**Влияние частичного замещения ионов алюминия и галлия ионами скандия на процессы переноса энергии в кристаллах гранатов**

***Федюнин Ф.Д.***

*Аспирант*

*МГУ имени М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия*

*E–mail: fedyuninfd@my.msu.ru*

Кристаллы гранатов Gd3Al5-xGaxO12, легированные ионами Ce3+, являются перспективными сцинтилляционными материалами для применения в экспериментах физики высоких энергий, космических исследованиях и медицине [1-3]. Данные кристаллы привлекают внимание благодаря комбинации таких свойств как высокие значения плотности и светового выхода, хорошего энергетического разрешения, радиационной стойкости и химической стабильности. Кристаллы Gd3Al3Ga2O12:Ce обладают наиболее высоким световым выходом до 60000 фот/МэВ и являются наиболее перспективными для использования в качестве сцинтилляторов [3-6].

Существенной проблемой Gd3Al5-xGaxO12:Ce3+ является наличие медленных компонент в кинетике затухания люминесценции церия (τ > 100 нс), что негативно влияет на сцинтилляционные свойства данного материала. Эти медленные компоненты связаны как с возможностью промежуточной локализации носителей заряда на мелких ловушках, так и с наличием промежуточного этапа переноса энергии к центрам свечения Ce3+ через 4f состояния гадолиния.

Целью данной работы является изучение влияния частичного замещения ионов алюминия и галлия ионами скандия на процессы переноса энергии к центрам люминесценции (Ce3+).

Монокристаллы с номинальным составом Gd3Ga3Al2O12 (GAGG), Gd2.97Ce0.03Ga3Al2O12 (GAGG:Ce) и Gd2.97Ce0.03Ga2.5Sc1Al1.5O12 (GASGG:Ce) были выращены в Фомос-Материалс методом Чохральского в иридиевых тиглях в атмосфере O2.

Были проведены измерения спектров люминесценции, и возбуждения люминесценции Ce3+ и Gd3+ в температурном диапазоне 7-300 К. Измерения спектров возбуждения проведены в широкой энергетической области от 4.5 эВ до 45 эВ. Анализ спектров возбуждения свечения Ce3+ и Gd3+ в кристаллах GAGG, GAGG:Ce показал, что ионы Ce3+ образуют дополнительный канал переноса энергии, конкурирующий с процессом переноса энергии на центры Gd3+. Перенос энергии на Ce3+ в GAGG:Ce происходит через промежуточный этап формирования гадолиниевого (GdCT) или цериевого (CeCT) экситонов c переносом заряда. Прямая передача энергии от GdCT на церий имеет низкую эффективность. Из разделенных электрон-дырочных пар могут образоваться как GdCT, так и CeCT, при этом вероятность создания GdCT уменьшается, а CeCT – увеличивается с ростом расстояния разлета электрона и дырки.

Частичное замещение катионов алюминия и галлия ионами скандия сопровождается уменьшением ширины запрещенной зоны на 0.15 эВ, поскольку 3d-состояния скандия располагаются на дне зоны проводимости. При этом создается дополнительный канал переноса энергии через экситоны с переносом заряда ScCT, конкурирующий с переносом от GdCT. Подавляется экситонный пик GdCT в спектре возбуждения люминесценции гадолиния в GASGG:Ce. Однако, первый пик в спектре возбуждения люминесценции церия становится более выраженным. Таким образом, добавление Sc в GAGG:Ce приводит в увеличению относительной интенсивности люминесценции церия, что может привести к улучшению сцинтилляционных свойств данного материала.

Автор выражает благодарность за поддержку Фонду развития теоретической физики и математики «Базис». Автор выражает благодарность Спасскому Д.А. за помощь в проведении измерений.

**Литература**

1. Lecoq P. Development of new scintillators for medical applications // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A: – 2016. – Т. 809. – С. 130-139.
2. Alenkov V. et al. Irradiation studies of a multi-doped Gd3Al2Ga3O12 scintillator // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A. 2019. V. 916. P. 226-229.
3. Yoneyama M. et al. Evaluation of GAGG: Ce scintillators for future space applications //Journal of Instrumentation. 2018. V. 13 (02). –P. P02023.
4. Korzhik M. et al. Ce-doped Gd3Al2Ga3O12 scintillator for compact, effective and high time resolution detector of the fast neutrons // arXiv preprint arXiv:1807.06390. 2018.
5. Dilillo G. et al. Space applications of GAGG: Ce scintillators: a study of afterglow emission by proton irradiation // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B. 2022. V. 513. P. 33-43.
6. Sakano M. et al. Estimating the radiative activation characteristics of a Gd3Al2Ga3O12: Ce scintillator in low earth orbit //Journal of Instrumentation. – 2014. V. 9 (10). P. P10003.