

ОТЗЫВ

**Официального оппонента на диссертацию
Купцова Глеба Владимировича**

**«Масштабируемый лазерный усилитель на основе кристаллов
Yb:YAG с системой криогенного охлаждения
замкнутого цикла циркуляции гелия»,**

**представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.19 — Лазерная физика**

Создание лазерных систем с одновременно высокой пиковой и средней мощностью актуально для прикладных и научных задач, таких как накачка параметрических усилителей и фемтосекундных титан-сапфировых лазеров, лазерное плазменное ускорение заряженных частиц, создание компактных источников мощного рентгеновского излучения. Появление мощных полупроводниковых лазеров накачки открыло новое направление в разработке таких систем с использованием активных элементов, допированных ионами Yb^{3+} , в особенности кристаллов Yb:YAG. При увеличении средней мощности, высокая лучевая и тепловая нагрузка на активные элементы каскадов усиления потребовала создания эффективного теплоотвода и улучшения лазерных характеристик активной среды.

Одним из способов решения этой проблемы является охлаждение до криогенных температур. При охлаждении Yb:YAG до криогенных температур улучшаются как теплофизические, так и лазерные параметры. Для создания лазерного усилителя с криогенным охлаждением и высокой средней мощностью излучения накачки, необходимо моделировать тепловые и лазерные процессы в активных элементах усилителя, проводить диагностику тепловых контактов между элементами системы охлаждения, а также оптимизировать параметры излучения накачки каскада усиления. Аспекты этих проблем решены в диссертации Купцова Г.В.

Диссертационная работа Купцова Г.В. состоит из перечня сокращений, введения, трёх глав, заключения, списка публикаций по теме диссертации и библиографического списка, содержит 113 страниц, 54 рисунка, 2 таблицы и 100 источников в библиографическом списке.

Во ВВЕДЕНИИ приводятся актуальность и цели диссертационной работы, ее научная новизна и практическая ценность, описываются методы исследования и излагается краткое содержание диссертации, формулируются основные положения, выносимые на защиту.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ описана численная модель и представлены результаты численного моделирования температурных полей в многокомпонентной криогенной системе охлаждения и их сравнение с экспериментальными данными. Особое внимание уделяется необходимым для моделирования зависимостям лазерных и теплофизических параметров материалов от температуры. Сообщается о результатах разработки и создания охладителей с гибким тепловым мостом для системы криогенного охлаждения замкнутого цикла циркуляции гелия многопроходного лазерного усилителя и результаты их применения.

Во ВТОРОЙ ГЛАВЕ описывается новый оригинальный метод экспериментального измерения температурных полей в области накачки активных элементов лазерных

усилителей, допированных ионами Yb^{3+} - метод динамической лазерной термометрии. Проведён обзор существующих методов, изложены теоретические основы метода, проанализированы основные факторы, влияющие на точность метода. Показано, что для кристаллов Yb:YAG чувствительность метода максимальна в диапазоне 150-250 К. Приведены алгоритм измерения температуры и результаты экспериментальной проверки применимости метода. Для средней мощности накачки 110 Вт на один активный элемент экспериментально достижимая погрешность составила 0.6 К при максимальном значении температуры 192 К.

ТРЕТЬЯ ГЛАВА посвящена масштабируемому двухкаскадному криогенно-охлаждаемому мультидисковому лазерному усилителю субджоульного класса с мощной диодной накачкой и частотой повторения импульсов в диапазоне 100-1000 Гц. Приведены результаты экспериментов по усилению излучения с различными спектрами с частотами повторения импульсов 250-1000 Гц. Представлены результаты по масштабированию усилительного тракта многопроходного криогенно-охлаждаемого лазерного усилителя. Большое внимание уделяется стабильности мощности и стабильности пространственной направленности усиленного излучения. Экспериментально показана возможность создания масштабируемого по числу активных элементов лазерного усилителя с криогенным охлаждением замкнутого цикла и диодной накачкой с максимальной мощностью 200 Вт на активный элемент, основанного на активных зеркалах из Yb:YAG , работающего с частотой повторения импульсов до 1 кГц и обеспечивающего усиление импульсов с шириной спектра ~ 2.3 нм, соответствующей длительности импульса в одну пикосекунду.

Можно уверенно сказать, что диссертация Купцова Г.В. является законченным научным трудом, содержащим большое количество нового научного материала по актуальной теме исследования. Необходимо отметить высокую достоверность и обоснованность научных положений, а также качество экспериментальных и численных исследований, изложенных в диссертации.

Следует отметить большой объем проведенных исследований, которые нашли отражение в 9 статьях в ведущих физических журналах, входящих в перечень ВАК, и в рецензируемых журналах, индексируемых в международных базах данных, а также в публикациях в сборниках научных трудов. Результаты диссертационной работы докладывались на многих международных и российских конференциях и хорошо известны специалистам, работающим в этой области. Текст диссертации в целом оформлен аккуратно, изложение сопровождается большим количеством хорошо оформленных рисунков. Автореферат полно и правильно отражает содержание диссертации. Результаты работы могут быть использованы в ИЛФ СО РАН, ИСЭ СО РАН, ИПФ РАН и других организациях.

Тем не менее, диссертация Купцова Г.В. не лишена недостатков:

1. На страницах 32, 65, 84, 93 и ряда рисунков для непрерывного диодного источника питания накачки его мощность приводится как «пиковая мощность». На мой взгляд это жаргонное выражение, так как пиковая мощность – это параметр импульсной мощности. Корректнее было бы говорить просто о мощности, или о максимальной мощности.

2. На Рис.9 говорится о спектральной мощности, а в подписи - о спектральной плотности мощности.

3. На Рис. 39 приводится зависимость коэффициента усиления от мощности накачки, при этом в подписи приводится только первая часть и отсутствует вторая (от мощности накачки).

4. На Рис.45 приводится зависимость коэффициента усиления от пиковой мощности накачки, а в подписи от средней мощности накачки.

В целом же, изложенные замечания не являются принципиальными и ни в коей мере не меняют общей высокой оценки диссертационной работы Купцова Г.В. Тема диссертации является актуальной, а полученные выводы — оригинальными, достоверными и обоснованными.

Диссертационная работа полностью удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Купцов Глеб Владимирович, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 «Лазерная физика».

Главный научный сотрудник, профессор,
д.ф.-м.н. по специальности 01.04.05 - «Оптика»

Лосев Валерий Фёдорович

Подпись Лосева В.Ф. удостоверяю

Ученый секретарь ИСЭ СО РАН
к.т.н.



O.Jd/r

/ Крысина О. В. /

« 21 » сентября 2026 г.

Лосев Валерий Фёдорович

Россия, 634055, г. Томск, проспект Академический, 2/3

e-mail: vf.losev@hcei.ru

+7 (3822) 900-321 (доп. 2201)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭ СО РАН)

Отзыв составлен _21.09.2026

Я, Лосев Валерий Фёдорович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.1.070.02 и их дальнейшую обработку.

Лосев