Материалы для люминесцентной термометрии на основе тетрафторидов лантанидов

Лунякина В. Р., Целых Л. О.

Студент, 1 курс бакалавриата

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
факультет наук о материалах, Москва, Россия

*E-mail: lunyakinavasilisa@yandex.ru*

Температура – один из наиболее часто измеряемых параметров как в науке, так и в повседневной жизни. В настоящее время существует большое количество термометров, основанных на разном принципе действия. Однако привычные контактные методы измерения не всегда оказываются удобными для применения в труднодоступных местах, на быстро движущихся объектах. Так, например, при измерении температуры в небольших системах субмикронного масштаба, неэффективными оказываются контактные термометры, поскольку их размер в разы превышает размер исследуемого объекта [1]. Кроме того, отдельная задача – измерение высоких температур удаленно, где использование бесконтактных пирометров, которые измеряют температуру среды между объектом и прибором, не позволяет точно определить температуру. Избежать данные проблемы возможно с помощью использования люминесцентных термометров.

Люминесцентная термометрия – один из наиболее точных методов, работающих удалённо; у него высокая температурная чувствительность и малое время обнаружения даже в сильных электромагнитных полях и на быстро движущихся объектах. Для того, чтобы люминесцентный термометр точно и качественно работал, необходимо наличие высокой фотохимической и термической устойчивости. Соединения лантанидов являются одними из наиболее перспективных материалов для этих применений ввиду узких эмиссионных полос люминесценции с постоянным положением в спектре, высоких квантовых выходов и длительных времен жизни, а также температурно-зависимых внутрисистемных переносов энергии. Кроме того, наличие полос люминесценции нескольких ионов лантанидов в спектре позволит создать термометр, не требующий дополнительной калибровки при измерениях, поскольку в качестве температурно-зависимого параметра используется LIR (luminescence intensity ratio) – соотношение полос люминесценции ионов лантанидов (I1, I2) (1). Температурная чувствительность люминесцентного термометра (Sr) вычисляется из формулы (2) [2].

$LIR=\frac{I1}{I2}$ (1)

$S\_{r}=\frac{1}{LIR}×\frac{dLIR}{dT}×100\%$ (2)

В качестве объекта исследования была выбрана матрица β-NaYF4 ввиду её высокой термической устойчивости – до 300 °C, а для обеспечения люминесценции она была легирована ионами лантанидов: Er3+, Yb3+, Nd3+, Tm3+ [3]. Образец β-NaYF4, легированный иттербием и эрбием, проявляет люминесценцию Er3+ и Yb3+,при этом обладает температурно-зависимой ап-конверсией и даун-шифтингом; поэтому данный образец может стать основой для создания люминесцентного термометра.

**Литература**

1. Brites C. D. S., Millán A., Carlos L. D. Lanthanides in Luminescent Thermometry. 2016. P. 339-427.

2. Runowski M. et al. Upconverting Lanthanide Fluoride Core@Shell Nanorods for Luminescent Thermometry in the First and Second Biological Windows: β-NaYF 4: Yb3+ - Er3+ @SiO2 Temperature Sensor // ASC Appl Mater Interfaces. 2019. Vol. 11, №14. P. 13389-13396/

3. Fan S. et al. Efficient dual-mode up-conversion and down-shifting emission in β-NaYF 4: Yb3+, Er3+ microcrystals via ion exchange // Journal of the American Ceramic Society. 2017. Vol. 100, №7. P. 3061-3069.