

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.228.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ФИЦ КНЦ СО РАН, КНЦ СО РАН), ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 10.10.2025 г. № 7
о присуждении Шамшуруну Алексею Валерьевичу,
гражданину Российской Федерации,
ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Усиление света в молекулах селективно по состояниям ориентированных внешним полем» по специальности 1.3.6. Оптика принята к защите 20.06.2025 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом 24.1.228.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН), 660036, Красноярск, Академгородок, д. 50, приказ Минобрнауки № 1514/НК от 25.11.2016 г.

Соискатель Шамшурин Алексей Валерьевич, «10» апреля 1982 года рождения, в 2005 году окончил магистратуру Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Красноярского государственного технического университета по направлению «Техническая физика».

Соискатель обучается в аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» (ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет») по научной специальности 1.3.6. Оптика.

Работает младшим научным сотрудником лаборатории нанотехнологий, спектроскопии и квантовой химии базовой кафедры фотоники и лазерных техно-

логий Института инженерной физики и радиоэлектроники ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

Диссертация выполнена на базовой кафедре фотоники и лазерных технологий Института инженерной физики и радиоэлектроники ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор, Слабко Виталий Васильевич, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», профессор базовой кафедры фотоники и лазерных технологий Института инженерной физики радиоэлектроники.

Официальные оппоненты:

Зилов Сергей Анатольевич, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук, заведующий лабораторией фотофизики конденсированных сред Иркутского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук;

Пичугин Константин Николаевич, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», старший научный сотрудник лаборатории теории нелинейных процессов Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» (СибГУ им. М.Ф. Решетнева), г. Красноярск, в своём положительном отзыве, подписанном Аплесниным Сергеем Степановичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой физики Института космической техники, утвержденном ректором Акбулатовым Эдхамом Шукриевичем, указала, что полученные в работе результаты соответствуют поставленным целям, соответствие темы диссертации и специальности 1.3.6. Оптика не вызывает сомнений. Авторе-

ферат диссертации оформлен согласно требованиям нормативно-методических документов, правильно отражает содержание диссертации и полностью ему соответствует. Работа Шамшурина А.В. вносит важный вклад в развитие современных представлений о процессах взаимодействия света с веществом и открывает новые горизонты для дальнейших исследований и разработок в области квантовой оптики и лазерных технологий. Диссертация удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК РФ, предъявляемых к кандидатским диссертациям по специальности 1.3.6. Оптика в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней» в действующей редакции.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 14 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ. Наиболее значимые работы: 1) Кузоватов, И.А. Влияние времени установления ориентационного равновесия на эффект безынерсного усиления селективно по состояниям ориентированными молекулами / И.А. Кузоватов, В.В. Лацинский, В.В. Слабко, А.В. Шамшурин // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Математика и физика. – 2011. – Т. 4, № 2. – С. 240–248. 2) Слабко, В.В. О возможности безынерсного усиления света дихроичными молекулами во внешнем ориентирующем поле / В.В. Слабко, И.А. Кузоватов, А.В. Шамшурин // Журнал технической физики. – 2012. – Т. 82, № 2. – С. 57–62. 3) Кузоватов, И.А. Численное моделирование процесса ориентации двухуровневых молекул во внешнем поле при помощи метода экспоненциальной подгонки / И.А. Кузоватов, А.В. Шамшурин // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2012. – Т. 15, № 3 (51). – С. 45–57. 4) Kuzovатов, I.A. Amplification of light by molecules with selectively oriented states in the pulsed electric field / I.A. Kuzovатов, V.V. Slabko, A.V. Shamshurin // Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics. – 2016. – Т. 9, № 3. – С. 332–337. 5) Шамшурин, А.В. О безынерсном усилении света молекулами, селективно по состояниям ориентированными в поле лазерного излучения / А.В. Шамшурин И.А. Кузоватов, А.С. Ципотан, В.В. Слабко // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48, № 11. – С. 1076–1082.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные):

Ведущая организация СибГУ им. М.Ф. Решетнева. Отзыв положительный.

Замечания: 1) В данной работе рассмотрены процессы в осесимметричных моле-

кулах, нельзя ли этот подход распространить на более структурно сложные молекулы? 2) В обзоре указаны в основном работы до 2000 года, из 65 ссылок можно найти 5–7 статей до 2021 года. С чем это связано? 3) Кроме этого, в работе встречаются некоторые небрежности в оформлении и грамматические особенности, например: – на стр. 30, 2-й абзац, 1-я строка: «создать условия усиления света», возможно автор имел в виду «создать условия для усиления света»; – на стр. 34, 2-й абзац, 1-я строка: возможно, опечатка «между основным и возбужденным состояний», возможно, автор имел в виду «состояниями»; – на стр. 40, 1-й абзац, 1-я строка: предложение «Действительно, при возбуждении молекулы из основного состояния (I), находящегося в ориентационном равновесии с окружением и характеризующимися параметрами» стоило правильно написать так: «Действительно, при возбуждении молекулы из основного состояния (I), находящейся в ориентационном равновесии с окружением и характеризующейся параметрами».

Д.ф.-м.н., доцент, Зилов Сергей Анатольевич – официальный оппонент. Отзыв положительный. Замечания: 1) В тексте диссертации и автореферата не объясняется, почему выбрано именно такое соотношение параметров ориентации молекул в основном и возбужденном состояниях, и соотношение населенностей уровней. 2) В диссертации и автореферате имеются опечатки и стилистические неточности, так например: – на стр. 7 5-я строка «а также ориентацию в поле»; – на стр. 17 3-й абзац, 1-е предложение, второй раз повтор термина «системами» в предложении лишний; – стр. 36 2-й абзац, 5-я строка, возможно имелось в виду «с усиливаемым полем»; – на стр. 106 в пункте 4.4.3 «в Гауссовом виде» пропущена буква, однако в автореферате написано правильно; – в формулах 2.16, 3.1 в одном из аргументов пропущен индекс «0».

К.ф.-м.н., Пичугин Константин Николаевич – официальный оппонент. Отзыв положительный. Замечания: 1) После введения во второй главе зависящих от времени функций распределения $f_{1,2}(t, \theta_0)$, необходимо уточнить, что формулы для коэффициента усиления 2.9, 2.10 меняются, так как концентрации $n_{1,2}$ уже учтены в $f_{1,2}(t, \theta_0)$. Такого уточнения, однако, не было сделано. 2) В секции 3.3 обсуждаются особенности ориентации неполярных молекул, однако не представле-

ны графики функций распределения вероятностей $f_{1,2}(t, \theta_0)$. Было бы проще понять причину полученной зависимости коэффициента усиления (рис. 3.5, 3.7), если бы были приведены графики, подобные рисункам 3.1, 3.2 в секции 3.2, где рассматриваются полярные молекулы. 3) В главе 4, секции 4.3.1, 4.3.2 автор пытается оценить время ориентации молекул в ориентирующем поле $\tau_e^{(1,2)}$, для чего вводит функцию $F_{1,2}^{on}(t)$ (формула 4.3), которую потом использует для вычисления безразмерного коэффициента усиления α' на стр. 91. Однако, если сравнить эту формулу с определениями 2.3, 2.9, 2.10, то правильным выражением будет

$$F_{1,2}^{on}(t) = 2\pi \int f_{1,2}(t, \theta_0) \cos^2(\theta_0) \sin(\theta_0) d\theta_0 \quad \text{для} \quad \vec{E}_0 \parallel \vec{E} \quad \text{и}$$

$$F_{1,2}^{on}(t) = 2\pi \int f_{1,2}(t, \theta_0) \sin^3(\theta_0) d\theta_0 \quad \text{для} \quad \vec{E}_0 \perp \vec{E}.$$

Если выражение 4.3 не опечатка, то, возможно, в этом причина довольно сильного расхождения расчетной и аппроксимирующей кривой на рисунках 4.4 и 4.5. 4) При рассмотрении переходных процессов удивляет отсутствие анализа влияния эффекта Штарка, который при рассматриваемых предпробойных полях может повлиять на динамику коэффициента усиления. 5) В диссертации и автореферате имеются опечатки и неточности, например: – в формулах 2.16, 3.1 в одном из аргументов пропущен индекс «0»; – в формуле 2.19 написано E_0 вместо θ_0 ; – в формуле 2.29 написано h вместо τ ; в главе 2 до страницы 60 используется параметры a и b , которые потом внезапно заменяются на η_1, η_2 . Также автор использует похожие обозначения для разных величин, например: $U_{1,2}$ на рисунке 2.1 и $U_{1,2}(\theta_0, E_0)$, различные $F(\omega)$, F_{ij} , $F_{1,2}^{on}(t)$. Часто автор опускает важные аргументы в определениях функций. Например в формулах 2.16, 2.17, 3.1 $U_{1,2}(t)$ лучше писать как $U_{1,2}(t, \theta_0)$, иначе можно подумать, что операция дифференцирования тривиальна. При представлении конкретных значений параметров $\tau_e, \tau_{imp}, \tau_L$ в главе 4 пропущен множитель τ_0 . Например, конец страницы 91 ($\tau_e^{(1)} = 1/2 \dots$), середина стр. 101 ($\tau_{imp}^{(1)} = 0.1 \dots$), середина стр. 107 ($\tau_L^{(1)} = 0.6 \dots$). Всё это затрудняет чтение диссертации, хотя и не является критически важным для оценки работы.

К.ф.-м.н., Кузнецов Андрей Викторович, старший научный сотрудник Иркутского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук. Отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Замечаний нет.

Д.ф.-м.н., профессор, Лосев Валерий Федорович, главный научный сотрудник лаборатории газовых лазеров Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук. Отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием направлений научных исследований, выполняемых оппонентами и реализуемых в ведущей организации, тематике представленной диссертационной работы, наличием публикаций и высоких достижений в соответствующей области исследований.

Диссертационный совет отмечает, что в выполненном соискателем исследовании:

На основе системы нестационарных кинетических уравнений развита математическая модель, описывающая ориентацию двухуровневых дихроичных молекул под воздействием стационарного и импульсного ориентирующего поля с учетом вероятностей переходов между рабочими уровнями, времени установления ориентационного равновесия, населенностей уровней, и предложен алгоритм численного решения данной системы на основе метода экспоненциальной подгонки.

Выполнены исследования влияния соотношения между временем жизни возбужденного состояния и временем установления ориентационного равновесия на возможность усиления света, и показано, что если энергия взаимодействия молекулы с ориентирующим полем в основном состоянии больше, чем в возбужденном, увеличение величины ориентирующего поля приводит к существованию усиления, даже если время установления ориентационного равновесия сопоставимо с временем жизни возбужденного состояния.

Определено, что при включении ориентирующего поля на его переднем фронте возникает всплеск коэффициента усиления, обусловленный переходными процессами, и приводящий к его кратному увеличению по сравнению с квазиста-

ционарным случаем. Для описания этого эффекта введены понятия времени ориентации и скорости ориентации молекулы в поле, содержащие кинетические параметры молекулы, взаимодействующей с буферной средой, а также энергию взаимодействия с ориентирующим полем. Установлено, что величина этого всплеска растет с увеличением ориентирующего поля и разностью между энергией взаимодействия молекулы с ориентирующим полем в основном и возбужденном состояниях, тогда как его длительность при этом уменьшается.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что применительно к проблематике диссертации результативно использован оригинальный алгоритм численного решения системы нестационарных кинетических уравнений на основе метода экспоненциальной подгонки. Показано, что жесткое требование малости соотношения времени ориентационного равновесия к времени жизни возбужденного состояния, введенное в ранних работах, может быть ослаблено при условии подавления поглощения за счет преимущественной ориентации молекул в основном состоянии. Определено, что наличие всплеска коэффициента усиления при включении ориентирующего поля обусловлено переходными процессами ориентации молекул и связано с разностью скоростей ориентации в поле молекул в основном и возбужденном состояниях.

Значение полученных соискателем результатов для практики заключается в том, что они могут быть использованы при разработке лазеров ультрафиолетового и вакуумного ультрафиолетового диапазонов, однонаправленных оптических усилителей, усовершенствованных квантовых фотонных приборов. Предложенный численный алгоритм моделирования нестационарных диффузионно-конвективных уравнений «с источником слагаемым» позволяет решать широкий спектр задач в ряде других приложений науки и техники.

Достоверность полученных теоретических результатов обоснована апробированными и протестированными численными методиками. В предельных случаях численное решение совпадает с аналитическим. Доказана консервативность и устойчивость разностной схемы, показаны условия сведения нестационарной задачи к стационарной.

Личный вклад автора состоит в проведении расчётов, обработке, анализе и интерпретации полученных данных, участии в подготовке публикаций, представлении результатов на конференциях.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель ответил на заданные в ходе заседания вопросы и аргументированно ответил на замечания.

На заседании 10.10.2025 г. диссертационный совет сделал вывод о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержит решение научной задачи, имеющей значение для развития оптики и лазерной физики, соответствует критериям, установленным Положением ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней, и принял решение присудить Шамшурину А.В. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 8 докторов наук по специальности 1.3.6. Оптика, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 20, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета 24.1.228.02

д.ф.-м.н., академик РАН

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.1.228.02

д.ф.-м.н., с.н.с.

10 октября 2025 года



Шабанов Василий

Филиппович

Втюрин Александр

Николаевич