

Рисунок 4 – Спектр поглощения кристалла $\text{Cr}^{3+}(0,1\%):\text{BeAl}_2\text{O}_4$ для E//a поляризации излучения

Для образцов, спектры которых представлены на рисунках, содержание ионов трехвалентного хрома составляло около 0,135 ат. %.

Две наиболее интенсивные полосы поглощения, интересные с точки зрения организации диодной накачки, наблюдаются на длине волны около 600 нм для поляризации излучения параллельной оси b кристалла с пиковым значением около 7 см^{-1} и на длине волны около 420 нм для

поляризации излучения параллельной оси a кристалла с пиковым значением около $9,4\text{ см}^{-1}$.

При снижении концентрации ионов Cr^{3+} до 0.1 ат.% наблюдается пропорциональное снижение коэффициентов поглощения в кристаллах. Поляризованные спектры поглощения образца представлены на рис. 4.

Для диодной накачки наибольший интерес представляет E//b поляризация, так как в данной области имеются коммерчески доступные источники полупроводниковой накачки с длинами волн генерации в области 638 нм на соединениях AlGaInP. Коэффициенты поглощения в данной спектральной области снижается до $2,9\text{ см}^{-1}$. Использование полосы поглощения в спектральной области около 420 нм ограничено отсутствием подходящих источников полупроводниковой накачки, а также значительным увеличением относительного Стоксового сдвига между длинами волн накачки и генерации, что существенно снижает максимальные эффективности генерации и увеличивает тепловую нагрузку в активном элементе.

УДК 621.375.826

КРИСТАЛЛЫ $\text{Yb:KY}(\text{WO}_4)_2$ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ИОНОВ ИТТЕРБИЯ: РОСТ И СПЕКТРАЛЬНО-КИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Кисель В.Э.¹, Горбаченя К.Н.¹, Руденков А.С.¹, Гурецкий С.А.², Кулешов Н.В.¹

¹Научно-исследовательский центр оптических материалов и технологий БНТУ

²ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Рассмотрены особенности роста кристаллов двойных вольфраматов с высоким содержанием трехвалентных ионов иттербия. Исследована зависимость времени жизни возбужденного состояния $^2\text{F}_{5/2}$ ионов Yb^{3+} в зависимости от содержания активных центров в кристалле с учетом эффектов перепоглощения.

Ключевые слова: кристаллы двойных вольфраматов, трехвалентные ионы иттербия, кинетика затухания люминесценции.

HEAVILY-DOPED $\text{Yb:KY}(\text{WO}_4)_2$ CRYSTALS: GROWTH AND SPECTRAL-LUMINESCENT PROPERTIES

Kisel V.¹, Gorbachenya K.¹, Rudenkov A.¹, Guretskii S.², Kuleshov N.¹

¹Center for Optical Materials and Technologies of BNTU

²SSPA “Scientific-Practical Materials Research Centre of NAS of Belarus”

Minsk, Belarus

Abstract. Features of highly Yb^{3+} -doped double tungstate crystals growth were discussed. Lifetime measurements of $^2\text{F}_{5/2}$ upper laser level were investigated in dependence on Yb^{3+} content in the crystal taking into account reabsorption effects.

Key words: double tungstate crystals, trivalent ytterbium ions, luminescence decay kinetics.

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

e-mail: VEKisel@bntu.by

Кристаллы калий-иттриевого ($\text{KY}(\text{WO}_4)_2$) вольфрамата относятся к ряду двойных калий-редкоземельных вольфраматов. Кристаллы являются моноклинными с пространственной группой симметрии $C_{2h}^6 - C2/c$. Параметры эле-

ментарной кристаллической ячейки: $a = 8,05\text{ \AA}$, $b = 10,33\text{ \AA}$, $c = 7,54\text{ \AA}$, $\beta = 94^\circ$. Ионы Yb^{3+} замещают в данных соединениях ионы Y^{3+} в позициях с локальной симметрией C_2 . Образцы монокристаллов были выращены путем кристаллиза-

ции из раствора в расплаве $K_2WO_4+WO_3$ модифицированным методом Чохральского. В качестве шихты использовался окисел редкоземельного элемента. Были получены образцы высокого оптического качества с содержанием ионов Yb^{3+} от 0,2 ат. % до 100 ат. % по отношению к ионам Y^{3+} . С оптической точки зрения кристаллы являются двуосными. Главные значения показателей преломления кристалла $Yb^{3+}:KY(WO_4)_2$ на длине волны 1030 нм составляют: $n_g = 2,017$, $n_m = 1,982$, $n_p = 1,946$ [1]. Теплопроводность кристаллов составляет около $3,5 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}^{-1}$ вдоль оси оптической индикатрисы N_g , $3,0 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}^{-1}$ вдоль N_m и $2,5 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}^{-1}$ вдоль N_p [2].

Спектры поглощения измерялись для кристалла $Yb:KY(WO_4)_2$ 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. Спектры для кристалла $Yb(5 \text{ ат. \%}):KY(WO_4)_2$ представлены на рис. 1. Измерения проводились на спектрофотометре CARY 5000, спектральное разрешение составляло 0,2–0,4 нм. В спектрах поглощения для поляризации $E//N_m$ наблюдается сильная полоса с максимумом на длине волны 981,2 нм, полушириной около 3,5 нм. Максимальный коэффициент поглощения для кристалла $Yb(5 \text{ ат. \%}):KY(WO_4)_2$ составлял около 50 см^{-1} . При снижении или повышении концентрации наблюдалось пропорциональное концентрации изменение коэффициентов поглощения.

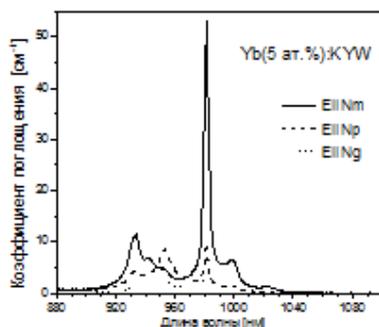


Рисунок 1 – Поляризованные спектры поглощения кристалла $Yb(5 \text{ ат. \%}):KYW$: $E//N_m$ (сплошная линия), $E//N_p$ (штриховая линия), $E//N_g$ (пунктирная линия)

Для записи кинетик затухания люминесценции с характерными временами более 100 нс использовалась экспериментальная установка, построенная на основе Nd:YAG лазера с модулированной добротностью, третьей гармоникой (355 нм) которого накачивался параметрический генератор света на основе нелинейных кристаллов ВВО. Длительность импульса возбуждения составляла около 15 нс. Излучение люминесценции собиралось объективом с поверхности образца и проходило через монохроматор МДР-12.

Регистрация сигнала проводилась InGaAs фотоприемником с постоянной времени $<5 \text{ нс}$ и цифровым осциллографом Tektronics TDS3052B с полосой пропускания 500 МГц. Данные собирались и усреднялись по 50-ти измерениям для каждого образца. Относительная погрешность измерений составила менее 5 %.

Перекрытие полос поглощения и люминесценции в материалах, легированных трехвалентными ионами иттербия приводит к необходимости корректного учета эффектов перепоглощения излучения люминесценции для получения достоверной информации о времени жизни возбужденного состояния ионов иттербия $^2F_{5/2}$ в различных матрицах [3, 4]. В работе измерения кинетик затухания люминесценции ионов Yb^{3+} проводилось с использованием кристаллического порошка, помещенного в иммерсионную жидкость для снижения влияния эффекта полного внутреннего отражения. В качестве иммерсионной жидкости использовался глицерин, являющийся прозрачным в спектральной области около 1 мкм и имеющий показатель преломления $n = 1,4633$ на длине волны $\lambda = 1030 \text{ нм}$. Размеры частиц порошка не превышали 5–70 мкм и были заведомо меньше длины поглощения ($1/\alpha$) в кристалле для конкретной длины волны возбуждающего излучения.

Измерения проводились 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. 2.

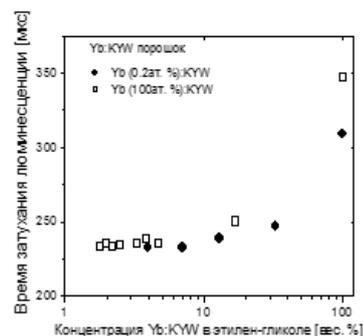


Рисунок 2 – Зависимость времени затухания люминесценции в порошке кристалла $Yb:KYW$ от весовой концентрации порошка в этиленгликоле

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 концен-

традиционного тушения люминесценции в кристаллах калий-иттриевого вольфрамата и, соответственно, о высоком качестве кристаллов в широком диапазоне концентраций активных центров.

Проведены кинетические измерения времени жизни возбужденного состояния трехвалентных ионов иттербия в кристаллах калий-иттриевого вольфрамата, установлено отсутствие концентрации тушения люминесценции для содержания ионов Yb^{3+} до 100 ат. % в кристалле.

Литература

1. Crystal growth, optical and spectroscopic characterisation of monoclinic $\text{KY}(\text{WO}_4)_2$ 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.

3. Sumida, D. S. Effect of radiation trapping on fluorescence lifetime and emission cross section measurements in solid-state laser media / D. S. Sumida, T. Y. Fan // Opt. Lett. – 1994. – Vol. 19, № 17. – P. 1343–1345.

4. Kühn, H. Model for the calculation of radiation trapping and description of the pinhole method / H. Kühn [et al.] // Opt. Lett. – 2007. – Vol. 32, № 13. – P. 1908–1910.

УДК 681.7.023.72

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПЛОСКОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Козерук А.С., Диас Гонсалес Р.О., Кузнецик В.О., Павлюковец Е.Ю., Судников Г.А., Али-заде Э.Т.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Рассмотрена кинематика относительного движения инструмента и правильника без осцилляции верхнего звена, при этом скольжение сопряженных поверхностей имеет место благодаря вращению инструмента и правильника, установленных с определенным эксцентриситетом. Получено выражение для определения скорости скольжения в любой точке контакта сопряженных поверхностей.

Ключевые слова: схема обработки, регулировка движения, плоскостность инструмента, скорость скольжения, равномерное срабатывание.

MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS OF FORMATION OF A FLAT TOOL FOR PROCESSING CONICAL SURFACES

Kozeruk A., Diaz Gonzalez R., Kuznechik V., Pavlyukovets E., Sudnikov G., Ali-zade E.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Belarus*

Annotation. The kinematics of the relative movement of the tool and the straightener without oscillation of the upper link is considered, while the sliding of the mating surfaces takes place due to the rotation of the tool and straightener, installed with a certain eccentricity. An expression is obtained for determining the sliding speed at any point of contact of mating surfaces.

Key words: processing scheme, motion control, tool flatness, sliding speed, uniform response.

Адрес для переписки: Козерук А.С., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: kozeruk@bntu.by

Процесс формообразования конических поверхностей оптических деталей методом свободного притира основан на копировании заготовкой детали рабочей поверхности инструмента. Следовательно, для получения конических изделий надлежащего уровня качества должна быть организована непрерывная правка изборожденной рабочей поверхности инструмента и обеспечена необходимая ее плоскостность. Для разработки инженерных методов управления процессом формообразования исполнительной поверхности инструмента требуется моделирование процесса формообразования плоских поверхностей.

Рассмотрим обработку плоских деталей без осцилляции верхнего звена (рис. 1). Относительное движение сопряженных поверхностей в этом случае имеет место благодаря вращению инструмента и правильника вокруг своих осей, установленных с эксцентриситетом e [1].

Пусть верхнее звено вращается с угловой скоростью ω_B , нижнее – ω_H . В зоне контакта инструмента и правильника выберем произвольную точку M (рис. 1, б) и проведем через нее окружности на рабочих поверхностях нижнего и верхнего звеньев радиусами r_H и r_B соответственно.

Векторы линейных скоростей \vec{v}_H и \vec{v}_B движения нижнего и верхнего звеньев в данной точке равны

$$\vec{v}_H = \vec{\omega}_H \vec{r}_H, \quad (1)$$

$$\vec{v}_B = \vec{\omega}_B \vec{r}_B. \quad (2)$$

Вектор скорости относительного скольжения \vec{v} в точке M представим в виде

$$\vec{v} = \vec{v}_H - \vec{v}_B, \quad (3)$$

или

$$\vec{v} = \vec{v}_B - \vec{v}_H. \quad (4)$$