

ВЛИЯНИЕ ИЗО- И ГЕТЕРОВАЛЕНТНЫХ ДОБАВОК НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСОКОПРОЗРАЧНОЙ Nd(Yb):Y₂O₃ КЕРАМИКИ

В. В. Осипов, К. Е. Лукьяшин¹, В. И. Соломонов, В. А. Шитов,
А. Н. Орлов, В. В. Платонов, А. В. Спирина

Институт электрофизики УрО РАН,
620016, Екатеринбург, ул. Амундсена, 106

В работе исследуются возможность синтеза и характеристики высокопрозрачной Y₂O₃ керамики, активированной Nd³⁺ и Yb³⁺, в которой для разупорядочения кристаллической структуры впервые катионы Y³⁺ одновременно замещаются изовалентными ионами Lu³⁺ или Sc³⁺ и гетеровалентными ионами Zr⁴⁺. Разработанная методика позволила синтезировать высокопрозрачные Nd³⁺:Y₂O₃, Nd³⁺:Y₂O₃ + 6 мол.% ZrO₂, Nd³⁺:(Lu_{0.25}Y_{0.75})₂O₃ + 6 мол.% ZrO₂, Nd³⁺:(Sc_{0.25}Y_{0.75})₂O₃ + 6 мол.% ZrO₂ и Yb³⁺:(Sc_{0.25}Y_{0.75})₂O₃ + 6 мол.% ZrO₂ керамики с коэффициентом пропускания до 82.2%. Показано, что введение в Nd³⁺:Y₂O₃ изо- и гетеровалентных добавок Sc₂O₃, Lu₂O₃ и ZrO₂ уменьшает средние размеры кристаллитов до ~1мкм и снижает содержание пор, позволяя получить беспористую керамику. Эти добавки уширяют спектральную полосу перехода ⁴F_{3/2} → ⁴I_{11/2} иона неодима до 40 нм.

Ключевые слова: лазерная керамика, редкоземельные добавки.

Высокопрозрачные лазерные керамики с разупорядоченной структурой представляют большой интерес для высокоэффективной генерации ультракоротких импульсов. Дело в том, что замещение катионов матрицы катионами с отличающимися ионными радиусами ведет к уширению спектральной линии лазерного перехода и тем самым

¹e-mail: plasma@iep.uran.ru

к получению в режиме синхронизации мод импульсов излучения меньшей длительности. Наилучшие результаты в этом направлении на данный момент достигнуты в работе [1] с использованием керамических пластин $\text{Yb}^{3+}:\text{Lu}_2\text{O}_3$ и Y_2O_3 , в которой сообщается о генерации импульсов излучения длительностью 65 фс, что близко к результатам, реализованным с использованием монокристаллов [2].

В настоящей работе исследуются возможность синтеза и характеристики высокопрозрачной Y_2O_3 керамики, активированной Nd^{3+} и Yb^{3+} , в которой для разупорядочения кристаллической структуры впервые катионы Y^{3+} одновременно замещаются изовалентными ионами Lu^{3+} или Sc^{3+} и гетеровалентными ионами Zr^{4+} .

Исходным материалом для получения керамики служили нанопорошки, приготовленные путем испарения мишени излучением импульсно-периодического CO_2 лазера с последующей конденсацией пара в потоке несущего газа и оседания наночастиц в системе сепарации и улавливания [3].

Компактирование в диски диаметром 15 мм и толщиной 3–4 мм производилось методом одноосного статического прессования с ультразвуковым воздействием на нанопорошок.

Спекание компактов проводилось в вакуумной печи. Температура спекания T составляла 1700 °С и 1950 °С, наилучшие результаты получены при $T = 1950$ °С и времени спекания 20 часов. Как показал рентгенофазовый анализ, все образцы представляют собой твердые растворы кубической сингонии. Фотографии образцов керамик приведены на рис. 1.

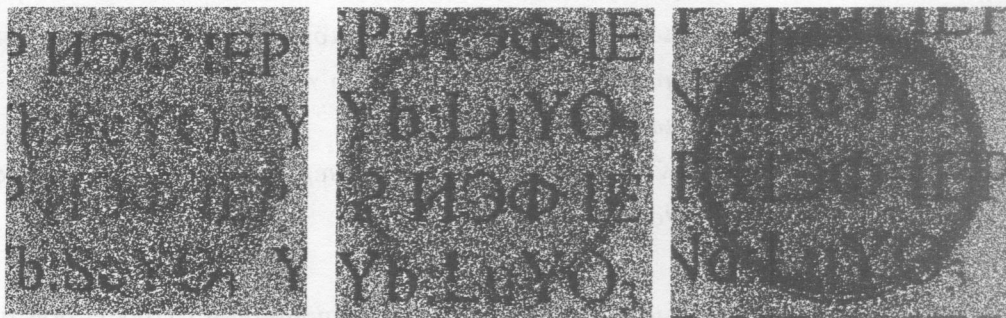


Рис. 1. Фотографии образцов керамик из $\text{Yb}^{3+}:(\text{Lu}_x\text{Y}_{1-x})_2\text{O}_3$, $\text{Yb}^{3+}:(\text{Sc}_x\text{Y}_{1-x})_2\text{O}_3$ и $\text{Nd}^{3+}:(\text{Lu}_x\text{Y}_{1-x})_2\text{O}_3$, допированных 6 мол. % ZrO_2 .

В образцах $\text{Nd}^{3+}:\text{Y}_2\text{O}_3$ средние размеры кристаллитов составляли 55–65 мкм. Анализ на пористость показал, что поры имеют средние размеры 1–3 мкм и локализо-

ваны, в основном, на межкристаллитных границах. Их содержание составляет $(13-22) \cdot 10^{-4}$ об. %.

В образцах с добавкой 6 мол. % ZrO_2 размеры кристаллитов уменьшились до 20–25 мкм, поры отсутствовали.

Таким образом, введение в $Nd^{3+}:Y_2O_3$ растворимых изо- и гетеровалентных добавок Lu_2O_3 , Sc_2O_3 , ZrO_2 ведет к уменьшению размеров кристаллитов и содержания пор.

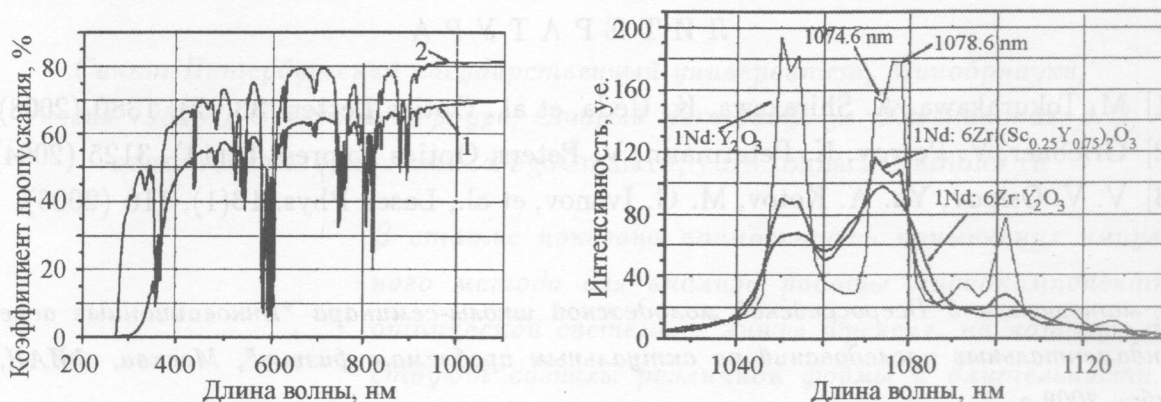


Рис. 2. Спектры поглощения образцов керамик. 1: $Nd^{3+}:Y_2O_3$; 2: $Nd^{3+}:Y_2O_3 + 6\% ZrO_2$.

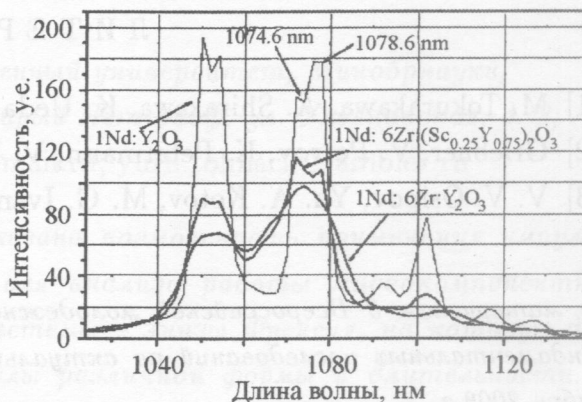


Рис. 3. Спектры люминесценции образцов керамик.

Спектры поглощения образцов $Nd^{3+}:Y_2O_3$ и $Nd^{3+}:Y_2O_3 + 6$ мол. % ZrO_2 приведены на рис. 2. Видно, что добавка ZrO_2 не вносит каких-либо существенных изменений в спектральный состав излучения. Коэффициент пропускания в образцах с добавкой ZrO_2 оказался выше 82.2%, что связано с отсутствием в них пор.

При введении изо- и гетеровалентных добавок Sc и Zr спектральная полоса перехода ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ иона неодима уширяется и для образцов $Nd^{3+}:Y_2O_3$, $Nd^{3+}:Y_2O_3 + 6$ мол. % ZrO_2 и $Nd^{3+}:(Sc_{0.25}Y_{0.75})_2O_3 + 6$ мол. % ZrO_2 она составляет на уровне 0.4 интенсивности свечения 11.4, 36 и 40 нм соответственно (рис. 3).

Таким образом в настоящей работе:

1. Разработана методика синтеза оптических керамик с разупорядоченной кристаллической структурой.
2. Синтезированы высокопрозрачные образцы керамик $Nd^{3+}:Y_2O_3$, $Nd^{3+}:Y_2O_3 + 6$ мол. % ZrO_2 , $Nd^{3+}:(Lu_{0.25}Y_{0.75})_2O_3 + 6$ мол. % ZrO_2 , $Nd^{3+}:(Sc_{0.25}Y_{0.75})_2O_3 + 6$ мол. % ZrO_2 и $Yb^{3+}:(Sc_{0.25}Y_{0.75})_2O_3 + 6$ мол. % ZrO_2 с коэффициентом пропускания до 82.2%.

3. Показано, что введение в $\text{Nd}^{3+}:\text{Y}_2\text{O}_3$ изо- и гетеровалентных добавок Sc_2O_3 , Lu_2O_3 и ZrO_2 уменьшает средние размеры кристаллитов до ~ 1 мкм и снижает содержание пор, позволяя получить беспористую керамику.

4. Эти добавки уширяют спектральную полосу перехода ${}^4F_{3/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ иона неодима до 40 нм.

5. Впервые синтезирована новая керамика $(\text{Lu}_x\text{Y}_{1-x})_2\text{O}_3$ и показана возможность введения в неё неодима, иттербия и циркония.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] M. Tokurakawa, A. Shirakawa, K. Ueda, et al., *Optics Letters* **33**(12), 1380 (2008).
- [2] Griebner, V. Petrov, K. Petermann, V. Peters, *Optics Express* **12**(14), 3125 (2004).
- [3] V. V. Osipov, Yu. A. Kotov, M. G. Ivanov, et al., *Laser Phys.* **16**(1), 116 (2006).

По материалам 3 Всероссийской молодежной школы-семинара "Инновационные аспекты фундаментальных исследований по актуальным проблемам физики", Москва, ФИАН, октябрь 2009 г.

Поступила в редакцию 26 октября 2009 г.