

ДВОЙНОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ СТЕКЛОБРАЗНОГО СЕЛЕНИДА МЫШЬЯКА

Аверьянов В. Л., Звонарева Т. К., Любин В. М., Норцева Н. В.,
Павлов Б. В., Сарсембинов Ш. Ш., Цэндин К. Д.

В работах [1-3] сообщалось о возможности получения в пленках халькогенидных стеклообразных полупроводников (ХСП) примесной проводимости путем высокочастотного сораспыления ХСП и металла. Полученные таким образом примесные ХСП были названы модифицированными.

При изучении модифицированного стеклообразного селенида мышьяка авторы работ [3-5], основываясь на данных по термоэдс, делали заключения о том, что Ni и Fe являются примесями донорного типа, а Cu — примесью акцепторного типа. При этом малая величина предэкспоненциального множителя в тем-

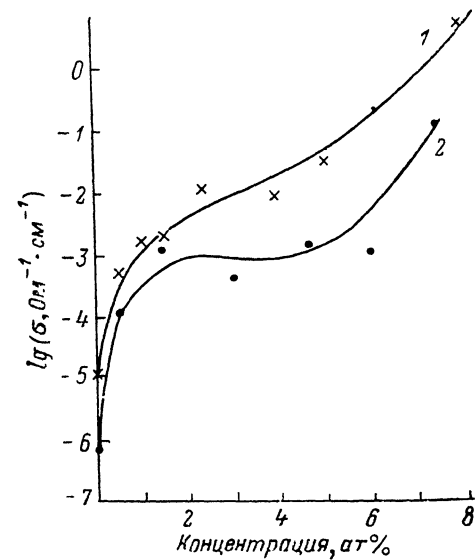


Рис. 1. Концентрационная зависимость проводимости пленок $\text{As}_2\text{Se}_3 \langle 20 \text{ ат\% Cu} \rangle$, модифицированных Ni (1), и пленок $\text{As}_2\text{Se}_3 \langle 15 \text{ ат\% Cu} \rangle$, модифицированных Bi (2), при комнатной температуре.

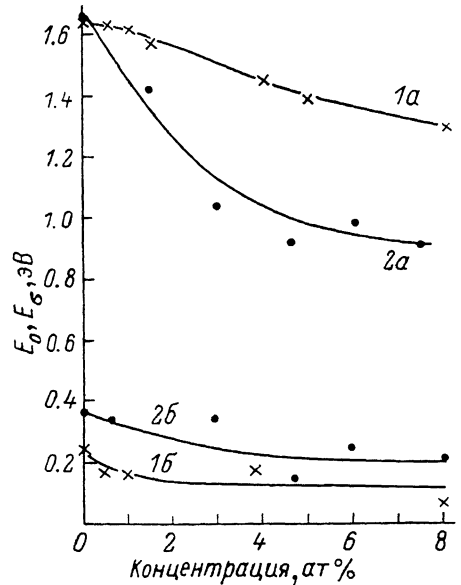


Рис. 2. Концентрационные зависимости E_0 (1a, 2a) и E_σ (1б, 2б) пленок $\text{As}_2\text{Se}_3 \langle 20 \text{ ат\% Cu} \rangle$, модифицированных Ni (1a, 1б), и пленок $\text{As}_2\text{Se}_3 \langle 15 \text{ ат\% Cu} \rangle$, модифицированных Bi (2a, 2б), при комнатной температуре.

пературной зависимости проводимости образцов $\text{As}_2\text{Se}_3 \langle \text{Cu} \rangle$ по сравнению с таковой для образцов As_2Se_3 свидетельствует о сильной компенсации примесей дефектами структуры. Примеси Bi при модифицировании сохраняли собственный характер проводимости ХСП, но приводили к доминированию электронной проводимости за счет увеличения подвижности электронов. Вместе с тем авторы работы [6] считали, что введенные при модифицировании ХСП примеси во всех случаях являются акцепторами.

С целью выяснения этого вопроса в данной работе исследовалась возможность компенсации акцепторного действия меди в As_2Se_3 с помощью дополнительного введения атомов Ni и Bi, т. е. изучались пленки $\text{As}_2\text{Se}_3 \langle \text{Cu, Ni} \rangle$ и $\text{As}_2\text{Se}_3 \langle \text{Cu, Bi} \rangle$, которые сравнивались с пленками As_2Se_3 и $\text{As}_2\text{Se}_3 \langle \text{Cu} \rangle$.

Все пленки изготавливались методом ВЧ сораспыления As_2Se_3 и соответствующих металлов.

На рис. 1 и 2 приведены результаты изучения проводимости σ , ее энергии активации E_σ и оптической ширины запрещенной зоны E_0 . Видно, что по мере увеличения концентрации Ni в $\text{As}_2\text{Se}_3 \langle \text{Cu} \rangle$ наблюдаются увеличение проводи-

мости и уменьшение энергии ее активации. Если бы введение Ni сопровождалось появлением донорного уровня, компенсирующего акцепторный уровень меди, то должна была бы существовать область концентраций Ni, в которой проводимость уменьшалась бы сперва за счет уменьшения предэкспоненциального множителя из-за увеличения компенсирующих центров, а затем за счет сдвига уровня Ферми по направлению к донорному уровню. Энергия активации в связи с этим сдвигом должна была бы возрастать. Однако приведенные результаты свидетельствуют об обратном. Отсюда следует, что никель в данном случае, по всей видимости, является акцептором.

Сопоставление данных по влиянию Ni на энергию активации проводимости при модифицировании нелегированного As_2Se_3 никелем [5] и совместном модифицировании медью и никелем (рис. 2) указывает на следующую особенность. Предельное значение энергии активации проводимости, достигаемое при модифицировании As_2Se_3 большими концентрациями никеля ($8 \div 10$ ат%) и равное $\sim 0.1 \div 0.15$ эВ, получается при двойном модифицировании уже при концентрациях никеля порядка ~ 1 ат%. Совпадение этих предельных значений энергии активации может свидетельствовать о том, что и в нелегированном As_2Se_3 никель является примесью акцепторного типа с характерной энергетической глубиной залегания $\sim 0.1 \div 0.15$ эВ.

Что касается влияния висмута, то при увеличении его концентрации в $As_2Se_3 \langle Cu \rangle$ энергия активации проводимости слабо уменьшается (рис. 2, кривая 2б) и, так же как и в случае модифицирования $As_2Se_3 \langle Cu \rangle$ никелем, уровень Ферми остается вблизи края валентной зоны. Другими словами, акцепторное действие меди также не изменяется при введении Bi в $As_2Se_3 \langle Cu \rangle$, хотя, как известно [4], модифицирование нелегированного стеклообразного As_2Se_3 висмутом приводит к *n*-типу проводимости. Основное же влияние висмута при двойном модифицировании As_2Se_3 медью и висмутом выражается в заметном уменьшении оптической ширины запрещенной зоны (рис. 2, кривая 2а) точно так же, как это имеет место и при модифицировании нелегированного стеклообразного As_2Se_3 висмутом, хотя в этом случае уровень Ферми продолжает быть закрепленным в середине запрещенной зоны.

Таким образом, результаты исследования двойного модифицирования стеклообразного As_2Se_3 медью и никелем позволяют сделать вывод о том, что никель дает акцепторный, а не донорный уровень. Это, по-видимому, и является главной причиной трудности реализации анизотипных гетероструктур на основе пленок стеклообразного селенида мышьяка, модифицированного различными металлами.

Л и т е р а т у р а

- [1] Ovshinsky S. R. — In: Proc. 7 Int. Conf. «Amorphous and Liquid Semiconductors» / Ed. by W. E. Spear. Edinburgh, 1977, p. 519—528.
- [2] Stötzl H., Leimer F., Kuske J., Teubner W. — In: Proc. Conf. «Amorphous Semiconductors-78». Pardubice, 1978, p. 332—335.
- [3] Аверьянов В. Л., Коломиетс В. Т., Любин В. М., Приходько О. Ю. — Письма ЖТФ, 1980, т. 6, в. 10, с. 577—580.
- [4] Аверьянов В. Л., Листошин Б. В., Приходько О. Ю. — В кн.: Тр. конф. «Аморфные полупроводники-82». Бухарест, 1982, с. 56—58.
- [5] Kolomiets V. T., Averyanov V. L., Lyubin V. M., Prikhodko O. Yu. — Sol. Energy Mater., 1982, v. 8, N 1-3, p. 1—8.
- [6] Barclay R. P., Marshall J. M., Main C. — J. Non-Cryst. Sol., 1985, v. 77-78, p. 1269—1272.

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе АН СССР
Ленинград

Получено 7.06.1988
Принято к печати 15.06.1988