

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАЗЕРНОГО КРИСТАЛЛА $\text{Er}^{3+}:\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$

Гусакова Н.В., Демеш М.П., Ясюкевич А.С., Кисель В.Э., Кулешов Н.В., Курильчик С.В., Руденков А.С., Ивашко А.М.

НИЦ Оптических материалов и технологий, Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В последнее время все больше внимания уделяется исследованию лазерных кристаллов с частично разупорядоченной атомной структурой. Такой интерес обусловлено тем, что неоднородно уширенные полосы в спектрах поглощения позволяют снизить требования к стабильности длины волны источника накачки. Неоднородно уширенные полосы в спектрах люминесценции, делают потенциально возможным получение перестраиваемой лазерной генерации, а так же генерацию ультра коротких импульсов в режиме синхронизации мод.

Хотя кристаллы двойных молибдатов давно известны в качестве лазерных сред, представленные в литературе, на сегодняшний день, данные в работах [1],[2], по спектроскопическим свойствам, кристалла $\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$, активированного Er^{3+} являются неполными и требуют уточнения и проведения ряда дополнительных исследований.

$\text{Er}^{3+}:\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ принадлежит к структурному типу шеелита и является одноосным кристаллом. Концентрация ионов активаторов Er^{3+} в исследуемом кристалле составляла 0.14 ат.%. В настоящей работе исследовались спектроскопические свойства межмультиплетных переходов $^4\text{I}_{15/2} \rightarrow ^4\text{I}_{11/2}$ и $^4\text{I}_{15/2} \rightarrow ^4\text{I}_{13/2}$, интересных с точки зрения практического применения данного кристалла в качестве активной среды для твердотельных лазеров, излучающих в области 1.5 мкм. Вследствие анизотропии оптических свойств кристалла $\text{Er}^{3+}:\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$, спектры поглощения и люминесценции измерялись в поляризованном свете с ориентацией поляризации падающего излучения параллельно ($E \parallel c$) и перпендикулярно ($E \perp c$) оптической оси, π и σ поляризация, соответственно. Спектры поглощения кристалла $\text{Er}^{3+}:\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ в поляризованном свете регистрировались на двухлучевом спектрофотометре Cary-5000 при комнатной температуре в спектральных диапазонах: 930-1050 нм, 1400-1650 нм. Вследствие структурной разупорядоченности кристалла $\text{Er}^{3+}:\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ спектры поглощения характеризуются широкими полосами (рис.1). Наблюдается анизотропия поглощения, наиболее интенсивной в обоих случаях является полоса соответствующая π -поляризации.

Спектры люминесценции в спектральном диапазоне 1430-1680 нм, измеренные при комнатной температуре представлены на рис. 2. Для

возбуждения люминесценции использовался полупроводниковый лазер с длиной волны 0.9 мкм.

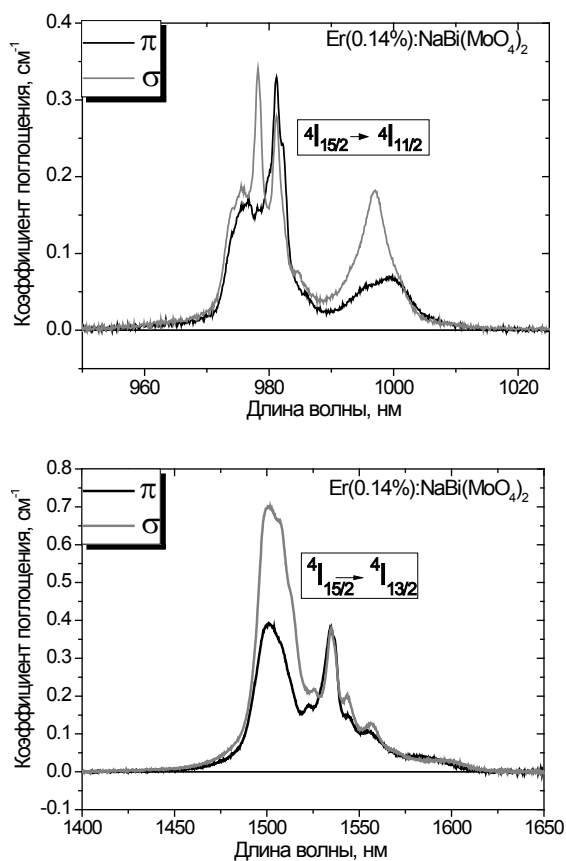


Рисунок 1 – Спектры поглощения кристалла $\text{Er}^{3+}:\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$

Спектр люминесценции характеризуется широкими слабоструктурированными полосами. В ходе проведения измерений наблюдалась достаточно интенсивная видимая люминесценция в зеленой области спектра, соответствующая переходу $^4\text{S}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ иона Er^{3+} . Данный ап-конверсионный процесс является паразитным для получения генерации в области 1.5 мкм.

Кинетические люминесцентные измерения в кристалле $\text{Er}^{3+}:\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ проводились с целью изучения динамики возбужденного состояния $^4\text{I}_{13/2}$ ионов эрбия. Возбуждение люминесценции производилось в монокристалле. При исследовании кинетики затухания люминесценции с уровня $^4\text{I}_{13/2}$ возбуждение осуществлялось

на длине волны 980 нм излучением параметрического генератора частоты (LOTIS ТП LT-2214) с длительностью импульсов излучения ≈ 20 нс, накачиваемого третьей гармоникой импульсного Nd:YAG лазера (LOTIS ТП LS-2137). После возбуждения ${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$ следовал процесс быстрой релаксации ${}^4I_{11/2} \rightarrow {}^4I_{13/2}$ с последующим накоплением электронов на долгоживущем уровне ${}^4I_{13/2}$ и релаксацией на основной энергетической уровень с излучением фотона с длиной волны порядка 1.5 мкм. На рис. 3 и 4 представлены два участка зарегистрированной с уровня ${}^4I_{13/2}$ кинетики люминесценции: разгорание (рис.3) и затухание (рис.4). Разгорание и затухание люминесценции в обоих случаях носило моноэкспоненциальный характер с постоянными времени около 110 мкс и 4.1 мс соответственно. Таким образом время жизни верхнего лазерного уровня ${}^4I_{13/2}$ составило 4.1 мс. Необходимым условием эффективного заселения верхнего лазерного уровня ${}^4I_{13/2}$ является быстрая релаксация возбуждений с уровня ${}^4I_{11/2}$. В данном случае, разгорание люминесценции позволяет дать лишь оценочное значение времени жизни $\tau({}^4I_{11/2}) \approx 110$ мкс.

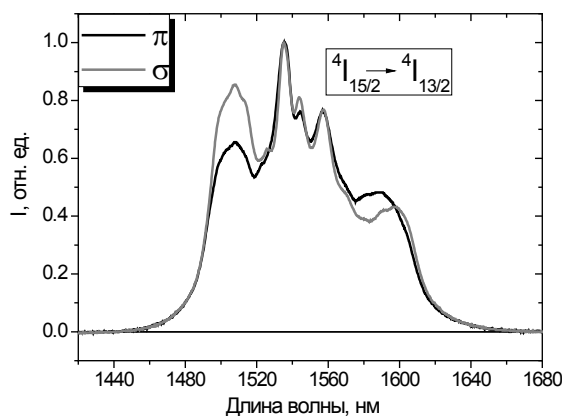


Рисунок 2 – Спектры люминесценции кристалла $\text{Er}^{3+}:\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$

В результате проведенных спектроскопических исследований было определено, что кристалл $\text{Er}^{3+}:\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ обладает широкими полосами поглощения ~ 20 нм в области 0.9 мкм и люминесценции в области 1.5 мкм, сравнительно большим временем жизни возбужденного состояния ${}^4I_{13/2}$ 4.1 мс. Таким образом исследуемый кристалл является перспективным лазерным ма-

териалом для создания систем генерирующих фемтосекундные импульсы.

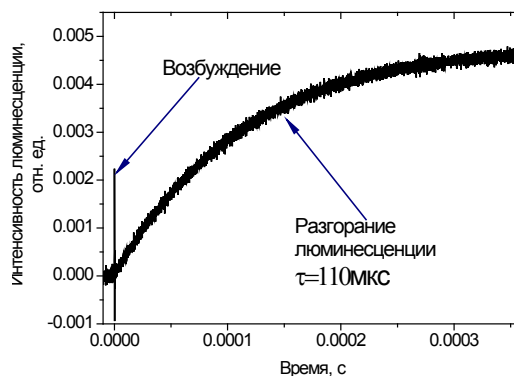


Рисунок 3 – Профиль участка разгорания сигнала люминесценции кристалла $\text{Er}^{3+}:\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ в области около 1.5 мкм

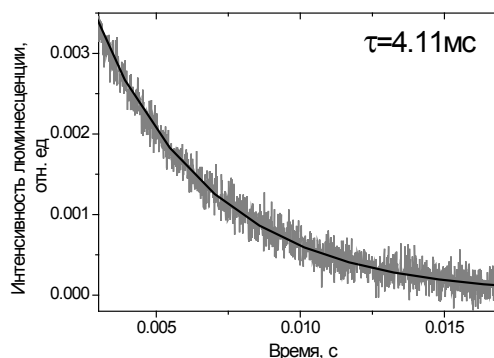


Рисунок 4 – Кинетика затухания люминесценции кристалла $\text{Er}^{3+}:\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$ в области около 1.5 мкм.

1. Volkov, V. Preparation and properties of disordered $\text{NaBi}(\text{XO}_4)_2$, $\text{X}=\text{W}$ or Mo , crystals doped with rare earths / V. Volkov, M. Rico, A. Mendez-Blas, C. Zaldo // Journal of Physics and Chemistry of solids, 63, 2002, 95-105.
2. Cascales, C. The optical spectroscopy of lanthanides R^{3+} in $\text{ABi}(\text{XO}_4)_2$ ($\text{A}=\text{Li}, \text{Na}$; $\text{X}=\text{Mo}, \text{W}$) and $\text{LiYb}(\text{MoO}_4)_2$ multifunctional single crystals: Relationship with the structural local disorder / C. Cascales // Optical materials, 27, 2005, 1672-1680.