

Заключение диссертационного совета МГУ.013.4  
по диссертации на соискание учёной степени доктора наук

Решение диссертационного совета от 14 сентября 2023 г. № 11.

О присуждении Потёмкину Фёдору Викторовичу, гражданство РФ, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Широкодиапазонные фемтосекундные ИК лазерные источники нового поколения и нелинейные преобразования в конденсированных и плотных газовых средах» по специальности 1.3.19 — «Лазерная физика» (по физико-математическим наукам) принята к защите диссертационным советом МГУ.013.4 22 июня 2023 г., протокол № 9.

Соискатель Потёмкин Фёдор Викторович в 2008 г. окончил физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова по специальности «Физика». В 2011 г. защитил кандидатскую диссертацию «Микроплазма и энергоперенос в объёме прозрачных диэлектриков регистрируемые с помощью генерации третьей гармоники фемтосекундного лазерного излучения» по специальности 01.04.21 – лазерная физика на заседании диссертационного совета Д 501.001.31 при МГУ имени М.В. Ломоносова. Высшая аттестационная комиссия Министерства образования и науки Российской Федерации в соответствии с приказом от 28 апреля 2012 года №150/нк-1 выдало диплом кандидата наук ДКН № 137323. С 2011 г. Ф.В. Потёмкин работает на кафедре общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, в настоящее время – в должности доцента.

Диссертация выполнена на кафедре общей физики и волновых процессов физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

- 1) доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН Гарнов Сергей Владимирович, директор Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук,
  - 2) доктор физико-математических наук, профессор Ионин Андрей Алексеевич, руководитель отделения квантовой радиофизики им. Н.Г. Басова Физического института им. П.Н. Лебедева РАН,
  - 3) доктор физико-математических наук, профессор Антипов Олег Леонидович, ведущий научный сотрудник, отделение нелинейной динамики и оптики, Институт прикладной физики РАН, —
- дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 139 публикаций, из них по теме диссертации – 70, в том числе 1 патент и 54 публикации в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.3.19 – «лазерная физика». Все результаты, представленные в диссертационной работе, получены лично автором или при его непосредственном участии. Вклад автора в исследования, на результатах которых подготовлена диссертационная работа, является определяющим, это касается как постановки решаемых задач, так и основных идей, расчётов и выводов.

1. Румянцев Б.В., Пушкин А.В., Сулейманова Д.З., Жидовцев Н.А., Потёмкин Ф.В. Генерация перестраиваемого мощного малопериодного терагерцового излучения в органических кристаллах при накачке мультигигаваттными чирпированными лазерными импульсами ближнего ИК диапазона на длине волны 1.24 мкм // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. — 2023. — Т.117. (8) — С. 571–579. IF (РИНЦ)= 1.142 (Вклад автора 0.8)

2. *Mareev E.I., Obydenov N.G., Potemkin F.V.* Dynamics of the Femtosecond Mid-IR Laser Pulse Impact on a Bulk Silicon // *Photonics*. — 2023. — V.10. (4) — P. 380. JIF =2.536 (Вклад автора 0.8)
3. *Lvov K.V., Potemkin F.V., Stremoukhov S.Y.* Extension of the multiple rate equation model for conduction band dynamics under near- and mid-IR femtosecond excitation of dielectrics and semiconductors // *Materials Today Communications*. — 2023. — V.35 — P. 105594. JIF =3.662 (Вклад автора 0.2)
4. *Pushkin A.V., Potemkin F.V.* High-gain broadband laser amplification of mid-IR pulses in Fe: CdSe crystal at 5  $\mu\text{m}$  with mJ output energy and multigigawatt peak power // *Optics Letters* — 2022. — V.47. (22) — P. 5762–5765. JIF= 3.56 (Вклад автора 0.6)
5. *Румянцев Б.В., Михеев К.Е., Пушкин А.В., Потёмкин Ф.В.* Влияние длины и давления газовой струи на процесс генерации оптических гармоник фемтосекундным излучением лазерной системы на кристалле Fe:ZnSe с длиной волны 4,5 мкм // *Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики* — 2022. — Т.116. — С. 659–666. IF (РИНЦ)= 1.142 = 1.142 (Вклад автора 0.6)
6. *Румянцев Б.В., Михеев К.Е., Пушкин А.В., Мигаль Е.А., Стремоухов С.Ю., Потёмкин Ф.В.* Генерация оптических гармоник при взаимодействии высокоинтенсивного (до  $10^{14}$  Вт/см<sup>2</sup>) фемтосекундного лазерного излучения среднего ИК диапазона лазерной системы на кристалле Fe:ZnSe с плотной ламинарной газовой струей // *Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики* — 2022. — Т.115. — С. 431–436. JIF = 1.142 (Вклад автора 0.6)
7. *Пушкин А.В., Потёмкин Ф.В.* Особенности получения мощных (до 1 МВт, 100 мДж) 3-мкм наносекундных лазерных импульсов в эрбиевых кристаллах в частотном режиме // *Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики* — 2022. — Т.116. — С. 508–516. JIF = 1.142 (Вклад автора 0.6)
8. *Mareev E.I., Potemkin F.V.* Dynamics of ultrafast phase transitions in MgF<sub>2</sub> triggered by laser-induced THz coherent phonons // *Scientific Reports* — 2022. — V.12. (1) — P. 6621. JIF = 4.996 (Вклад автора 0.8)
9. *Mareev E.I., Pushkin A.V., Migal E.A., Lvov K.V., Stremoukhov S.Yu., Potemkin F.V.* Single-shot femtosecond bulk micromachining of silicon with mid-IR tightly focused beams // *Scientific Reports* — 2022. — V.12. (1) — P. 7517. JIF= 4.996 (Вклад автора 0.8)
10. *Migal E.A., Pushkin A.V., Minaev N.G., Bravy B.G., Potemkin F.V.* Control of spectral shift, broadening, and pulse compression during mid-IR self-guiding in high-pressure gases and their mixtures // *Optics Letters* — 2022. — V.47. (4) — P. 985-988. JIF= 3.56 (Вклад автора 0.8)
11. *Mareev E.I., Potemkin F.V.* Dynamics of Ultrafast Phase Transitions in (001) Si on the Shock-Wave Front // *International Journal of Molecular Sciences* — 2022. — V.23. (4) — P. 2115. JIF= 6.208 (Вклад автора 0.6)
12. *Pushkin A.V., Migal E.A., Suleimanova D.Z., Mareev E.I., Potemkin F.V.* High-Power Solid-State Near- and Mid-IR Ultrafast Laser Sources for Strong-Field Science // *Photonics* — 2022. — V.9. (2) — P. 90. JIF= 2.536 (Вклад автора 0.6)
13. *Pushkin A.V., Slovinsky I.A., Shakirov A.A., Shavelev A.A., Potemkin F.V.* Diode-side-pumped watt-level high-energy Q-switched mid-IR Er:YLF laser // *Optics Letters* — 2021. — V.46. (21) — P. 5465-5468. JIF= 3.56 (Вклад автора 0.6)
14. *Lvov K.V., Stremoukhov S.Yu., Potemkin F.V.* The role of external focusing in spectral enrichment under mid-IR laser filamentation in dielectrics // *Journal of Optics* — 2021. — V.23. (6) — P. 065502. JIF= 2.077 (Вклад автора 0.4)
15. *Rumiantsev B.V., Mareev E.I., Bychkov A.S., Karabutov A.A., Cherepetskaya E.B., Makarov V.A., Potemkin F. V.* Three-dimensional hybrid optoacoustic imaging of the laser-induced plasma and deposited energy density under optical breakdown in water // *Applied Physics Letters* — 2021. — V.118. (1) — P. 011109. JIF= 3.971 (Вклад автора 0.6)

16. Uehara H., Tsunai T., Han B., Goya K., Yasuhara R., Potemkin F., Kawanaka J., Tokita S. 40 kHz, 20 ns acousto-optically Q-switched 4  $\mu\text{m}$  Fe:ZnSe laser pumped by a fluoride fiber laser // *Optics Letters* – 2020. – V.45. (10) – P. 2788-2791. JIF= 3.560 (Вклад автора 0.6)
17. Mareev E.I., Rumiantsev B.V., Migal E.A., Bychkov A.S., Karabutov A.A., Cherepetskaya E.B., Makarov V.A., Potemkin F.V. A comprehensive approach to the characterization of the deposited energy density during laser–matter interactions in liquids and solids // *Measurement Science and Technology* – 2020. – V.31. (8) – P. 085204. JIF= 2.398 (Вклад автора 0.6)
18. Migal E.A., Balabanov S.S., Savin D.V., Ikonnikov V.B., Gavrishchuk E.M., Potemkin F.V. Amplification properties of polycrystalline Fe:ZnSe crystals for high power femtosecond mid-IR laser systems // *Optical Materials* – 2020. – V.111. – P. 110640. JIF= 3.754 (Вклад автора 0.8)
19. Mareev E.I., Lvov K.V., Rumiantsev B.V., Migal E.A., Novikov I.D., Stremoukhov S.Yu., Potemkin F.V. Effect of pulse duration on the energy delivery under nonlinear propagation of tightly focused Cr:forsterite laser radiation in bulk silicon // *Laser Physics Letters* – 2020. – V.17. (1) – P. 015402. JIF= 1.704 (Вклад автора 0.6)
20. Pushkin A.V., Migal E.A., Tokita S., Korostelin Yu.V., Potemkin F.V. Femtosecond graphene mode-locked Fe:ZnSe laser at 4.4  $\mu\text{m}$  // *Optics Letters* – 2020. – V.45. (3) – P. 738-741. JIF= 3.56 (Вклад автора 0.6)
21. Migal E.A., Stremoukhov S.Yu., Potemkin F.V. Ionization-free resonantly enhanced low-order harmonic generation in a dense gas mixture by a mid-IR laser field // *Physical Review A* – 2020. – V.101. (2) – P. 021401. JIF= 2.971 (Вклад автора 0.5)
22. Пушкин А.В., Словинский И.А., Потемкин Ф.В. Мегаваттный импульсно-периодический эрбиевый 3-мкм лазер с компенсацией сильной тепловой линзы // *Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики* – 2020. – Т. 112– С.508–515. IF (РИНЦ) = 1.142 (Вклад автора 0.6)
23. Migal E., Mareev E., Smetanina E., Duchateau G., Potemkin F. Role of wavelength in photo-carrier absorption and plasma formation threshold under excitation of dielectrics by high-intensity laser field tunable from visible to mid-IR // *Scientific Reports* – 2020. – V.10. (1) – P.14007. JIF= 4.996 (Вклад автора 0.6)
24. Мареев Е.И., Румянцев Б.В., Потемкин Ф.В. Исследование параметров лазерно-индуцированных ударных волн для задач лазерной ударной обработки кремния // *Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики* – 2020. – Т. 112– С. 780–786. IF (РИНЦ) = 1.142 (Вклад автора 0.8)
25. Migal E., Pushkin A., Bravy B., Gordienko V., Minaev N., Sirotkin A., Potemkin F. 3.5-mJ 150-fs Fe:ZnSe hybrid mid-IR femtosecond laser at 4.4  $\mu\text{m}$  for driving extreme nonlinear optics // *Optics Letters* – 2019. – V. 44 (10) – P. 2550–2553. JIF= 3.56 (Вклад автора 0.8)
26. Mareev E.I., Potemkin F.V., Migal E.A., Minaev N.V., Gordienko V.M. Controlled nonlinearity and the lasing effect under femtosecond filamentation in dense and supercritical Xe // *Laser Physics Letters* – 2019. – V. 16 (3) – P. 035401. JIF= 1.704 (Вклад автора 0.2)
27. Migal E.A., Potemkin F.V., Gordienko V.M. Efficient strong-field low-order harmonic generation in xenon microplasma by a tightly focused Cr:Forsterite laser // *Laser Physics Letters* – 2019. – V. 16 (4) – P. 045401. JIF= 1.704 (Вклад автора 0.2)
28. Pushkin A.V., Mazur M.M., Sirotkin A.A., Firsov V.V., Potemkin F.V. Powerful 3- $\mu\text{m}$  lasers acousto-optically Q-switched with KYW and KGW crystals // *Optics Letters* – 2019. – V. 44 (19) – P. 4837-4840. JIF= 3.56 (Вклад автора 0.6)
29. Mareev E.I., Migal E.A., Potemkin F.V. Ultrafast third harmonic generation imaging of microplasma at the threshold of laser-induced plasma formation in solids // *Applied Physics Letters* – 2019. – V. 114 (3) – P. 031106. JIF= 3.816 (Вклад автора 0.8)
30. Lvov K.V., Stremoukhov S.Yu., Migal E.A., Potemkin F.V. Asymmetric temporal splitting of laser pulse and broad supercontinuum generation under femtosecond filamentation in YAG crystal // *Laser Physics Letters* – 2018. – V. 15 (8) – P. 085402. JIF= 1.704 (Вклад автора 0.4)

31. *Pushkin A.V., Bychkov A.S., Karabutov A.A., Potemkin F.V.* Cavitation and shock waves emission on the rigid boundary of water under mid-IR nanosecond laser pulse excitation // *Laser Physics Letters* – 2018. – V. 15 (6) – P. 065401. JIF= 1.704 (Вклад автора 0.6)
32. *Pushkin A.V., Migal E.A., Uehara H., Goya K., Tokita S., Frolov M.P., Korostelin Yu.V., Kozlovsky V.I., Skasyrsky Ya.K., Potemkin F.V.* Compact, highly efficient, 21-W continuous-wave mid-infrared Fe:ZnSe coherent source, pumped by an Er:ZBLAN fiber laser // *Optics Letters* – 2018. – V. 43 (24) – P. 5941-5944. JIF= 3.56 (Вклад автора 0.6)
33. *Мигаль Е.А., Потёмкин Ф.В.* Широкополосное параметрическое усиление в ближнем ИК-диапазоне (2–2.5 мкм) в условиях дисперсионных аномалий перестроечных характеристик с накачкой хром-форстеритовым лазером // *Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики*. – 2018. – Т. 107 – С. 301–305. IF (РИНЦ) = 1.142 (Вклад автора 0.6)
34. *Potemkin F.V., Mareev E.I., Smetanina E.O.* Influence of wave-front curvature on supercontinuum energy during filamentation of femtosecond laser pulses in water // *Physical Review A* – 2018. – V. 97. (3) – P. 033801. JIF= 2.971 (Вклад автора 0.8)
35. *Мареєв Е.И., Мигаль Е.А., Потёмкин Ф.В.* Диагностика энергоклада при острой фокусировке фемтосекундного лазерного излучения в объём прозрачного диэлектрика в реальном времени по сигналу третьей гармоники // *Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики*. – 2018. – Т. 107– С. 422–425. IF (РИНЦ) = 1.142 (Вклад автора 0.8)
36. *Potemkin F.V., Mareev E.I., Rumiantsev B.V., Bychkov A.S., Karabutov A.A., Cherepetskaya E.B., Makarov V.A.* Two-dimensional photoacoustic imaging of femtosecond filament in water // *Laser Physics Letters*. – 2018. – V. 15. (7) – P. 075403. JIF= 1.704 (Вклад автора 0.6)
37. *Potemkin F., Mareev E., Bezsudnova Y., Platonenko V., Bravy B., Gordienko V.* Controlled energy deposition and void-like modification inside transparent solids by two-color tightly focused femtosecond laser pulses // *Applied Physics Letters*. – 2017. – V. 110 (16) – P. 163903. JIF= 3.971 (Вклад автора 0.6)
38. *Potemkin F.V., Mareev E.I., Bezsudnova Y.I., Platonenko V.T., Bravy B.G., Gordienko V.M.* Enhancing nonlinear energy deposition into transparent solids with an elliptically polarized and mid-IR heating laser pulse under two-color femtosecond impact // *Laser Physics Letters*. – 2017. – V. 14 (6) – P. 065403. JIF= 1.704 (Вклад автора 0.6)
39. *Frolov M.P., Gordienko V.M., Korostelin Y.V., Kozlovsky V.I., Podmar'kov Y.P., Potemkin F.V., Skasyrsky Y. K., Fe<sup>2+</sup>-doped CdSe single crystal: growth, spectroscopic and laser properties, potential use as a 6 μm broadband amplifier // *Laser Physics Letters* – 2017. – V. 14 (2) – P. 025001. JIF= 1.704 (Вклад автора 0.2)*
40. *Migal E.A., Potemkin F.V., Gordienko V.M.* Highly efficient optical parametric amplifier tunable from near- to mid-IR for driving extreme nonlinear optics in solids // *Optics Letters* – 2017. – V. 42 (24) – P. 5218–5221. JIF= 3.56 (Вклад автора 0.6)
41. *Potemkin F.V., Migal E.A., Podshivalov A.A., Gordienko V.M.* Broadband femtosecond parametric amplification in KTA close to mid-IR transparency cutoff // *Journal of Optics* – 2016. – V. 18 (9) – P. 095502. JIF= 2.077 (Вклад автора 0.6)
42. *Mareev E., Bagratashvili V., Minaev N., Potemkin F., Gordienko V.* Generation of an adjustable multi-octave supercontinuum under near-IR filamentation in gaseous, supercritical, and liquid carbon dioxide // *Optics Letters* – 2016. – V. 41 (24) – P. 5760-5763. JIF= 3.56 (Вклад автора 0.2)
43. *Бравый Б.Г., Гордиенко В.М., Козловский В.И., Коростелин Ю.В., Потёмкин Ф.В., Подмарьков Ю.П., Подшивалов А.А., Платоненко В.Т., Фирсов В.В., Фролов М.П.* Мощная фемтосекундная лазерная система среднего ИК диапазона (4-5 мкм) с использованием широкополосного усилителя на кристалле Fe<sup>2+</sup>:ZnSe // *Известия Российской академии наук. Серия физическая*. – 2016. – Т. 80. – С. 489–494. IF (РИНЦ) = 0.564 (Вклад автора 0.6)
44. *Potemkin F.V., Migal E.A., Pushkin A.V., Sirotkin A.A., Kozlovsky V.I., Korostelin Y.V., Podmar'kov Y.P., Firsov V.V., Frolov M.P., Gordienko V.M.* Mid-IR (4 – 5 μm) femtosecond multi-

- pass amplification of optical parametric seed pulse up to gigawatt level in Fe<sup>2+</sup>:ZnSe with optical pumping by solid-state 3- $\mu$ m laser // Laser Physics Letters . – 2016. – V. 13. (12) – P. 125101. JIF= 1.704 (Вклад автора 0.6)
45. *Potemkin F.V., Bravy B.G., Bezsudnova Y.I., Mareev E.I., Starostin V.M., Platonenko V.T., Gordienko V.M.* Overcritical plasma ignition and diagnostics from oncoming interaction of two color low energy tightly focused femtosecond laser pulses inside fused silica // Laser Physics Letters. – 2016. – V. 13. (4) – P. 045402. JIF= 1.704 (Вклад автора 0.8)
  46. *Potemkin F.V., Bravy B.G., Kozlovsky V.I., Korostelin Y.V., Migal E.A., Podmar'kov Y.P., Podshivalov A.A., Platonenko V.T., Firsov V.V., Frolov M.P., Gordienko V.M.* Toward a subterawatt mid-IR (4–5  $\mu$ m) femtosecond hybrid laser system based on parametric seed pulse generation and amplification in Fe<sup>2+</sup>:ZnSe // Laser Physics Letters – 2016. – V. 13. (1) – P. 015401. JIF= 1.704 (Вклад автора 0.8)
  47. *Potemkin F.V., Mareev E.I.* Dynamics of multiple bubbles, excited by a femtosecond filament in water // Laser Physics Letters – 2015. – V. 12. (1) – P. 015405. JIF= 1.704 (Вклад автора 0.8)
  48. *Potemkin F.V., Mareev E.I., Podshivalov A.A., Gordienko V.M.* Highly extended high density filaments in tight focusing geometry in water: From femtoseconds to microseconds // New Journal of Physics – 2015. – V. 17. (5) – P. 053010. JIF= 3.717 (Вклад автора 0.8)
  49. *Gordienko V.M., Potemkin F.V., Pushkin A.V., Sirotkin A.A., Firsov V.V.* Powerful 3 $\mu$ m YSGG:Cr: Er and YSGG: Cr:Yb: Ho Q-Switched Lasers Operating in the Repetition-Rate Mode // Journal of Russian Laser Research – 2015. – V. 36. (6) – P. 570–576. JIF= 0.81 (Вклад автора 0.4)
  50. *Подшивалов А.А., Потёмкин Ф.В., Сидоров-Бирюков Д.А.* Генерация мощных фемтосекундных суперконтинуумов в ближней ИК области спектра с использованием широкополосного параметрического преобразования частоты в кристаллах LBO и DCDA с накачкой излучением с  $\lambda = 620$  нм // Квантовая электроника. – 2014. – Т. 44. – С. 824-828. IF (РИНЦ)= 1.194 (Вклад автора 0.6)
  51. *Potemkin F.V., Mareev E.I., Podshivalov A.A., Gordienko V.M.*, Laser control of filament-induced shock wave in water // Laser Physics Letters – 2014. – V. 11. (10) – P. 106001. JIF= 1.704 (Вклад автора 0.8)
  52. *Потёмкин Ф.В., Мареев Е.И., Михеев П.М., Ходаковский Н.Г.*, Резонансное лазерно-плазменное возбуждение когерентных терагерцевых фононов в объеме фторсодержащих кристаллов под действием интенсивного фемтосекундного лазерного излучения // Квантовая электроника. — 2013. — Т. 43. — С. 735–739. IF (РИНЦ)= 1.194 (Вклад автора 0.8)
  53. *Potemkin F.V., Mareev E.I., Mikheev P.M., Khodakovskij N.G.* Resonant laser-plasma excitation of coherent THz phonons under extreme conditions of femtosecond plasma formation in a bulk of fluorine-containing crystals // Laser Physics Letters – 2013. – V. 10. (7) – P. 076003. JIF = 1.704 (Вклад автора 0.8)
  54. *Potemkin F.V., Mikheev P.M.* Efficient generation of coherent THz phonons with a strong change in frequency excited by femtosecond laser plasma formed in a bulk of quartz // European Physical Journal D – 2012. – V. 66. (9) – P. 248. JIF= 1.611 (Вклад автора 0.8)

*Патент:*

*Потёмкин Ф.В., Мареев Е.И., Безsudнова Ю.И.*; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ). Способ формирования дефектов в объёме образца диэлектрика лазерным излучением. Патент № 2671150 РФ, В23К 26/02. № 2017130865; Регист.31.08.2017; Опубл. 29.10.2018.

На автореферат диссертации поступили 6 отзывов, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются специалистами в области лазерной физики и нелинейной оптики, а также взаимодействия лазерного излучения с веществом и имеют публикации по схожей тематике. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, а также изложены технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. В диссертации изучены и разработаны новые методы генерации мультигигаваттных, синхронизированных по времени, фемтосекундных лазерных импульсов ближнего и среднего ИК диапазонов, что в сочетании с предложенными *нелинейными* методами управления спектрально-временными свойствами этого излучения демонстрирует создание *широкодиапазонных фемтосекундных ИК лазерных источников нового поколения*. Генерируемое ими когерентное и перестраиваемое от УФ до ТГц диапазона излучение ультракороткой длительности может быть полезно для применения в области нелинейной оптики и физики взаимодействия излучения с веществом. Исследованные эффекты экстремального воздействия лазерного излучения на объём прозрачной конденсированной среды могут лечь в основу создания лазерно-индуцированных фаз вещества и методов объёмного микроstructuring диэлектрических и полупроводниковых материалов, что важно для развития элементной базы современной ИК фотоники.

Результаты диссертации могут быть использованы в МГУ имени М. В. Ломоносова и других высших учебных заведениях в основных образовательных программах при создании новых и обновлении имеющихся материалов учебных курсов. Созданные полностью на отечественной элементной базе фемтосекундных лазерных источников ближнего и среднего ИК диапазона в сочетании с разработанными нелинейно-оптическими методами расширения спектра в УФ и ТГц диапазоны могут быть применены для стационарной и время-разрешенной мультиспектральной спектроскопии обратимых и необратимых структурных изменений в различных материалах, что является основой для современного материаловедения. Создание нового класса фемтосекундных лазерных источников среднего ИК диапазона ( $\lambda > 4$  мкм) при использовании режима острой фокусировки открывает путь к трёхмерной объёмной микрообработке узкозонных полупроводников и знаменует собой начало нового подхода к трёхмерной лазерной функционализации полупроводниковых материалов. В перспективе это может привести к разработке новых подходов в ИК фотонике для прототипирования фотонных интегральных схем, интегрированных в один чип миниатюрных лазерных источников, оптоэлектронных устройств, оптоэлектронных переходов и высокоскоростных оптических каналов передачи 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. Показано, что

1. Параметрическое преобразование частоты *мощного фемтосекундного излучения хромфорстеритового лазера* при реализации частотно невырожденных групповых синхронизмов и в условиях отсутствия влияния паразитных преобразований в нелинейно-оптических полупроводниковых кристаллах позволяет эффективно (до 10%) генерировать перестраиваемые от ближнего ( $\sim 1$  мкм) до среднего ИК ( $\sim 8$  мкм) диапазона фемтосекундные лазерные импульсы *субгигаваттного* уровня мощности.
2. Генерация *мультигигаваттного* (более 20 ГВт) фемтосекундного лазерного излучения *в среднем ИК-диапазоне* (4–5 мкм) может быть реализована в легированных ионами железа халькогенидных средах по схеме *многопроходного усиления* чирпированных

*широкополосных импульсов инжекции* микрожоульного уровня энергии при накачке мегаваттными наносекундными 3-мкм лазерными импульсами с плотностью энергии  $\sim 1 \text{ Дж/см}^2$ .

3. Двухволновая мультигигаваттная фемтосекундная лазерная система ближнего и среднего ИК диапазонов в сочетании с разработанными нелинейными *методами расширения спектра* в конденсированных и газовых средах с синтезированной нелинейностью и управляемыми дисперсионными свойствами позволяет создать высокоэффективный (1-10%) и широкодиапазонный (от УФ до ТГц) источник когерентного излучения.
4. Сочетание процессов генерации затравочной микроплазмы коротковолновым излучением за счёт полевой ионизации и последующего нагрева электронов микроплазмы длинноволновым лазерным излучением при использовании *двухцветной пары* острофокусированных ( $NA=0,5$ ) фемтосекундных низкоэнергетических ( $\sim \text{мкДж}$ ) лазерных импульсов обеспечивает управление объёмным энерговыделением (до уровня  $10 \text{ кДж/см}^3$ ) в конденсированную среду в области её прозрачности.
5. Нелинейное взаимодействие острофокусированного ( $NA=0,86$ ) низкоэнергетического ( $\sim \text{мкДж}$ ) фемтосекундного лазерного излучения среднего ИК диапазона ( $\lambda=4,6 \text{ мкм}$ ) с объёмом монокристаллического высокоомного кремния позволяет достигнуть объёмного энерговыдела более  $5 \text{ кДж/см}^3$  и обеспечивает лазерную модификацию кристалла в микрообъёме в режиме однократного воздействия.
6. Острая фокусировка ( $NA=0,5$ ) фемтосекундного низкоэнергетического ( $\sim \text{мкДж}$ ) лазерного излучения в объём конденсированной кристаллической среды (на примере кремния и фторида лития) в области её прозрачности приводит к созданию микроплазмы, термализация которой сопровождается возбуждением когерентных *терагерцевых фононов*, а их регистрируемый скачкообразный временной спектр отражает динамические *фазовые переходы*.

На заседании 14 сентября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Потёмкину Фёдору Викторовичу учёную степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **20** человек, из них **7** докторов наук по специальности 1.3.19 – «Лазерная физика» (по физико-математическим наукам), участвовавших в заседании, из **24** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — 20, «против» — 0, недействительных голосов — 0.

Председатель  
диссертационного совета МГУ.013.4  
доктор физико-математических наук,  
профессор

Андреев Анатолий Васильевич

Учёный секретарь  
диссертационного совета МГУ.013.4  
кандидат физико-математических наук

Коновко Андрей Андреевич

Дата оформления заключения: 14 сентября 2023 г.