

## ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе  
Митиной Екатерины Владимировны «Формирование регулярных массивов  
филаментов и генерация терагерцевого излучения слабосфокусированными  
и коллимированными фемтосекундными лазерными пучками»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата  
физико-математических наук по специальности 1.3.19. - Лазерная физика

Диссертационная работа Е.В. Митиной направлена на исследование эффекта филаментации мощного импульсного лазерного излучения, механизмов формирования филаментов, способов управления их параметрами. Актуальность представленных в работе исследований не вызывает сомнений ввиду широких возможностей применения филаментов для изучения различных нелинейных процессов, в том числе для генерации терагерцевого излучения. Важными вопросами, рассмотренными в работе Е.В. Митиной, являлись исследование возможностей эффективного формирования периодического массива фемтосекундных филаментов с требуемыми параметрами и развитие экспериментальных методов их диагностики. Впервые показана возможность управления параметрами филаментов за счет внешнего электростатического поля. Следует отметить, что в диссертационной работе приведены яркие результаты как теоретических, так и экспериментальных исследований, находящихся в хорошем согласии друг с другом.

Диссертация Е.В. Митиной состоит из введения, трех оригинальных глав, в каждой из которых приведен краткий обзор литературы по рассматриваемым в главе вопросам, заключения и списка литературы. Объем диссертации составляет 119 страниц, содержит 31 рисунок и 4 таблицы.

Во **введении** кратко рассмотрены актуальность и степень разработанности области изучения филаментации мощного лазерного излучения, существующие методы диагностики филаментов, в том числе обосновано использование методов акустооптики, приведены их основные параметры. Представлена задача исследования, новизна полученных результатов, их научная и практическая значимость, достоверность, защищаемые положения работы, а также описана методология эксперимента.

**Первая глава** диссертации посвящена общему описанию явления филаментации, основных методов его исследования. Рассмотрены основные известные механизмы формирования филаментов, возникновения акустической волны при филаментации и основанный на этом эффекте метод диагностики филаментов. Приведены основные параметры акустического метода, примененного в диссертации – его особенностью является использование широкополосного пьезоприемника, что позволило повысить разрешение при изучении в том числе множественной филаментации лазерного излучения.

Во **второй главе** представлены вначале обзор литературы, а затем оригинальные результаты диссертанта по созданию регулярных массивов филаментов с помощью амплитуд-

ной модуляции лазерного пучка. Рассмотрены эффекты геометрической фокусировки, особенностей процесса филаментации в присутствии амплитудной модуляции, приведены соответствующие экспериментальные результаты по данной теме. Среди основных результатов данной главы хочется отметить разработанную при непосредственном и основном участии диссертанта экспериментальной части установки по заведению фемтосекундного мощного лазерного излучения на «протяженную трассу» - был использован вакуумированный канал с необходимыми устройствами заведения и юстировки; в результате удалось избежать искажения фазового фронта излучения перед началом эксперимента по множественной филаментации за счет амплитудной модуляции лазерного луча. Продемонстрированы условия получения множественных филаментов с помощью данного метода, определены основные параметры полученных филаментов. Отметим, что экспериментальные результаты работы соотнесены с результатами численного моделирования изученных процессов и получено их хорошее соответствие. Показана решающая роль дифракции при филаментации фемтосекундного импульсного излучения с амплитудной модуляцией, проанализированы условия формирования одиночного и множественных филаментов, а также постфиламента.

**Третья глава** посвящена исследованию генерации терагерцевого излучения протяженным филаментом, помещенным во внешнее статическое электрическое поле. В начале главы приведен обзор литературы по данной теме, в котором рассмотрены известные механизмы генерации ТГц излучения при филаментации и проанализированы его основные свойства и параметры, после описания экспериментальной установки приводятся результаты экспериментального исследования повышения эффективности генерации терагерцевого излучения в филаменте под действием статического электрического поля за счет суммирования терагерцевого излучения вдоль плазменного канала в условиях приложения поперечного электростатического поля. Рассмотрены различные условия фокусировки и выявлено ее влияние на эффективность генерации ТГц излучения и диаграмму его направленности. Примечательно, что эксперименты проводились для весьма протяженных филаментов.

В **заключении** сформулированы результаты и выводы диссертационной работы, представлены основные публикации авторов – статьи и тезисы; по материалам результатов диссертационной работы опубликовано 7 статей в рецензируемых научных журналах, удовлетворяющих Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова (3 статьи *Laser Physics Letters*, *New Journal of Physics*, *Optics Express*, *Optics & Laser Technology*, *Photonics*); результаты работы многократно апробированы на международных конференциях.

Описанные в диссертации научные результаты несомненно обладают **новизной**. Так, впервые определены условия зарождения филаментов, структурированных амплитудной маской. Также впервые разработан и успешно применен метод широкополосного акустического исследования одиночных и множественных филаментов в сфокусированных и коллимированных пучках, изучен энерговклад в среду вдоль трассы в различных режимах филаментации. Новыми являются полученные результаты по модификации свойств филамента статическим электрическим полем, приложенным поперек плазменного канала филамента, и ос-

новых свойств генерируемого при этом ТГц излучения. **Достоверность** представленных в работе результатов подтверждается логичностью и обоснованностью используемых математических выкладок и физических моделей, а также согласованностью результатов расчетов с результатами экспериментов и теоретических расчетами, полученными в работах других авторов.

В то же время, диссертационная работа не свободна от недостатков.

1. Текст диссертация организован таким образом, что обзор литературы приводится в начале каждой из трех глав. При этом сложно провести разделение обзора работ, выполненных другими исследователями, и оригинальные исследования автора диссертации. В Главе 1, с названием «Явление филаментации и методы его исследования», приводятся оригинальные данные эксперимента, однако полное описание экспериментальной установки, на которой эксперимент был выполнен, отсутствует. При описании результатов данной главы желательным было бы привести схему эксперимента и структуры наблюдаемых (множественных) филаментов.

2. Подпись к Рис. 4 неудачна: отмечено вначале, что данные приведены для множественного импульсного воздействия, затем сказано, что использовалось излучение непрерывного лазера.

3. Глава 2 посвящена созданию регулярного массива филаментов методом амплитудной модуляции пучка, однако данная задача в явном виде не ставилась в диссертации. При описании эксперимента отмечено, что использованные маски имели 4 отверстия – тогда как на Рис. 7 и в табл. 1 приведена схема маски с 6 отверстиями. При анализе Рис. 10, второй столбец, отмечено, что приведенные данные указывают на то, что излучение распространяется квазилинейно - хотелось бы пояснить этот вывод.

4. Анализ результатов, представленных на Рис. 15, представляется недостаточным для разделения условий формирования аксиального филамента и множественных.

5. На Рис. 31 (Глава 3, стр. 93) приведен спектр полученного ТГц сигнала и отмечено, что в нем наблюдаются 2 максимума на частотах 0.06 ТГц и 0.09 ТГц - тогда как они видны не слишком отчетливо. Чем определяются их частоты?

6. Наконец, в тексте диссертации имеются несогласованности и опечатки. Имеются неудачные (незаконченные) выражения и понятные, но не вполне корректно сформулированные (жаргонные) выражения: «радиальная вариация плазмы» (с.17), «температуры вне плазмы и внутри становятся равными при температуре» (с. 18), «Давление плазмы имеет 2 максимума» (с. 18), «Теоретическая форма сигнала фильтровалась ...» (с. 23), в постановке задачи «Исследование энерговклада в среду вдоль трассы ..», «ширина пучка на полувысоте», «столкновение с нейтралами», «почти весь импульс находился под влиянием плазмы», и проч. Пунктуация также пострадала.

Указанные замечания затрудняют понимание полученных и анализируемых результатов, что, конечно, очень обидно. В то же время, несомненно высокий уровень выполненных исследований и полученных результатов, их последовательный анализ и обсуждение механизмов рассмотренных явлений указывают на высокий уровень научной квалификации диссертанта.

Диссертационная работа Е.В. Митиной производит положительное впечатление, является самостоятельным законченным исследованием, содержащим новые научные результаты. Автор работы продемонстрировал глубокое понимание изучаемых явлений, знание физических принципов формирования и изучения филаментов, управления их основными параметрами. Считаю, что диссертация «Формирование регулярных массивов филаментов и генерация терагерцевого излучения слабосфокусированными и коллимированными фемто-секундными лазерными пучками» соответствует специальности 1.3.19. «Лазерная физика» и требованиям «Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор — Митина Екатерина Владимировна — заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. «Лазерная физика».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,  
доцент кафедры квантовой электроники физического факультета  
Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Мурзина Татьяна Владимировна

119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2  
Телефон: +7 (495) 939-36-69  
E-mail: mur@shg.ru

Подпись Т.В. Мурзиной заверяю:

Учёный секретарь учёного совета  
физического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова,  
доктор физико-математических наук, профессор

В.А. Карavaев