

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ОСЦИЛЛЯЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ
ПРИ ТУННЕЛИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОНОВ В ПЛЕНОЧНЫХ ПЕРЕХОДАХ
Al - Al₂O₃ - Bi_{1-x}Sb_x ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДАВЛЕНИЯХ**

A.A. Галкин, O.M. Иманжев

Туннельные переходы были получены при помощи вакуумного напыления сплавов Bi_{1-x}Sb_x на предварительно окисленную пленку алюминия, нанесенную на стекло. В процессе напыления сплава подложка поддерживалась при комнатной температуре. Сплав наносился методом "вспышки" [1] из перекаленной tantalовой лодочки. Толщина слоя Bi_{1-x}Sb_x составляла несколько тысяч Å. Гидростатическое давление прикладывалось к образцу по методике, описанной в [2]. Туннельный переход

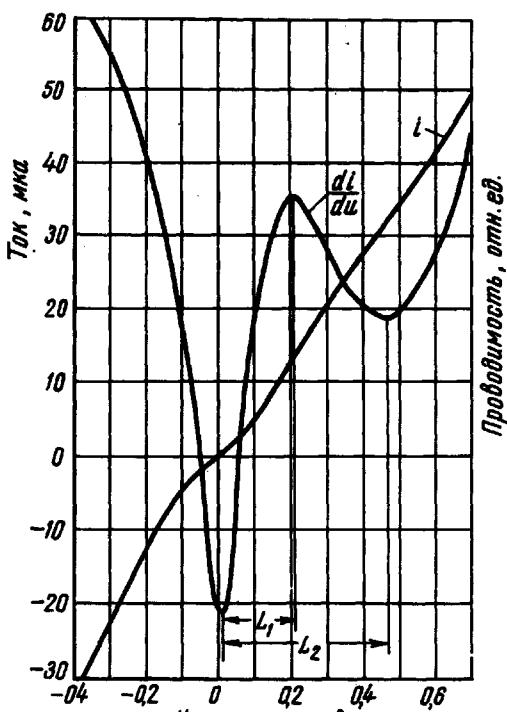


Рис.1,а. Графики i и di/dU в зависимости от напряжения смещения для туннельного перехода Al - Al₂O₃ - Bi_{0,7}Sb_{0,3}. $T = 77^{\circ}\text{K}$. Амплитуда модулирующего сигнала 0,7 мс, частота модуляции 2 кц.

Al - Al₂O₃ - Bi_{1-x}Sb_x подключался к измерительной схеме таким образом, что при положительном знаке напряжения смещения, снимаемого с реохорда, потенциал пленки сплава положителен по отношению к алюминиевому электроду. Графики проводимости di/dU перехода записывались на двухкоординатном самописце в функции напряжения U , приложенного к образцу.

На рис.1,а приведен типичный график $di/dU(U)$ для переходов, при концентрации x сурьмы в сплаве $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ до $x \leq 0,5$. График представляет собою W -образную кривую. При комнатной температуре максимум на кривой $di/dU(U)$ либо вовсе отсутствует, либо выражен слабо. С понижением температуры до $4,2^\circ\text{K}$ на W -кривой наблюдаются три четких экстремума, причем расстояния L_1 и L_2 между экстремумами весьма

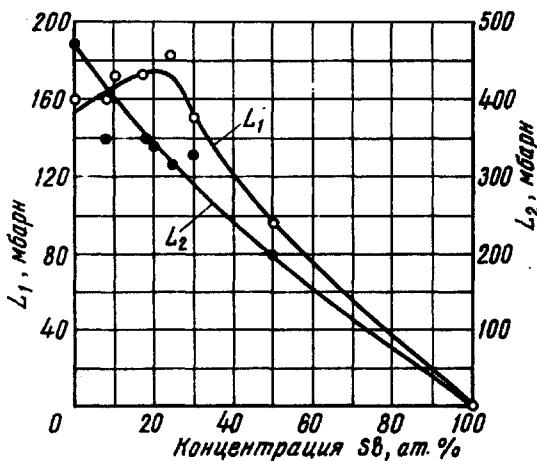


Рис.1,б. Зависимость параметров L_1 и L_2 W -кривой от концентрации сурьмы в сплаве $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$

заметно изменяются в зависимости от состава сплава (см.рис.1,б) и почти не зависят от температуры. С понижением температуры от 300 до 77°K величина L_1 увеличивается на $\sim 10\%$. На параметры L_1 и L_2 W -кривой весьма заметное влияние оказывает гидростатическое давление, приложенное к образцу. Давление вызывает общее сужение W -кривой в направлении оси напряжений смещения U ; особенно заметно влияние давления на величину L_1 :

$$\begin{aligned} \text{при } x = 0,1; \quad T = 77^\circ\text{K} \quad \text{и } P = 5,5 \text{ кбар} \quad \Delta L_1 / L_1 = -0,168; \\ \text{при } x = 0,1; \quad T = 4,2^\circ\text{K} \quad \text{и } P = 1,5 \text{ кбар} \quad \Delta L_1 / L_1 = -0,160. \end{aligned}$$

На графике $di/dU(U)$ туннельного перехода $\text{Al}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Bi}_{0,9}\text{Sb}_{0,1}$ при $T = 4,2^\circ\text{K}$ нами наблюдалась тонкая структура проводимости в виде наложенной на W -кривую четкой системы осцилляций, отражающих зонную структуру полупроводникового сплава $\text{Bi}_{0,9}\text{Sb}_{0,1}$. По методике, предложенной Эсаки [3], нами определены для данного сплава края энергетических зон электронов в миллиэлектронвольтах: $-56; -18; 2; 25; 82; 106$. Ширина запрещенной зоны составляет ~ 20 мэв.

Интересно отметить, что W -образная форма кривой $di/dU(U)$ наблюдалась нами в пределах концентрации сурьмы $0 < x \leq 0,5$, а тонкая структура, наложенная на W -кривую, только для $x = 0,1$. Из последнего факта

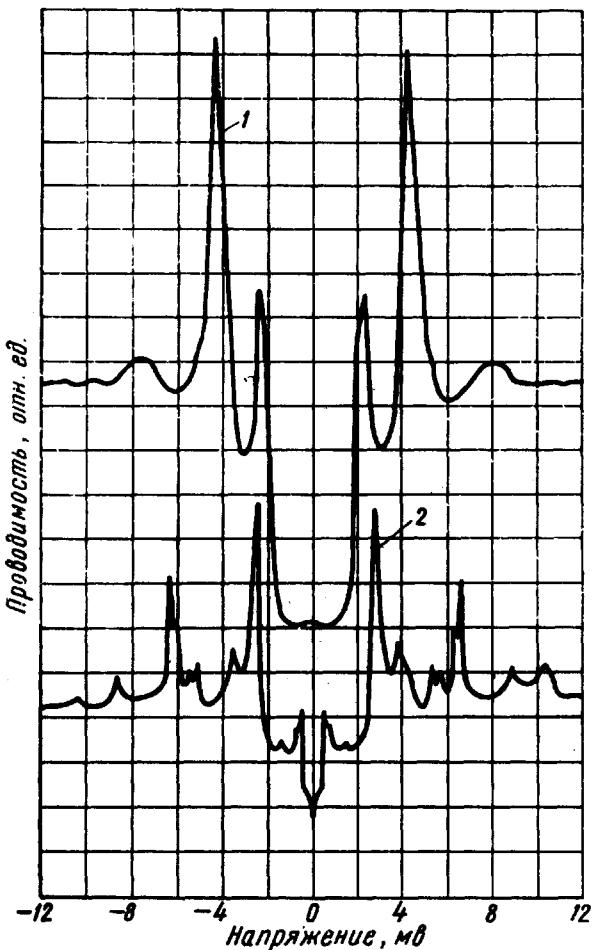


Рис.2. Зависимость проводимости туннельного перехода от напряжения в окрестности нулевого напряжения смещения. Амплитуда модулирующего сигнала 300 мкв , частота модуляции 8 кгц . 1 – переход $\text{Al}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{0,5}$; $T = 4,2^\circ\text{K}$, давление 12 кбар . 2 – переход $\text{Al}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Bi}_{0,33}\text{Sb}_{0,67}$; $T = 4,2^\circ\text{K}$, давление $5,5 \text{ кбар}$

можно заключить, что использованная нами технология получения туннельных переходов отнюдь не является совершенной и требует улучшения.

В сплавах $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{0,5}$ и $\text{Bi}_{0,33}\text{Sb}_{0,67}$ при давлениях выше 10 кбар нами получены характеристики туннельной проводимости $di/dU(U)$ с

четко выраженной тонкой структурой при напряжениях смещения в пределах ± 8 мв. Эта структура состоит из многочисленных острых пиков динамического сопротивления или пиков проводимости, расположенных симметрично относительно нулевого напряжения смещения. Две такие характеристики представлены на рис.2. Общее число пар пиков в указанном интервале напряжений смещения достигает 15 и более. В районе нулевого напряжения смещения на кривых $di/dU(U)$ нами, как правило, наблюдался глубокий провал сопротивления; в сравнительно редких случаях в этом районе напряжения наблюдался провал проводимости.

Четкие максимумы проявляются при гелиевой температуре, а иногда также и при температуре жидкого азота. При изменении температуры положение максимумов претерпевает сдвиг (без нарушения симметрии относительно нулевого напряжения смещения), изменяется также соотношение высот пиков отдельных максимумов. Подобная картина, хотя и менее четко выраженная, наблюдалась ранее Вильямсом и Шевчуном [4, 5], а также другими исследователями [6, 7] на туннельных характеристиках переходов металл-диэлектрик-полупроводник (моноцисталический).

Туннельные характеристики $di/dU(U)$, приведенные на рис. 2, имеют внешнее сходство с аналогичными характеристиками для переходов металл-диэлектрик-металл, в которых один или оба металла содержат сверхпроводящие фазы. На основании этого сходства в работе [5], где наблюдалась подобная картина для переходов металл-диэлектрик-полупроводник, высказывалось предположение о возможном наличии сверхпроводящей фазы в полупроводнике. Это допущение нам представляется ошибочным, так как его принятие означало бы, что критическая температура T_c сверхпроводящей фазы в случае [5] превышает 60°K [8], а в нашем случае составляет около 53°K . Это в свою очередь свидетельствовало бы о наличии нефононного механизма сверхпроводимости [9], в подтверждение существования которого в литературе нет никаких экспериментальных доказательств.

Пользуемся случаем выразить благодарность Л.Ф.Верещагину за интерес к работе и ценные советы.

Донецкий
физико-технический институт
Академии наук
Украинской ССР

Поступило в редакцию
10 июля 1968 г.

Литература

- [1] Бим, Такагаши. Приборы для научн.исслед. № 11, 242, 1964.
- [2] Е.С.Ицкевич, А.Н.Вороновский, А.Ф.Гаврилов и др. ПТЭ, № 6, 161, 1966.
- [3] L. Esaki, P. J. Stiles. Phys. Rev. Lett., 14, 902, 1965.
- [4] J. Shewchun, R. M. Williams. Phys. Rev. Lett., 15, 160, 1965.
- [5] R. M. Williams, J. Shewchun. Phys. Rev. Lett., 14, 824, 1964.
- [6] A. F. G. Wyatt. Phys. Rev. Lett., 13, 401, 1964.
- [7] R. N. Hall. Proceedings of the International Conference on Semiconductor Physics, Prague, 1960.
- [8] Д.Дуглас, Л.Фаликов. Энергетическая щель в сверхпроводниках. Сб. статей "Сверхпроводимость", Изд. Наука, М., 1967.
- [9] В.Л.Гинзбург. УФН, 95, 1, 91, 1968.