

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

МГУ.012.1 по диссертации на соискание учёной степени

кандидата физико-математических наук

Решение диссертационного совета от 15 ноября 2023 г. №4

О присуждении Егоренкову Владимиру Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Многоэтапный итерационный процесс для реализации консервативных разностных схем при моделировании 2D и 3D полупроводниковой плазмы, индуцированной оптическим импульсом» по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите диссертационным советом 27 сентября 2023 г., протокол № 1.

Соискатель Егоренков Владимир Александрович, 1990 года рождения, в 2013 году окончил федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», факультет вычислительной математики и кибернетики. С 2013 по 2016 год соискатель обучался в аспирантуре факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова на кафедре вычислительных методов.

Соискатель работает в лаборатории математического моделирования в физике факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в должности инженера.

Диссертация выполнена на кафедре вычислительных методов факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Логинова Мария Михайловна, научный сотрудник лаборатории математического моделирования в физике факультета ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Ожигов Юрий Игоревич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры суперкомпьютеров и квантовой информатики факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,

Макаров Владимир Анатольевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей физики и волновых процессов физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,

Савенков Евгений Борисович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела №11 Федерального исследовательского центра "Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша Российской академии наук",

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 22 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 18 работ, из них 14 статей, опубликованных, в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности и отрасли наук.

1. Trofimov V. A., Loginova M. M., Egorenkov V. A. Laser-induced 2D periodic structures of charged particles concentration in semiconductor under the condition of optical bistability existence // Proceedings of SPIE. – 2013. – Vol. 8847. – P. 88470G (15 pages). [WoS; Scopus SJR=0.17]

2. Trofimov V. A., Loginova M. M., Egorenkov V. A. Influence of external electric field on laser-induced wave process occurring in semiconductor under the femtosecond pulse acting // Proceedings of SPIE. – 2014. – Vol. 9127. – P. 912709 (12 pages). [WoS; Scopus SJR=0.17]

3. Trofimov V. A., Egorenkov V. A., Loginova M. M. Helical auto-waves electron-hole plasma in semiconductor induced by femtosecond pulse at presence of external electric field // Proceedings of SPIE. – 2014. – Vol. 9200. – P. 920004 (13 pages). [WoS; Scopus SJR=0.17]

4. Trofimov V. A., Egorenkov V. A., Loginova M. M. Developing of 2D helical waves in semiconductor under the action of femtosecond laser pulse and external electric field // Proceedings of SPIE. – 2015. – Vol. 9586. – P. 95860K (14 pages). [WoS; Scopus SJR=0.17]

5. Trofimov V. A., Egorenkov V. A., Loginova M. M. Ultrafast switching based on field optical bistability in nano-film of semiconductor // Proceedings of SPIE. – 2016. – Vol. 9920. – P. 992029 (11 pages). [WoS; Scopus SJR=0.17]

6. Trofimov V. A., Loginova M. M., Egorenkov V. A. Conservative finite-difference scheme for computer simulation of field optical bistability // Numerical Analysis and Its Applications (NAA 2016). Lecture Notes in Computer Science. – 2017. – Vol. 10187. – P. 682–689. [WoS IF=0.3, Q4; Scopus SJR=0.32, Q4]

7. Trofimov V. A., Loginova M. M., Egorenkov V. A. Fast and slow light observation at laser pulse interaction with contrast structures induced in semiconductor due to its nonlinear absorption and optical beam diffraction // Proceedings of SPIE. – 2018. – Vol. 10755. – P. 107550A (16 pages). [WoS; Scopus SJR=0.17]

8. Trofimov V. A., Loginova M. M., Egorenkov V. A. Switching waves dynamics in optical bistable cavity-free system at femtosecond laser pulse propagation in semiconductor under light diffraction // Proceedings of SPIE. – 2018. – Vol. 10522. – P. 105221M (7 pages). [WoS; Scopus SJR=0.17]

9. Trofimov V. A., Loginova M. M., Egorenkov V. A. Conservative finite-difference scheme and two-stage iteration process of its realization for the 2D problem of semiconductor plasma generation by femtosecond pulse // *Communications in Computational Physics*. – 2018. – Vol. 23(5). – P. 1512–1533. [WoS IF=3.07, Q1; Scopus SJR=1.06, Q1]

10. Trofimov V. A., Loginova M. M., Egorenkov V. A. A mathematical model of optical bistability and the multiplicity of its solutions // *Journal of Computational and Applied Mathematics*. – 2019. – Vol. 354. – P. 663–681. [WoS IF=2.52, Q1; Scopus SJR=0.8, Q2]

11. Trofimov V. A., Loginova M. M., Egorenkov V. A. Conservative finite-difference scheme for computer simulation of contrast 3D spatial-temporal structures induced by a laser pulse in a semiconductor // *Mathematical Methods in the Applied Sciences*. – 2020. – Vol. 43(7). – P. 4895–4917. [WoS IF=2.39, Q1; Scopus SJR=0.63, Q1]

12. Trofimov V. A., Loginova M. M., Egorenkov V. A. Conservative finite-difference scheme for the 2D problem of femtosecond laser pulse interaction with kink structure of high absorption in semiconductor. // *International Journal of Computer Mathematics*. – 2020. – Vol. 97(1-2). – P. 207–244. [WoS IF=1.72, Q2; Scopus SJR=0.53, Q2] -

13. Trofimov V. A., Loginova M. M., Egorenkov V. A. Numerical methods for solving the 3D Neumann problem of laser-induced plasma evolution in a semiconductor: Direct and iteration methods // *Computational and Mathematical Methods*. – 2021. – Vol. 3(3). – P. e1089. [WoS IF=0.5, Q3; Scopus SJR=0.3, Q3]

14. Trofimov V. A., Loginova M. M., Egorenkov V. A. Multi-Stages Iterative Process for Conservative Economic Finite-Difference Schemes Realization for the Problem of Nonlinear Laser Pulse Interaction with a Medium // *Nonlinear phenomena in complex systems*. – 2021. – Vol. 24(3). – P. 242-259. [RSCI; WoS; Scopus SJR=0.25, Q4; РИНЦ ИФ=0.296]

Во всех указанных работах основные результаты получены лично автором под научным руководством к.ф.-м.н. М. М. Логиновой и при научном консультировании д.ф.-м.н., проф. В. А. Трофимова с использованием разработанного автором многоэтапного итерационно процесса, реализующего консервативную разностную схему, записанную для задачи генерации полупроводниковой плазмы под действием оптического импульса. Все используемые в ходе исследований численные алгоритмы, за исключением быстрого дискретного преобразования Фурье, были реализованы автором в виде программного комплекса, проведено компьютерное моделирование, визуализация и описание результатов численных экспериментов. Анализ полученных результатов проводился автором с частичной помощью соавторов, при этом вклад автора был определяющим. Соавторы помогали автору с редактурой текста и его переводом на английский язык. В работах [1-3] автором проводились вычисления и анализ результатов для 2D случая (результаты исследования 1D случая проводились М. М. Логиновой). В работах [7, 8, 12, 14] автором была предложена и

исследована новая математическая модель взаимодействия оптического импульса с полупроводником, учитывающая продольную дифракцию оптического пучка. В статьях [7, 12] автором было проведено аналитическое исследование рассматриваемой системы уравнений в дифференциальной и разностной формах (показаны ограниченность функций, консервативность разностной схемы, сходимост ь итерационного процесса и т. д.). В работе [9] автором проведено исследование по выбору оптимально критерия сходимости итерационного процесса при решении 2D уравнения Пуассона. В работе [10] для численного решения задачи оптической бистабильности автором предложены алгоритмы нормировки численного решения.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступило.

Выбор официальных оппонентов обосновывался тем, что оппоненты являются специалистами по теме диссертации, компетентны в области нелинейной оптики, численных методов, разработки программных комплексов, численного решения уравнения Шредингера, в моделировании процессов взаимодействия лазерного излучения с нелинейными средами. Результаты их исследований, полученные за последние годы, опубликованы в ведущих зарубежных и отечественных математических журналах и близки по теме исследования соискателя, все оппоненты имеют ученые степени доктора физико-математических наук.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработан новый эффективный итерационный метод, позволяющий реализовывать экономичный асимптотически устойчивый экономичный численный метод решения многомерных нестационарных нелинейных систем дифференциальных уравнений в частных производных, которые, в частности, описывают процесс нелинейного взаимодействия оптического излучения с полупроводником. Компьютерное моделирование данного класса задач необходимо для обеспечения перехода на полностью оптические технологии хранения и обработки данных.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Многоэтапный итерационный процесс, который наряду с методами расщепления является экономичным, но обладает асимптотической устойчивостью, реализующий консервативные разностные схемы для решения многомерных задач нелинейного взаимодействия оптического импульса с полупроводником. Доказательство его консервативности, включая консервативность на итерациях.

2. Преимущество применения итерационных методов при реализации консервативных разностных схем, аппроксимирующих систему нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих генерацию лазера индуцированной полупроводниковой плазмы, для решения входящей в нее разностной задачи Неймана для уравнения Пуассона, которые, в отличие от прямых методов, обеспечивают выполнение условия разрешимости задачи Неймана.

3. Результаты комплексных исследований, проведенных на основе разработанного комплекса программ, по математическому моделированию сложных динамических нелинейных процессов, включающих, в частности, формирование контрастных пространственно-временных структур в полупроводнике под действием оптического излучения.

4. Обоснование на основе математического моделирования фундаментальной роли продольной дифракции светового пучка при его нелинейном распространении в среде в случае формирования лазера индуцированных контрастных пространственно-временных структур.

На заседании 15 ноября 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Егоренкову В.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 15 докторов наук по специальности 1.2.2, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 21, против - 0, недействительных бюллетеней - 1.

Председатель совета,  
академик РАН

**Тыртышников Е.Е.**

Ученый секретарь,  
чл.-корр.РАН

**Ильин А.В.**

Декан факультета ВМК

**Соколов И.А.**

15.11.2023 г.