

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО"
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 04.02.2026 г. № 3 .

О присуждении Бодрову Сергею Борисовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Нелинейно-оптическая генерация и диагностические применения импульсного терагерцового излучения» по специальности 1.3.19. Лазерная физика принята к защите 24 сентября 2025 г., протокол № 27, диссертационным советом 24.2.340.03, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, приказом Рособнадзора № 105/нк от 11 апреля 2012 г.

Соискатель, Бодров Сергей Борисович, 18 марта 1980 года рождения, защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по теме «Генерация терагерцовых волн движущимися светоиндуцированными источниками» (специальность 01.04.03. Радиофизика и 01.04.21. Лазерная физика) в 2006 году (диплом кандидата наук от 8 декабря 2006 г. № 48к/66 серия ДКН № 012583) в диссертационном совете, созданном на базе Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, и работает заместителем заведующего отделом 330 по научной работе в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Диссертация выполнена в отделе сверхбыстрых процессов (330) федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук».

Научный консультант доктор физико-математических наук, профессор Бакунов Михаил Иванович, заведующий кафедрой общей физики радиофизического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

Официальные оппоненты:

1. Китаева Галия Хасановна, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.21. Лазерная физика), доцент, профессор кафедры квантовой электроники физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва);
2. Урюпин Сергей Александрович, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.08. Физика плазмы), высококвалифицированный главный научный сотрудник Физического института имени П.Н. Лебедева РАН (г. Москва);
3. Цыпкин Антон Николаевич, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.05. Оптика), доцент, директор Научно-образовательного центра фотоники и оптоинформатики, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» (г. Санкт-Петербург).

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт спектроскопии Российской академии наук (ИСАН), г. Москва, г. Троицк, в своем **положительном** отзыве, утвержденном 16.01.2026 г. заместителем директора Института спектроскопии Российской академии наук Плодухиным А.Ю. (приказ ИСАН от 15.12.2025 № 65) и подписанным доктором физико-математических наук (специальность 01.04.05. Оптика), профессором, заведующим лабораторией спектроскопии ультрабыстрых процессов отдела лазерной спектроскопии ИСАН Чекалиным Сергеем Васильевичем, а также кандидатом физико-математических наук (специальность 01.04.05. Оптика), старшим научным сотрудником лаборатории спектроскопии ультрабыстрых процессов отдела лазерной спектроскопии ИСАН Мельниковым Алексеем Алексеевичем указала, что диссертационная работа Бодрова Сергея Борисовича «Нелинейно-оптическая генерация и диагностические применения импульсного терагерцового излучения» является завершенной научно-квалификационной работой и удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Бодров Сергей Борисович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

Соискатель имеет 67 работ, опубликованных в ведущих российских и зарубежных рецензируемых журналах, в том числе по теме диссертации опубликовано 28 работ в журналах входящих в Белый список и индексируемых WoS, Scopus и RSCI (в том числе 27 работ в журналах первого и второго квартилей). Основные результаты диссертации были представлены на более чем

30 ведущих международных и всероссийских конференциях.

Все приведенные в диссертации результаты получены либо лично автором, либо при его непосредственном участии.

Проверка текста диссертации не выявила неправомерных заимствований. Исследования являются оригинальными и представляются к защите впервые. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Bakunov M. I. Theory of terahertz generation in a slab of electro-optic material using an ultrashort laser pulse focused to a line / M. I. Bakunov, **S. B. Bodrov**, A. V. Maslov, M. Hangyo // *Physical Review B*. – 2007. – V.76. – P. 085346.
2. **Bodrov S. B.** Efficient Cherenkov emission of broadband terahertz radiation from an ultrashort laser pulse in a sandwich structure with nonlinear core / **S. B. Bodrov**, M. I. Bakunov, M. Hangyo // *Journal of Applied Physics*. – 2008. – V. 104. – P. 093105.
3. **Bodrov S.** Plasma filament investigation by transverse optical interferometry and terahertz scattering / **S. Bodrov**, V. Bukin, M. Tsarev, A. Murzanev, S. Garnov, N. Aleksandrov, A. Stepanov // *Optics Express*. – 2011. – V. 19. – P. 6829-6835.
4. **Bodrov S. B.** Terahertz generation by tilted-front laser pulses in weakly and strongly nonlinear regimes / **S. B. Bodrov**, A. A. Murzanev, Y. A. Sergeev, Y. A. Malkov, and A. N. Stepanov // *Applied Physics Letters*. – 2013. – V. 103. – P. 251103.
5. **Bodrov S.** Terahertz induced optical birefringence in polar and nonpolar liquids / **S. Bodrov**, Yu. Sergeev, A. Murzanev, and A. Stepanov // *Journal of Chemical Physics*. – 2017. – V. 147. – P. 084507.
6. **Bodrov S. B.** Highly efficient Cherenkov-type terahertz generation by 2 μ m wavelength ultrashort laser pulses in a prism-coupled LiNbO₃ layer / **S. B. Bodrov**, I. E. Ilyakov, B. V. Shishkin, and M. I. Bakunov // *Optics Express*. – 2019. – V. 27. – P. 36059-36065.
7. **Bodrov S. B.** Terahertz pulse induced femtosecond optical second harmonic generation in transparent media with cubic nonlinearity / **S. B. Bodrov**, Yu. A. Sergeev, A. I. Korytin, E. A. Burova, and A. N. Stepanov // *Journal of the Optical Society of America B*. – 2020. – V. 37. – P. 789-796.
8. **Bodrov S.** Terahertz-field-induced optical luminescence from graphene for imaging and near-field visualization of a terahertz field / **S. Bodrov**, A. Murzanev, A. Korytin, and A. Stepanov // *Optics Letters*. – 2021. – V. 46. – P. 5946-5949.
9. **Bodrov S. B.** Scalable optical-to-terahertz converter with a prism-coupled plane-parallel lithium niobate plate / **S. B. Bodrov**, N. A. Abramovsky, E. A. Burova, A. N. Stepanov, and M. I. Bakunov // *Optics Express*. – 2022. – V. 30. – P. 35978-35987.
10. **Bodrov S. B.** Cherenkov-type terahertz generation by optical rectification in KD₂PO₄ (DKDP) crystal / **S. B. Bodrov**, N. A. Abramovsky, G. S. Paramonov, S. N. Belyaev, A. P. Prokhorov, A. N. Stepanov,

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов от:

1. Аграната Михаила Борисовича, доктора физико-математических наук по специальности 01.04.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Объединенный институт высоких температур РАН», г. Москва.
2. Вакса Владимира Лейбовича, кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01. Приборы и методы экспериментальной физики, заведующего отделом терагерцовой спектроскопии Института физики микроструктур РАН – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», г. Нижний Новгород.
3. Мурзиной Татьяны Владимировны, доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05. Оптика, доцента физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва.
4. Потатуркина Олега Иосифовича, доктора технических наук по специальности 05.12.20. Оптические системы локации, связи и обработки информации, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института автоматизации и электротехники Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН), г. Новосибирск.
5. Потёмкина Фёдора Викторовича, доктора физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика, профессора кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета ФГБОУВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ), г. Москва.

Все отзывы **положительные**. В отзывах отмечается актуальность темы исследования, новизна полученных результатов и их значимость для науки и практики.

В отзывах на диссертацию и автореферат содержатся следующие замечания.**Замечания из отзыва ведущей организации.**

1. В тексте диссертации содержится достаточно большое количество грамматических и орфографических ошибок, встречаются пропуски слов.
2. Формулировки некоторых защищаемых положений слишком громоздки и содержат много специфических деталей, что затрудняет восприятие универсальности и масштаба полученных результатов.
3. Практически для всех описываемых экспериментов в диссертации представлены подробные теоретические расчеты и модели, что, несомненно, увеличивает их научную весомость. При этом в ряде случаев недостает наглядного объяснения физического смысла рассматриваемых

эффектов (см., например, рассмотрение эффекта локализации генерации второй гармоники на границах среды в гл. 4).

4. При расчетах различных схем генерации терагерцового излучения не рассматриваются эффекты нелинейного взаимодействия, которые, согласно проведенным автором экспериментам, существенно ограничивали эффективность преобразования.

5. В работе определены константы Керра для ряда жидкостей путем регистрации их терагерцового нелинейно-оптического отклика. При этом экспериментальные кривые содержат шумы достаточно большой амплитуды, что вызывает вопрос о надежности полученных таким способом значений. Прояснить ситуацию могло бы указание погрешностей для итоговых величин, однако, погрешности в работе не приводятся (причем не только в данном разделе, но и в других случаях, когда это было бы уместно).

Замечания из отзыва официального оппонента Китаевой Г.Х.

1. Дисперсия диэлектрической проницаемости нелинейного кристалла в большей части теоретических расчетов учитывается в виде упрощенной формулы (1.4) с однофононным резонансом и некоторым эффективным значением высокочастотной диэлектрической проницаемости ϵ_∞ . Действительно, это приближение во многих случаях достаточно для описания эффектов в терагерцовом диапазоне даже для такого сложного по структуре кристаллической решетки и дефектов кристалла, как ниобат лития. Хотя, как известно, дисперсию коэффициента поглощения однорезонансная модель в ниобате лития не описывает, требуется дополнительный учет осцилляторной зависимости константы затухания γ_{eff} (см., например, работы T. Qiu, M. Maier, Phys. Rev. B (1997) 56, R5717, K. A. Kuznetsov, et al. (2016) Appl. Phys. B, 122, 223). Вместе с тем, для описания спектров генерации в гораздо более простом по структуре кристалле ZnTe в диссертации потребовалось применение усложненной четырехрезонансной модели диэлектрической проницаемости. Хотелось бы видеть в работе более подробный анализ причин учета разных приближений для описания дисперсионных характеристик генерирующего терагерцового излучения кристаллов.

2. Сравнение модельных представлений с результатами экспериментов проводится только на примере ряда известных диэлектрических кристаллов. Вместе с тем, полезно было бы привести обсуждение того, до какой степени применимы результаты проведенных расчетов к набирающим популярность схемам оптического выпрямления в органических кристаллах – таких, как DAST, DSTMS, OH1, HMQ-TMS и другие (см. обзор M. Jazbinsek et al., Appl. Sci. (2019), 9, 882).

3. Небольшое снижение эффективности генерации при охлаждении кристалла ниобата лития с температуры 77K до 10K, представленное на Рисунке 2.26(г), вряд ли связано с неточной настройкой схемы, как это полагается в работе. Аналогичное снижение наблюдалось и при исследовании другого эффекта - параметрического рассеяния света с участием холостых фотонов

терагерцовой частоты (см. Fig.3а в статье Novikova T.I. et al., Appl. Phys. Lett. (2020), 116, 264003). По-видимому, это снижение связано с падением квадратичной восприимчивости кристалла в данном диапазоне температур.

4. Среди возможных причин насыщения эффективности генерации, указанных на стр. 142, следовало бы также рассмотреть проявление процессов короткоживущего фоторефрактивного разрушения кристалла, происходящих только в течение действия импульсов накачки и в небольшом отрезке времени после них. Даже в выбранных для экспериментов кристаллах ниобата лития стехиометрического состава существуют дефекты структуры (вакансии лития, замещение вакансий другими ионами и т.д.), а значит, при высоких уровнях интенсивности накачки происходит возбуждение носителей заряда поляронного типа. Эти процессы могут приводить к искажению волновых фронтов участвующих в процессах волн.

5. В разделе 4.5 сообщается, что для визуализации распределения интенсивности в пучке терагерцового излучения, вызывавшего люминесценцию графена, применялась схема с кристаллом GaP и призмой Глана. Не ясно, чем принципиально такая схема отличается от пробно-энергетического подхода к стробированию напряженности (не интенсивности) терагерцового поля (см. S. P. Kovalev and G. Kh. Kitaeva, J. Opt. Soc. Am. B (2013) 30, 2650), применявшегося, например, в статье I. E. Pyakov et al., Appl. Phys. Lett. (2014) 104, 151107 и других последующих работах.

6. Хотя в целом текст диссертации хорошо оформлен и скомпонован, встречаются недостатки в виде пропуска или замены отдельных букв.

Замечания из отзыва официального оппонента Урюпина С.А.

1. При теоретическом описании генерации терагерцового излучения не учитывалось истощение лазерного импульса, которое может быть существенным при не малой толщине нелинейного кристалла. Стоило бы указать условия, в которых изменением лазерного импульса можно пренебречь в рассматриваемых кристаллах.

2. Если в случае генерации терагерцового излучения обычными импульсами влияние формы лазерного импульса на генерируемое поле в какой-то мере изучено, то при использовании импульсов со скошенным фронтом интенсивности ситуация несколько сложнее. Вследствие одновременной зависимости функций, описывающих распространение фронта фазы и фронта интенсивности от одной и той же координаты, желателен анализ зависимости результатов от вида огибающей интенсивности.

3. В сэндвич-структуре длина волны на основной частоте лазерного импульса мала по сравнению с толщиной пластины, а длина волны на частотах изменения огибающей, напротив, много больше толщины пластины. Может ли это быть дополнительной причиной, ограничивающей использование такой сэндвич-структуры для генерации терагерцовых импульсов? Желательно добавить соответствующий комментарий.

4. При обсуждении эффектов, связанных с генерацией второй гармоники, важна величина нелинейной восприимчивости третьего порядка. В этой связи было бы полезно представить выражение для тензора нелинейной восприимчивости (или той его компоненты, которая важна для рассмотрения) полученное в какой-либо физической модели, применимой, например, для описания кристаллов, используемых в диссертации. Если это не просто, то хотя бы указать физические механизмы, ответственные за отклик на поле в третьем порядке по напряженности.

5. При численных расчетах эволюции плотности плазмы в филаменте не учитывалась диффузия электронов, а также их теплопроводность, в уравнении для температуры электронов. По-видимому, для этого есть основания. Однако оценки, позволяющие видеть возможность не учитывать эти процессы, были бы вполне уместными, особенно если температура филамента становится большой.

Замечания из отзыва официального оппонента Цыпкина А.Н.

1. На рисунке 2.6д имеется особенность у спектра в виде провала. Она очень напоминает спектр суперконтинуума в оптическом диапазоне, который сгенерировался за счет фазовой самомодуляции. Не вызвано ли появление провала фазовой (частотной) модуляцией и в этом случае? Тем более, что на рисунках 2.6 а,в импульсы chirпированные.

2. На рисунке 2.15 и по тексту сказано, что 200 фс является оптимумом по эффективности преобразования в ТГц диапазон. Говорится о компромиссе между интенсивностью и дисперсионной длиной. Но когда мы говорим о наклонном фронте, то учет интенсивности в данном случае как будет учитываться? Также интересен момент, связанный с тем, что при увеличении длительности будет изменяться ширина спектра. Как это будет учитываться и будет ли этот момент учитываться вообще при генерации ТГц излучения?

3. В работе утверждается, что эффективность преобразования оптического излучения в терагерцовое для пластины ниобата лития соизмерима со стандартной схемой. Если посмотреть на рисунок 2.29в, можно увидеть, что значение одинаковой эффективности достигается на разных энергиях. С чем это может быть связано?

4. Если посмотреть на рисунок 3.21а, то можно увидеть, что эффективность конверсии для 1 ТГц максимальная. А в тексте написано, что после 10 мкДж эффективность конверсии на 3,3 и 4 ТГц растёт быстрее, чем при 1 ТГц. Это в рисунке цвета напутаны или в тексте опечатка?

5. Чем обуславливается присутствие нулевых частот на рисунках 2.27, 3.9?

Замечания в текстовом оформлении:

1. В тексте имеются опечатки, но их не так много. Например, «Тем менее, для...». Некоторые значения не указаны в подписи к рисункам, что слегка затрудняет понимание результатов.

2. В научных положениях используется некорректная терминология. Например, «... кубичной нелинейности...», наверно кубической.

Замечания из отзыва на автореферат Вакса В.Л.

1) Большая часть результатов диссертации получена на кристаллах LiNbO₃, отдельные результаты проверены на кристалле DKDP, или получены для ZnTe и GaP, GaAs. Из автореферата остается неясным, насколько общими являются полученные результаты, насколько они распространяются на другие используемые для генерации ТГц излучения кристаллы.

2) Есть ряд опечаток и фрагментов невычитанного текста. Например, "оптико- терагерцовые преобразовали" (вместо "оптико-терагерцовые преобразователи", стр. 6, 11-я строка сверху); "Важным преимуществом ...заключается в..." (с.9, 4-5-я строки сверху); "Люминесценцию, индуцированным полем интенсивного терагерцового излучения наблюдали..." (видимо, подразумевалось "Люминесценцию, индуцированную полем интенсивного терагерцового излучения, наблюдали..", с.11, 16-17-я строки сверху)); "амплитуда сохраняется, но расчет длина волнового пакета" (видимо, "амплитуда сохраняется, но растет длина волнового пакета", с.22, 3-я строка сверху); "... диагностики динамики электронной плотности в плазменной филаменте, создаваемой в газе..." (с.35, 17-18-я строки снизу) и др.

Замечания из отзыва на автореферат Мурзиной Т.В.

1. В некоторых разделах автореферата (например, в описании главы 2) отсутствует указание длины волны ТГц излучения, указаны только параметры лазерного излучения.

2. Пункт 7 раздела «Научная новизна работы» указывает на отсутствие генерации второй гармоники в объеме centrosymmetric среды при наложении ТГц и оптического полей – вероятно, в пределах точности измерений? Это не абсолютное ее отсутствие?

3. В небольшом количестве присутствуют опечатки в тексте, например, на рис. 14 указана цилиндрическая «лиза».

Замечание из отзыва на автореферат Потатуркина О.И.

На стр. 30 в п.4.1. идет обсуждение комбинированного воздействия терагерцовых и лазерных импульсов на centrosymmetric среду: «Если же наложение импульсов происходит в объеме среды, то поле ВГ [второй гармоники] формируется только в локальной области длиной LSH и не высвечивается в окружающее пространство (рис. 18б).» Данному эффекту не дается доступного объяснения, которое интересно было бы узнать. Из общих соображений, ожидалось бы возможным зарегистрировать выходящий сигнал ВГ, если достоверно известно, что он формируется в объеме материала.

Замечание из отзыва на автореферат Потёмкина Ф.В.

1. В автореферате подробно описаны схемы преобразователей и их эффективность, однако для более полного сравнительного анализа было бы полезно привести сводную таблицу с ключевыми параметрами (эффективность, энергия, поле, спектральный диапазон) предложенных и наиболее распространенных аналогов.

2. При описании метода диагностики плазмы посредством терагерцового рассеяния стоит более явно указать его принципиальные ограничения, связанные с необходимостью независимой информации о радиусе плазменного канала и частоте столкновений для точного определения абсолютной концентрации.

3. На Рис. 19 представлена экспериментальная зависимость сигнала второй гармоники от задержки, хорошо согласующаяся с квадратом поля терагерцового импульса. Для усиления доказательной базы теории локализации генерации на границах было бы полезно также привести сопоставление с результатами численного моделирования на основе выведенных в работе формул.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается значительным опытом выполнения ими научно-исследовательских работ по тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований установлено следующее:

Развита последовательная электродинамическая теория генерации терагерцового излучения при оптическом выпрямлении фемтосекундных лазерных импульсов в электрооптических кристаллах как в отсутствие, так и при наличии скоса фронта интенсивности у лазерных импульсов. Получены модифицированные формулы Френеля и модифицированный закон Снелля для ближнего терагерцового поля, сопровождающего лазерный импульс.

Разработаны высокоэффективные оптико-терагерцовые преобразователи на основе черенковского синхронизма, в которых тонкий слой нелинейного кристалла играет роль волновода для лазерной накачки микроджоульного уровня энергии, а генерируемое терагерцовое черенковское излучение выводится из слоя через кремниевый согласующий элемент.

Предложена, теоретически описана и экспериментально апробирована схема генерации терагерцового излучения, основанная на оптическом выпрямлении скошенных лазерных импульсов миллиджоульного уровня энергии в слое электрооптического материала, помещенного между двумя согласующими призмами для ввода оптической накачки и вывода генерируемого излучения.

Разработана теория генерации второй оптической гармоники при нелинейном взаимодействии фемтосекундного оптического и пикосекундного терагерцового импульсов в среде с кубичной нелинейностью. На этой основе предложен метод диагностики неоднородностей (границ раздела) в прозрачных материалах путем регистрации второй оптической гармоники, генерируемой на неоднородностях в присутствии терагерцового поля.

Предложен и экспериментально апробирован метод визуализации пучка терагерцового излучения с высокой (более 100 кВ/см) напряженностью поля по наведенной этим излучением оптической люминесценции в графене.

Предложен и экспериментально реализован метод диагностики электронной концентрации в лазерно-плазменной воздушной филаменте, основанный на измерении энергии рассеянного на

филаменте зондирующего импульсного терагерцового излучения.

Теоретическая значимость исследования обусловлена тем, что разработано аналитическое описание генерации терагерцового излучения при оптическом выпрямлении ультракоротких лазерных импульсов, в том числе со скошенным фронтом интенсивности, в кристаллах с квадратичной нелинейностью, развит формализм модифицированных формул Френеля и обобщенного закона Снелля применительно к описанию трансформации на границе кристалла ближнего (сопровождающего лазерный импульс накачки) терагерцового поля, разработана теория генерации второй оптической гармоники при нелинейном взаимодействии оптического и терагерцового импульсов в среде с кубичной нелинейностью.

Значение полученных соискателем результатов для практики определяется возможностью их использования для создания терагерцовых источников с высокой пиковой и средней мощностью, разработки нового класса терагерцовых детекторов, развития новых методов дефектоскопии материалов и диагностики плазменных образований.

Оценка достоверности полученных результатов исследования выявила, что изложенные в диссертационной работе результаты обеспечены применением апробированных экспериментальных, теоретических и численных методов, применением калиброванных измерителей мощности оптического и терагерцового излучения, согласованностью результатов диссертационной работы в частных случаях с имеющимися теоретическими и экспериментальными данными других научных групп, а также апробацией результатов на международных и всероссийских конференциях и публикациями в высокорейтинговых рецензируемых журналах.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке задач, проведении экспериментов, аналитических исследований и численных расчетов, обработке экспериментальных данных и анализе полученных результатов, подготовке публикаций в научные журналы. Определяющим является вклад соискателя в разработку и экспериментальную апробацию новых схем оптико-терагерцового преобразования, разработку теории генерации второй оптической гармоники в присутствии терагерцового поля в среде с кубичной нелинейностью, разработку методов диагностики оптически малоконтрастных границ раздела сред и визуализации терагерцового пучка по эффекту оптической люминесценции в графене.

В ходе защиты диссертации членами диссертационного совета критических замечаний высказано не было. Были заданы вопросы о скорости движения оптического импульса при сверхсветовом режиме генерации терагерцового излучения в электрооптических кристаллах, о параметрах терагерцового излучения и плазменного канала в задаче диагностики электронной плотности в лазерно-плазменной филаменте, о наиболее эффективных методах генерации терагерцового излучения фемтосекундными лазерными импульсами, о когерентности оптического и терагерцового импульсов, о коэффициентах многофотонного поглощения в электрооптических

кристаллах, об энергетике трансформации ближнего терагерцового поля лазерного импульса при выходе из электрооптического кристалла, о влиянии ориентации нелинейной поляризации на генерацию терагерцового излучения, о причинах, определяющих тепловой характер спектра люминесценции графена в поле интенсивного терагерцового импульса, о понятии ближнего терагерцового поля при оптическом выпрямлении лазерных импульсов в нелинейных кристаллах.

Соискатель Бодров С.Б. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию: дано пояснение о соотношении между групповой оптической и фазовой терагерцовой скоростями в сверхсветовом режиме генерации терагерцового излучения, указан диапазон параметров зондирующего терагерцового излучения (частота, длина волны) и плазменного канала (плазменная частота, диаметр канала) в задаче диагностики лазерно-индуцированного плазменного филамента в воздухе, приведены наиболее эффективные методы генерации терагерцового излучения, дана трактовка понятия когерентности оптического и терагерцового импульсов, дано пояснение о способе получения значений коэффициентов многофотонного поглощения электрооптических кристаллов, указана причина несохранения энергии импульса ближнего поля при его выходе через границу электрооптического кристалла, приведены примеры генерации терагерцового излучения при разных ориентациях нелинейной поляризации, указаны причины теплового характера спектра люминесценции графена в поле интенсивного терагерцового импульса, объяснен термин «ближнее терагерцовое поле».

На заседании 04.02.2026 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной проблемы, имеющей важное значение для развития лазерной физики, присудить Бодрову С.Б. ученую степень доктора физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени — 19, против присуждения ученой степени — 0, недействительных бюллетеней — 0.

Председатель
диссертационного совета



Гурбатов Сергей Николаевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Клюев Алексей Викторович

04.02.2026