

- [3] Митрохин В. И., Рембеза С. И., Свиридов В. В., Ярославцев Н. П. // ФТТ. 1985. Т. 27. В. 7. С. 2081—2085.
- [4] Митрохин В. И., Рембеза С. И., Свиридов В. В., Ярославцев Н. П. // Тез. докл. IX Всес. конф. по физике полупроводников. Минск, 1985. Ч. 3. С. 107.
- [5] Кутукова О. Г., Митрохин В. И., Рембеза С. И., Ярославцев Н. П. // ФТП. 1987. Т. 21. В. 7. С. 1335—1336.
- [6] Никитин В. Г., Рачинска И., Сеель Е. Р., Степанова М. Н., Третьяков Д. Н., Федоренко Т. П. // Тез. докл. III Всес. конф. по физическим процессам в полупроводниковых гетероструктурах. Одесса, 1982. С. 262—264.
- [7] Соболев М. М., Степанова М. Н., Конников С. Г. // ФТП. 1984. Т. 18. В. 2. С. 383—385.

Воронежский политехнический институт

Получено 27.10.1987
Принято к печати 10.01.1989

ФТП, том 23, вып. 5, 1989

ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕЙ ТОЧКИ НА ПАДАЮЩЕЙ ВЕТВИ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЛАВОВ $Pb_{1-x}Sn_xTe\langle In \rangle$

Акимов Б. А., Хохлов Д. Р., Чесноков С. Н.

Одна из особенностей сплавов $Pb_{1-x}Sn_xTe\langle In \rangle$, находящихся в диэлектрическом состоянии [1], заключается в том, что их темновая вольтамперная характеристика (ВАХ) является S-образной в области гелиевых температур [2]. Считается, что формирование падающей ветви ВАХ обусловлено механизмом Джоулева пробоя [2]. Ранее, однако, рассматривались квазистатические ВАХ. Динамика движения рабочей точки по падающей ветви не исследовалась. В то же время эксперименты такого типа могут дать убедительные доказательства Джоулевой природы падающей ветви ВАХ.

Действительно, согласно расчетам, температура образца, рабочая точка которого расположена на падающей ветви, заметно выше температуры окружающей среды $T_0=4.2$ К. В таких условиях в разрешенной зоне сплавов, как правило, уже имеется значительное количество термовозбужденных свободных носителей заряда, обеспечивающих омическую проводимость. При медленном квазистатическом возрастании тока через образец увеличивается количество выделяемого Джоулева тепла, что приводит к росту температуры образца и к падению его сопротивления. В результате рабочая точка смещается вдоль падающей ветви. Если же увеличение тока происходит достаточно быстро, то выделившееся Джоулево тепло не успевает заметно изменить температуру образца, поэтому и сопротивление последнего практически не уменьшается. Это означает, что изменение напряжения, соответствующее быстрому увеличению тока, должно отвечать закону Ома.

Описанные соображения явились основой для проведения следующего эксперимента.

В качестве объекта исследования был выбран сплав $Pb_{0.75}Sn_{0.25}Te + 0.5$ ат% In, выращенный из раствора-расплава. Примесь вводилась в жидкую зону. Образец прямоугольной формы размером $1 \times 1 \times 5$ мм вырезался электроэрозионным методом и протравливался в полирующем травителе $HBr + VBr_2$. Контакты наносились путем подпайки посеребренных медных проводочек припоем $In + 4\% Ag + 1\% Au$. Расстояние между потенциальными контактами составляло ~ 2 мм. Образец находился в диэлектрическом состоянии. Энергия активации проводимости в области гелиевых температур составляла $\epsilon_a=21$ мэВ.

Образец, помещенный в наполненную парами гелия металлическую камеру, охлаждался до температуры $T_0=4.2$ К, после чего рабочая точка выводилась на падающую ветвь ВАХ. Затем ток I через образец модулировался с частотой ω : $I=I_0+\Delta I \sin \omega t$. Глубина модуляции $\Delta I \ll I_0$.

Оказалось, что существует значение $\omega = \omega_0$ такое, что если $\omega \ll \omega_0$, то рабочая точка перемещается вдоль падающей ветви (рис. 1, кривая 1), а при $\omega \gg \omega_0$ изменения тока и напряжения при модуляции соответствуют закону Ома (рис. 1, кривая 3) вне зависимости от начальной величины тока I_0 (рис. 2). Если же $\omega \simeq \omega_0$, то рабочая точка описывает замкнутую кривую в пространстве $I-U$ (рис. 1, кривая 2). В условиях эксперимента $\omega_0 \simeq 9$ Гц.

Если усилить теплоизоляцию образца от гелиевой ванны путем откачки газа из измерительной камеры, то падающая ветвь смещается «влево»: для каждой фиксированной величины тока соответствующее значение напряжения уменьшается. Заметно падает также величина ω_0 (до ~ 2 Гц).

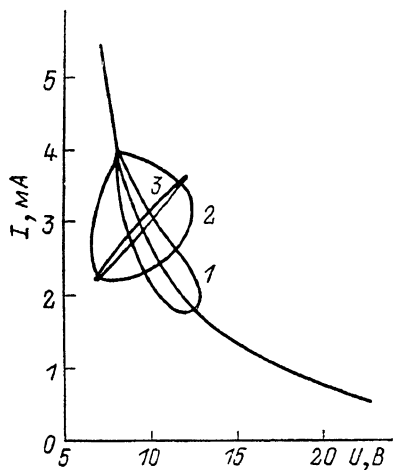


Рис. 1. Характер движения рабочей точки в плоскости $I-U$ при частотах модуляции тока 1 (1), 9 (2) и 100 Гц (3).

Сплошная кривая — падающая ветвь ВАХ, записанная в квазистатистическом режиме.

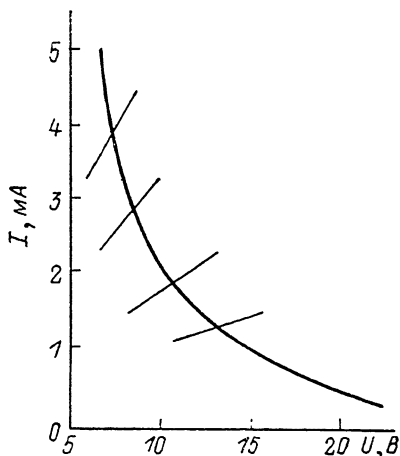


Рис. 2. Характер движения рабочей точки в плоскости $I-U$ при различных значениях начальной величины тока через образец.

Частота модуляции 100 Гц. Сплошная кривая — падающая ветвь ВАХ, записанная в квазистатистическом режиме.

Описанные результаты укладываются в рамки теории Джоулева пробоя. Действительно, ВАХ сплавов определяется системой уравнений вида [2]

$$U = IR,$$

$$R = R_0 \exp(\varepsilon_a/2kT), \quad (1)$$

$$IU = A(T - T_c),$$

где R — сопротивление образца, T — температура образца, k — постоянная Больцмана, A — коэффициент тепловой проводимости.

Ухудшение теплового контакта с гелиевой ванной выражается в уменьшении параметра A . Численный анализ системы уравнений (1) дает в этом случае описанный выше сдвиг падающей ветви ВАХ «влево» в плоскости $I-U$.

Снижение значения частоты ω_0 при откачке из камеры паров гелия связано с увеличением характерного времени термической релаксации образца в условиях худшего теплообмена с гелиевой ванной.

Итак, проведенный эксперимент подтвердил предположение о Джоулевой природе формирования падающей ветви ВАХ в сплавах $Pb_{1-x}Sn_xTe\langle In \rangle$, находящихся в диэлектрическом состоянии.

Список литературы

- [1] Акимов В. А., Рябова Л. И., Яценко О. Б., Чудинов С. М. // ФТП. 1979. Т. 13. В. 4. С. 752—759.
 [2] Akimov V. A., Brandt N. B., Kerner B. S., Nikiforov V. N., Chudinov S. M. // Sol. St. Commun. 1982. V. 43. N 1. P. 31—33.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Получено 21.11.1988
Принято к печати 10.01.1989