

УДК621.3.021.866

ШИРОКОАПЕРТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ИК ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОВЫШЕННОЙ ЛУЧЕВОЙ ПРОЧНОСТЬЮ

Шаронов Г. В.¹, Гасенкова И. В.², Мухуров Н. И.²

¹ НИУ «Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко» БГУ

² ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника» НАН Беларуси

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Разработаны физико-технические принципы и технология изготовления широкоапертурных преобразователей ИК лазерного излучения с повышенной лучевой прочностью путем модифицирования микро- и наноструктур пористого анодного оксида алюминия антистоксовыми люминофорами на основе оксихлоридов редких земель.

Ключевые слова: антистоксовый люминофор, модифицирование, преобразователь, визуализация, пористый оксид алюминия.

ШИРОКОАПЕРТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ИК ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОВЫШЕННОЙ ЛУЧЕВОЙ ПРОЧНОСТЬЮ

Sharonov G.¹, Gasenkova I.², Mukhurov N.²

¹Sevchenko Institute of Applied Physics Problems Belarusian State University

²SSPA “Optics, Optoelectronics, and Laser Technology” National Academy of Sciences of Belarus

Minsk, Republic of Belarus

Abstract. Physical and technical principles and technology for manufacturing wide-aperture IR laser radiation converters with increased radiation strength have been developed by modifying micro- and nanostructures of porous anodic aluminum oxide with anti-Stokes phosphors based on rare earth oxochlorides. Keywords:

Key words: anti-Stokes phosphor, modification, converter, visualization, porous aluminum oxide.

Адрес для переписки: Шаронов Г.В., ул. Курчатова 7, г. Минск 220045, Республика Беларусь
e-mail: sharonovgv@yandex.by

Для визуальной регистрации полей ИК лазерного излучения успешно применяются антистоксовые люминофоры (АЛ) [1–3]. Разработка преобразователей инфракрасного лазерного излучения на основе редкоземельных элементов, обладающих интенсивной ап-конверсионной люминесценцией, является одним из перспективных направлений в оптоэлектронике и лазерной технике.

В настоящее время излучение волоконных лазеров с длиной волны 1,07 мкм с выходной мощностью 1–10 кВт широко используется в технологии лазерного упрочнения поверхности и раскря материалов. Отсутствие визуальных средств, позволяющих осуществлять настройку, юстировку, наведение и контроль однородности распределения ИК-излучения лазера при больших полях обрабатываемой поверхности, существенно усложняет работу с такими технологическими комплексами. Высокая плотность мощности излучения при использовании стандартных методов регистрации полей приводит к быстрому выгоранию люминофора.

Целью настоящей работы является разработка технологии изготовления широкоапертурных преобразователей ИК лазерного излучения на основе подложек из алюминиевого сплава с покрытием на основе пористого анодного оксида алюминия (ПАОА) с внедренными в поры частицами АЛ. Сочетание такой композиции ПАОА и АЛ позволяет создать широкоапертурные люминес-

цирующие экраны для визуализации ИК излучения лазеров с повышенной лучевой прочностью.

Технологический процесс изготовления преобразователей включал следующие основные операции:

– изготовление подложек из особо чистых сплавов алюминия с 2–6 % содержанием магния марки АМг-2, АМг-6 с использованием технологии алмазного точения;

– анодирование и выращивание на поверхности подложки однородного оксидного слоя с ячеисто-пористой структурой требуемой толщины более 10 мкм;

– приготовление шихты люминофора на основе оксихлоридов редких земель и ее нанесение на поверхность ПАОА с использованием связующих материалов с высокой адгезионной стойкостью.

Люминофоры наносились на поверхность оксида алюминия в виде мелкозернистого порошка, таким образом, чтобы нано-и микрочастицы люминофора глубоко проникали в поры диэлектрического слоя оксида алюминия, практически полностью закупоривая их. Были изготовлены экспериментальные образцы широкоапертурных преобразователей ИК лазерного излучения, схематическое изображение которых приведено на рисунке 1, а. Конструкция преобразователя состоит из подложки из алюминиевого сплава 1, на которой сформирован слой анодного оксида алюминия 2 с периодическим расположением пор 3.

Поры заполнены наночастицами АЛ. Под действием ИК лазерного излучения 4 наночастицы люминесцируют в видимом диапазоне.

Для изготовления преобразователей и визуализации мощных потоков лазерного излучения использовались 2 типа антистоксовских люминофоров, осуществляющих преобразование ИК-излучения лазеров в видимое в зеленой 0,54–0,56 мкм и красной 0,64–0,66 мкм спектральных областях свечения.

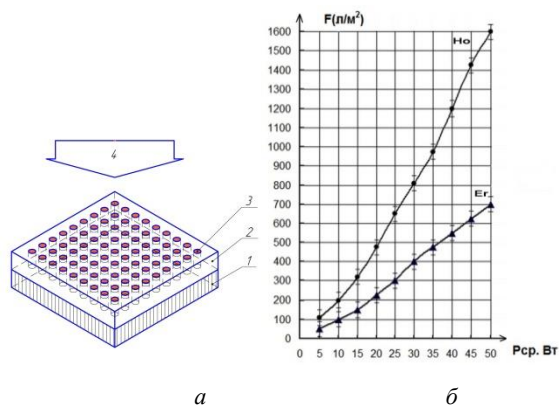


Рисунок 1 – Схематическое изображение конструкции преобразователя на основе ПАОА и АЛ (а) и зависимости яркости свечения люминофора в синтезированных оксихлоридных комплексах GdOCl:Yb Ho в зеленой области спектра (кривая 1Ho) и GdOCl:Yb Er (кривая 2Er) в красной области спектра на поверхности ПАОА при изменении средней мощности излучения от 5 Вт до 50 Вт

Повышение лучевой прочности преобразователя обеспечивалось за счет хорошей адгезии АЛ к подложке и высокой теплопроводности подложки из алюминиевого сплава, рассеивающей избыточное тепло от воздействия лазерного излучения, при этом принципиальных ограничений по линейным размерам регистрируемых полей не имеется. Были проведены измерения абсолютных значений яркости видимой люминесценции разработанных преобразователей в зависимости от мощности возбуждения, рисунок 1б. Измерения проводилось с использованием цифрового фотодидного люксметра в спектральном диапазоне (320–730) нм. Источником излучения служил волоконный лазер с модуляцией добротности со средней мощностью (5–50) Вт на длине волны 1,07 мкм. Исследуемый образец помещался под углом 90 град к падающему излучению.

Видно, что при изменении средней мощности возбуждающего излучения квазинепрерывного волоконного лазера с модуляцией добротности в

диапазоне от 5 до 50 Вт изменение яркости свечения антистоксовой люминесценции носит в значительной мере линейный характер. Это показывает на высокую эффективность антистоксового преобразования света синтезированным кристаллическим материалом. Это можно объяснить невысокой импульсной мощностью волоконного лазера порядка 1,0–10 кВт.

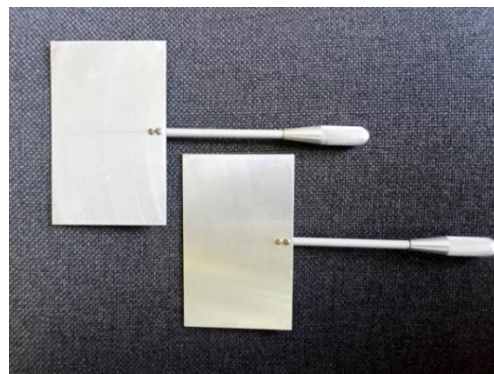


Рисунок 2 – Общий вид разработанных преобразователей ИК лазерного излучения, размер поля (80×60) мм

Проведены исследования преобразователей на лучевую прочность. Общий вид изготовленных преобразователей приведен на рисунке 2. Измерения проводились с использованием 200 Вт АИГ:Nd⁺³ – лазера с непрерывной накачкой. Как показали проведенные исследования лучевая прочность люминесцирующего экрана составила порядка 800 Вт/см². Использование таких широкоапертурных экранов-преобразователей в технологии лазерного упрочнения позволяет обеспечить наведение ИК-излучения на обрабатываемую поверхность, повысить производительность и структурное совершенство обрабатываемой рабочей поверхности.

Литература.

1. Реклама. Аппаратно-программные комплексы, приборы и устройства. Лазерные визуализаторы ИК-излучения. / <http://product.bsu.by/katalog/apparatno-programmnie-kompleksi-pribori-i-ustrojstva/elektronnie-komponenti-i-pribori/lazeri-i-optika/lazernie-vizualizatori-ik-izluchenija>.
2. Патент на полезную модель РБ 11035 Визуализатор инфракрасного лазерного излучения / Г. В. Шаронов. – Оpubл. 01.02.2016.
3. Патент на полезную модель РБ 11143. Визуализатор инфракрасного лазерного излучения / Н. И. Мухуров, И. В. Гасенкова, Г. В. Шаронов, Н. С. Казак. – Оpubл. 16.05.2016.