

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.238.01, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ ИМ. А.В. ГАПОНОВА-
ГРЕХОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25.09.2023 № 176

О присуждении Мухину Ивану Борисовичу, гражданину РФ,
ученой степени доктора физико-математических наук

Диссертация «Оптимизация и применение иттербиевых лазеров для формирования фемтосекундного излучения с высокой пиковой и средней мощностью» по специальности 1.3.19 – лазерная физика принята к защите 15.06.2023 г., протокол №172, диссертационным советом 24.1.238.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН), 603950, Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46, приказ Министерства образования и науки РФ о создании совета № 717/нк от 09.11.2012 г.

Соискатель, Мухин Иван Борисович, 1982 года рождения, в 2004 году окончил с отличием Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, диссертацию на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук «Термонаведенные искажения излучения и их подавление в кубических кристаллах различной ориентации и оптической керамике» защитил в 2013 году в диссертационном совете Д 002.069.02, созданном на базе ИПФ РАН, работает заведующим лабораторией в ИПФ РАН. Диссертация выполнена в отделении Нелинейной динамики и оптики ИПФ РАН.

Официальные оппоненты Стариков Федор Алексеевич, доктор физ.-мат. наук, начальник научно-теоретического отдела Института лазерно-физических исследований ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»; Цветков Владимир Борисович, доктор физ.-мат. наук, директор Научного центра лазерных материалов и технологий ИОФ РАН; Кузнецов Андрей Петрович, доктор физ.-мат. наук, директор Института лазерных и плазменных технологий НИЯУ МИФИ дали положительные отзывы на

диссертацию. Ведущая организация ФГБУН Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук (ИЛФ СО РАН) в своем положительном заключении, подписанном д.ф.-м.н., главным научным сотрудником ИЛФ СО РАН Прудниковым Олегом Николаевичем и утвержденном и.о. директора ИЛФ СО РАН, д.ф.-м.н. Шайхисламовым Илдаром Фаритовичем, указала, что диссертация актуальна, имеет большое значение как для фундаментальных исследований, так и для практических применений, является законченным научным исследованием, которое можно квалифицировать как научное достижение, а ее автор, Мухин Иван Борисович, заслуживает присуждения степени доктора физ.-мат. наук по специальности 1.3.19 – лазерная физика.

Соискатель имеет 31 статью по теме диссертации, опубликованных за последние 10 лет в рецензируемых научных изданиях первого и второго квартилей (Q-1, Q-2), индексируемых по международным базам Scopus и/или Web of Science. Наиболее значимыми работами по теме диссертации являются:

1. Mukhin I. B., Perevezentsev E. A., Palashov O. V. Fabrication of composite laser elements by a new thermal diffusion bonding method // *Optical Materials Express*. 2014. V.4, №2. P.266-271.
2. . Kuznetsov I. I., Mukhin I. B., Vadimova O. L., Palashov O. V., Ken-Ichi Ueda Thermal effects in Yb:YAG single-crystal thin-rod amplifier // *Applied Optics*. 2015. V.54, №25. P.7747.
3. Perevezentsev E. A., Mukhin I. B., Kuznetsov I. I., Vadimova O. L., Palashov O. V. Front-end system for Yb : YAG cryogenic disk laser // *Quantum Electronics*. 2015. V.45, №5. P.451-454.
4. Volkov M. R., Kuznetsov I. I., Mukhin I. B. A New Method of Diagnostics of the Quality of Heavily Yb-Doped Laser Media // *IEEE Journal of Quantum Electronics*. 2018. V.54, №1. P.1-6.
5. Mukhin I. B., Kuznetsov I. I., Palashov O. V. Generation and subsequent amplification of fewcycle femtosecond pulses from a picosecond pump laser // *Quantum Electronics*. 2018. V.48, №4. P.340-343.
6. I. B. Mukhin, K. A. Glushkov, A. A. Soloviev, A. A. Shaykin, V. N. Ginzburg, I. V. Kuzmin, M. A. Martyanov, S. E. Stukachev, S. Y. Mironov, I. V. Yakovlev, E. A. Khazanov Upgrading the front end of the petawatt-class PEARL laser facility // *Applied Optics*. - 2023. - Vol.62. - №10. - P.2554-2559.

На диссертацию поступило 6 отзывов, все отзывы положительные. В них отмечаются высокий уровень работы, ее актуальность, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В положительном отзыве ведущей организации, наряду с редакционными, содержатся замечания: 1) некоторые основные положения, выносимые на защиту, недостаточно четко сформулированы, в частности, в первом положении не определена верхняя граница достигнутой эффективности; 2) при описании нелинейной самокомпрессии лазерных импульсов в кристалле KDP не отражены способы преодоления проблемы самофокусировки излучения; 3) при рассмотрении методов уменьшения фазовых искажений излучения в композитном дисковом активном элементе не рассматривалось влияние электронной компоненты.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. Старикова Федора Алексеевича содержит, кроме редакционных, замечание о желательности оценки ограничения средней мощности излучения из-за значительного поглощения в кристаллах KDP, используемых для нелинейной компрессии фемтосекундных импульсов.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. Цветкова Владимира Борисовича содержит замечания: 1) при описании получения активных элементов в виде тонких стержней, следовало бы указать, в чем оригинальность метода и отличие получаемых элементов от монокристаллических волокон; 2) при описании преимуществ композитного активного элемента недостаточно представлены как методика вычисления оптимальной толщины диска, так и влияние дополнительной части на термомеханические искажения.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. Кузнецова Андрея Петровича содержит, наряду с редакционными, следующие замечания: 1) в положениях, выносимых на защиту и основных результатах приведено численное значение коэффициента усиления активного элемента тонкостержневой геометрии, но не приведены технические параметры активного элемента, без чего приведенное значение коэффициента усиления некорректно; 2) текст диссертации носит описательный характер, в нем отсутствуют сведения о проведенных теоретических расчетах (методах, приближениях, кодах).

Положительные отзывы на диссертацию д.ф.-м.н. А.Б. Савельева-Трофимова и к.ф.-м.н. В.Н. Деркача содержат замечания редакционного характера.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что оппоненты являются признанными высококвалифицированными специалистами в

На диссертацию поступило 6 отзывов, все отзывы положительные. В них отмечаются высокий уровень работы, ее актуальность, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В положительном отзыве ведущей организации, наряду с редакционными, содержатся замечания: 1) некоторые основные положения, выносимые на защиту, недостаточно четко сформулированы, в частности, в первом положении не определена верхняя граница достигнутой эффективности; 2) при описании нелинейной самокомпрессии лазерных импульсов в кристалле KDP не отражены способы преодоления проблемы самофокусировки излучения; 3) при рассмотрении методов уменьшения фазовых искажений излучения в композитном дисковом активном элементе не рассматривалось влияние электронной компоненты.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. Старикова Федора Алексеевича содержит, кроме редакционных, замечание о желательности оценки ограничения средней мощности излучения из-за значительного поглощения в кристаллах KDP, используемых для нелинейной компрессии фемтосекундных импульсов.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. Цветкова Владимира Борисовича содержит замечания: 1) при описании получения активных элементов в виде тонких стержней, следовало бы указать, в чем оригинальность метода и отличие получаемых элементов от монокристаллических волокон; 2) при описании преимуществ композитного активного элемента недостаточно представлены как методика вычисления оптимальной толщины диска, так и влияние дополнительной части на термомеханические искажения.

Положительный отзыв официального оппонента д.ф.-м.н. Кузнецова Андрея Петровича содержит, наряду с редакционными, следующие замечания: 1) в положениях, выносимых на защиту и основных результатах приведено численное значение коэффициента усиления активного элемента тонкостержневой геометрии, но не приведены технические параметры активного элемента, без чего приведенное значение коэффициента усиления некорректно; 2) текст диссертации носит описательный характер, в нем отсутствуют сведения о проведенных теоретических расчетах (методах, приближениях, кодах).

Положительные отзывы на диссертацию д.ф.-м.н. А.Б. Савельева-Трофимова и к.ф.-м.н. В.Н. Деркача содержат замечания редакционного характера.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что оппоненты являются признанными высококвалифицированными специалистами в

областях лазерной физики, нелинейной оптики, численного моделирования лазерных и оптических процессов, а ведущая организация является передовым институтом в области лазерной физики и физики лазеров с ультракороткими импульсами.

Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований получены **следующие результаты:**

- разработаны новые экспериментальные методики исследования лазерных и термооптических характеристик легированных иттербием оптических материалов, а также технологии изготовления композитных активных элементов, квантронов с тонкостержневыми и дисковыми композитными активными элементами;
- предложена оригинальная оптическая схема стартовой системы высокомогных фемтосекундных лазеров с параметрическим усилением, обеспечивающая формирование фемтосекундных импульсов с перестраиваемым спектральным диапазоном и оптически синхронизованных с ними чирпированных импульсов накачки с возможностью управления их временным профилем. Экспериментально продемонстрирована работоспособность предложенной оптической схемы;
- экспериментально продемонстрирована возможность нелинейной самокомпрессии 250 фс импульсов иттербиевого лазера в кристалле KDP до длительности менее 100 фс без уменьшения пиковой мощности излучения;
- исследовано усиление широкополосных импульсов в Yb:Y₂O₃ керамике и продемонстрирована полоса усиления, соответствующая спектрально ограниченной длительности не более 500 фс при комнатной температуре активного элемента и не более 900 фс при криогенных температурах с охлаждением жидким азотом

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что применительно к тематике диссертации результативно использованы численные методы расчета усиления и термонаведенных искажений излучения в композитных дисковых активных элементах и подтверждена возможность значительного подавления в них эффекта усиленного спонтанного излучения, а также параболической составляющей фазовых искажений излучения.

Значение полученных результатов для практики состоит в том, что:

- разработана новая стартовая система для лазерного комплекса PEARL, обеспечивающая оптическую синхронизацию 20-ти фемтосекундного сигнала и накачки, а также управление временным профилем импульса накачки. На основе выполненных исследований разработан дизайн стартовой системы для мегасайенс установки XCELS;
- улучшен способ управления спектрально-временным профилем чирпированного лазерного импульса за счет применения объемной чирпирующей брэгговской решетки;
- продемонстрирована эффективность применения криогенного охлаждения для увеличения энергии в импульсе и средней мощности иттербиевых дисковых лазеров.

Достоверность результатов исследования обусловлена использованием хорошо зарекомендовавших себя экспериментальных и численных методов; сопоставлением результатов, полученных несколькими различными методами; качественным и количественным совпадением теоретических и экспериментальных результатов. Результаты работы опубликованы в авторитетных научных журналах, многократно докладывались на российских и международных конференциях.

Личный вклад соискателя. Все выносимые на защиту результаты и положения получены автором лично, либо при его непосредственном участии или руководстве. И.Б. Мухин внес определяющий вклад в постановку всех задач диссертационного исследования, проведение теоретических и экспериментальных исследований, интерпретацию результатов. Алгоритмы и численные коды для моделирования усиления лазерных пучков и импульсов, а также описанные в работе новые экспериментальные методы и технологии были разработаны лично автором. Проведение экспериментов и обработка данных выполнены автором лично, либо при его непосредственном руководстве.

На все вопросы и замечания, высказанные в ходе защиты и содержащиеся в отзывах, И.Б. Мухиным были даны ответы и комментарии.

Диссертация И.Б. Мухина оформлена в виде научного доклада, подготовленного на основе совокупности ранее опубликованных соискателем работ, имеющих большое значение для лазерной физики, и представляет собой краткое обобщенное изложение результатов проведенных соискателем исследований, известных широкому кругу специалистов.

На заседании от 25.09.2023 г. диссертационный совет принял решение: за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, присудить Мухину И.Б. ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 25 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за - 25, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета,
академик РАН

Литвак Александр Григорьевич

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор физ.-мат. наук

Абубакиров Эдуард Булатович



25 сентября 2023 г.