы через выходное окно вакуумного тракта, в котором нелинейная добавка на три порядка больше, чем в воздухе.

- Пропускание масок в табл. 1 - сомнительно, что M0 пропускает втрое больше, чем M4. Кроме того, в тексте указано пропускание маски M3 $\approx 27\%$ и M4 $\approx 15\%$, что не соответствует Табл.1.
- На рис. 15 нарисовано M3, а написано M4. И здесь не 3, как указано в тексте, а 4 маски.
- В тексте: "В нижнем ряду рисунка 15 показан пример формирования массива 3×3 филаментов с использованием маски M3 с четырьмя отверстиями". Однако на рис. 15 она указана как M2.
- Крайне неаккуратно изложены экспериментальные данные в 2.4, много противоречий в изложении, в том числе есть несоответствие с авторефератом, в котором на Рис.3 и Рис.4 "Лазерное излучение распространяется снизу вверх", а на тех же рисунках в тексте диссертации (Рис.11 и рис. 12) "Лазерное излучение распространяется слева направо".

Указанные выше замечания не умаляют ценность проведенных исследований и полученных результатов, которые можно классифицировать как новые, обоснованные и имеющие практическое и научное значение.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.19. – Лазерная физика (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена согласно требованиям «Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук», на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, Митина Екатерина Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. – Лазерная физика.

Официальный оппонент: доктор физ.-мат. наук, профессор, г.н.с., и.о. зав. лабораторией спектроскопии ультрабыстрых процессов Института спектроскопии РАН “ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ СПЕКТРОСКОПИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК”

ЧЕКАЛИН Сергей Васильевич

Дата подписания

8.11.2023 г.

Контактные данные:

тел.: +7(495)851-02-37, e-mail: chekalin@isan.troitsk.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 01.04.05 – «оптика»

Адрес места работы:

108840 г. Москва, г. Троицк, ул. Физическая, 5

Институт спектроскопии РАН, лаборатория спектроскопии ультрабыстрых процессов.

Тел. 8(495) 851-02-37, e-mail: chekalin@isan.troitsk.ru

Подпись д.ф.-м.н., проф. Сергея Васильевича Чекалина удостоверяю:

Ученый секретарь ИСАН к.ф.-м.н.

Р.Р. Кильдиярова

Дата