

ОСОБЕННОСТИ СЕДИМЕНТАЦИИ НАНОЧАСТИЦ $\text{Yb:Y}_2\text{O}_3$, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО СИНТЕЗА, И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ НА ИХ ОСНОВЕ

Щукина А.А.¹, Шитов В.А.¹

¹) Институт электрофизики УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: fisher-alexa@mail.ru

SEDIMENTATION FEATURES OF $\text{Yb:Y}_2\text{O}_3$ NANOPARTICLES OBTAINED BY LASER SYNTHESIS AND FABRICATION OF OPTICAL CERAMICS

Shchukina A.A.¹, Shitov V.A.¹

¹) Institute of Electrophysics UrB RAS, Ekaterinburg, Russia

This paper presents the results of an investigation of the sedimentation features of $\text{Yb:Y}_2\text{O}_3$ nanoparticles obtained by laser synthesis and the determination of key parameters for the extraction of the ultrafine fraction, at which the higher optical quality of fabricated ceramics is achieved.

Одним из ключевых компонентов мощных твердотельных лазеров является активная среда, которая должна характеризоваться высокой теплопроводностью и лучевой стойкостью, иметь доступные источники накачки, обладать относительной дешевизной, простотой и краткосрочностью процесса изготовления. Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют керамические материалы на основе оксида иттрия, активированные ионами иттербия ($\text{Yb:Y}_2\text{O}_3$). Однако, согласно литературным данным [1-6], оптическое совершенство полученных на сегодняшний день образцов проявляется лишь локально, и синтезировать $\text{Yb:Y}_2\text{O}_3$ керамики с полным отсутствием структурных дефектов пока не удалось.

В существующих подходах по получению лазерных $\text{Yb:Y}_2\text{O}_3$ керамик применяются порошки, приготовленные методами соосаждения [1-4], самораспространяющегося высокотемпературного [5] или лазерного [6] синтеза, обязательным этапом которых является обжиг, приводящий к образованию жестких агломератов частиц. В случае лазерного синтеза в порошке вдобавок могут присутствовать мелкие капли и обломки мишени. Данный факт оказывает существенное влияние на динамику уплотнения частиц, тем самым предопределяя количество формирующихся дефектов структуры и оптическое качество керамик.

Настоящая работа посвящена исследованию особенностей седиментации наночастиц $\text{Yb:Y}_2\text{O}_3$, полученных методом лазерного синтеза, с целью выделения из нанопорошка ультрадисперсной фракции и изготовления оптической керамики на ее основе.

Методика седиментации нанопорошков, обеспечивающая экстракцию частиц радиусом больше 300 нм заключалась в следующем. Состав, содержащий 300 мл этилового спирта и 8 г нанопорошка, обрабатывался ультразвуком в течение 3 минут для отделения наночастиц от капель, обломков и агломератов нанопорошка, помещался в стеклянную емкость и доводился спиртом до объема 0,6 л. (высота столба $H = 4,5$ см). Через 24 часа объем порошковой взвеси 0,3 л. ($H = 2,25$ см) декантировался. Операция повторялась до тех пор, пока сливаемый объем визуально не становился прозрачным. Полученные дисперсные системы высушивались в ротационном испарителе при температуре $52\text{ }^{\circ}\text{C}$ и остаточном давлении 0.01 МПа.

Анализ выпаренных порошков показал, что в осадке наряду с наночастицами содержатся капли размером 1-2 μm , составляющие 1-3 % масс. и бесформенные частицы ($< 1\%$ масс.) с размером до 10 μm – осколки мишени. Декантированная фракция подобных включений не содержит.

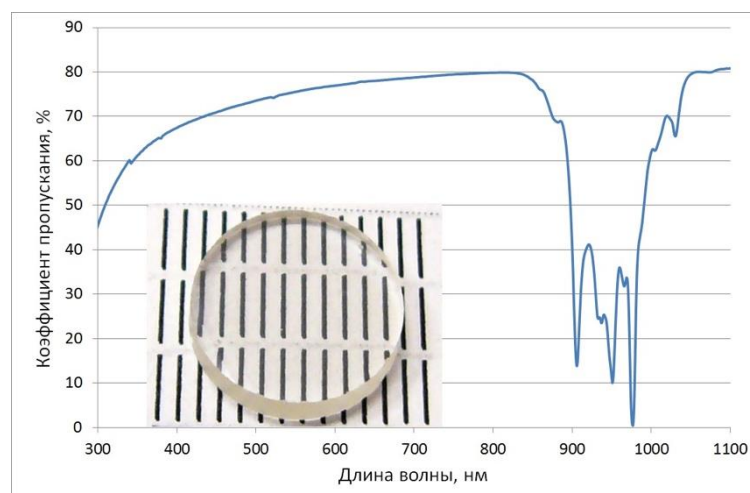


Рис. 1. Спектр пропускания образца керамики $\text{Yb:Y}_2\text{O}_3$. Вставка – фото образца.

Синтезированная из полученных наночастиц керамика $\text{Yb:Y}_2\text{O}_3$, состоит из плотноупакованных кристаллитов полиэдрической формы со средним размером 8-9 мкм. Коэффициент пропускания для образца толщиной 2 мм на длине волны 1070 нм составляет $\sim 80\%$ и обусловлен поверхностными дефектами из-за низкого качества ее обработки. Также объемное содержание рассеивающих центров, найденное методом прямого подсчета, составляет 1,4 ppm, что свидетельствует о перспективности предложенной нами методики сепарации для совершенства оптического качества керамик.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-19-20074, <https://rscf.ru/project/24-19-20074/>, при финансовой поддержке со стороны Правительства Свердловской области

1. J. Kong et al. High-efficiency 1040 and 1078 nm laser emission of a Yb:Y₂O₃ ceramic laser with 976 nm diode pumping. *Optics Letters*, Vol. 32, No. 3 (2007), P. 247-249.
2. L.D. Merkle et al. Temperature-dependent lasing and spectroscopy of Yb:Y₂O₃ and Yb:Sc₂O₃. *Optics Communications*, Vol. 281 (2008), P. 5855- 5861.
3. J. Sanghera et al. Transparent ceramics for high-energy laser systems. *Optical Materials*, Vol. 33 (2011), P. 511-518.
4. M. Tokurakawa et al. Continuous wave and mode-locked Yb³⁺:Y₂O₃ ceramic thin disk laser. *Optics Express*, Vol. 20, No. 10 (2012), P. 10847-10852.
5. S. Balabanov et al. Hot pressing of Yb:Y₂O₃ laser ceramics with LiF sintering aid. *Optical Materials*, Vol. 119 (2021), 111349.