

УДК 621.375.826

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ТРЕХВАЛЕНТНЫХ ИОНОВ ИТТЕРБИЯ В КРИСТАЛЛАХ Yb:KY(WO₄)₂ НА ВЕЛИЧИНУ НЕАКТИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В СПЕКТРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ГЕНЕРАЦИИ

Кисель В.Э.¹, Горбаченя К.Н.¹, Гурецкий С.А.², Кулешов Н.В.¹¹НИЦ Оптических материалов и технологий БНТУ²НПЦ НАН РБ по материаловедению

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Рассмотрены особенности спектров поглощения кристаллов двойных вольфраматов с высоким содержанием трехвалентных ионов иттербия. Исследована зависимость величины неактивных потерь в спектральной области генерации ионов Yb³⁺ в зависимости от содержания активных центров в кристалле.
Ключевые слова: кристаллы двойных вольфраматов, трехвалентные ионы иттербия, спектры поглощения.

EFFECT OF THE CONCENTRATION OF TRIVALENT YTTERBIUM IONS IN YB:KY(WO₄)₂ CRYSTALS ON THE INACTIVE OPTICAL LOSS IN THE SPECTRAL REGION OF GENERATION

Kisel V.¹, Gorbachenya K.¹, Guretsky S.², Kuleshov N.¹¹Center for Optical Materials and Technologies of Belarusian National Technical University²SSPA "Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus"

Minsk, Republic of Belarus

Abstract. Absorption spectra features of highly Yb³⁺-doped double tungstate crystals were studied. The values of passive losses in the lasing spectral range of Yb³⁺ ions were studied in dependence on Yb³⁺ content in the crystal.
Key words: double tungstate crystals, trivalent ytterbium ions, absorption spectra.

Адрес для переписки: Горбаченя К.Н., пр. Независимости, 65, Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: gorby@bntu.by

Кристаллы калий-иттриевого (KY(WO₄)₂) вольфрамата относятся к ряду двойных калий-редкоземельных вольфраматов. Кристаллы являются моноклинными с пространственной группой симметрии C_{2h}⁶-C2/c. Параметры элементарной кристаллической ячейки: $a = 8,05 \text{ \AA}$, $b = 10,33 \text{ \AA}$, $c = 7,54 \text{ \AA}$, $\beta = 94$. Ионы Yb³⁺ замещают в данных соединениях ионы Y³⁺ в позиции с локальной симметрией C₂. Образцы монокристаллов были выращены путем кристаллизации из раствора в расплаве K₂WO₄+WO₃ модифицированным методом Чохральского. В качестве шихты использовался окисел редкоземельного элемента. Были получены образцы высокого оптического качества с содержанием ионов Yb³⁺ от 0,2 ат.% до 100 ат.% по отношению к ионам Y³⁺. С оптической точки зрения кристаллы являются двусосными. Главные значения показателей преломления кристалла Yb³⁺:KY(WO₄)₂ на длине волны 1030 нм составляют: $n_g = 2,017$, $n_m = 1,982$, $n_p = 1,946$ [1]. Теплопроводность кристаллов составляет около 3,5 Вт/м·К⁻¹ вдоль оси оптической индикатрисы N_g , 3,0 Вт/м·К⁻¹ вдоль N_m и 2,5 Вт/м·К⁻¹ вдоль N_p [2]

Спектры поглощения измерялись для кристалла Yb:KY(WO₄)₂ с содержанием ионов иттербия от 0,2 ат.% до 100 ат.% в области 850–1100 нм, для трех поляризаций излучения (соответствующих осям индикатрисы показателя преломления кристалла N_m , N_p , N_g) при комнатной

температуре. Измерения проводились на спектрофотометре CARY 5000D, спектральное разрешение составляло около 0,4 нм.

Для записи спектров поглощения в широкой спектральной области изготавливались плоскопараллельные пластинки толщиной от 0,1 мм до 5 мм для образцов с различной концентрацией ионов иттербия для того, чтобы поглощение в максимуме полосы находилось в пределах динамического диапазона работы спектрофотометра. Максимальное поглощение не должно превышать 3 единиц оптической плотности во всем диапазоне регистрации. Для оценки величины серых неактивных потерь в спектральной области генерации изготавливались образцы одинаковой толщины, достаточной для корректной оценки величины коэффициента поглощения на краях полосы. В нашем случае использовались кристаллы толщиной около 10 мм. В поглощении для поляризации $E//N_m$ наблюдается сильная полоса с максимумом на длине волны 981,2 нм и шириной на полувысоте около 3,5 нм. При изменении концентрации трехвалентных ионов иттербия в кристаллах наблюдалось пропорциональное изменению концентрации изменение коэффициентов поглощения. Измеренные спектры поглощения для тонких образцов, записанные в широкой спектральной области представлены на рис. 1.

Измеренные спектры поглощения для образцов толщиной около 10 мм проводились в непо-

ляризованном свете. Спектры записанные в спектральной области генерации 1020–1100 нм представлены на рис. 2.

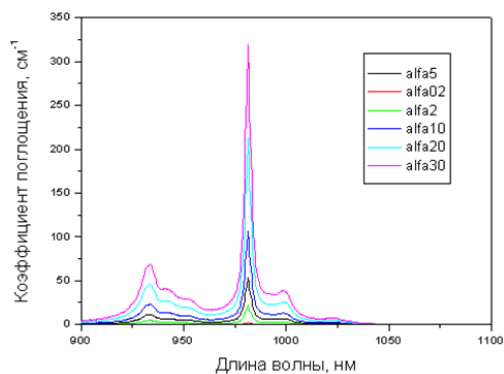


Рисунок 1 – Поляризованные спектры поглощения кристалла $KYb_xY_{1-x}(WO_4)_2$ ($x = 0,02–0,3$) в спектральной области 900–1100 нм

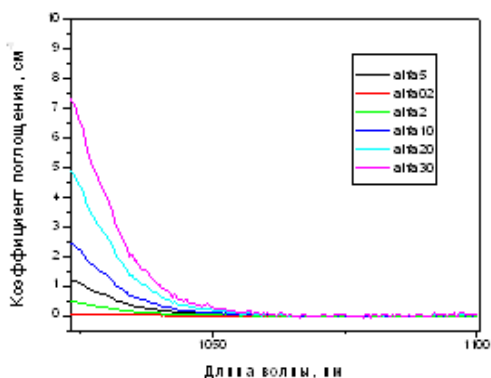


Рисунок 2 – Спектры поглощения кристалла $KYb_xY_{1-x}(WO_4)_2$ ($x = 0,02–0,3$) в спектральной области 1020–1100 нм

Из проведенных измерений определено, что потери на краю полосы поглощения для всех исследованных кристаллов находятся на уровне шумов спектрофотометра, т. е. не наблюдается роста серых неактивных потерь в спектральной области генерации с ростом концентрации трехвалентных ионов иттербия, что свидетельствует об отсутствии потерь связанных с рассеянием излучения на дефектах в кристаллах калий-иттриевого вольфрамата и свидетельствует о высоком качестве полученных кристаллов в широком диапазоне концентраций активных центров, что хорошо согласуется с измерениями времени жизни возбужденного состояния $^2F_{5/2}$. Измерения проводились

с учетом эффекта перепоглощения с использованием порошков кристаллов в глицерине. С уменьшением весовой концентрации порошка в глицерине, начиная с определенного содержания порошка в суспензии, время жизни возбужденного состояния ионов иттербия оставалось постоянным, что свидетельствовало об устранении влияния эффектов перепоглощения на измеренное значение времени жизни возбужденного состояния трехвалентных ионов иттербия. Зависимость времени затухания люминесценции для образцов $Yb(0,2\text{ат.}\%):KY(WO_4)_2$ и $Yb(100\text{ат.}\%):KY(WO_4)_2$ представлено на рис. 3.

Видно, что при изменении концентрации от 0,2 ат.% до самоактивированного кристалла $KYb(WO_4)_2$ время жизни верхнего лазерного состояния $^2F_{5/2}$ ионов Yb^{3+} остается постоянным, что свидетельствует об отсутствии эффектов концентрационного тушения люминесценции в кристаллах калий-иттриевого вольфрамата и подтверждает отсутствие дефектов в исследованных образцах кристаллов с различной концентрацией активных центров.

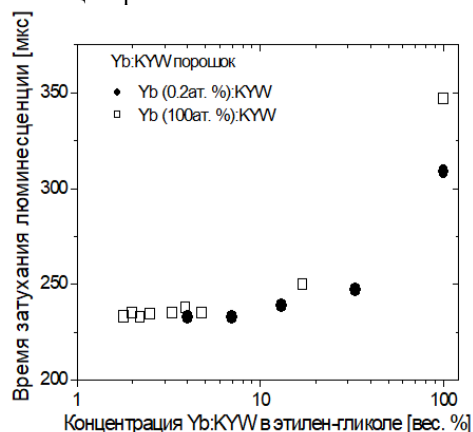


Рисунок 3 – Зависимость времени затухания люминесценции в порошке кристалла $Yb:KYW$ от весовой концентрации порошка в этиленгликоле

Литература

1. Crystal growth, optical and spectroscopic characterisation of monoclinic $KY(WO_4)_2$ co-doped with Er^{3+} and Yb^{3+} / X. Mateos [et al.] // Optical Materials. – 2006. – Vol. 28, № 4. – P. 423–431.
2. Biswal, S. Thermo-optical parameters measured in ytterbium-doped potassium gadolinium tungstate / S. Biswal, S. P. O'Connor, S. R. Bowman // Appl. Opt. – 2005. – Vol. 44, № 15. – P. 3093–3097.