

## Влияние примесей на цветовую окраску поликристаллического селенида цинка

© А.С. Шерстобитова<sup>¶</sup>, А.Д. Яськов

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 197101 Санкт-Петербург, Россия

(Получена 4 марта 2013 г. Принята к печати 11 марта 2013 г.)

Представлены результаты исследования образцов поликристаллического селенида цинка с различной цветностью. Установлено, что полоса примесного поглощения ионизированный акцептор—зона проводимости определяет цветовую окраску материала.

Хорошо известно [1], что оптические материалы на основе поликристаллического селенида цинка (чаще всего — оптическая керамика), полученные в схожих условиях с использованием одной и той же технологии, могут различаться цветовым оттенком, который изменяется от светло-желтого до оранжево-красного. Природа этих цветовых различий до настоящего времени остается невыясненной. Также известно [2], что поликристаллический селенид цинка может иметь значительные нарушения стехиометрии состава и по электропроводности представляет собой или высокоомный материал, или же материал *p*-типа. Поэтому можно предполагать, что в формировании цветовой окраски поликристаллического селенида цинка участвуют примесные центры с акцепторными свойствами.

В настоящей работе были выполнены измерения спектров пропускания  $T(\lambda)$  в диапазоне длин волн  $\lambda = 380\text{--}760$  нм для образцов оптической керамики ПО4. Использовался спектроколориметр, аналогичный рассмотренному в [3]. Геометрические размеры исследованных образцов составляли: диаметр 40 мм, толщина 5 мм. Параметры цветности в использованных образцах находились в пределах  $x = 0.45\text{--}0.50$ ,  $y = 0.46\text{--}0.50$  для стандартного излучателя  $D_{65}$  и визуально соответствовали цветовым оттенкам от желтого до оранжевого. В качестве примера на рис. 1 сопоставлены спектры  $T(\lambda)$  для двух образцов керамики с различной цветностью.

Как видно из рис. 1, пороговая длина волны не зависит от параметров цветности материала и соответствует общепринятому значению ширины запрещенной зоны в селениде цинка  $E_g = 2.6$  эВ [4]. В более длинноволновой области, при  $\lambda > 470$  нм, в спектре 2 на рис. 1 имеется дополнительное поглощение, которое формирует полосу, примыкающую к краю собственного поглощения. Нормированный коэффициент поглощения в этой полосе представлен на рис. 2.

Наблюдаемая форма полосы дополнительного поглощения характерна для оптических переходов примесь—дальняя зона. Для переходов ионизированный акцептор—зона проводимости (фотонейтрализация акцептора), как предполагается в рассматриваемых спектрах, нормированный на максимальное значение коэффициент

поглощения может быть представлен выражением [5]

$$\alpha/\alpha_{\max} = x^{1/2}/(1+x)^4, \quad (1)$$

где безразмерный параметр

$$x = (m_n^*/m_p^*)[\hbar\omega - (E_g - E_a)]/E_a \quad (2)$$

определяется энергией квантов  $\hbar\omega$ , приведенными эффективными массами носителей заряда в зоне проводимости  $m_n^*$  и валентной зоне  $m_p^*$ , шириной запрещенной зоны  $E_g$  и энергией ионизации акцепторного центра  $E_a$ . Значения  $E_g$  и  $E_g - E_a$  отмечены на рис. 2 стрелками по оси абсцисс.

Результаты расчетов, выполненных по (1) и (2) в предположении  $m_n^*/m_p^* = 1.0$ ,  $E_g = 2.6$  эВ,  $E_a = 0.5$  эВ, показаны на рис. 2 сплошной линией. Как видно, результаты расчетов и экспериментов имеют качественно удовлетворительное согласие, что в целом подтверждает определяющее значение примесного поглощения в формировании цветности исследованных материалов.

В заключение отметим, что показатель преломления, его дисперсия и температурный коэффициент остаются без изменений в поликристаллических керамиках с различными цветовыми параметрами, что может быть

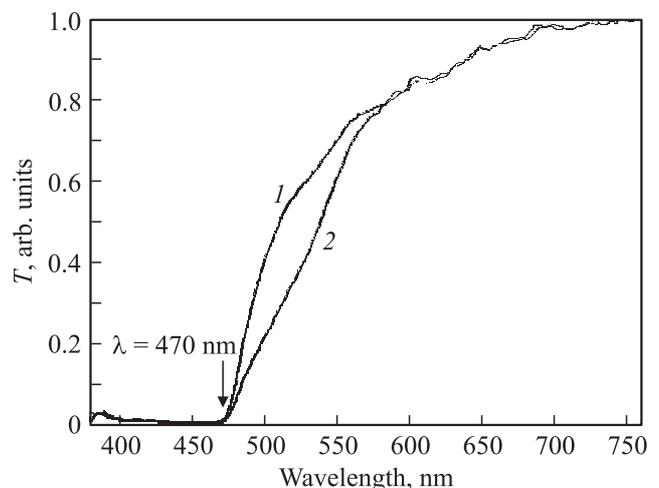
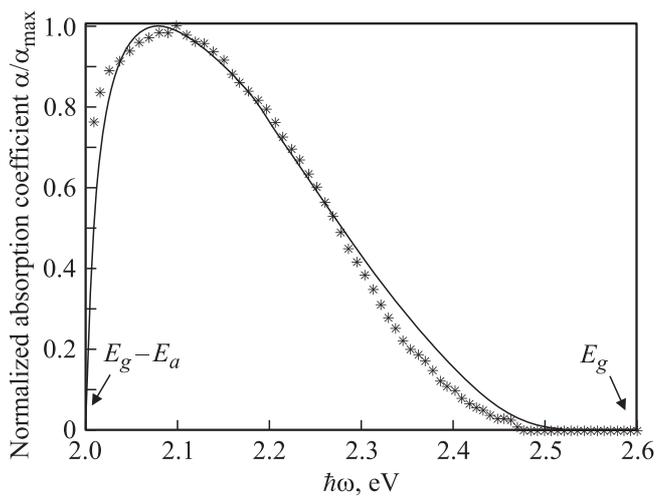


Рис. 1. Спектральная зависимость коэффициента пропускания в поликристаллическом селениде цинка с различными параметрами цветности: 1 —  $x = 0.46$ ,  $y = 0.50$ ; 2 —  $x = 0.49$ ,  $y = 0.48$ .

<sup>¶</sup> E-mail: ashev87@mail.ru



**Рис. 2.** Спектр примесного поглощения в поликристаллическом селениде цинка: точки — эксперимент, сплошная линия — расчет по (1) и (2).

существенно для инфракрасного оптического материаловедения. Поглощение в максимуме примесной полосы здесь не превышает  $0.5 \text{ см}^{-1}$  при ее ширине  $0.5 \text{ эВ}$ , так что ее вклад в длинноволновый показатель преломления пренебрежимо мал. В то же время эта полоса способна повлиять на цветовую окраску материала или даже сформировать ее.

## Список литературы

- [1] А.А. Дунаев, Е.А. Гарибин, П.Е. Гусев, А.А. Демиденко, И.Л. Егорова, И.А. Миронов. В сб.: *Тр. Оптического общества им. Д.С. Рождественского* (СПб., 2010) с. 95.
- [2] Т. Мосс, Г. Баррел, Б. Эллис. *Полупроводниковая оптоэлектроника* (М., Мир, 1976).
- [3] Н.П. Белов, В.Н. Грисимов, А.Д. Яськов. *Изв. вузов. Приборостроение*, 7, 74 (2010).
- [4] К.В. Шалимова. *Физика полупроводников* (М., Энергоатомиздат, 1985).
- [5] В.В. Горбачев, Л.Г. Спицына. *Физика полупроводников и металлов* (М., Металлургия, 1982).

Редактор Л.В. Шаронова

## Influence of extrinsic absorption on coloration of polycrystalline optical materials based on zinc selenide

A.S. Sherstobitova, A.D. Yaskov

Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 197101 St. Petersburg, Russia

**Abstract** The results of researches of polycrystalline zinc selenide samples with different chromaticity are represented. It is determined that extrinsic absorption of ionized acceptor–conduction band defines a coloration of the material.