Катодолюминесценция микрокристаллов CdZnSSe в стекле

Юрьева Т.В.¹, Малыхин С.А.^{2,3}, Кудрявцев А.А.⁴, Афанасьев И.Б.⁵, Кадикова И.Ф.¹,
Морозова Е.А.^{1,6}, Юрьев В.А.⁷

¹ ГОСНИИР, 107114, Москва, ул. Гастелло, 44, стр. 1

² ФИАН, 119991, Москва, Ленинский пр., 53

³ МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 2

⁴ ООО «Тескан», 195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., 11А, офис 112, п/я 24

⁵ ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России, 109028, Москва, Хохловский пер., 13, стр. 2

⁶ ИОНХ РАН, 119991, Москва, Ленинский пр., 31

⁷ ИОФ РАН, 119991, Москва, ул. Вавилова, 38

DOI 10.34077/Semicond2019-68

Представлены результаты исследования краевой катодолюминесценции (КЛ) микрокристаллов CdZnSSe, синтезированных в процессе плавки силикатного стекла с высоким содержанием ZnO. При исследовании с помощью РЭМ красного цинкового стекла [1], изготовленного во второй половине XIX в., предположительно, в Богемии, в нем были обнаружены кристаллические включения гексагональной сингонии размером менее 1 мкм, состоящие из Cd, Zn, S и Se. С помощью дифракции отраженных электронов РЭМ эти кристаллиты были идентифицированы как $\text{Cd}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{S}_{0.5}\text{Se}_{0.5}$ с решеткой типа вюрцита (пространственная группа $R\bar{6}3mc$ (186); $a = 4.052 \text{ \AA}$, $c = 6.817 \text{ \AA}$) [1,2,3]. Данные кристаллиты демонстрируют яркую экситонную катодолюминесценцию (рис. 1), положение пика которой варьируется в различных кристаллах от 2.00 до 2.03 эВ при 300 К и от 2.02 до 2.06 эВ при 80 К, что, вероятно, обусловлено незначительными вариациями элементного состава отдельных кристаллов (полоса с максимумом вблизи 3.1 – 3.2 эВ, вероятно, относится к люминесценции ZnO, растворенного в стекле, окружающем CdZnSSe). Из спектров КЛ была оценена производная dE_g/dT ширины запрещенной зоны CdZnSSe; ее значение вблизи 300 К лежит в пределах от -2.5×10^{-4} до 0 эВ/К. Полученные результаты представляют практический интерес. Композитный материал, состоящий из кристаллов CdZnSSe, заключенных в матрицу силикатного стекла, может быть применен в качестве эффективного преобразователя света [4], пригодного для использования в светодиодах в качестве замены для силиконовых люминофоров, не отличающихся большой долговечностью, в особенности, принимая во внимание отсутствие эффективных стеклянных люминофоров, излучающих в красной области спектра [4]. Помимо этого, данный композитный материал может применяться в качестве люминесцентного стекла в различных областях техники, включая фотонику, светотехнику и даже строительство, а также в архитектуре и искусстве [5]. В заключение отметим, что нам не удалось найти в литературе упоминание об использовании четверных соединений $\text{A}^{\text{II}}\text{B}^{\text{VI}}$, в частности, CdZnSSe в качестве пигментов. Особенно удивительно то, что для коллоидного окрашивания стекла уже во второй половине XIX в. был применен столь необычный пигмент, позднее синтезированный в лаборатории лишь в начале 60-х годов XX в. Вероятнее всего, такой способ окрашивания стекла был найден случайно, а состав и структура синтезируемого вещества не были известны стекловарам. Исследование выполнено при поддержке РНФ, грант № 16-18-10366.

Рис. 1. — Спектры микрокатодолюминесценции кристаллов CdZnSSe в стекле.

[1] T.V. Yuryeva et al., Preprint arXiv:1901.10764 (2019).

[2] A.G. Fischer, R.J. Paff, J. Phys. Chem. Solids, **23**, 1479 (1962).

[3] Inorganic Crystal Structure Database (ICSD) Entry 43368.

[4] Y. Peng et al., J. Alloys Compd., **768**, 114 (2018).

[5] C. Laia, A. Ruivo, in: Fluorescence in Industry, Springer Ser. Fluoresc., Springer Nature (2019).