

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Мокроусовой Дарьи Вадимовны

**«Влияние резервуара энергии на распространение фемтосекундных лазерных импульсов в режиме филаментации вблизи геометрического фокуса»**,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика

Диссертационная работа Мокроусовой Дарьи Вадимовны посвящена исследованиям нелинейно-оптических явлений филаментации сфокусированных лазерных пучков ультракоротких импульсов, происходящих вследствие самофокусировки пучка и сопровождающихся образованием плазменного канала. Особое внимание в диссертации уделено процессам, обусловленным влиянием так называемого резервуара энергии – области низкой интенсивности, окружающей плазменный канал и обеспечивающей его протяженность.

Актуальность темы диссертации не вызывает сомнений из-за множества потенциальных применений филаментации, таких как управление высоковольтными разрядами, осуществление удаленного зондирования атмосферы и объемной модификации прозрачных образцов.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы.

Во Введении автор обосновывает актуальность диссертационной работы, формулирует цели и задачи, которые решались для их достижения, научную новизну, практическую значимость, положения, выносимые на защиту, приводит информацию об апробации исследования и личном вкладе автора.

Глава 1 посвящена описанию истории исследования самофокусировки и филаментации фемтосекундных лазерных импульсов. В главе описаны основные физические принципы филаментации и явления, её сопровождающие – образование плазменного канала, разделение излучения на высокоинтенсивный филамент и окружающий его резервуар энергии, преобразование спектра импульса. Проанализированы возможные применения филаментации с точки зрения оптимизации параметров используемых лазерных импульсов. Также рассматриваются применения именно геометрически сфокусированных импульсов, распространяющихся в режиме филаментации.

Глава 2 описывает источник ультракоротких импульсов – фемтосекундную титан-сапфировую лазерную систему (длительность импульса 90 фс), оснащенную генератором третьей гармоники (центральные длины волн импульсов 744 и 248 нм). В

главе содержится информация об основных приборах, использованных при получении приведенных в диссертации результатов, описываются методы измерения параметров фемтосекундных импульсов, которые применялись автором.

Глава 3 посвящена исследованию распространения резервуара энергии при наличии геометрической фокусировки. В частности, описаны эксперименты по диафрагмированию лазерного пучка, распространяющегося в режиме филаментации при различных фокусировках импульсов ИК (744 нм) или УФ (248 нм) спектральных диапазонов. В главе показано качественное различие в поперечном распределении плотности энергии излучения, распространяющегося в режиме филаментации, при двух геометрических фокусировках 5 м и ~1 м.

В Главе 4 автор приводит результаты исследования взаимодействия нескольких филаментов. Описаны исследования взаимодействия четырех филаментов в ИК диапазоне и проведено сравнение экспериментальных данных с результатами численного моделирования, выполненного группой из МГУ. Также в главе содержатся данные по сложению трех или четырех филаментов в ИК или УФ спектральных диапазонах при различных числовых апертурах фокусировки.

В Главе 5 содержатся исследования параметров постфиламентационных каналов, образованных в пучке после прекращения филаментации в сфокусированной геометрии. Приведены результаты исследования зависимости расходимости постфиламентационных каналов и пучка как целого от начальной фокусировки, энергии в импульсе. Кроме того, описан эксперимент, подтверждающий влияние окружающих постфиламентационный канал колец на его расходимость и приведены результаты численного моделирования группы из ИОА СО РАН, которые помогают объяснить это влияние.

В Заключении сформулированы основные результаты, полученные в работе.

Научную новизну диссертационной работы можно сформулировать следующим образом:

1. Экспериментально изучено поведение энергетического резервуара филамента при фокусировке пучка. Показано, что резервуар фокусируется в размер, сопоставимый с диаметром филамента.

2. Показано, что при взаимодействии нескольких лазерных пучков, с мощностью каждого, превышающей критическую мощность самофокусировки, на оси образуется суммарный филамент, о чем свидетельствует появление яркого центрального постфиламентационного канала.

3. Экспериментально изучены параметры постфиламентационного канала в зависимости от характеристик лазерного импульса, распространяющегося в филаментационном режиме.

Стоит отметить, что работа не лишена недостатков:

1. Обзор современного состояния исследований по тематике диссертации, приведенный в главе 1, представляется излишне подробным и объемным, а также включающим в себя темы, не имеющие прямого отношения к поставленным задачам и целям.

2. Во всех главах приводятся экспериментальные результаты для первой и третьей гармоники. Однако, в основных результатах нет информации по филаментации УФ лазерных импульсов. Не совсем понятно такое пренебрежение полученными экспериментальными результатами.

3. В Главе 5 приведены результаты изучения параметров постфиламентационных каналов. Интуитивно понятно, что по мере распространения пучка при ненулевой расходимости, влияние керровской нелинейности будет уменьшаться и такая узконаправленная структура, как ПФК, перестанет существовать. В главе не приведены оценки расстояния, на котором это произойдет, а это важно, особенно с точки зрения практического применения таких структур.

Указанные недостатки не влияют на положительную оценку работы. В целом диссертация Д. В. Мокроусовой выполнена на высоком научном уровне.

Основные результаты диссертации опубликованы в 4 статьях в рецензируемых научных журналах, индексируемых в базе данных Web of Science. Автореферат диссертации полно и правильно отражает ее содержание.

Полученные в работе результаты, основные положения и выводы являются обоснованными. Достоверность приведенных в диссертации результатов и выводов подтверждается тем, что исследования выполнены при использовании апробированных методик и современного оборудования.

Диссертация Д.В. Мокроусовой «Влияние резервуара энергии на распространение фемтосекундных лазерных импульсов в режиме филаментации вблизи геометрического фокуса» является законченной научно-квалификационной работой. Она удовлетворяет всем критериям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Автор диссертационной работы Мокроусова Дарья Вадимовна за экспериментальные результаты, позволившие определить роль резервуара энергии в протекании процессов, происходящих вблизи геометрического

фокуса лазерного пучка, распространяющегося в условиях сильной нелинейности, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Официальный оппонент:

Директор Института лазерных и плазменных технологий  
Федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский  
ядерный университет «МИФИ»  
доктор физ.-мат. наук, профессор

Кузнецов Андрей Петрович

« 26 » декабря 2019 года

115409, Россия, г. Москва, Каширское шоссе, 31  
+7 (495) 788-56-99, доб. 9388  
APKuznetsov@mephi.ru



Подпись удостоверяю  
Заместитель начальника отдела  
документационного обеспечения  
НИЯУ МИФИ  
А.А. Абатурова

Список основных работ официального оппонента Кузнецова Андрея Петровича по тематике защищаемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Kuznetsov, A. P., Kuznetsov, S. P., Shchegoleva, N. A., & Stankevich, N. V. (2019). Dynamics of coupled generators of quasiperiodic oscillations: Different types of synchronization and other phenomena. *Physica D-Nonlinear Phenomena* 38, 1-12.
2. Kazieva, T. V., Gubskii, K. L., Kuznetsov, A. P., & Glukhov, R. D. (2019). Use of Direct Optical Heterodyning for Measuring Hardness by the Leeb Method. *Technical Physics Letters* 45 (10), 967-969.
3. Kazieva, T. V., Gubskiy, K. L., Kuznetsov, A. P., & Reshetov, V. N. (2019). 3D push-pull heterodyne interferometer for SPM metrology. *Applied Optics* 58 (15), 4000-4006.
4. Gubskiy, K. L., Alekseev, V. V., Pikalova, M. A., Derkach, V. N., & Kuznetsov, A. P. (2019). Diagnostic system for shock processes investigation in matter under the influence of intense laser pulses. *Journal of Physics: Conference Series*, 1147 (1).
5. Kazieva, T. V., Kuznetsov, A. P., Gubskii, K. L., Ponarina, M. V., & Reshetov, V. N. (2017). Determination of the Shape of Indenters for Nanohardness Testers via Interferometry. *Technical Physics Letters* 43 (2), 148-151.
6. Gorbashova, M., Burdonskiy, I., Gubskiy, K., Kuznetsov, A., Ramazanov, A., Lukyanov, K., ... & Yufa, V. (2017, December). Application of direct optical heterodyning methods for studying the processes of chondrite targets destruction by laser radiation. *Journal of Physics: Conference Series*, 941 (1), 012002.
7. Kuznetsov, A. P. (2016). Quadrature laser interferometry in the pulsed plasma diagnostic. *Journal of Physics: Conference Series*, 666 (1), 012017.
8. Kuznetsov, A. P., Buzinskij, O. I., Gubsky, K. L., Nikitina, E. A., Savchenkov, A. V., Tarasov, B. A., & Tugarinov, S. N. (2015). Development of a laser cleaning method for the first mirror surface of the charge exchange recombination spectroscopy diagnostics on ITER. *Physics of Atomic Nuclei* 78 (14), 1677-1685.
9. Kuznetsov, A. P., Alexandrova, A. S., Buzhinsky, O. I., Gubskiy, K. L., Kazieva, T. V., Savchenkov, A. V., & Tugarinov, S. N. (2015). Fiber Laser Cleaning of Metal Mirror Surfaces for Optical Diagnostic Systems of the ITER. *Physics of Atomic Nuclei* 78 (10), 1155-1163.
10. Kuznetsov, A. P., Elistratov, E. A., Koshkin, D. S., Mikhailyuk, A. V., & Protasov, A. A. (2015). Measuring parameters of pulse volume discharges in atmospheric-pressure air by the emission-spectroscopy and laser-interferometry methods. *Instruments and Experimental Techniques* 58 (5), 657-666.