

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПЛЕНОК ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $\text{Cu}_x\text{In}_x\text{Zn}_{2-2x}\text{Se}_2$ , ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ДВУХСТАДИЙНОЙ СЕЛЕНИЗАЦИИ

Мишуту В.А., Хорошко В.В., Струц А.М., Цырельчук И.Н.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. Цырельчук И.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь

E-mail: victor.mishuto@gmail.com

**Аннотация** — Рассмотрены результаты исследований в температурном интервале 80 и 300 К спектров оптического поглощения и фотолюминесценции тонких пленок  $\text{Zn}_{2-2x}\text{Cu}_x\text{In}_x\text{Se}_2$  с концентрацией атомов цинка (0 ... 10) ат.%. Установлен характер зависимости ширины запрещенной зоны и спектров фотолюминесценции от концентрации атомов цинка.

## 1. Введение

Использование тройных  $\text{AB}^{\text{III}}\text{C}^{\text{VI}}_2$  и более сложных фаз с халькопиритной структурой уже позволило получить тонкопленочные солнечные элементы (СЭ) на основе  $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$  (CIGS) с рекордной эффективностью до 21% [1]. Широкому практическому применению этих материалов препятствует ряд факторов. В работе исследовалось влияние концентрации атомов цинка ( $N_{\text{Zn}} = (0 \dots 10)$  ат.%) и температуры на спектры оптического поглощения и фотолюминесценции тонких пленок  $\text{Zn}_{2-2x}\text{Cu}_x\text{In}_x\text{Se}_2$ .

## 2. Основная часть

Рентгеновские исследования показали, что при оптимальных условиях ( $T_s = (510 \dots 540)^\circ\text{C}$  и времени селенизации (10 ... 15) мин) формируется однофазное четверное соединение  $\text{Zn}_{2-2x}\text{Cu}_x\text{In}_x\text{Se}_2$  без следов  $\text{ZnSe}$  или других фаз. Кристаллическая структура соединения относится к упорядоченной структуре халькопирита, что следует из наличия типичных рефлексов 112, 220/204, 116/312, 316/332 и рефлексов сверхрешетки халькопирита 101 и 103.

Ширина запрещенной зоны исследуемых пленок  $E_g$  определялась экстраполяцией прямолинейного участка зависимости  $(\hbar\nu)^2$  от энергии фотона ( $\hbar\nu$ ) до пересечения с осью абсцисс. Согласно рассчитанным значениям  $E_g$  была определена температурная скорость изменения ширины запрещенной зоны  $dE_g/dT = 3,7 \cdot 10^{-4}$  эВ/К.

Спектры фотолюминесценции пленок состояли из одной широкой полосы. На рис. 1 приведены спектры фотолюминесценции пленок при разных температурах.

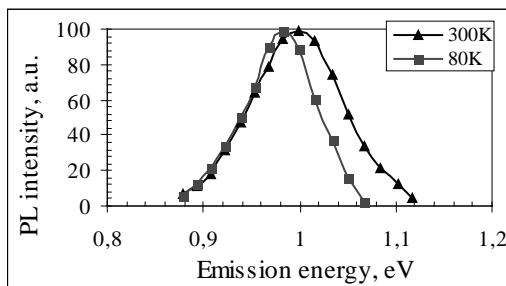


Рис. 1

Из рисунка видно, что с уменьшением температуры спектральный максимум полосы излучения незначительно смещается в длинноволновую область спектра. Полная ширина спектра на полувысоте изменяется в сторону уменьшения с 115 мэВ при 300 К до 85 мэВ при 80 К. Такая зависимость спектра излучения характерна для оптических излучательных

переходов с участием примесных уровней. В нашем случае роль примеси играют собственные дефекты.

На рис. 2 приведены зависимости величины ширины запрещенной зоны и энергетического положения максимума интенсивности спектральной полосы фотолюминесценции при  $T = 80$  К от концентрации атомов цинка.

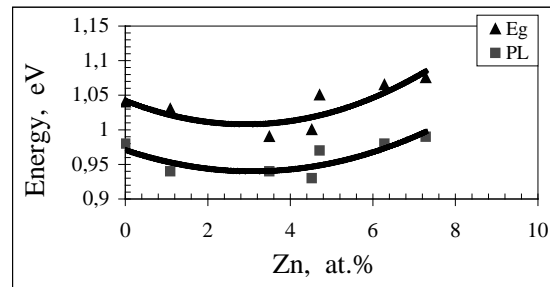


Рис. 2

Из рисунка видно, что с повышением концентрации атомов цинка величина запрещенной зоны сначала монотонно уменьшается и достигает минимальных значений при концентрации атомов цинка порядка (3 ... 4) ат.%.

## 3. Заключение

Методом двухстадийной селенизации на стеклянных подложках получены поликристаллические пленки  $\text{Zn}_{2-2x}\text{Cu}_x\text{In}_x\text{Se}_2$  p-типа проводимости с концентрацией атомов цинка (0 ... 10) ат.%.

Установлено, что ширина запрещенной зоны пленок и энергетического положения максимумов спектральных полос фотолюминесценции при увеличении концентрации атомов цинка изменяется нелинейно и имеет минимальное значение при концентрациях (3 ... 4) ат.%.

## 4. Список литературы

- [1] Ward J.S. A 21.5 % Efficient  $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$  Thin-Film Concentrator Solar Cell / J.S. Ward [et. al.]. — Prog. Photovolt. Res. Appl. — 2002. — Vol. 10. — P. 41 — 46.

### THE INVESTIGATION OF OPTICAL PROPERTIES OF THIN FILMS OF SOLID SOLUTIONS $\text{Cu}_x\text{In}_x\text{Zn}_{2-2x}\text{Se}_2$ , OBTAINED BY A TWO-STAGE SELENIZATION

Mishuto V.A., Khoroshko V.V., Struts A.M., Tsyrelchuk I.N.

Scientific adviser: Tsyrelchuk I.N.

Belorussian State University of Informatics and Radioelectronics, Belarus

**Abstract** — The results of studies of the absorption spectra and the photoluminescence spectra of thin films of  $\text{Zn}_{2-2x}\text{Cu}_x\text{In}_x\text{Se}_2$  with the concentration of zinc atoms (0...10) at.% in the temperature range of (80...300) K are discussed. The dependences of a band gap width and the photoluminescence spectra versus the concentration of zinc atoms are established.