

ПРОВОДИМОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО РАСТВОРА $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$

Г.З. БАГИЕВА, Д.З. АХМЕДОВА, Н.Б. МУСТАФАЕВ

Институт Фотозлектроники АН Азербайджана

370141, г. Баку, ул. Ф. Агаева, 555 квартал

Исследованы зависимости поверхностной проводимости монокристаллических и экструдированных образцов твердого раствора $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ от различных обработок, объемной проводимости и состава окружающей среды. Измерения проводились в интервале температур 77 – 300 К. Выяснено, что поверхностная проводимость образцов незначительно зависит от указанных факторов. Это обусловлено тем, что поверхность среза в этом твердом растворе нарушена незначительно и этот нарушенный слой по структуре и составу не отличается от поликристаллического состава образцов.

Кристаллы твердых растворов системы Bi-Sb обладают высокими термо- и магнитотермоэлектрической добротностями при температурах ниже ~200 К. Поэтому эти кристаллы, обладающие n-типом проводимости, являются в данный момент незаменимыми высокоэффективными материалами для гальваномангнитных электронных охладителей, а также для n-ветвей термо- и магнитотермоэлектрических преобразователей. В современной технике благодаря резкому уменьшению габаритов термоэлементов, переходу к микромодулям и пленочным схемам, роль поверхностных явлений в работе электронных охладителей, и других преобразователей неизмеримо возросла. Поэтому научиться управлять электронными процессами на поверхности – задача первостепенной важности для современной полупроводниковой техники. Учитывая это, нами была исследована поверхностная проводимость твердых растворов $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$. При этом уделялось внимание зависимости поверхностной проводимости от исходного материала. С этой целью была исследована поверхностная проводимость монокристаллических образцов твердого раствора $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$, полученных методом Чохральского, а также не легированных экструдированных образцов данного твердого раствора, легированных акцепторными примесями свинца.

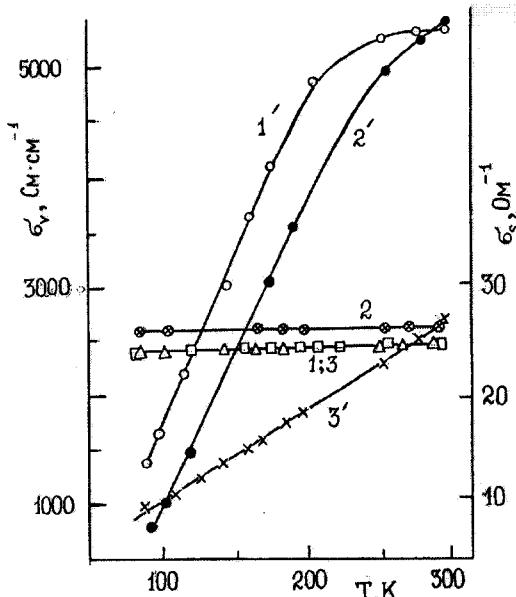


Рис. 1. Температурные зависимости σ_s и σ_v чистого твердого раствора $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ с 0,005 и 0,05 ат.% Pb от температуры. 1' – 1 чистый $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$; 2' – 2 твердый раствор $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ с 0,005 ат.% Pb; 3' – 3 твердый раствор

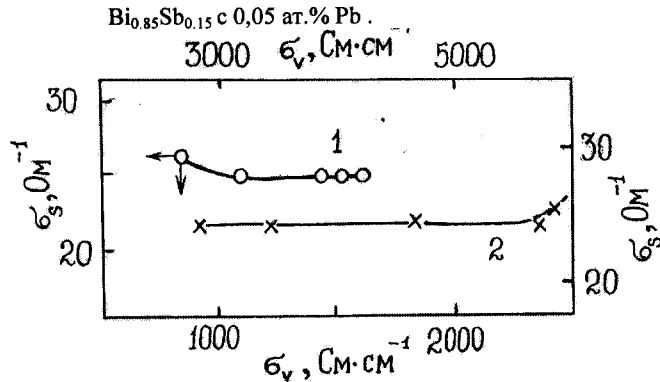


Рис. 2. Зависимость проводимости поверхностного слоя образцов твердого раствора $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ от их объемной проводимости при 77 К (1) и 300 К (2).

Образцы были вырезаны методом электроэрозионной резки из монокристаллических и экструдированных брусков указанного твердого раствора. Экструдированные образцы твердого раствора $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ прошли послеэкструзионный отжиг при ~503 К в течение 5 часов в откачанных до $\sim 10^{-2}$ Па давления объемах.

Удельное сопротивление измерялось методом [1,2], а поверхностная проводимость - методом "клина" [3]. При измерениях обращалось особое внимание на однородность образцов, и на то, что контакты металл-полупроводник в местах подвода тока были омическими. Для обеспечения омичности контактов использовались контактные сплавы, разработанные в [4].

Экспериментальные результаты представлены на рисунках 1 и 2. Отметим, что электрические параметры полученных и исследованных нами образцов хорошо совпадают с литературными данными [5-8].

Обращают на себя внимание следующие особенности температурной зависимости объемной σ_v и поверхностной σ_s чистого твердого раствора $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ и твердого раствора $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ с 0,005 и 0,05 ат.% Pb от температуры, а также зависимости σ_s от σ_v при 77 и 300 К:

- средние значения σ_s от σ_v монокристаллических и экструдированных образцов $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ одинаковые, хорошо совпадают с литературными данными;
- поверхностная проводимость σ_s монокристаллических и экструдированных образцов почти не зависит от температуры в интервале от 77 до 300 К;
- акцепторные примеси свинца сильно влияют на объемную проводимость σ_v образцов, однако на их поверхностную проводимость влияют незначительно;

- при изменении σ_s от $\sim 700 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ до $\sim 1500 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ при 77 К и от ~ 1700 до $\sim 6000 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ при 300 К поверхностная проводимость образцов твердого раствора $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ существенно не изменяется.

При экструзии синтезированного твердого раствора $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ возникает аксиальная текстура [9], т.е. часть зерен в материале ориентируется так, что их тригональная ось становится параллельной оси экструзии. При экструзии, в результате пластической деформации, возникают и различные структурные дефекты в образце. Послеэкструзионный отжиг при 503 К в течение не менее 5 часов приводит к залечиванию структурных дефектов экструзии, и образец по структуре и электрическим свойствам приближается к монокристаллическому.

Чистый твердый раствор $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ при температурах ниже комнатной является примесным полупроводником n-типа. Поэтому с ростом температуры за счет ионизации примесей σ_v растет. Однако, поверхностная проводимость σ_v как монокристаллических, так и экструдированных образцов определяется мелкими поверхностными состояниями, которые ионизированы при $\sim 77 \text{ К}$. При этом концентрация поверхностных состояний существенно превосходит концентрацию электронов в объеме.

Вследствие этого, акцепторные примеси свинца до 0,05 ат.% не до конца компенсируют их. Возможно еще и то, что поверхностные состояния носят акцепторный характер.

Обработка поверхности среза образцов электрохимическим способом показала, что поверхностная проводимость твердого раствора $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ не зависит от обработки. Она также малочувствительна к окружающей среде.

Эти данные показывают, что при резке образцов из слитка образующийся поверхностный слой на поверхности среза $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ по стехиометрии и составу не отличается от основного объема. Он лишь по структуре поликристаллический.

Таким образом, комплекс исследований поверхностной проводимости твердого раствора $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$, проведенный в образцах с различной удельной проводимостью в различных атмосферах показывает, что поверхность среза в этом твердом растворе нарушена незначительно, и этот нарушенный слой по структуре и составу не отличается от поликристаллического состава $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$.

- | | |
|---|---|
| [1] А.С. Охотин, А.С. Пушкарский, Р.П. Боровикова, В.А. Симонов. «Методы измерения характеристик термоэлектрических материалов и преобразователей.», М.: Наука, 1974, с. 168. | [6] В.С. Земсков, А.Д. Белая, С.А. Заякин. Изв. АН СССР, Высокочистые вещества, 1987, № 5, с. 53-62. |
| [2] Т.Д. Алиева, М.М. Тагиев, Д.Ш. Абдинов. Заводская лаборатория, 1995, № 2, с. 33-36. | [7] Ф.С. Самедов, М.М. Тагиев, Д.Ш. Абдинов. Неорганические материалы, 1997, т.33, №12, с. 1460-1462. |
| [3] Р.Н. Рубинштейн, В.И. Фистуль. Докл. АН СССР, 1959, т. 125, № 3, с. 542-545. | [8] Ф.С. Самедов, М.М. Тагиев, Д.Ш. Абдинов. Неорганические материалы, 1998, т.34, №7, с. 847-850. |
| [4] Д.Ш. Абдинов, Б.Ш. Бархалов Б.Ш., Н.А. Джамалов. Авторское свидетельство № 1323938, СССР, 1987. | [9] С.С. Горелик, М.Я. Дашевский. «Материаловедение полупроводников и диэлектриков», М.: Металлургия, 1998, с. 574. |
| [5] В.С. Земсков, А.Д. Белая, Н.Г. Бородин. Изв. АН СССР, Неорганические материалы, 1982, т. 1, № 7, с. 1154-1157. | |

G.Z. Bağiyeva, C.Z. Əhmədova, N.B. Mustafayev

$\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ BƏRK MƏHLULUN SƏTH KEÇİRİCİLİYİ

$\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ bərk məhlulu monokristal və ekstruziya olunmuş nümunələrinin səth keçiriciliyinin səthin işlənməsi, həcmi keçiricilik və ətraf mühitin tərkibindən asılılığı 77-300 K intervalında tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, səth keçiriciliyi göstərilən faktorlardan çox az asılıdır. Buna səbəb strukturca polikristal quruluşa malik səth təbəqəsinin tərkibcə həcmindən fərqlənməməsidir.

G.Z. Bagieva, D.Z. Ahmedova, N.B. Mustafayev

SURFACE CONDUCTION OF $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ SOLID SOLUTIONS

Dependence of surface conduction of mono-crystalline and extruded samples of $\text{Bi}_{0.85}\text{Sb}_{0.15}$ solid solutions on different kind of treatment, bulk conduction and ambient composition have been investigated. Measurements were made from 77 to 300 K. It is found that surface conduction of samples weakly depends on mentioned factors. It is due to the fact that a cutting surface of this solid solutions is weakly distorted and this distorted layer does not differ by structure and composition from polycrystalline samples.

Дата поступления: 16.02.99

Редактор: Д.Ш. Абдинов