

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.023.03 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 22 октября 2018 г. № 57

О присуждении Селезневу Леониду Владимировичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Филаментация ультракоротких лазерных импульсов в сходящихся пучках» по специальности 01.04.21 – «Лазерная физика» принята к защите 15 июня 2018 года, протокол № 55 диссертационного совета Д002.023.03, созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53 (ФИАН).

Соискатель, Селезнев Леонид Владимирович, 1972 года рождения, в 1995 г. окончил Московский государственный инженерно-физический институт (технический университет) по специальности «физика твердого тела». Селезнев Л.В. с 1994 г. работает в лаборатории газовых лазеров в Отделении квантовой радиофизики им. Н.Г. Басова ФИАН, в настоящее время в должности старшего научного сотрудника. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (диплом КТ № 075896) на тему «Лазер на первом колебательном оберitone молекулы окиси углерода, действующий в спектральном диапазоне 2.5 - 4.2 мкм» защитил в 2002 г. В 2011 году Селезневу Л.В. было присвоено ученое звание доцента по специальности «Лазерная физика» (диплом АДС №002515).

Научный консультант доктор физико-математических наук, профессор Ионин Андрей Алексеевич работает в должности руководителя Отделения Квантовой радиофизики ФИАН и и.о. заведующего лабораторией Газовых лазеров.

Официальные оппоненты:

Желтиков Алексей Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей физики и волновых процессов Физического факультета МГУ;

Кабанов Андрей Михайлович, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории нелинейно-оптических взаимодействий Института оптики атмосферы имени В.Е. Зуева СО РАН (г. Томск);

Лосев Валерий Федорович, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией газовых лазеров Института сильноточной электроники СО РАН (г. Томск)

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Национальный исследовательский ядерный университет «Московский инженерно-физический институт» (НИЯУ МИФИ), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном профессором отделения лазерных и плазменных технологий НИЯУ МИФИ, доктором физико-математических наук Шнырёвым Сергеем Леонидовичем, и.о. директора Института «ЛаПлаз» НИЯУ МИФИ, доктором физико-математических наук Кузнецовым Андреем Петровичем, и председателем Совета по аттестации и подготовке научно-педагогических кадров НИЯУ МИФИ, доктором физико-математических наук, профессором Кудряшовым Николаем Алексеевичем, и утвержденном ректором Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», доктором физико-математических наук, профессором Стрихановым Михаилом Николаевичем, указала, что соискатель заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук.

Выбор оппонентов и ведущей организации обоснован их значительным опытом работы по тематике диссертации, что подтверждается большим количеством публикаций в рецензируемых, в том числе ведущих в этой области, печатных изданиях.

На автореферат поступили отзывы от доктора физико-математических наук Андреева Степана Николаевича, и.о. ученого секретаря Института общей физики РАН, г. Москва, и доктора физико-математических наук, профессора Козлова Сергея Аркадьевича, декана факультета фотоники и оптоинформатики университета ИТМО, заслуженного деятеля науки РФ, г. Санкт-Петербург.

В отзыве доктора физико-математических наук Андреева С. Н. отмечена актуальность работы, связанная с применением ультракоротких лазерных импульсов для лазерной обработки. Имеется замечание о том, что не все экспериментальные данные сопровождаются расчетными. В отзыве доктора физико-математических наук, профессора Козлова С. А. отмечается, что проведенное исследование выполнено на хорошем научном уровне. Наиболее важным новым результатом является демонстрация самого факта филаментации излучения, не очевидного для сильно сходящихся фемтосекундных лазерных пучков. В качестве замечания указано отсутствие в автореферате анализа изменений спектров фемтосекундного излучения в ходе рассматриваемых процессов, за исключением интересного исследования особенностей генерации излучения на утроенных частотах.

В отзывах докторов физико-математических наук Андреева С.Н. и Козлова С.А. указано, что соискатель Селезнев Л.В. заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Соискатель имеет 194 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликована 41 работа, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science, опубликованы 18 работ. Вклад соискателя в эти работы является определяющим. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Зворыкин В. Д., Ионин А. А., Кудряшов С. И., Пономарев Ю. Н., Селезнев Л. В., Сеницын Д. В., Тихомиров Б. А. «Нелинейное поглощение ультрафиолетовых фемтосекундных лазерных импульсов в аргоне», Письма в ЖЭТФ, т. 88, вып. 1, с. 10-13, 2008.

2. Ионин А. А., Кудряшов С. И., Макаров С. В., Селезнев Л. В., Сеницын Д. В. «Множественная филаментация мощных фемтосекундных лазерных импульсов в воздухе», Письма в ЖЭТФ, т. 90, вып. 6, с. 467-472, 2009.

3. Ionin A. A., Kudryashov S. I., Ponomarev Y. N., Seleznev L. V., Sinitsyn D. V., Tikhomirov B. A., Zvorykin V. D. «Absorption and ionization of molecular nitrogen by UV femtosecond laser pulses», Opt. Commun., vol. 282, no. 1, pp. 45-47, 2009.

4. Alekhin A. A., Ionin A. A., Kozhushko S. E., Kourylyova I. M., Kudryashov S. I., Kuz'min K. K., Zakharov S. D. «In vitro femtosecond laser subsurface micro-disruption inside human cornea and pre-cleared sclera», Laser Phys. Lett., vol. 7, no. 6, pp. 463-466, 2010.

5. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Ионин А.А., Кудряшов С.И., Селезнев Л.В., Сеницын Д.В., Сунчугашева Е.С., «Особенности филаментации остротфокусированных ультракоротких лазерных импульсов в воздухе», ЖЭТФ, т. 138, вып. 5, с. 822-829, 2010.

6. Ionin A.A., Kudryashov S.I., Mikhin K.E., Seleznev L.V., Sinitsyn D.V. «Bulk femtosecond laser marking of natural diamonds», Laser Phys., v. 20, no. 8, pp. 1778-1782, 2010.

7. Ionin A.A., Kudryashov S.I., Seleznev L.V., Sinitsyn D.V., Sunchugasheva E.S., Fedorov V.Y. «Third harmonic generation by ultrashort laser pulses tightly focused in air», Laser Phys., vol. 21, no. 3, pp. 500-504, 2011.

8. Ионин А.А., Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Кудряшов С.И., Селезнев Л.В., Сеницын Д.В., Сунчугашева Е.С. «Особенности фокусированного распространения мощных лазерных импульсов фемтосекундной длительности в воздухе при пониженном давлении», Оптика атмосферы и океана, т. 25, вып. 1, с. 18-25, 2012.

9. Дергачев А.А., Ионин А.А., Кандидов В.П., Селезнев Л.В., Сеницын Д.В., Сунчугашева Е.С., Шленов С.А. «Филаментация фемтосекундных ИК и УФ импульсов при фокусировке в воздухе», Квантовая Электроника, т. 43, № 1, с. 29-36, 2013.

10. Ionin A.A., Iroshnikov N.G., Kosareva O.G., Larichev A.V., Mokrousova D.V., Panov N.A., Seleznev L.V., Sinitsyn D.V., Sunchugasheva E.S. «Filamentation of femtosecond laser pulses governed by variable wavefront distortions via a deformable mirror», J. Opt. Soc. Am. B, vol. 30, no. 8, pp. 2257-2262, 2013.

11. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Изюмов Н.А., Ионин А.А., Кудряшов С.И., Селезнев Л.В., Сеницын Д.В., Сунчугашева Е.С. «Самофокусировка профилированных световых пучков ультракороткого лазерного излучения в воздухе», ЖЭТФ, т. 143, вып. 2, с. 228-237, 2013.

12. Дергачев А.А., Ионин А.А., Кандидов В.П., Мокроусова Д.В., Селезнев Л.В., Сеницын Д.В., Сунчугашева Е.С., Шленов С.А., Шустикова А.П. «Плазменные каналы при филаментации в воздухе фемтосекундного лазерного излучения с астигматизмом волнового фронта», Квантовая Электроника, т. 44, № 12, с. 1085-1090, 2014.

13. Dergachev A. A., Ionin A.A., Kandidov V. P., Mokrousova D. V., Seleznev L.V., Sinitsyn D.V., Sunchugasheva E.S., Shlenov S. A., Shustikova A. P. «Effect of nonlinearity in the pass-through optics on femtosecond laser filament in air» Laser Phys. Lett., vol. 12, no. 1, 015403 (1-4), 2015.

14. Zvorykin V. D., Ionin A. A., Levchenko A. O., Seleznev L. V., Shutov A. V., Sinitsyn D. V., Smetanin I.V., Ustinovskii N. N. «Effects of picosecond terawatt UV laser beam filamentation and a repetitive pulse train on creation of prolonged plasma channels in atmospheric air», Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B, v. 309, pp. 218-222, 2013.

15. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Ионин А.А., Мокроусова Д.В., Селезнев Л.В., Сеницын Д.В., Сунчугашева Е.С., «Постфиламентационное распространение мощных лазерных импульсов в режиме узконаправленных

световых каналов в воздухе», Квантовая Электроника, т. 46, № 11, с. 1009-1014, 2016.

Диссертационная работа Селезнева Л.В. посвящена исследованиям нелинейных физических процессов, происходящих при распространении сходящихся пучков, имеющих высокую интенсивность, в газообразных и конденсированных средах. При лазерной обработке сходящийся лазерный пучок может взаимодействовать со средой распространения еще до попадания на обрабатываемый объект. В этом случае возможна самофокусировка такого пучка и ионизация среды распространения. В результате может измениться поперечный профиль лазерного пучка, а плазма, образующаяся перед обрабатываемым объектом, может оказывать влияние на характеристики поверхности объекта. Поэтому для лазерной обработки материалов фемтосекундными импульсами необходимо учитывать особенности нелинейного распространения сходящихся пучков, что обуславливает актуальность и практическую значимость диссертационной работы.

На основании выполненных соискателем исследований, диссертационный совет отмечает следующие результаты:

1. Увеличение числовой апертуры сходящегося пучка до величины более чем 0,01 приводит к стабилизации параметров (геометрический размер, плотность плазмы и др.) плазменного канала, образующегося при филаментации. При таких числовых апертурах сходящегося пучка возникновение множественной филаментации происходит при превышении мощности лазерного импульса над критической мощностью самофокусировки в два и более раз.

2. В результате нелинейного взаимодействия со средой распространения сходящегося пучка ультракороткого лазерного импульса, мощность которого превышает критическую мощность самофокусировки на

два и более порядка, после прохождения им перетяжки пучка происходит симметризация поперечного распределения плотности энергии импульса.

3. При нормальных условиях в воздухе в сходящихся пучках ультракоротких лазерных импульсов происходит генерация третьей гармоники даже при мощностях в несколько раз меньших, чем критическая мощность самофокусировки. Поперечные размеры излучающей области в этом случае составляют несколько микрометров.

4. С помощью различных фазовых и амплитудных искажений поперечного профиля гауссового пучка можно управлять параметрами плазменных каналов, формирующихся при филаментации ультракоротких лазерных импульсов.

5. При относительно малых (менее 10^{12} Вт/см²) интенсивностях многофотонная ионизация аргона и азота ультрафиолетовым излучением происходит при поглощении (3+1) квантов. Увеличение интенсивности до филаментационного уровня (более 10^{12} Вт/см²) приводит к прямой четырехфотонной ионизации.

6. В конденсированных средах для сходящихся пучков с числовой апертурой как минимум до 0.65 возможен филаментационный режим распространения. В природном алмазе можно производить внутриобъемную запись линий с толщиной менее 2 мкм. При фемтосекундном лазерном воздействии в просветленной глазной склере можно создавать внутриобъемные микрополости.

Все основные научные результаты, включенные в диссертацию Селезнева Л.В., получены лично автором, либо под его руководством и при его непосредственном участии. Анализ и интерпретация полученных результатов, подготовка материалов к опубликованию производились автором лично или в сотрудничестве с соавторами.

Достоверность полученных результатов и выводов подтверждается использованием высокоточных откалиброванных отечественных и иностранных измерительных приборов, многократно примененных в

различных экспериментах, использованием различных дополняющих друг друга экспериментальных методов, согласием полученных результатов с расчетами и работами других авторов, публикациями и докладами на российских и международных конференциях.

Научная новизна заключается в рассмотрении взаимодействия сходящихся пучков ультракоротких лазерных импульсов со средой распространения, стабилизации в таких условиях параметров филамента при увеличении числовой апертуры пучка более 10^{-2} ; симметризации поперечного профиля пучка после прохождения им фокальной перетяжки; возможности простого управления параметрами плазменного канала с помощью модуляции профиля пучка; реализации филаментационного режима распространения в конденсированных средах с числовой апертурой пучка как минимум до 0.65. Научная новизна представленных результатов подтверждается их приоритетными публикациями в рецензируемых журналах и докладами на многих международных конференциях.

Полученные автором результаты могут найти применение в лазерной микрохирургии глазной склеры, в микромаркировке алмазов. Возможность управления параметрами плазменных каналов может быть востребована для управления высоковольтными разрядами. Создание источника ультракоротких УФ импульсов микронных масштабов может быть полезно для спектроскопии высокого временного разрешения.

Полученные автором экспериментальные данные, выявленные закономерности и новые эффекты получили соответствующее теоретическое обоснование, подтвержденное результатами расчетов.

Совокупность результатов проведенных автором исследований взаимодействия сходящихся пучков ультракоротких лазерных импульсов со средой распространения можно рассматривать как научное достижение, имеющее важное значение для лазерной физики и лазерной обработки материалов.

На заседании 22 октября 2018 года диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 6 докторов наук по специальности 01.04.21 (лазерная физика), участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение ученой степени- 19,
против присуждения ученой степени - 0,
недействительных бюллетеней - 2.

Председатель диссертационного совета,
член корреспондент РАН, д.ф.-м. н.

_____ Колачевский Николай Николаевич

Учёный секретарь диссертационного совета,
д.ф.-м. н.

_____ Золотко Александр Степанович

22 октября 2018 года