

УДК 546.19.24+48.24

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕКОЛ (As₂Se₃)_{1-x}(CdSe)_x (x = 0.01, 0.03, 0.05)

© 2019 г. Дж. А. Ахмедова*

Адыяманский государственный университет, факультет искусств и наук, Турция, 02040 Адыяман

*e-mail: cahmedova@adiyaman.edu.tr

Поступила в редакцию 19.10.2017 г.

После доработки 11.09.2018 г.

Принята к публикации 14.09.2018 г.

Стеклообразные сплавы (As₂Se₃)_{1-x}(CdSe)_x (x = 0.01, 0.03, 0.05) синтезировали из лигатур As₂Se₃ и CdSe в интервале температур 500–700°C. Для сплавов, содержащих 1, 3 и 5 мол. % CdSe, изучены электрофизические и фотоэлектрические свойства. Исследование температурной зависимости электропроводности стеклообразных сплавов показывает, что они являются высокоомными полупроводниками *p*-типа. При изучении фотоэлектрических свойств установлено, что образцы в пределах длин волн 0.75–0.82 мкм фоточувствительны, оптическая ширина запрещенной зоны изменяется от 1.51 до 1.65 эВ.

Ключевые слова: электропроводность, фотопроводность, стеклообразные сплавы

DOI: 10.1134/S0002337X1904002X

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что халькогениды мышьяка и сплавы на их основе как фоточувствительный полупроводниковый материал широко применяются в электронной технике [1–3]. Халькогенидные волокна, изготовленные на основе As₂S₃ и As₂Se₃, первоначально были разработаны для передачи света в среднем ИК-диапазоне, нашли применение как компактная нелинейная среда [4, 5].

Соединение CdSe также прозрачно для ИК-излучения и используется в фоторезисторах. Материалы на основе CdSe обладают хорошими люминесцентными свойствами [6].

Поэтому актуален поиск новых сложных халькогенидных полупроводников на основе халькогенидов мышьяка.

В литературе имеются некоторые сведения по тройным и четверным системам халькогенидов мышьяка и кадмия [7]. Диаграмма состояния системы As₂Se₃–CdSe исследована в [8], однако не изучены электрические и фотоэлектрические свойства сплавов системы As₂Se₃–CdSe.

С целью повышения фоточувствительности As₂Se₃ в его состав вводится до 1–5 мол. % CdSe. Соединение As₂Se₃ является стеклообразным полупроводником, кристаллизуется в моноклинной сингонии с параметрами элементарной ячейки: $a = 12.053$, $b = 9.890$, $c = 4.277$ Å, $\beta = 90^\circ 28'$ (пр. гр. $P2_1/n$) [9]. Физико-химические свойства халькогенидов мышьяка подробно описаны в [10, 11].

Ширина запрещенной зоны для стеклообразного соединения As₂Se₃ составляет $\Delta E = 1.5$ эВ, для кристаллического – 1.7 эВ.

Соединение CdSe плавится конгруэнтно при 1239°C и кристаллизуется в тетрагональной сингонии с параметрами решетки: $a = 4.30$, $c = 7.01$ Å (пр. гр. $R6mc - C_{6v}^4$), ширина запрещенной зоны $\Delta E = 1.47$ эВ [12].

Цель настоящей работы – исследование электрофизических и фотоэлектрических свойств стеклообразных сплавов (As₂Se₃)_{1-x}(CdSe)_x (x = 0.01, 0.03, 0.05).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Сплавы на основе As₂Se₃, содержащие 1–5 мол. % CdSe, синтезировали путем сплавления исходных компонентов в стехиометрическом соотношении в вакуумированных кварцевых ампулах с остаточным давлением порядка 0.133 Па при 800–950°C в течение 6 ч с последующим охлаждением со скоростью 200°C/ч до 500°C. Гомогенизирующий отжиг полученных образцов проводили при 200°C в течение 270 ч. Электропроводность сплавов измеряли по методике [13] на образцах в форме параллелепипеда. Погрешность измерений составляла 2.7–3.0%. Спектральное распределение фотопроводимости измеряли по методике, описанной в [14], обычным компенсационным методом. Исследуемые образцы имели

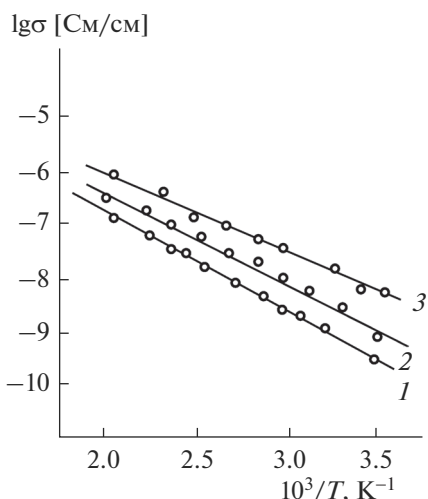


Рис. 1. Температурные зависимости электропроводности стекол системы As_2Se_3-CdSe : 1 – 1, 2 – 3, 3 – 5 мол. % CdSe.

форму параллелепипедов, толщина пластинок составляла 1–6 мм. Перед нанесением контактов пластинки полировали до зеркального блеска.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Электропроводность (σ) стекол $(As_2Se_3)_{1-x}(CdSe)_x$ ($x = 0.01, 0.03, 0.05$) изучена в интервале 20–250°C. Электропроводность As_2Se_3 при комнатной температуре равна 2.6×10^{-10} См/см, ширина запрещенной зоны составляет 1.68 эВ, что находится в пределах значений, имеющих в литературе. Температурная зависимость электропроводности стекол $(As_2Se_3)_{1-x}(CdSe)_x$ ($x = 0.01, 0.03, 0.05$) представлена на рис. 1. В температурном интервале 20–200°C наблюдается линейный рост электропроводности стеклообразных сплавов $(As_2Se_3)_{1-x}(CdSe)_x$.

Установлено, что в отличие от кристаллических у стеклообразных полупроводников отсутствует примесная проводимость. Электропроводность стекла с 1 мол. % CdSe на основе As_2Se_3 при комнатной температуре составляет $\sigma = 2.76 \times 10^{-10}$ См/см, а при 200°C $\sigma = 1.26 \times 10^{-7}$ См/см. С увеличением содержания CdSe до 3 и 5 мол. % электропро-

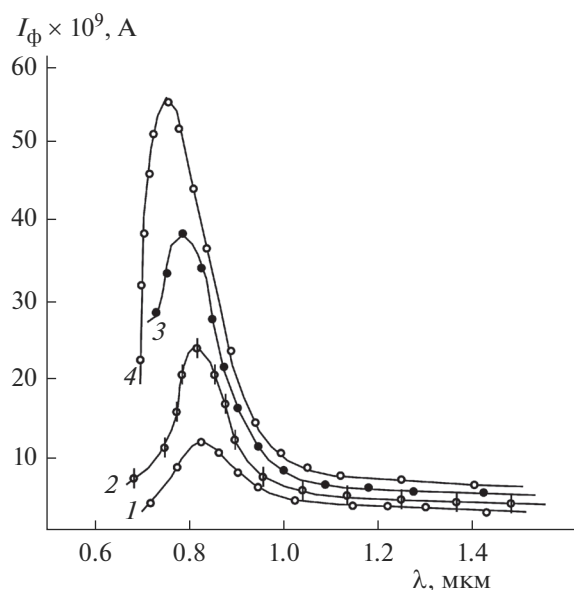


Рис. 2. Спектральное распределение фототока в стеклах системы As_2Se_3-CdSe : 1 – As_2Se_3 , 2 – 1, 3 – 3, 4 – 5 мол. % CdSe.

водность растет от $\sigma = 7.59 \times 10^{-10}$ до $\sigma = 6.31 \times 10^{-9}$ См/см при комнатной температуре, а при 200°C – от $\sigma = 3.02 \times 10^{-7}$ до $\sigma = 8.92 \times 10^{-7}$ См/см соответственно (рис. 1).

Сплавы подвергали оптическим измерениям, результаты которых приводятся в табл. 1. Интегральная чувствительность K сплавов в области длин волн 0.75–0.82 мкм колеблется в пределах 26.19–20.66 А/(лм В), а оптическая ширина запрещенной зоны – от 1.65 до 1.51 эВ.

На рис. 2 приведено спектральное распределение фототока. При введении CdSe в высокоомное стеклообразное соединения As_2Se_3 наблюдается улучшение воспроизводимости фототока от длины волны. Максимальным значением фототока обладает сплав, содержащий 5 мол. % CdSe. Максимум фототока смещается в сторону коротких длин волн.

Известно, что элементы II группы создают локализованные уровни в энергетическом спектре As_2Se_3 . Можно предположить, что добавка 1 мол. %

Таблица 1. Фотоэлектрические свойства стекол $(As_2Se_3)_{1-x}(CdSe)_x$ ($x = 0.01, 0.03, 0.05$)

x	$K, A/(лм В)$	$E \times 10^2, лк$	$\Phi \times 10^{11}, лм$	$I \times 10^9, A$	$\lambda_{max}, мкм$	$\Delta E, эВ$
0	10.8	6.2	3.72	12	0.82	1.51
0.01	20.66	6.2	3.72	2.4	0.82	1.51
0.03	28.96	7.5	4.37	38	0.79	1.57
0.05	26.19	9.2	7.0	55	0.75	1.65

Примечание. $S = 6 \text{ мм}^2, U = 30 \text{ В}$.

CdSe создает локализованные уровни в энергетическом спектре As_2Se_3 . Но дальнейшее увеличение содержания CdSe в составе стекол, видимо, не изменяет локализованные состояния, в частности, у валентной зоны, а у зоны проводимости положение этих состояний по отношению к валентной зоне меняется. Не исключено и влияние процесса компенсации на примесных центрах при относительно больших количествах CdSe. Исследуемые стекла могут использоваться в ближней инфракрасной области спектра в качестве фоторезисторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hari P., Cheney C., Luepkea G., Singha S., Tolka N., Sanghera J.S., Aggarwal D. Wavelength Selective Materials Modification of Bulk As_2S_3 and As_2Se_3 by Free Electron Laser Irradiation // J. Non-Cryst. Solids. 2000. V. 270. P. 265–268.
2. Dinesh Chandra Sati, Rajendra Kumar, Ram Mohan Mehra. Influence of Thickness on Optical Properties of a: As_2Se_3 Thin Films // Turk J. Phys. 2006. V. 30. P. 519–527.
3. Lovu M., Shutov., Rebeja S., Colomeyco E., Popescu M. Effect of Metal Additives on Photodarkening Kinetics in Amorphous As_2Se_3 Films // J. Opt. Adv. Mater. 2000. V. 2. P. 53–58.
4. Fu L.B., Rochette M., Ta'eed V., Moss D., Eggleton B.J. Investigation of Self-Phase Modulation Based Optical Regeneration in Single Mode As_2Se_3 Chalcogenide Glass Fiber // Opt. Express. 2005. V. 13. P. 7637–7640.
5. Asobe M., Ohara T., Yokohama I., Kaino T. Fabrication of Bragg Grating in Chalcogenide Glass Fibre Using the Transverse Holographic Method // Electron. Lett. 1996. V. 32. P. 1611–1613.
6. Efros A.L., Rosen M. The Electronic Structure of Semiconductor Nanocrystals // Ann. Rev. Mater. Sci. 2000. V. 30. P. 475–521.
7. Алиев И.И. Физико-химические основы получения новых материалов в системах халькогенидов мышьяка с халькогенидами кадмия, индия и таллия: Дис. ... докт. хим. наук. Баку: ИНФХ, 1992. 380 с.
8. Алиев И.И., Рустамов П.Г., Ильясов Т.М., Максудова Т.Ф. Диаграмма состояния системы As_2Se_3 –CdSe // Изв. АН СССР. Неорганич. материалы. 1987. Т. 23. № 12. С. 1965–1967.
9. Дембовский С.А., Вайтолин А.А. Свойства кристаллов As_2Se_3 // ФТТ. 1964. Т. 6. № 6. С. 1769–1772.
10. Хворестанко А.С. Халькогениды мышьяка. Обзор из серии “Физические и химические свойства твердого тела”. М., 1972. 92 с.
11. Абрикосов Н.Х., Боткина В.Ф., Порецкая А.В., Скуднова Е.В. Полупроводниковые соединения, их получение и свойства. М.: Наука, 1967. 220 с.
12. Ормонт Б.Ф. Структуры неорганических веществ. М.: Гостехиздат, 1950. 968 с.
13. Охотин А.С., Пушкарский А.С., Боровикова Р.П., Симонов. В.А. Методы измерения характеристик термоэлектрических материалов и преобразователей. М.: Наука, 1974. 167 с.
14. Рывкин С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. М.: Физматгиз, 1963. 494 с.