

## О Т З Ы В

на автореферат диссертации Ватника Сергея Марковича на тему: «Высокоэффективные лазерные излучатели на основе кристаллов двойных калий-редкоземельных вольфрамов, активированных ионами тулия и гольмия», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.19 – Лазерная физика

В диссертации С.М. Ватника проведено подробное изучение основных спектроскопических и генерационных параметров анизотропных активных сред двухмикронного диапазона на основе кристаллов двойных калий-редкоземельных вольфрамов. Рассмотрен ряд фундаментальных аспектов взаимодействия ионов тулия и гольмия, определены кинетические константы энергообмена, сформулированы критерии оптимизации состава активных сред для квази-трехуровневой схемы генерации. На этой основе была разработана и успешно апробирована серия излучателей с диодной накачкой, показавших рекордные мощности генерации для этого класса кристаллов. Одним из достоинств диссертационной работы является последовательное сравнение различных типов активных элементов с улучшенными условиями теплоотвода для увеличения выходной мощности – слэбов, дисков, эпитаксиальных структур и композитных кристаллов. В связи с тем, что в настоящее время лазерные излучатели двухмикронного диапазона представляют значительный интерес для большого спектра приложений, включая малоинвазивную медицину, оптическую связь и локацию, тема диссертации С.М. Ватника несомненно является актуальной, а ее результаты имеют большое научно-прикладное значение.

Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения и списка литературы. Во введении обозначена актуальность работы, ее теоретическое и практическое значение, достоверность полученных результатов, их новизна, защищаемые положения и апробация работы. В первых двух главах представлены оптические, спектроскопические и кинетические характеристики калий-редкоземельных вольфрамов, приведены сечения усиления, определяющие спектральные диапазоны перестройки, а также предложена оригинальная методика измерения термооптических коэффициентов. В третьей главе рассмотрен механизм образования фотонной лавины в тулиевых кристаллах, предложена численная модель ее формирования, определены основные особенности эффекта, экспериментально обоснована возможность достижения инверсии населенностей на уровне 80%, что приводит к экстремально высоким коэффициентам усиления оптического излучения. В четвертой и пятой главах представлены результаты генерационных исследований активных элементов различной геометрии (слебы, диски, стержни), активированных тулием. Для эпитаксиаль-

ных структур и композитов получена эффективность генерации свыше 50%, самая большая мощность генерации свыше 15 Вт была реализована для слэбов. Оба результата являются приоритетными и находятся на уровне лучших достижений для этого класса кристаллов. В шестой главе рассмотрена термооптика эпитаксиальных структур  $\text{Ho:KYW/KYW}$  и проведен цикл генерационных экспериментов, в том числе реализован режим пассивной модуляции добротности с помощью насыщающегося поглотителя SESAM. В седьмой главе представлены результаты расчетов заселенностей метастабильных уровней тулия и гольмия в со-активированных кристаллах в приближении локального термодинамического равновесия, приведены экспериментальные данные, подтверждающие модель, а также на ее основе сформулированы критерии оптимизации состава кристаллов для эффективной генерации в двухмикронном диапазоне спектра. В заключении кратко сформулированы основные результаты диссертационной работы, отражена их новизна и показаны перспективы их использования для решения прикладных задач фотоники.

Достоверность и обоснованность выполненных исследований определяется использованием в ходе работы современного оборудования и методов анализа, большим объемом экспериментальных данных, корреляцией теоретических и экспериментальных результатов с работами других авторов по аналогичной и смежной тематикам, апробацией теоретических и экспериментальных результатов на конференциях и семинарах, публикацией статей в рецензируемых журналах, а также наличием патента РФ.

В тексте автореферата приведены результаты, последовательно раскрывающие содержание научных положений, вынесенных на защиту. Выводы и рекомендации, изложенные в автореферате, представляются достаточно обоснованными и полностью соответствуют поставленным в работе целям и задачам. Текст автореферата логично структурирован, написан технически грамотным и понятным языком, имеет пояснения, рисунки, графики, примеры. Научные положения, выносимые на защиту, полностью отражают научную новизну и практическую значимость. В автореферате четко представлена научная новизна, обоснованность и значимость полученных результатов, которые прошли всю необходимую апробацию, включая доклады на международных научных конференциях и публикации в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК.

В качестве недостатков работы можно выделить следующие:

- отсутствует подробное сравнение характеристик лазерных источников на исследуемых анизотропных кристаллах и других твердотельных матрицах, что позволило бы более отчетливо понять их место в большом ряду активных материалов двухмикронного диапазона;

- не определены в явном виде границы применимости теоретических моделей развития фотонной лавины и расчета заселенностей метастабильных уровней в со-активированных кристаллах.

Отмеченные замечания не снижают достоинство представленного научного труда и не влияют на высокую оценку научных и практических результатов диссертационной работы.

Считаю, что актуальность темы и объем выполненного исследования, новизна, теоретическое и практическое значение полученных результатов отвечают всем требованиям ВАК РФ, предъявленным к докторским диссертациям, в частности, соответствует всем требованиям п. 9 - 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335), предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Ватник Сергей Маркович, заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.19 – Лазерная физика.

Рецензент: Юдин Николай Александрович, д.т.н., профессор Томского государственного университета, почтовый адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.  
тел.: 8-913-867-93-91. yudin@tic.tsu.ru

Н.А. Юдин

06.06.2024



Подпись удостоверяю  
Ведущий документовед  
Андренко И.В.