

## ПОВЕРХНОСТНАЯ ПРОВОДИМОСТЬ КРИСТАЛЛОВ $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$

Г.З. БАГИЕВА, Н.Б. МУСТАФАЕВ, Н.Г. САДИГОВ

Институт Фотозлектроники АН Азерб. Республики

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

Рассмотрена зависимость поверхностной проводимости кристаллов  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  с *n*-типом проводимости от температуры, степени дефектности поверхностного слоя и состава окружающей среды. Анализ полученных данных приводит к выводу, что естественная поверхность кристаллов в интервале от  $-77$  до  $-470$  К не зависит от состава окружающей среды и температуры. Возникший на поверхности  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  поликристаллический слой содержит ненасыщенные связи, легко взаимодействующие с компонентами окружающей среды, а также создающие в запрещенной зоне этого слоя уровни определяющие температурные зависимости его проводимости.

Кристаллы твердых растворов систем  $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Bi}_2\text{Se}_3$  широко применяются в термоэлектрических преобразователях энергии в качестве *n*-ветвей термоэлементов. В термоэлементах с малыми геометрическими размерами, электрические свойства поверхности становятся решающими. Учитывая это, в данной работе исследовалось влияние обработки на поверхностную проводимость  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  с *n*-типом проводимости в интервале температур от  $-77$  до  $-470$  К. Кристаллы были получены методом Бриджмена. Однородность полученных кристаллов проверялась по распределению потенциала вдоль слитка. Образцы вырезались электроэрозивной резкой в форме параллелепипеда из монокристаллических слитков. Затем, с помощью электроэрозивной и струнной резок они разрезались по диагональной плоскости на два идентичных клинообразных образца. На диагональных поверхностях клинообразных образцов исследовалась температурная зависимость поверхностной проводимости методом "клина" [1]. Измерения проводились в вакууме  $1,33 \cdot 10^{-2}$  Па, на открытом воздухе и в атмосфере кислорода с давлением  $1,03 \cdot 10^5$  Па. Полученные результаты представлены на рисунке. Видно, что температурная зависимость поверхностной проводимости ( $\sigma_{\text{пов}}$ ) на необработанных после резки образцах почти одинакова при различных окружающих средах (кривые (а) 1, 2, 3; (б) 1, 2, 3). Кривые температурной зависимости  $\sigma_{\text{пов}}$  в этих случаях обратимы и состоят из нескольких различных по коэффициенту температурной зависимости участков. Электрохимическая или механическая обработка поверхности [2] приводит к уменьшению  $\sigma_{\text{пов}}$  в несколько раз. При этом, значения поверхностной проводимости в обработанных образцах в вакууме, в атмосфере кислорода или на открытом воздухе совпадают и не зависят от температуры. Была исследована температурная зависимость поверхностной проводимости естественного слоя (полученного методом скалывания монокристаллических слитков и необработанного после скалывания) кристаллов  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  (кривая 6 (а)). Значение  $\sigma_{\text{пов}}$  естественного слоя совпало со значением поверхностной проводимости после его обработки.

Таким образом, можно прийти к выводу, что специфическая температурная зависимость поверхностной проводимости, наблюдаемая в случае необработанных образцов (изготовленных методом резки из слитков), обусловлена поверхностным слоем, возникающим при изго-

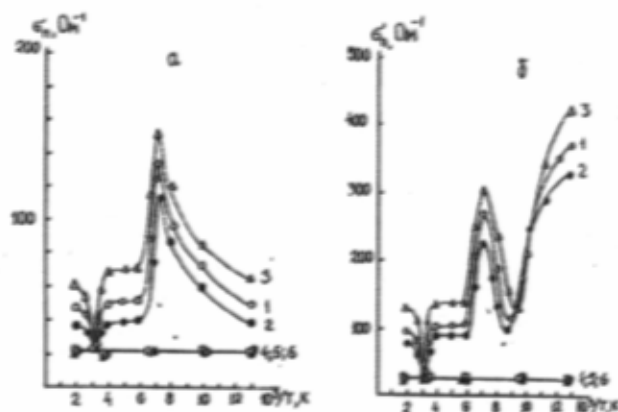


Рис. Температурная зависимость поверхностной проводимости образцов, вырезанных из кристаллов  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  электроэрозивной (а) и струнной (б) резкой. 1-3 соответствуют измерениям на необработанных образцах в вакууме, в воздухе и в атмосфере кислорода; 4-5 соответствуют образцам поверхности, которые обработаны электрохимическим травлением и механической шлифовкой; 6 - соответствует измерению на естественном поверхностном слое образца.

товлении (резке) образцов. Рентгеновские исследования показали, что при резке кристаллов  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  на поверхности среза возникает нарушенный слой толщиной 10-15 мкм. Этот слой состоит, в основном, из двух отличающихся по составу подслоев: подслоя, образующегося за счет плавления и частичного сгорания полупроводникового материала, и подслоя, образующегося за счет деформации поверхности образца при резке, приводящей к изгибу атомных плоскостей и появлению поликристаллических участков на поверхности. Поликристаллические нарушенные слои могут сильно отличаться от образца по структуре, составу и, следовательно, по электрическим свойствам. Травление в течение 45-50 секунд устраняет поликристаллический слой, изгибы решетки, но снимает их фрагментации, которая сохраняется и после длительного травления (до 30 минут).

На основе этих данных, можно заключить, что при изготовлении образцов и ветвей термоэлементов из слитков монокристаллов твердого раствора  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  на поверхности среза возникает нарушенный слой глубиной до 15 мкм. Электрические параметры этого слоя и их

зависимость от внешних факторов и температуры существенно отличаются от электрических параметров естественной поверхности кристаллов. Важным является тот факт, что на проводимость естественной или освобожденной от нарушенного слоя поверхности образцов  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  не влияет температура (от  $\sim 77$  до  $\sim 470$  К) и состав окружающей среды.

Предполагается, что возникающий на поверхности кристаллов  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  поликристаллический слой со-

держит ненасыщенные связи (из-за частичного нарушения стехиометрии в результате сгорания легколетучих компонент теллура и селена при резке) легко взаимодействующие с компонентами окружающей среды. Кроме того, нарушенный слой содержит в себе многочисленные структурные дефекты, создающие различные энергетические уровни и влияющие на зависимость поверхностной проводимости от температуры.

[1] Р.Н. Рубинштейн, В.И. Фистуль. Докл. АН СССР, 1959, т. 125, № 3, с. 542.

[2] Т.Д. Алиева, Д.Ш. Абдинов, Э.Ю. Салаев. Изв. АН СССР, Неорг. Материалы, 1981, т.17, №10, с.1773.

G.Z. Bağyeva, N.B. Mustafayev, N.Q. Sadıqov

### $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ KRİSTALLARINDA SƏTH KEÇİRİCİLİYİ

Məqalədə 77+470 K temperatur intervalında  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  kristallarında müxtəlif xarici amillərin səth keçiriciliyinin təsiri tədqiq olunmuşdur. Səthi işlənməyə məruz qalmamış nümunələrdə səth keçiriciliyinin temperatur asılılığı əyriyəli temperatur əmsallarına görə fərqlənən bir neçə hissədən ibarətdir. Müəyyən edilmişdir ki, belə temperatur asılılığı hazırlanan nümunələrin səth təbəqələrinə xasdır. Səth işlədikdən sonra səth keçiriciliyi demək olar ki, temperaturdan asılı olmur. Səth keçiriciliyinin temperaturdan asılılığının əks gedişi bir daha təsdiq edir ki, müşahidə olunan dəyişmələr əsasən elektron prosesləri ilə izah olunur.

G.Z. Bağyeva, N.B. Mustafayev, N.G. Sadıgov

### SURFACE CONDUCTIVITY OF $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ CRYSTALS

The influence of different external factors on surface conductivity of  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  crystals in the temperature range of  $\sim 77$  to  $\sim 470$  K are investigated. The curves of surface conductivity of untreated samples consists of the several section with different temperature dependence coefficient. It was established that such behaviour of the temperature dependence makes dependent on properties of surface layer generated by sample preparation. After the surface treatment surface conductivity becomes almost temperature independent. A reversible character of the temperature dependence of the surface conductivity shows that observed peculiarities make dependent on the electronic processes.

Дата поступления: 15.05.96

Редактор: Д.Ш. Абдинов