

## Литература

- 1 Алимов Б.Ф., Торгованов В.А. Методы расчета поглотителей электромагнитных волн// Зарубежная радиоэлектроника, 1976, № 3. — С. 29-57.
- 2 Фельдштейн Ф.Л., Явич Л.Р. Синтез четырехполюсников и восьмиполосников на СВЧ. - М.: Связь, 1963. — 352 с.
- 3 Чембрович В.Е., Лыньков Л.М., Богуш В.А. Хижняк А.В. и др. Гибкие конструкции экранов электромагнитного излучения: Монография. — Мн.: БГУИР, 2000. — 284с.

УДК 621.373.826

## ПРИМЕНЕНИЕ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДИСКОВЫХ ЛАЗЕРОВ

А.А. Бойко, Е.Н. Подденежный, О.А. Стоцкая

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Гомель*

### APPLICATION OF SOL GEL TECHNOLOGY IN PRODUCTION OF DISC LASERS

Boiko A., Poddenezhny E., Stotskaya O.

*Gomel State Technical University after P.O. Sukhoi, Gomel*

Дисковая геометрия лазеров была предложена относительно недавно [1], однако она отмечается стремительным развитием как в области разработки боевых лазеров, так и для многочисленных промышленных применений. Например, конструкцию твердотельного лазера мощностью 100 кВт, состоящего из девяти дисков фосфатного стекла, активированного неодимом и предназначенного для поражения техники и низколетящих воздушных целей, планируется установить на многоцелевом бронетранспортере фирмы Humvee (США).

Однако лазерным элементам на стекле, обладающим рядом преимуществ (относительная дешевизна, возможность получения активных элементов больших размеров, высокие уровни легирования), присущи и недостатки (низкая теплопроводность, малая термостойкость). Конкурентными лазерными средами, способными заменить фосфатные стекла, являются матрицы из кварцевого стекла, легированные РЗЭ (Nd, Er, Yb), а также керамические и стеклокерамические материалы.

Керамические лазеры могут существенно изменить сегодняшний рынок твердотельных лазеров. Эти еще относительно экзотические приборы обладают высокими значениями выходной мощности и низкими потерями, которые сравнимы с лучшими коммерческими монокристаллическими лазерами. Кроме того, уменьшение времени изготовления активной среды напрямую связано с удешевлением. Изменяющиеся в широких пределах физические и оптические свойства керамики позволяют проектировать лазеры с параметрами, которые не могут быть получены для традиционных лазеров.

Керамика для лазеров характеризуется повышенными требованиями к оптическому качеству. Особенно это относится к коэффициенту рассеяния, связанному с наличием таких дефектов структуры, как границы зерен поликристаллов, остаточные поры, градиент состава внутри зерен, анизотропия керамического материала, дефекты решетки. Только в последнее десятилетие разработчикам лазерных материалов удалось создать технологию получения лазерной среды с малыми потерями на рассеивание и возможностью создания материала, по качеству приближающегося к монокристаллу.

Значительный прогресс в создании керамического лазера был сделан в 1995 году, когда Akio Ikesue [2] сообщил о получении материала с  $k_{\text{поглощ}} = 0,009 \text{ см}^{-1}$  и продемонстрировал первый лазер на оксидной керамике. Этот успех был обусловлен несколькими технологическими улучшениями, в частности, использованием для спекания диоксида кремния, что позволило уменьшить пористость и, соответственно, оптические потери. К настоящему времени керамика Nd:YAG (иттрий-алюминиевый гранат,  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ) достигла 99,9999% теоретической плотности, на 10% более высокой микротвердости и в пять раз большей ударной вязкости, чем монокристаллы YAG. Также был установлен рубеж в 58,5% эффективности преобразования накачки, а выходная мощность достигла величины 1,4 кВт.

Золь-гель технология является перспективным направлением производства активных лазерных сред как в стеклообразном состоянии, так и в виде керамических изделий. Она характеризуется потенциальными возможностями формирования дисковых образцов достаточных размеров методами литья коллоидных шликеров или прессованием ультрадисперсных порошков с последующим спеканием до состояния стекла, прозрачной керамики или стеклокристаллического материала.

Нами разработана технология формирования заготовок из кварцевого стекла, легированного ионами РЗЭ, основанная на модифицированном золь-гель процессе [2].

Разработанный золь-гель процесс представляет собой модификацию классического и отличается тем, что в формируемые путем гидролиза тетраэтоксисилана (ТЭОС) золи добавляются пигментные кремнеземы (аэросилы), легирующие элементы или наночастицы, что приводит к повышенному содержанию твердой фазы в коллоиде (композиционный коллоид), увеличению среднего размера пор, увеличению прочности объемного геля, а следовательно уменьшению вероятности растрескивания (рис. 1).

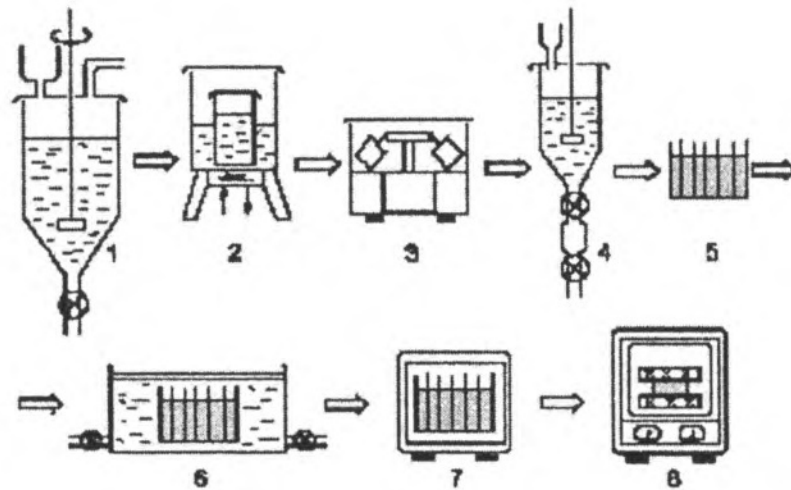


Рис. 1 Схема последовательных этапов модифицированного процесса получения пластиночных и дисковых стеклообразных и композиционных материалов: 1 – аппарат для проведения гидролиза и диспергирования аэросила; 2 – УЗ-ванна; 3 – центрифуга; 4 – аппарат для приготовления шликера с дозирующим устройством; 5 – многопозиционная литьевая форма; 6 – ванна промывочная; 7 – сушильный шкаф; 8 – муфельная печь

Процесс изготовления Nd:YAG керамики для лазеров представлен в виде блок-схемы (рис. 2).

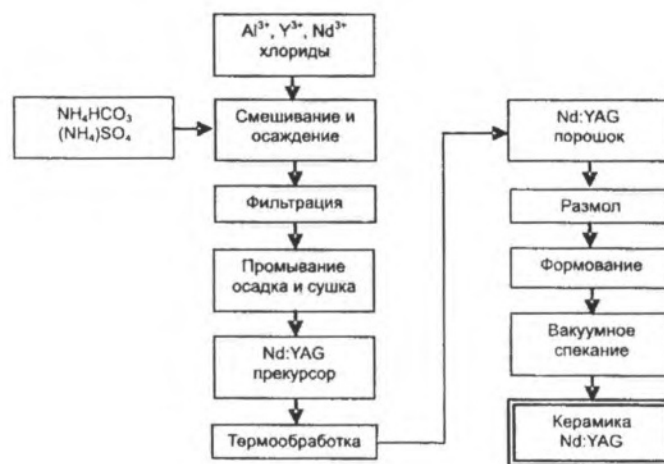


Рис. 2 Блок-схема процесса изготовления Nd:YAG керамики для лазеров

Во-первых, водные растворы хлоридов алюминия, иттрия и неодима смешиваются вместе. Эта смесь добавляется по каплям в водный раствор кислого углекислого аммония. В результате перемешивания и химической реакции происходит совместное осаждение гидрооксидов соответствующих металлов. Далее осадок многократно промывают от ионов хлора, аммония и высушивают при температуре 120 °С в течение двух суток. Полученный прекурсор, состоящий из частиц размерами около 10 нм, прокалывают при температуре 1200 °С, в результате чего формируется порошок Nd:YAG с размерами частиц около 100 нм. Далее этот порошок подвергают размолу с растворителем, биндером и дисперсной средой в течение 24 часов. Приготовленный таким образом шликер заливается в гипсовую форму и высушивается, приобретая требуемую форму. И наконец, после удаления органи-

ческих компонентов путем прокалки, получаемый пористый материал спекается при 1800 °С в вакууме, в результате чего формируется высокопрозрачный керамический материал Nd:YAG. Средний размер зерна в керамике составляет 3-4 мкм. Время спекания варьируют в диапазоне от 5 до 20 часов в зависимости от размеров образцов.

Таким образом, с использованием золь-гель технологии получены кварцевые гель-стекла, легированные Er и Yb, эффективно люминесцирующие в ИК-области.

#### Литература

- 1 Пат. США № 6347109, МКИ H01S 03/933. High average power scaleable thin-disc laser / Beach R., Honca E., Bibeau C. e.a. (US). University of California (US). – № 09/237142. Заявл. 25.01.99; Опубл. 12.02.02. – 11с.
- 2 Ikesue A. Polycrystalline Nd:YAG ceramics lasers // Optical Materials. – 2002. – Vol.19, № 1. – P. 183-187.
- 3 Поддєнежный Е.Н., Бойко А.А. Золь-гель синтез оптического кварцевого стекла. УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Гомель, 2002. – 210 с.

УДК 623.4:621.383

## **ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ ЗЕНИТНЫХ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ В ИХ СОСТАВ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ КАНАЛОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ЦЕЛИ**

И.М. Быков

*Научно-технический комитет Вооруженных Сил Республики Беларусь, Минск*

### **INCREASE OF NOISEPROOF FEATURES OF AIR-DEFENCE MISSILE COMPLEXES BY INTRODUCTION IN THEIR STRUCTURE OF OPTOELECTRONIC CHANNELS OF TARGET DETECTION**

Bykov I.

*Scientific and Technical Committee of Belarus Armed Forces, Minsk*

Локальные войны последних лет убедительно показали, что современные боевые действия ведутся в условиях ожесточенной радиоэлектронной борьбы. Высокая степень электронизации современных систем вооружения и наличие совершенных средств радиоэлектронной борьбы у противоборствующих сторон обуславливают необходимость проведения работ по повышению эффективности применения ЗРК в сложной радиоэлектронной обстановке.

Один из путей решения этой задачи — введение в состав ЗРК оптико-электронных каналов обнаружения и сопровождения цели. При этом возможно применение как пассивных — телевизионных и тепловизионных, так и активных средств — лазерных дальномеров и локаторов.

Для успешного решения задач, стоящих перед оптико-электронными каналами ЗРК, при их конструировании необходимо учитывать ряд особенностей их функционирования в реальных боевых условиях.

Рассматривая телевизионные оптические визиры (ТОВ), входящие в состав ЗРК, в первую очередь необходимо отметить высокие технические и эксплуатационные характеристики широко применяемого ТОВ «Карат». Один из путей совершенствования характеристик ТОВ — расширение диапазона его работы по уровням входящих оптических сигналов. Дальнейшее наращивание ослабляющих фильтров будет эффективным только в случае применения автомата компенсации воздействия Солнца, который должен отслеживать взаимное расположение оптической оси ТОВ и направления на Солнце. Применение в этом случае плавного изменяющего свои характеристики нейтрального фильтра и автоматическое закрывание крышки бленды позволит расширить область пространства, в пределах которого ТОВ может быть применен. Второй путь — применение оптической системы с переменным полем зрения, автоматически уменьшающимся при приближении к направлению на Солнце.

С целью повышения чувствительности ТОВ и эффективности его применения в сумеречное время суток возможно применение нового поколения передающих телевизионных трубок типа кремникона, на полтора порядка более чувствительного ныне применяемого видикона, и суперкремникона. Супертрубки позволяют создавать так называемые низкоуровневые ТОВ, способные эффективно работать в сумерках. Однако их существенный недостаток заключается в узости дина-