**Сенсор температуры на основе одиночной апконверсионной частицы NaYF4:Yb/Er**

***Митюшкин Е.О. 1,2, Леонтьев А.В. 1, Нуртдинова Л.А. 1, Шмелев А.Г. 1,2, Жарков Д.К. 1, Нургазизов Н.И. 1, Чукланов А.П. 1, Никифоров В.Г. 1,2***

*Студент, 2 курс магистратуры*

*1Казанский физико-технический институт КазНЦ РАН, Казань, Россия*

*2Казанский (Приволжский) федеральный университет,*

*институт физики, Казань, Россия*

*E-mail: m1tyushck1n@yandex.ru*

Апконверсия фотонов относится к антистоксовому процессу излучения, при котором два или более фотона с низкой энергией преобразуются в один фотон с высокой энергией [1]. Материалы с апконверсией, вызывают особый интерес в области биологии и медицины, благодаря их способности преобразовывать ближний инфракрасный свет, находящийся в области оптической прозрачности биологических тканей, в видимое излучение [2]. В частности, перспективным направлением является использование апконверсионных частиц в качестве зондов для люминесцентной термометрии. Для осуществления наименее инвазивного мониторинга температуры наиболее предпочтительны одиночные частицы-сенсоры [3]. Однако люминесцентный отклик больших ансамблей частиц и отдельных частиц отличается из-за различий в плотности мощности возбуждения, связанных с использованием сканирующей конфокальной микроскопии для последних [4]. Высокая интенсивность лазерной накачки (106 Вт/см²) влияет на переходные процессы между редкоземельными ионами, вызывая эффекты насыщения и локального нагрева [5], что необходимо учитывать при разработке сенсоров температуры на основе одиночных апконверсионных частиц.

В данной работе рассматривается потенциал применения одиночных апконверсионных микрочастиц NaYF4:Yb,Er, имеющих форму стержней с размерами 1.9 мкм на 0.15 мкм, в качестве люминесцентных температурных сенсоров. Изготовление образца для спектроскопии одиночных частиц было выполнено при помощи техники атомно-силового микроскопа. Исследования фазового состава, размера, морфологии, люминесцентных свойств и температурной чувствительности эмиссии частиц NaYF4:Yb,Er проводились с помощью рентгеноструктурного анализа, сканирующей электронной и конфокальной люминесцентной микроскопии. В работе анализируется влияние поляризации и мощности возбуждающего излучения на интенсивность, форму спектра люминесценции частиц и их фотостабильность. Также обсуждаются особенности калибровки и применения одиночных сенсоров температуры

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 23-42-10012, https://rscf.ru/project/23-42-10012/), государственного задания ФИЦ КазНЦ РАН и Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашения 075-02-2024-1503 от 29.02.2024 и 075-15-2024-624 от 07.12.2024).*

**Литература**

1. N. Bloembergen. Solid state infrared quantum counters // Phys. Rev. Lett., 1959. Vol. 2. P. 84-85.

2. C. Gao, P. Zheng, Q. Liu, S. Han, D. Li, S. Luo, H. Temple, C. Xing, J. Wang, Y. Wei, T. Jiang, W. Chen. Recent advances of upconversion nanomaterials in the biological field // Nanomaterials, 2021. Vol. 11. P. 2474.

3. J. Zhou, A.I. Chizhik, S. Chu, D. Jin. Single-particle spectroscopy for functional nanomaterials // Nature, 2020. Vol. 579. P. 41-50.

4. A.V. Leontyev, L.A. Nurtdinova, E.O. Mityushkin, A.G. Shmelev, D.K. Zharkov, A.P. Chuklanov, N.I. Nurgazizov, V.G. Nikiforov. Polarized luminescence in single upconversion NaYbF4:Er rods // New J. Chem., 2024. Vol. 48. P. 14029-14038.

5. H. Dong, L.D. Sun, C.H. Yan. Upconversion emission studies of single particles // Nano Today, 2020. Vol. 35. P. 100956.