

УТВЕРЖДАЮ
Проректор МГУ имени М.В.Ломоносова
профессор



А.А.Федягин

2016г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Коромыслова Алексея Леонидовича «Двухволновая генерация при синхронизации поперечных мод в твердотельных лазерах с продольной диодной накачкой и получение когерентного терагерцового излучения», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Диссертационная работа А.Л.Коромыслова посвящена изучению особенностей функционирования твердотельных лазеров с продольной диодной накачкой на основе Nd – содержащих активных сред в области критических (вырожденных) конфигураций резонатора лазера, в которых проявляет себя эффект синхронизации поперечных мод. Обнаруженные автором особенности поведения порога генерации Nd:YLF лазера вблизи сильно проявляющих себя вырожденных конфигураций резонатора позволили автору получить одновременную двухволновую генерацию на длинах волн, характерных для данного лазера, - 1047 и 1053 нм в режиме модуляции добротности. За счёт генерации разностной частоты этих двух волн в нелинейном кристалле GaSe было получено излучение в терагерцовом диапазоне на частоте 1,64 ТГц. Далее, используя в лазере эффективную активную среду на кристалле Nd:YVO₄, с помощью которой может быть получено ВКР-самопреобразование, автору удалось реализовать эффект синхронизации поперечных мод в вырожденной конфигурации резонатора как на основной длине волны 1064 нм, так и на стоксовой длине волны 1175 нм.

Твердотельные лазеры с диодной накачкой находят широкое применение как в научных исследованиях, так и для решения прикладных задач. Эти лазеры отличает высокая эффективность, малые габариты блоков накачки. Продольная диодная накачка позволяет подбором размеров накачки выделить нулевую Гауссову моду одновременно увеличив несколько эффективность генерации.

При исследовании особенностей функционирования Nd:YLF лазера с продольной диодной накачкой и пассивной модуляцией добротности в различных конфигурациях резонатора А.Л.Коромыслов использует метод, дающий, как это было продемонстрировано несколько ранее, весьма точную информацию о режимах синхронизации поперечных мод.

Метод заключается в регистрации зависимости порога генерации от длины (конфигурации) резонатора. Автор дополняет эти измерения регистрацией зависимостей длительности импульсов и периода их следования от длины резонатора. Им было показано, что в наиболее ярко проявляющих себя конфигурациях, в частности в полуконфокальной, порог генерации уменьшается, а длительность импульсов увеличивается, в обоих случаях заметным образом (в 1,5-2 раза). В этих экспериментах, как, впрочем, и в других, выполненных в диссертационной работе, радиус накачки в 2-3 раза был меньше радиуса нулевой Гауссовой моды – условие необходимое для синхронизации поперечных мод резонатора в вырожденных конфигурациях. Если при некоторых длинах резонатора, т.е. при некоторых конфигурациях наблюдается сильный спад порога (в 2-3 раза), то при небольшой отстройке от этой длины для некоторых Nd-содержащих активных сред наблюдается заметный рост порога. Причём для большинства активных сред этот рост наблюдается при отстройке в сторону меньших длин резонатора. Только в случае активной среды на основе кристалла Nd:YLF наблюдалось повышение порога генерации при отстройке в сторону больших длин резонатора. Сопоставление ряда экспериментальных фактов приводит автора диссертационной работы к выводу о том, что повышение порога генерации вблизи вырожденных конфигураций связано с проявлением тепловой линзы, возникающей в активной среде под действием накачки. Причём для большинства активных сред тепловая линза положительная и для них подъём порога генерации наблюдается со стороны меньших длин резонатора рядом с провалом порога в вырожденной конфигурации резонатора. Для единственной доступной активной среды с отрицательной тепловой линзой, а именно для кристалла Nd:YLF, подъём наблюдается со стороны больших длин резонатора также рядом с провалом порога в вырожденной конфигурации.

Рост порога генерации лазера на кристалле Nd:YLF при некоторой отстройке от одной из ярко проявляющих себя конфигураций, а именно от полуконфокальной конфигурации, в условиях проявления тепловой линзы позволило автору диссертационной работы получить двухвольновую генерацию на длинах волн 1047 и 1053 нм в лазере с пассивной модуляцией добротности. Ранее этот результат был получен в лазере на кристалле Nd:YLF с акусто-оптической модуляцией добротности.. В нормальных условиях порог генерации на длине волны 1047 нм ниже порога генерации на 1053 нм, однако, более сильная тепловая линза в случае 1047 нм приводит к тому, что при достаточной тепловой нагрузке на активный кристалл (при достаточной мощности накачки) порог генерации на длине волны 1047 нм возрастает настолько, что в определённом диапазоне длин резонатора он несколько превышает порог генерации на длине волны 1053 нм.

Использованный А.Л.Коромысловым способ получения двухволновой генерации является уникальным. В других работах по получению двухволновой генерации используются либо частотно-селектирующие, либо поляризационно-селектирующие элементы. Следует отметить значительное число работ на эту тему: двухволновые твердотельные, компактные, эффективные лазеры с диодной накачкой необходимы для проведения лидарных исследований, для генерации разностной частоты методами нелинейной оптики, в частности, в диапазоне терагерцовых волн. При этом, однако, генерируется излучение с фиксированной частотой, но с высокой спектральной яркостью и, к тому же, когерентное.

Логичным продолжением работы докторанта по получению двухволновой генерации в Nd:YLF лазере стало применение этого лазера для получения терагерцового излучения в нелинейном кристалле GaSe на частоте 1.64 ТГц. Длительность терагерцовых импульсов была измерена с помощью болометра с быстродействием 1 нс и составила 10 нс, т.е. терагерцовые импульсы несколько короче импульсов накачки (на обеих длинах волн накачки длительность импульсов составила 12 нс). Получены данные о поляризации терагерцового излучения и измерена кривая синхронизма кристалла GaSe.

Впервые автором получена одновременная синхронизация поперечных мод в полуконфокальной конфигурации резонатора лазера на кристалле Nd:YVO₄ как на длине волны 1064 нм, так и на стоксовой длине волны 1175 нм. Доказательством синхронизации поперечных мод является падение порога генерации в полуконфокальной конфигурации как на основной, так и на стоксовой длинах волн. Причём оба порога практически равны друг другу в самой полуконфокальной конфигурации, т.е. при длине резонатора 80 мм, так и при длинах резонатора вплоть до 90 мм.

Результаты докторской работы прошли апробацию на международных и всероссийских конференциях и опубликованы в 13 работах, 3 из которых опубликованы в рецензируемых научных журналах индексируемых в базе данных Web of Science.

Результаты докторской работы А.Л.Коромыслова вносят заметный вклад в физику генерационных процессов в твердотельных лазерах с продольной неоднородной диодной накачкой в областях критических (вырожденных) конфигураций резонатора лазера. Особенности пространственного распределения внутрирезонаторного излучения в критических конфигурациях, а также особенности поведения порогов генерации в этих конфигурациях, в частности в зависимости от наводимой в активной среде тепловой линзы, позволяют расширить область практического использования этих лазеров для получения двухволновой генерации без использования вспомогательных оптических элементов, для генерации терагерцового излучения при преобразовании двухволнового излучения в

нелинейно-оптических преобразователях, для снижения порога генерации вынужденного комбинационного рассеяния.

Личный вклад автора заключался прежде всего в работе по проектированию, сборке и наладке твердотельных лазеров на основе различных активных сред, в исследовании различных режимов генерации лазеров, в частности, двухвольнового режима генерации Nd:YLF лазера при акусто-оптической и пассивной модуляциях добротности, в измерении зависимости порогов генерации от длины резонатора, т.е. в различных критических конфигурациях и вблизи их, в исследовании ВКР самопреобразования на активной среде Nd:YVO₄ с пассивным затвором в критических конфигурациях.

.Полученные в диссертационной работе результаты могут быть применены в организациях, разрабатывающих и применяющих твердотельные лазеры с продольной диодной накачкой, таких как ИОФ РАН, ГОИ им. С.И.Вавилова, МГУ имени М.В.Ломоносова.

Недостатки работы:

1. На стр.19 в Обзоре литературы автор, говоря о синхронизации поперечных мод, пишет: «Для этого необходимо с частотой равной разности соседних поперечных мод часто модулировать потери.» Во всех ссылках, на которые по этому поводу ссылается автор, речь строго говоря идёт только о самосинхронизации поперечных мод.

2.Следовало бы явным образом указать на причину более интенсивного подъёма порога генерации вблизи полуконфокальной конфигурации резонатора в Nd:YLF лазере на длине волны 1047 нм по сравнению с длиной волны 1053 нм, а именно на тот факт, что оптическая сила тепловой линзы на длине волны 1047 нм примерно в три раза сильнее оптической силы тепловой линзы на длине волны 1053 нм.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», утверждённом Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. Её автор, Коромыслов Алексей Леонидович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.21 – лазерная физика.

Зам. директора Международного
лазерного центра МГУ имен и М.В.Ломоносова,
кандидат физико-математических наук,
доцент

Морозов Вячеслав Борисович

119991 Москва, ГСП-1, Ленинские горы,

д.1, стр. 62, Международный лазерный

центр МГУ

тел. 8-985-9215110

e-mail: morozov@phys.msu.ru

Доклад А.Л.Коромыслова заслушан и обсужден 2 декабря 2016г. на заседании кафедры
Общей физики и волновых процессов Физического факультета МГУ и Международного
лазерного центра МГУ. Текст отзыва был утвержден единогласно, протокол № 30/2016.

И.о. заведующего кафедрой Общей физики и
волновых процессов Физического факультета МГУ
доцент



Шлёнов Святослав Александрович

Список основных работ ведущей организации, МГУ имени М.В.Ломоносова, по теме защищаемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Transformation of terahertz spectra emitted from dual-frequency femtosecond pulse interaction in gases Borodin A.V., Panov N.A., Kosareva O.G., Andreeva V.A., Esaulkov M.N., Makarov V.A., Shkurinov A.P., Chin S.L., Zhang X.C. Optics Letters, 2013, T. 38, № 11, c. 1906-1908.
2. Modeling of nonlinear optical activity in propagation of ultrashort elliptically polarized laser pulses Gryaznov G.A., Makarov V.A., Perezhogin I.A., Potravkin N.N. Physical Review E, 2014, T. 89, № 1, c. 013306.
3. Directionality of terahertz radiation emitted from an array of femtosecond filaments in gases Panov N.A., Andreeva V.A., Kosareva O.G., Shkurinov A.P., Makarov V.A., Berge L., Chin S.L. Laser Physics Letters, 2014, T. 11, c. 125401-125406.
4. Simultaneous generation of nonlinear optical harmonics and terahertz radiation in air: polarization discrimination of various nonlinear contributions Esaulkov Mikhail, Kosareva Olga, Makarov Vladimir, Panov Nikolay, Shkurinov Alexander Frontiers of Optoelectronics in China, 2015, T. 8, № 1, c. 73-80.
5. Polarization singularities in a sum-frequency light beam generated by a bichromatic singular beam in the bulk of an isotropic nonlinear chiral medium Grigoriev K.S., Makarov V.A., Perezhogin I.A. Physical Review A, 2015, T. 92, c. 023814.
6. Nonlinear reflection of a nanosecond laser pulse from thin aluminum film in the temperature range 2–14 kK Karabutov A.A., Kaptilniy A.G., Ksenofontov D.M., Makarov VA, Cherepetskaya E.B., Podymova N.B. Laser Physics Letters, 2015, T. 12, № 11, c. 115403(1)-115403(4).
7. Few-cycle solitary wave formation from elliptically polarized ultrashort laser pulse in a medium with frequency dispersion Makarov V.A., Perezhogin I.A., Potravkin N.N. Optics Communications, 2015, T. 339, c. 228-235.
8. Emission of terahertz pulses from vanadium dioxide films undergoing metal-insulator phase transition Esaulkov M., Solyankin P., Sidorov A., Parshina L., Makarevich A., Jin Q., Luo Q., Novodvorsky O., Kaul A., Cherepetskaya E., Shkurinov A., Makarov V., Zhang, Optica, 2015, T. 2, № 9, c. 790-796.
9. Ultrabroad Terahertz Spectrum Generation from an Air-Based Filament Plasma Andreeva V.A., Kosareva O.G., Panov N.A., Shipilo D.E., Solyankin P.M., Esaulkov M.N., González de Alaiza Martínez P., Shkurinov A.P., Makarov V.A., Bergé L., Chin S.L. Physical Review Letters, 2016, T. 116, № 6, c. 063902.
10. Formation of the lines of circular polarization in a second harmonic beam generated from the surface of an isotropic medium with nonlocal nonlinear response in the case of normal incidence Grigoriev K.S., Makarov V.A., Perezhogin I.A. Journal of optics, 2016 T. 18, c. 014004.