

ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСНОВЕ Er,Yb:Y₂GdVO₄

Ю. А. Варакса, Г. В. Синицын, М. А. Ходасевич, Н. Н. Шерешовец

Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск

E-mail: y.varaxa@ifanbel.bas-net.by

При проведении прецизионных биомедицинских манипуляций с помощью лазерной техники очень важно иметь возможность контролировать температуру облучаемой зоны в режиме реального времени. Например, эндовазальная лазерная коагуляция кровеносных сосудов на сегодняшний день производится пошагово с воздействием на каждую зону излучением мощностью до 20 Вт в течение 1–2 с и смещением зоны облучения на 1–2 см. Разброс параметров лазерной технологии хирургического лечения может быть сужен для конкретного пациента путем контроля температуры коагулируемой зоны в процессе проведения процедуры. Один из путей решения этой проблемы — использование флуоресцентного температурного датчика на основе среды, активированной ионами редкоземельного элемента, измеряющего отношение мощностей флуоресценции с двух температурно связанных уровней энергии [1]. Для такого вида датчиков характерны более высокая чувствительность, чем у других видов флуоресцентных датчиков, независимость от флуктуаций уровня сигнала накачки и более простая схмотехника детектирующей электроники, чем у датчиков на основе времени затухания флуоресценции [2].

Ранее [3] нами были численно промоделированы чувствительность и погрешность измерения температуры датчиками на основе свинцово-фторидной нанокерамики, активированной ионами эрбия. В представленной работе проведено экспериментальное моделирование флуоресцентного температурного датчика на основе иттрий-гадолиниевого ванадата, содопированного ионами эрбия (0,6 %) и иттербия, измеряющего отношение мощностей флуоресценции с двух (²H_{11/2} и ⁴S_{3/2}) температурно связанных уровней энергии эрбия. Для накачки применялся лазерный диод ML-151 («Милон», Россия) с волоконным выводом, генерирующий при протекающем токе 1,5 А неполяризованное излучение оптической мощностью 1 Вт, спектр которого имеет пиковую структуру с максимумом около 967 нм. Температура кристалла контролировалась с точностью до 0,1 С с помощью печи PV10 («Conversion Ltd», Англия) с температурным контроллером TS-200 («Thorlabs», США). Спектры зеленой флуоресценции ионов эрбия регистрировались спектрометром S-100 («Солар ЛС», Беларусь) с усреднением по 20 отсчетам длительностью 7 мс в режиме вычитания темнового шума. Характерная нестабильность величины интенсивности составляла 2 относительные единицы при ве-

личине сигнала от 300 до 1000 относительных единиц. На рис. 1, *a* представлены два участка измеренных спектров флуоресценции, характеризующиеся противоположными температурными зависимостями (с ростом температуры интенсивность флуоресценции в полосе с пиком на 522,6 нм падает, а 529,0 нм — растет). В диапазоне от комнатной температуры (27 °С) до 50 °С измерения проводились при росте поддерживаемой в печи температуры, далее температура поднималась выше 100 °С и подогрев печи выключался. На рис. 1, *б* представлено отношение экспериментально зарегистрированных интенсивностей флуоресценции в пиках указанных выше полос (с указанием погрешности измерений) в зависимости от температуры в печи и регрессия полиномом второй степени с биквадратными весовыми коэффициентами. Вблизи 50 °С смена направления изменения температуры привела к броску погрешности измерения, и точки, соответствующие 51 °С и 52 °С изъяты из данных.

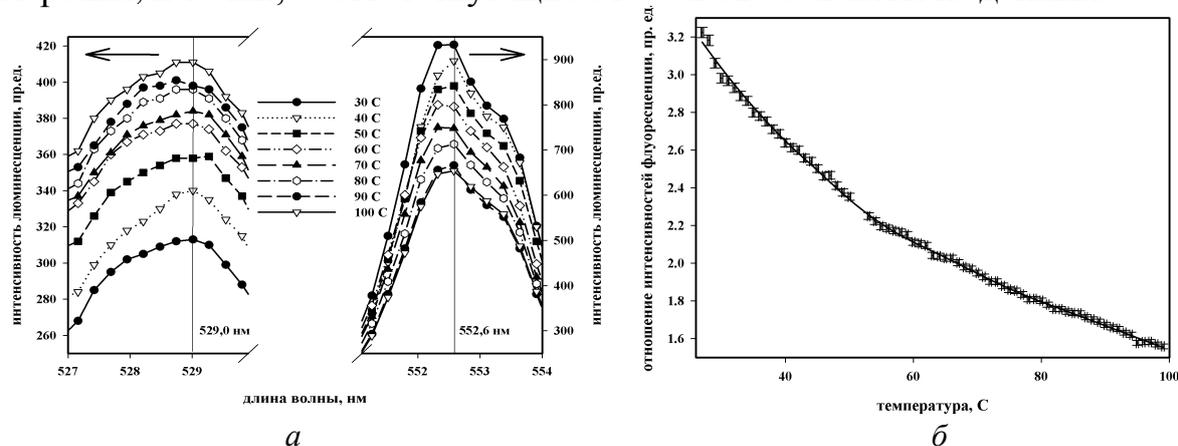


Рис. 1. Спектры флуоресценции Er,Yb:YGdVO_4 в зеленой области (*a*) и отношение интенсивности флуоресценции на длинах волн 552,6 нм и 529,0 нм (*б*) в зависимости от температуры в печи

Видно, что применение Er,Yb:YGdVO_4 в качестве активной среды флуоресцентного датчика позволило определить температуру в диапазоне до 100 °С с точностью не хуже 0,2 °С. Следует отметить также потенциальную возможность определения температуры лазерных эрбиевых сред в процессе лазерной генерации с помощью предварительно измеренного отношения интенсивности полос флуоресценции в зеленой области спектра. Это требует повышения верхней границы рассматриваемого температурного диапазона, что будет выполнено в дальнейшем.

1. Wade S. A., Collins S. F., Baxter G. W. // Journal of Applied Physics. 2003. V. 94. P. 4743–4756.
2. Rai V. K. // Applied Physics B. 2007. V. 88. P. 297–303.
3. Абдрашин А. Н, Асеев В. А., Варакса Ю. А. и др. // Научные стремления-2011: Матер. Международной научно-практической конференции. Мн.: Белорусская наука, 2011. С. 563–566.