

УДК 539.51

**ВЛИЯНИЕ ФТОРИРОВАНИЯ НА СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА
Er-СОДЕРЖАЩИХ ИТТРИЙ-АЛЮМОБОРАТНЫХ СТЕКОЛ**

Прусова И. В.¹, Прихач Н. К.¹, Ковгар В. В.^{2,3}, Зиятдинова М. С.⁴

¹Белорусский национальный технический университет

²Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси

³Белорусский государственный университет

Минск, Республика Беларусь

⁴Российский химико-технологический институт им. Д. И. Менделеева,

Москва, Российская Федерация

Аннотация. Синтезированы и исследованы иттрий-алюмоборатные стекла, легированные эрбием, в которые дополнительно вводился фтор путем частичного замещения в шихте оксида эрбия на фторид. Установлено, что такое фторирование не приводит к структурным изменениям стекла, но повышает интенсивность излучения ионов Er^{3+} в полосе ${}^4I_{13/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$.

Ключевые слова: иттрий-алюмоборатные стекла, ионы эрбия, люминесценция, фторирование

**INFLUENCE OF FLUORINATION ON THE SPECTRAL-LUMINESCENCE PROPERTIES OF
Er-CONTAINING YTTRIUM-ALUMOBORATE GLASSES**

Prusova I.¹, Prikhach N.¹, Kouhar V.^{2,3}, Ziyatdinov M.⁴

¹Belarusian National Technical University

²B. I. Stepanov Institute of Physics of the NAS of Belarus

³Belarusian State University

Minsk, Republic of Belarus

⁴D. I. Mendeleev University of Chemical Technology

Moscow, Russian Federation

Abstract. Yttrium-alumoborate glasses doped with erbium, in which fluorine was additionally introduced by partial substitution of erbium oxide for fluoride in the charge, have been synthesized and studied. It was found that such fluorination does not lead to structural changes in the glass, but increases the emission intensity of Er^{3+} ions in the band ${}^4I_{13/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$.

Key words: yttrium-aluminoborate glasses, erbium ions, luminescence, fluorination

Адрес для переписки: Прусова И. В., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь

e-mail: bntu@bntu.by

Оптические материалы, легированные эрбием, широко используются в качестве активных сред лазеров, функционирующих в условно безопасном для глаз диапазоне при 1,5 мкм. Кроме того, ионы Er^{3+} имеют сложную схему энергетических уровней, в которой значения некоторых энергетических щелей практически совпадают, что перспективно для реализации сложных схем передачи возбуждения. Благодаря этим особенностям ионов Er^{3+} , материалы, легированные эрбием, перспективны для получения генерации во многих каналах [1–3].

Целью данной работы являлось исследование влияния фторирования на спектрально-люминесцентные свойства Er-содержащих иттрий-алюмоборатных стекол.

Исследуемые образцы были синтезированы методом плавления. Плавку осуществляли в платиновых тиглях в электрических лабораторных печах сопротивления с SiC нагревателями на воздухе в течение часа при температуре $T_{\text{снт}} = 1480$ °С. Фтор вводился в стекло путем частичного замещения в шихте оксида эрбия на фторид, дополнительные работы по обезвоживанию

помимо фторирования из-за относительно малых объемов варок не проводились.

На рисунке 1 приведены спектры поглощения оксидных и оксифторидных синтезированных образцов, которые представлены серией полос, характерных для ионов Er^{3+} :

$${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^2G_{9/2} \text{ с } \lambda_{\text{макс}} \approx 363 \text{ нм,}$$

$${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^2K_{15/2} \text{ с } \lambda_{\text{макс}} \approx 378 \text{ нм,}$$

$${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^2H_{9/2} \text{ с } \lambda_{\text{макс}} \approx 407 \text{ нм,}$$

$${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^4F_{3/2} \text{ с } \lambda_{\text{макс}} \approx 452 \text{ нм,}$$

$${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^4F_{7/2} \text{ с } \lambda_{\text{макс}} \approx 487 \text{ нм,}$$

$${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^2H_{11/2} \text{ с } \lambda_{\text{макс}} \approx 524 \text{ нм,}$$

$${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^4S_{3/2} \text{ с } \lambda_{\text{макс}} \approx 542 \text{ нм,}$$

$${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^4F_{9/2} \text{ с } \lambda_{\text{макс}} \approx 651 \text{ нм,}$$

$${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^4I_{9/2} \text{ с } \lambda_{\text{макс}} \approx 793 \text{ нм,}$$

$${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^4I_{11/2} \text{ с } \lambda_{\text{макс}} \approx 973 \text{ нм,}$$

$${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^4I_{13/2} \text{ с } \lambda_{\text{макс}} \approx 1527 \text{ нм.}$$

Видно, что проведенное фторирование практически не приводит к изменениям в спектрах поглощения ионов Er^{3+} и незначительно снижает коэффициент поглощения в области основного колебания связи О–Н.

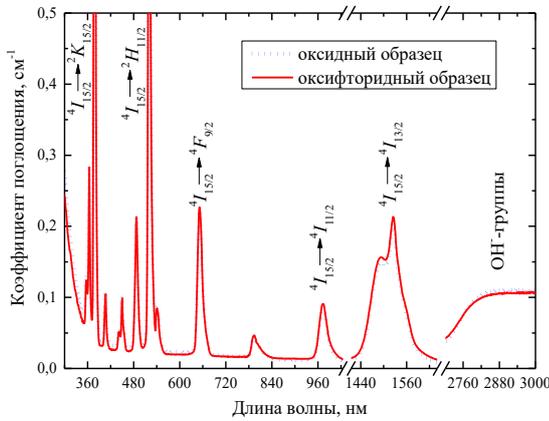


Рисунок 1 – Спектр поглощения стекла состава (мол. %) $5,0\text{Er}_2\text{O}_3-5,0\text{Y}_2\text{O}_3-30,0\text{Al}_2\text{O}_3-60,0\text{B}_2\text{O}_3$ до (синий) и после (красный) фторирования

Исследование спектрально-люминесцентных свойств Er -содержащих оксидных иттрий-алюмоборатных стекол показало, что данные материалы характеризуются интенсивной полосой люминесценции $4I_{13/2} \rightarrow 4I_{15/2}$ ионов Er^{3+} (рисунок 2, а) с эффективной полушириной ≈ 80 нм, положение и форма которой не изменяются при возбуждении в различных абсорбционных полосах. Введение фтора не приводит к уширению люминесцентной полосы $4I_{13/2} \rightarrow 4I_{15/2}$, но ведет к заметному увеличению ее интегральной интенсивности, которое в зависимости от используемой длины волны возбуждения составляет от 9 % до 19 % (рисунок 2, б). Данное увеличение логично объяснить ослаблением дезактивации энергетических состояний Er^{3+} примесными OH^- -группами из-за снижения их концентрации.

Таким образом, фторирование Er -содержащих иттрий-алюмоборатных стекол не приводит к структурным изменениям в стекле, но повышает интенсивность излучения ионов Er^{3+} в полосе $4I_{13/2} \rightarrow 4I_{15/2}$. Разработанные стекла являются перспективными лазерными средами и люминесцентными конверторами солнечного излучения.

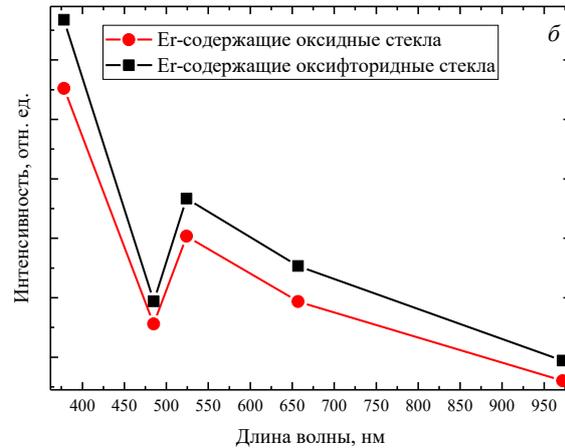
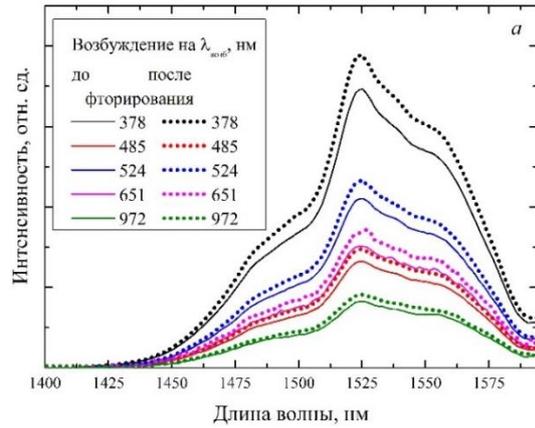


Рисунок 2 – Спектры ИК-люминесценции (а) и зависимость ее интегральной интенсивности (б) от длины волны возбуждения для стекла состава (мол. %) $5,0\text{Er}_2\text{O}_3-5,0\text{Y}_2\text{O}_3-30,0\text{Al}_2\text{O}_3-60,0\text{B}_2\text{O}_3$

Литература

1. Carnall, W. T. Electronic energy levels in the trivalent lanthanide aquo ions. I. Pr^{3+} , Nd^{3+} , Pm^{3+} , Sm^{3+} , Dy^{3+} , Ho^{3+} , Er^{3+} and Tm^{3+} / W. T. Carnall, P. R. Fields, K. Rajnak // J. Chem. Phys. – 1968. – V. 49, № 10. – P. 4424–4442.
2. Luminescence of borogermanate glasses activated by Er^{3+} and Yb^{3+} ions / G. E. Malashkevich [et al.] // J. Non-Cryst. Sol. – 2011. – V. 357, № 1. – P. 67–72.
3. Влияние условий синтеза и состава кварцевых гель-стекло на ширину полосы люминесценции $4I_{13/2} \rightarrow 4I_{15/2}$ ионов Er^{3+} / Г. Е. Малашкевич // ЖПС. – 2023. – Т. 90, № 5. – С. 684–688.