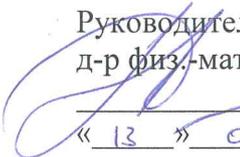


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Радиофизический факультет
Кафедра оптико-электронных систем и дистанционного зондирования (ОЭС и ДЗ)

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Руководитель ООП
д-р физ.-мат. наук, профессор
 И.В. Самохвалов
« 13 » 06 2023 г.

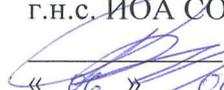
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

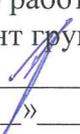
МОДЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПРИ
САМОФОКУСИРОВКЕ МОЩНОГО ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРНОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ

по направлению подготовки 12.03.02 – Опотехника
направленность (профиль) «Оптико-электронные приборы и системы»

Ахметова Ольга Анатольевна

Руководитель ВКР
канд. физ.-мат. наук,
доцент каф. ОЭС и ДЗ НИ ТГУ
 О.В. Минина
« 06 » 06 2023 г.

Консультант ВКР
д-р физ.-мат. наук, профессор,
г.н.с. ИОА СО РАН
 А.А. Землянов
« 06 » 06 2023 г.

Автор работы
студент группы № 071904
 О.А. Ахметова
« 06 » 06 2023 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Радиофизический факультет
Кафедра оптико-электронных систем и дистанционного зондирования (ОЭС и ДЗ)

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ООП

д-р физ.-мат. наук, профессор

И.В. Самохвалов

подпись

«29» сентября 2022 г.

ЗАДАНИЕ

по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра обучающемуся
Ахметовой Ольге Анатольевне
по направлению подготовки 12.03.02 – Опотехника, направленность (профиль) «Оптико-
электронные приборы и системы»

1 Тема выпускной квалификационной работы: Модель эффективной диэлектрической
проницаемости при самофокусировке мощного фемтосекундного лазерного излучения

2 Сроки сдачи обучающимся выполненной выпускной квалификационной работы

а) в деканат – июнь 2023 г.

б) в ГЭК – июнь 2023 г.

3 Исходные данные к работе:

Объект исследования – самофокусировка мощного фемтосекундного лазерного излучения
в оптической среде

Предмет исследования – эффективная диэлектрическая проницаемость среды

Цель исследования – выбор модели эффективной диэлектрической проницаемости при
самофокусировке мощного фемтосекундного лазерного излучения

Задачи:

1) Изучение математической модели распространения мощного фемтосекундного
лазерного излучения в воздухе.

2) Оценка интенсивности в точках начала остановки коллапса и фокуса.

3) Расчет коэффициентов пространственной модуляции фазы волны, вызванной
керровской самофокусировкой, дифракцией и плазменной нелинейностью.

4) Определение параметров эффективной диэлектрической проницаемости при
самофокусировке мощного фемтосекундного лазерного излучения в воздухе и анализ
дифракционно-лучевой картины для этого случая.

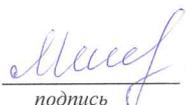
Методы исследования: теоретический анализ и численной моделирование

Организация или отрасль, по тематике которой выполняется работа, – ИОА СО РАН

4 Краткое содержание работы: рассмотрение распространения мощного фемтосекундного
лазерного излучения в оптической среде; определение интенсивности излучения в области
коллапса пучка: от точки начала остановки коллапса до нелинейного фокуса; оценки
физических механизмов, ограничивающих развитие коллапса при самофокусировке света,
на основе расчета коэффициентов пространственной модуляции фазы волны, вызванной
керровской самофокусировкой, дифракцией и плазменной нелинейностью; анализ

дифракционно-лучевой картины распространения мощных фемтосекундных лазерных импульсов при их самофокусировке в воздухе.

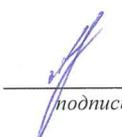
Руководитель выпускной квалификационной работы
к.ф.-м.н., доцент каф. ОЭС и ДЗ НИ ТГУ


подпись О.В. Минина

Консультант выпускной квалификационной работы
д.ф.-м.н., профессор, гнс ИОА СО РАН


подпись А.А. Землянов

Задание принял к исполнению
студент группы № 071904


подпись О.А. Ахметова

АННОТАЦИЯ

Ключевые слова: фемтосекундное лазерное излучение, коллапс интенсивности, самофокусировка, дифференциальные коэффициенты пространственной модуляции фазы волны, дифракционные лучи.

Работа посвящена выбору модели эффективной диэлектрической проницаемости при распространении мощного фемтосекундного лазерного излучения в условиях его самофокусировки. Установлено, что остановка коллапса интенсивности реализуется при возрастании роли дифракции из-за уменьшения радиуса неоднородности интенсивности, что реализуется не в точке, а на интервале перед нелинейным фокусом. Между точками начала остановки коллапса и нелинейного фокуса происходит двукратное увеличение интенсивности излучения. Рассчитаны дифференциальные коэффициенты пространственной модуляции фазы волны, вызванной керровской самофокусировкой, дифракцией и плазменной нелинейностью. Определены диапазоны изменений этих коэффициентов в области остановки коллапса для различных критических мощностей самофокусировки и радиусов плазменного канала. Рассмотрен критерий остановки коллапса интенсивности, происходящего при самофокусировке мощного фемтосекундного лазерного излучения.

Работа выполнена на 41 странице; состоит из введения, 3 глав, заключения, списка использованных источников из 42 наименований; содержит 10 рисунков и 1 таблицу.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 САМОФОКУСИРОВКА И ФИЛАМЕНТАЦИЯ МОЩНЫХ УЛЬТРАКОРОТКИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ.....	8
1.1 Самофокусировка и коллапс мощных ультракоротких лазерных импульсов.....	8
1.2 Одиночная и множественная филаментация мощных ультракоротких лазерных импульсов.....	12
2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МОЩНЫХ УЛЬТРАКОРОТКИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ.....	16
2.1 Нелинейное уравнение Шредингера	16
2.2 Дифракционно-лучевое описание распространения мощного ультракороткого лазерного излучения	21
3 ОСТАНОВКА КОЛЛАПСА ИНТЕНСИВНОСТИ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ВОЗДУХЕ.....	23
3.1 Отношение пиковых интенсивностей в точках начала остановки коллапса и нелинейного фокуса.....	23
3.2 Дифракционно-лучевая картина распространения мощного фемтосекундного лазерного излучения	29
3.3 Дифференциальные коэффициенты пространственной модуляции фазы волны.....	31
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	36
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	37

ВВЕДЕНИЕ

При распространении в оптических средах мощных лазерных импульсов ультракороткой длительности происходят пространственно-временные модуляции фазы и амплитуды светового поля. В средах с кубической нелинейностью (среды керровского типа) наблюдается самофокусировка излучения. В этом случае радиус лазерного пучка резко уменьшается вдоль трассы, а интенсивность излучения стремительно увеличивается. С самофокусировкой непосредственно связано другое нелинейно-оптическое явление, называемое филаментацией, которое проявляется в локализации энергии лазерного излучения. Изучением явления самофокусировки ультракоротких лазерных импульсов занимается большое количество научных коллективов во всем мире. Полученные ими результаты широко опубликованы в статьях (в том числе обзорных) [1–7] и монографиях, например, [8, 9].

Исследования самофокусировки мощных ультракоротких лазерных импульсов на сегодняшний день выполнены в основном в рамках лабораторных и численных экспериментов лишь для ограниченного числа ситуаций. Они обозначили тенденции нелинейно-оптических процессов [10–12] и указали на то, что использование мощных лазеров ультракороткой длительности среднего ИК–диапазона является перспективным для нелинейной атмосферной оптики [13]. В ее рамках актуальными задачами являются доставка энергии мощного ультракороткого лазерного излучения на протяженных трассах и лазерное зондирование атмосферы.

Несмотря на многочисленные исследования самофокусировки мощного ультракороткого лазерного излучения [14, 15] нерешенными остаются вопросы о механизмах, приводящих к остановке коллапса интенсивности, а также об интерпретации экспериментальных данных по распространению мощного лазерного излучения в оптических средах. Отсутствие оценочной теории самофокусировки затрудняет интерпретацию результатов экспериментов и проверку корректности численных расчетов.

В связи с этим цель работы состоит в выборе модели эффективной диэлектрической проницаемости при самофокусировке мощного фемтосекундного лазерного излучения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1) Изучение математической модели распространения мощного фемтосекундного лазерного излучения в воздухе.

2) Оценка интенсивности в точках начала остановки коллапса и нелинейного фокуса.

3) Расчет коэффициентов пространственной модуляции фазы волны, вызванной керровской самофокусировкой, дифракцией и плазменной нелинейностью.

4) Определение параметров эффективной диэлектрической проницаемости при самофокусировке мощного фемтосекундного лазерного излучения в воздухе и анализ дифракционно-лучевой картины для этого случая.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были получены следующие результаты:

1. Изучена теория самофокусировки мощного фемтосекундного лазерного излучения; а также математическая модель его распространения в воздухе. Рассмотрен процесс остановки коллапса интенсивности при самофокусировке фемтосекундного лазерного излучения в воздухе и его две характерные точки: начала остановки коллапса и самого коллапса (или нелинейного фокуса).

2. Показано, что на интервале между точками начала остановки коллапса и нелинейного фокуса происходит двукратное увеличение интенсивности излучения.

3. Остановка коллапса реализуется на дистанциях, когда возрастает роль дифракции вследствие уменьшения радиуса неоднородности интенсивности, и происходит не в точке, а на интервале перед координатой нелинейного фокуса, когда фазовая самомодуляция излучения за счет плазменной нелинейности преобладает над керровской.

4. Показано, что параметры модели эффективной диэлектрической проницаемости, удовлетворяющей критерию остановки коллапса при самофокусировке мощного фемтосекундного лазерного излучения в воздухе, имеют следующие значения: радиус филамента $R_{\text{fil}} = 47$ мкм, радиус плазменного канала $R_{\text{pl}} = 20$ мкм, критическая мощность $P_{\text{cr}} = 6,9$ ГВт.

Результаты работы были представлены на XII Международной конференции по фотонике и информационной оптике (НИЯУ МИФИ, Москва, 2023 г.), и опубликованы в сборнике трудов этой конференции (Ахметова О.А., Землянов А.А., Минина О.В. Оценки интенсивности в точках начала остановки коллапса и нелинейного фокуса при распространении мощного фемтосекундного лазерного излучения // XII Международная конференция по фотонике и информационной оптике: Сборник научных трудов. М.: НИЯУ МИФИ, 2023. С. 342– 343).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аскарьян Г.А. Воздействие градиента поля интенсивного электромагнитного луча на электроны и атомы // Письма в ЖЭТФ. – 1962. – Т. 42, № 6. – С. 1567 – 1570.
2. Chin S.L., Hosseini S.A., Liu W., Luo Q., Theberge F., Akozbek N., Becker A., Kandidov V.P., Kosareva O.G., Schroeder H. The propagation of powerful femtosecond laser pulses in optical media: physics, applications, and new challenges // Can. J. of Phys. – 2005. – № 83. – P. 863 – 905.
3. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Минина О.В. Дифракционно-лучевая оптика филаментации: I. Формализм дифракционных лучей и световых трубок // Оптика атмосферы и океана. – 2018. – Т. 31, № 5. – С. 364 – 371.
4. Kasparian J., Wolf J.P. Physics and applications of atmospheric nonlinear optics and filamentation // Opt. Expr. – 2008. – V. 16. – P. 466 – 493.
5. Кандидов В.П., Шленов С.А., Косарева О.Г. Филаментация мощного фемтосекундного лазерного излучения // Квант. электрон. – 2009. – Т. 39, № 3. – С. 205 – 228.
6. Liu X.L., Lu X., Liu X., Xi T.T., Liu F., Ma J.L., Zhang J. Tightly focused femtosecond laser pulse in air: from filamentation to breakdown // Opt. Expr. – 2010. – V. 18, № 25. – P. 26007 – 26017.
7. Chin S.L., Wang T.J., Marceau C., Wu J., Liu J.S., Kosareva O., Panov N., Chen Y.P., Daigle J.-F., Yuan S., Azarm A., Liu W.W., Seideman T., Zeng H.P., Richardson M., Li R., Xu Z.Z. Advances in intense femtosecond laser filamentation in air // Las. Phys. – 2012. – V. 22. – P. 1 – 53.
8. Faccio D., Couairon A., Trapani P.Di. Conical Waves. Filaments and Nonlinear Filamentation Optics. – Aracne. 2007. – 156 p.
9. Chin S.L. Femtosecond Laser Filamentation. – New York: Springer. 2010. – 130 p.
10. Mitrofanov A.V., Voronin A.A., Mitryukovskiy S.I., Sidorov-Biryukov D.A., Pugžlys A., Andriukaitis G., Flöry T., Stepanov E.A., Fedotov A.B., Baltuška A., Zheltikov A.M. Mid infrared to mid ultraviolet

supercontinuum enhanced by third to fifteenth odd harmonics // Opt. Lett. – 2015. – V. 40, № 9. – P. 2068 – 2071.

11. Mitrofanov A.V., Voronin A.A., Sidorov-Biryukov D.A., Pugžlys A., Stepanov E.A., Andriukaitis G., Flöry T., Ališauskas S., Fedotov A.B., Baltuška A., Zheltikov A.M. Mid infrared laser filaments in the atmosphere // Sci. Rep. – 2015. – V. 5. – P. 1 – 6.

12. Geints Yu.E., Zemlyanov A.A. Model of optical nonlinearity of air in the mid-IR wavelength range // Quantum Electron. – 2014. – V. 44. – P. 815 – 823.

13. Апексимов Д.В., Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Кабанов А.М., Матвиенко Г.Г., Ошлаков В.К. Филаментация фемтосекундных лазерных импульсов в воздухе. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН. 2017. – 162 с.

14. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Кабанов А.М., Матвиенко Г.Г. Нелинейная фемтосекундная оптика атмосферы. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН. 2010. – 212 с.

15. The nonlinear laser propagation resource. – URL: <https://www.filamentation.org/> (дата обращения: 21.12.2022).

16. Пилипецкий Р.Ф., Рустамов А.Р. Наблюдение самофокусировки света в жидкостях // Письма в ЖЭТФ. – 1965. – Т. 2, № 2. – С. 88 – 90.

17. Chiao R.Y., Garmire E., Townes C.H. Self-Trapping of Optical Beams // Physical Review Letters. – 1964. – V. 13, № 15. – P. 479 – 482.

18. Таланов В.И. Самофокусировка электромагнитных волн в нелинейных средах // Известия ВУЗов. Радиофизика. – 1964. – Т. 2, № 3. – С. 564 – 565.

19. Ахманов С.А., Сухоруков А.П., Хохлов Р.В. Самофокусировка и дифракция света в нелинейной среде // Успехи физических наук. – 1967. – Т. 93, № 3. – С. 19 – 70.

20. Басов Н.Г., Крюков П.Г., Сенатский Ю.В., Чекалин С.В. Получение мощных ультракоротких импульсов света в лазере на неодимовом стекле // Письма в ЖЭТФ. – 1969. – Т. 57. – С. 1175.

21. Couairon A., Myzyrowicz A. Femtosecond filamentation in transparent media // *Phys. Rep.* – 2007. – V. 441. – P. 47 – 189.
22. Захаров В.Е., Кузнецов Е.А. Солитоны и коллапсы: два сценария эволюции нелинейных волновых систем // *УФН.* – 2012. – Т. 182, № 6. – С. 569 – 592.
23. Boyd R.W., Lukishova S.G., Shen Y.R. Self-focusing: Past and Present: Fundamentals and Prospects. – New York: Springer. 2008. – 605 p.
24. Braun A., Korn G., Liu X., Du D., Squier J., Mourou G. Self-channeling of high-peak-power femtosecond laser pulses in air // *Opt. Lett.* – 1995. – V. 20. – P. 73 – 75.
25. Арексимов D.V., Bulygin A.D., Zemlyanov A.A. Kabanov A.M., Kuchinskaya O.I., Minina O.V., Petrov A.V. Macroscopic model of formation of the domain of multiple filamentation in glass and water // *Proceedings of SPIE.* – 2016. – V. 9810. – P. 1 – 4.
26. Гейнц Ю.Э., Голик С.С., Землянов А.А., Кабанов А.М., Петров А.В. Микроструктура области множественной филаментации фемтосекундного лазерного излучения в твердом диэлектрике // *Квантовая электроника.* – 2016. – Т. 46, № 2. – С. 133 – 141.
27. Akozbek S., Scalora M., Bowden C.M., Chin S.L. White light continuum generation and filamentation of ultra-short laser pulses in air // *Opt. Commun.* – 2001. – V. 191, № 3-6. – P. 353–362.
28. Kasparian J. Sauerbrey R. Chm S.L. The critical laser intensity of self-guided light filaments in air // *Appl Phys.* – 2000. – № 71. – С. 877 – 879.
29. Vegde I., Skupin S., Muter R., Kasparian J., Wolf J.P. Ultrashort filaments of light in weakly ionized, optically transparent media // *Report on Progress in Physics.* – 2007. – V. 70, № 10. – P. 1633 – 1713.
30. Чекалин С.В., Кандидов В.П. От самофокусировки световых пучков – к филаментации лазерных импульсов // *УФН.* – 2013. – Т. 183, № 2. – С.133 – 152.

31. Sprangle P., Penano J.R., Hafizi B. Propagation of intense short laser pulses in the atmosphere // *Phys Rev.* – 2002. – V. 66, № 2. – P. 1 – 21.
32. Kandidov V.P., Kosareva O.G., Golubtsov I.S., Liu W., Becker A., Akozbek N., Bowden C.M., Chin S.L. Self transformation of a powerful femtosecond laser pulse into a white light laser pulse in bulk optical media // *Appl. Phys. B.* – 2003. – V. 77. – P. 149 – 165.
33. Кандидов В.П., Косарева О.Г., Можаяев Е.И., Тамаров М.П. Фемтосекундная нелинейная оптика атмосферы // *Оптика атмосферы и океана.* – 2000. – Т. 13, № 5. – С. 429 – 436.
34. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Кабанов А.М., Матвиенко Г.Г., Погодаев В.А. Распространение мощного лазерного излучения в атмосфере // *Оптика атмосферы и океана.* – 2009. – Т. 22, № 10. – С. 931 – 936.
35. Lange H.R., Gnllon G., Ripoclie J.F., Franco M.A., Lamouroux B., Prade B.S., Mysyrowicz A., Nibbering E.T.J., Chiron A. Anomalous long range propagation of femtosecond laser pulses through air moving focus or pulse self-guiding // *Opt. Lett.* – 1998. – V. 23, № 2. – P. 120 – 122.
36. Kandidov V.P., Kosareva O.G., Brodeur A., Chien C.Y., Chin S.L. Conical emission from laser plasma interactions in the filamentation of powerful ultrashort laser pulses in air // *Opt. Lett.* – 1997. – V. 22, № 17. – P. 1332 – 1334.
37. Rodriguez M., Bourayou R., Mejean G., Kaspanan J., Yu J., Salmon E., Scholz A., Stecklum B., Eislöffel J., Laux U., Hatzes A.P., Sauerbrey R., Wöste L., Wolf J.-P. Kilometer range nonlinear propagation of femtosecond laser pulses // *Phys. Rev.* – 2004. – V. 69, № 3. – P. 7 – 66.
38. Землянов А.А., Минаина О.В. Условие остановки коллапса интенсивности мощных фемтосекундных лазерных импульсов при распространении в оптической среде // *Оптика атмосферы и океана.* – 2023. – Т. 36, №3. – С. 179 – 187.
39. Кандидов В.П., Федоров В.Ю., Тверской О.В. Насыщение интенсивности в филаменте фемтосекундного лазерного излучения // *Квантовая электроника.* – 2011. – Т. 41, № 4. – С. 382 – 386.

40. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Мина О.А. Моделирование самофокусировки фемтосекундных лазерных импульсов в воздухе методом дифракционных лучей и световых трубок // Оптика атмосферы и океана. – 2019. – Т. 32, № 2. – С. 120 – 130.

41. Liu W., Gravel J., Theberge F. Background reservoir: its crucial role for long-distance propagation of femtosecond laser pulses in air // Appl. Phys. – 2005. – V. 80, № 7. – P. 857 – 860.

42. Couairon A., Bergé L. Light filaments in air for ultraviolet and infrared wavelengths // Physical Review Letters. – 2002. – V. 88, №13. – P. 1 – 4.

СПРАВКА

Томский Государственный Университет

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Ахметова Ольга Анатольевна
Самоцитирование
рассчитано для: Ахметова Ольга Анатольевна
Название работы: Модель эффективной диэлектрической проницаемости при самофокусировке мощного фемтосекундного лазерного излучения
Тип работы: Выпускная квалификационная работа
Подразделение: Кафедра ОЭСиДЗ РФФ

РЕЗУЛЬТАТЫ

■ ОТЧЕТ О ПРОВЕРКЕ КОРРЕКТИРОВАЛСЯ: НИЖЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ДО КОРРЕКТИРОВКИ

СОВПАДЕНИЯ	17.27%	СОВПАДЕНИЯ	7.89%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	82.73%	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	83.26%
ЦИТИРОВАНИЯ	0%	ЦИТИРОВАНИЯ	7.67%
САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%	САМОЦИТИРОВАНИЯ	1.18%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 10.06.2023

ДАТА И ВРЕМЯ КОРРЕКТИРОВКИ: 10.06.2023 16:04

Структура документа: Проверенные разделы: основная часть с.4, 6-36

Модули поиска: ИПС Адилет; Библиография; Сводная коллекция ЭБС; Интернет Плюс*; Сводная коллекция РГБ; Цитирование; Переводные заимствования (RuEn); Переводные заимствования по eLIBRARY.RU (EnRu); Переводные заимствования по коллекции Гарант: аналитика; Переводные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; Переводные заимствования по Интернету (EnRu); Переводные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Переводные заимствования издательства Wiley; eLIBRARY.RU; СПС ГАРАНТ: аналитика; СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация; Медицина; Диссертации НББ; Коллекция НБУ; Перефразирования по eLIBRARY.RU; Перефразирования по СПС ГАРАНТ: аналитика; Перефразирования по Интернету; Перефразирования по Интернету (EN); Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Перефразирования по коллекции

Руководитель ВКР
Консультант ВКР
Автор ВКР



Работу проверил: Дорошкевич Антон Александрович

ФИО проверяющего

Дата подписи: 13.06.2023



Подпись проверяющего



Чтобы убедиться
в подлинности справки, используйте QR-код,
который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Руководствуясь п.3.2 «Регламента размещения текстов научных докладов выпускных квалификационных работ в электронной библиотеке Научной библиотеки ТГУ» (приказ ректора №413/ОД от 24.05.2016), рекомендую разместить выпускную квалификационную работу Ахметовой О.А. «Модель эффективной диэлектрической проницаемости при самофокусировке мощного фемтосекундного лазерного излучения» в репозитории НБ НИ ТГУ с изъятием основной части в связи с содержанием в ней производственных, технических, экономических, организационных и других сведений, в том числе о результатах интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере, которые имеют действительную или потенциальную коммерческую ценность в силу неизвестности их третьим лицам.

Руководитель ООП 12.03.02
д.ф.-м.н., профессор,
профессор каф. ОЭС и ДЗ НИ ТГУ



И.В. Самохвалов

Руководитель ВКР
к.ф.-м.н.,
доцент каф. ОЭС и ДЗ НИ ТГУ



О.В. Минина

Консультант ВКР
д.ф.-м.н., профессор,
г.н.с. ИОА СО РАН



А.А. Землянов