

ОТЗЫВ

официального оппонента Галагана Бориса Ивановича на диссертацию
Бурдуковой Ольги Александровны «Лазеры на красителях видимого
спектрального диапазона с полупроводниковой накачкой»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.04.05 – Оптика

Представленная диссертация посвящена экспериментальным исследованиям генерационных возможностей красителей, как ранее известных и так новых, в различных схемах и режимах работы лазеров с диодной накачкой.

Актуальность и практическая значимость проведенных исследований обусловлена тем, что в настоящее время желто-зеленая область недоступна для спектрально широко перестраиваемых лазеров, базирующихся на лазерных материалах, активированных ионами переходных металлов или редкоземельными ионами. Если из рассмотрения исключить перестраиваемые параметрические генераторы света, которые имеют довольно сложную архитектуру, высокие требования к качеству и интенсивности излучения задающего генератора, и соответственно высокую стоимость, то красители, фактически, являются единственной возможной активной средой для спектрально перестраиваемых лазеров в этом спектральном диапазоне.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и одного приложения. Полный объем диссертации составляет 122 страницы, включая 50 рисунков, 13 таблиц и одно приложение. Список литературы содержит 138 наименований.

Во **Введении** сформулированы актуальность исследований, цели работы и решенные задачи; обозначена новизна и практическая значимость полученных результатов. Также во **Введении** приводятся основные

положения, выносимые на защиту, информация о личном вкладе диссертанта, списки докладов на конференциях и журнальных публикаций.

В **Главе 1** даётся литературный обзор работ по исследованию и применению различных типов лазеров видимого спектрально диапазона, обсуждаются спектроскопические и физические особенности разных лазерных материалов, рассматриваются возможности оптической накачки этих материалов современными лазерными диодами.

Глава 2 посвящена исследованию генерационных характеристик растворов красителей при импульсной накачке 2-ой гармоникой Nd:YAG лазера. Приведены энергетические зависимости лазеров и перестроечные кривые для более чем 30 новых красителей. Часть из исследованных в первой главе веществ, обладающих наиболее низкими порогами генерации, была отобрана для экспериментов по их возбуждению лазерными диодами.

Глава 3 посвящена изучению генерационных характеристик более 10 отобранных красителей при поперечной накачке лазерными диодами с длиной волны 445 нм. Здесь особое внимание было уделено компенсации оптических аберраций в резонаторе лазера, в первую очередь астигматизма. Для этого были проведены соответствующие расчеты и создан макет перестраиваемого лазера в трех-зеркальной схеме резонатора. Выбранная схема позволила эффективно использовать излучение накачки трех многомодовых диодов, благодаря чему в данной работе впервые была продемонстрирована перестройка в широком спектральном диапазоне (более 200 нм) лазера на красителе с диодной накачкой.

Глава 4 посвящена исследованию лазерных характеристик красителей при квазипродольной накачке диодами с длиной волны 513 нм. В частности, для красителя пиррометен 567 на собранном макете лазера были достигнуты рекордные выходные параметры.

Глава 5 посвящена изучению генерационных свойств красителей, внедренных в полимерные матрицы при диодной накачке. В результате выявлены перспективные сочетания краситель плюс полимер,

обеспечивающие не только высокие выходные характеристики лазера, но и относительно высокую фотостойкость к излучению диодного лазера накачки.

Глава 6 посвящена получению режима синхронизации продольных мод в лазере на красителе родамин 6Ж при квазипродольном возбуждении импульсами зеленых лазерных диодов. Рассмотрены как пассивный метод синхронизации мод с использованием насыщающихся поглотителей, так и гибридный метод с частичной синхронной накачкой. При синхронной накачке красителя короткими импульсами полупроводниковых лазеров с частотой следования около 220 МГц и использовании насыщающегося поглотителя DODCI, экспериментально получен режим синхронизации мод и цуги из одиночных субнаносекундных импульсов.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

Оценивая диссертацию в целом, можно отметить большой объём экспериментальных данных. Методологически десятки красителей исследовались в нескольких фиксированных условиях и схемах лазеров. Это позволило объективно провести отбор наиболее перспективных материалов, и достичь рекордных результатов. Результаты работы представляют научную и практическую ценность для решения задач по созданию спектрально перестраиваемых лазеров видимого диапазона с диодной накачкой. Ценными являются данные по лазерным красителям, подходящим для полупроводниковой накачки, предложенные схемы резонаторов для возбуждения как синими, так и зелеными лазерными диодами. Результаты, полученные в диссертации, могут стать основой для создания недорогих, компактных и эффективных лазеров, позволяющих осуществлять перестройку длины волны в желто-зеленой области спектра (500–700 нм) и получать ультракороткие импульсы.

Научная новизна диссертации состоит в демонстрации широких спектральных диапазонов перестройки лазеров на красителях, возбуждаемых

лазерными диодами. Впервые были достигнуты высокие значения КПД генерации в таких лазерах и продемонстрирован режим синхронизации мод.

Достоверность и обоснованность полученных результатов не вызывает сомнений. Выводы диссертации и положения, выносимые на защиту, основаны на результатах экспериментальных исследований. Результаты, представленные в диссертации О.А. Бурдуковой, прошли широкую апробацию как на международных, так и на всероссийских конференциях и были опубликованы в 7 статьях в рецензируемых научных изданиях, индексируемых базами данных Web of Science и Scopus.

При чтении диссертации у меня возникли некоторые замечания к представлению и обсуждению результатов.

1. На мой взгляд, проводя сравнения свойств активных сред для спектрально перестраиваемых лазеров было бы уместно приводить (например, в представленных таблицах) не только значение произведения сечения вынужденного перехода на время жизни возбужденного состояния ($\sigma \cdot \tau$), но и ширину полосы люминесценции или диапазон перестройки лазеров. Так как сечение перехода обратно пропорционально радиационному времени и ширине полосы, то, соответственно, условный коэффициент качества активной среды должен включать дополнительный параметр.
2. На осциллограммах, приведенных на рисунках 3.16, 4.6 и 6.5, наблюдается значительная задержка между началом импульса накачки и началом импульса генерации в 40 нс и более. Временная задержка более чем на порядок превышает характерные времена жизни возбужденного состояния красителей, но никаких объяснений или комментариев в диссертации не дано.

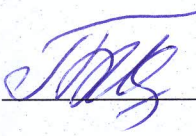
Перечисленные замечания, однако, не снижают общую высокую оценку диссертации.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

По объёму и научному уровню диссертационная работа соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утверждённым Правительством РФ (№ 842 от 24 сентября 2013 г.), и паспорту специальности 01.04.05, а её автор Бурдукова Ольга Александровна заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – Оптика.

Официальный оппонент:

Ведущий научный сотрудник лаборатории концентрированных лазерных материалов Отдела лазерных материалов и фотоники
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федеральный исследовательский центр
«Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук»
(ИОФ РАН)

кандидат физико-математических наук  Галаган Борис Иванович

« 20 » января 2021 г.

119991, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д. 38,

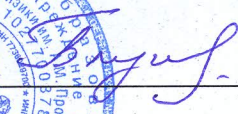
Телефон: +7(903)1051656

E-mail: galagan@ran.gpi.ru

Подпись Галагана Б.И. удостоверяю:

ВРИО ученого секретаря ИОФ РАН

д.ф.-м.н., доцент

 Глушков Владимир Витальевич

119991, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д. 38,

тел.: +7 (499) 503-87-05

e-mail: glushkov@lt.gpi.ru



Список основных научных публикаций ведущего научного сотрудника Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, кандидата физико-математических наук Галагана Бориса Ивановича по теме диссертации Бурдуковой Ольги Александровны «Лазеры на красителях видимого спектрального диапазона с полупроводниковой накачкой», представленной к защите на соискание ученой степени физико-математических наук по специальности 01.04.05 - «Оптика».

1. Denker, B.I., **Galagan, B.I.**, Kamynin, V.A., Ponosova, A.A., Sverchkov, S.E., Semjonov, S.L., and Tsvetkov, V.B. Femtosecond laser based on a multicomponent fiber with a 3 wt.% Er-doped phosphate core and silica cladding // *Laser Physics Letters* 16(8), 085103 (2019).
2. Anashkina, E.A., Andrianov, A., Dorofeev, V.V., Muravyev, S., Koptev, M.Y., Sorokin, A.A., Motorin, S.E., Koltashev, V.V., **Galagan, B.I.**, and Denker, B.I. Two-color pump schemes for Er-doped tellurite fiber lasers and amplifiers at 2.7–2.8 μm // *Laser Physics Letters* 16(2), 025107 (2019).
3. Denker, B.I., Dorofeev, V.V., **Galagan, B.I.**, Koltashev, V.V., Motorin, S.E., Plotnichenko, V.G., and Sverchkov, S.E. 2.3 μm laser action in Tm^{3+} -doped tellurite glass fiber // *Laser Physics Letters* 16(1), 015101 (2018).
4. Denker, B., Dorofeev, V., **Galagan, B.**, Korostelin, Y., Kozlovsky, V., Motorin, S., and Sverchkov, S. Short pulse formation in a 2.3 μm Tm-doped tellurite glass laser by an Fe^{2+} : ZnS saturable absorber // *Laser Physics Letters* 15(10), 105801 (2018).
5. Denker, B.I., Dorofeev, V.V., **Galagan, B.I.** et al. Rare-earth ions doped zinc-tellurite glass for 2 $\div$ 3 μm lasers // *Appl. Phys. B* 124, 235 (2018).
6. Denker, B.I., Egorova, O.N., **Galagan, B.I.**, Kamynin, V.A., Ponosova, A.A., Sverchkov, S.E., Semjonov, S.L., and Tsvetkov, V.B. Infrared broadband all-fiber light source based on high-concentration $\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$ composite double-clad fiber // *Laser Physics Letters* 14(7), 075101 (2017).