

Академик АН КазССР М. И. КОРСУНСКИЙ, С. Я. МАКСИМОВА,
Ш. Ш. САРСЕМБИНОВ

**О ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОРОГОВОГО
НАПРЯЖЕНИЯ И НАПРЯЖЕНИЯ ПОДДЕРЖАНИЯ
В ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ СИСТЕМЕ Al — Se — Ag**

Для выяснения механизма эффекта переключения в аморфных полупроводниках определенным интересом представляют исследования температурной зависимости параметров переключающих элементов. Как известно, одними из основных параметров переключающих элементов являются пороговое напряжение $V_{\text{пор}}$ и напряжение поддержания $V_{\text{под}}$. В ряде работ (^{1, 2}) приводятся результаты исследования температурной зависимости этих параметров в халькогенидных стеклах, где установлено существование некоторой критической температуры T_k , при которой $V_{\text{пор}} = V_{\text{под}}$. Величину T_k авторы связывают с температурой фазового перехода стекла. Однако в настоящее время достаточно убедительные обоснования этого предположения отсутствуют.

В данной работе приведены результаты исследования зависимости $V_{\text{пор}}$ и $V_{\text{под}}$ от температуры в образцах системы Al — Se — Ag с разной толщиной слоя селена.

Образцы для исследований получали методом термического испарения в вакууме $\sim 10^{-5}$ тор на диэлектрические подложки. Вначале на подложку напыляли алюминиевый электрод, затем на холодную подложку наносили слой селена определенной толщины (0,1; 0,4 и 1,2 мкм), на который напыляли второй электрод из серебра.

Образец помещали в криостат, конструкция которого описана в (³), и проводили измерения $V_{\text{пор}}$ и $V_{\text{под}}$ в статическом режиме в интервале температур 160—300° К. В качестве регистрирующего прибора при измерении статических вольт-амперных характеристик применяли двухкоординатный самописец ПДС-021.

Получены зависимости величины $V_{\text{пор}}$ и $V_{\text{под}}$ от температуры для образцов с толщиной слоя селена $d=0,1; 0,4$ и 1,2 мкм. На рис. 1 представлена типичная зависимость $V_{\text{пор}}$ и $V_{\text{под}}$ от температуры для этих образцов. Из рисунка видно, что $V_{\text{пор}}$ и $V_{\text{под}}$ растут с температурой, но зависимость $V_{\text{под}}$ от температуры сильнее, чем $V_{\text{пор}}$. При экстраполяции в область высоких температур кривые зависимости $V_{\text{пор}}$ и $V_{\text{под}}$ от температуры пересекаются при некоторой критической температуре T_k . Значение T_k для образцов с толщиной слоя селена 0,4 и 1,2 мкм составляет $T_k \approx 700^\circ \text{К}$, а для образцов с толщиной 0,1 мкм — $T_k \approx 580^\circ \text{К}$.

На рис. 1 представлена также и зависимость от температуры разности $\Delta V = V_{\text{пор}} - V_{\text{под}}$.

Из полученных данных видно, что зависимости $V_{\text{пор}}$ и $V_{\text{под}}$ от температуры в пленках аморфного селена отличаются от результатов аналогичных измерений в халькогенидных стеклах (^{1, 2}). В сложных халькогенидных стеклах $V_{\text{пор}}$ уменьшается с увеличением температуры, а $V_{\text{под}}$ практически не зависит от температуры. Полученные при экстраполяции кривые значения T_k , как отмечается авторами, близки к значениям температуры фазового перехода стекла.

Из рис. 1 видно, что зависимость $\Delta V = V_{\text{пор}} - V_{\text{под}}$ от температуры линейная. Она может быть представлена в виде

$$\Delta V = A - BT. \quad (1)$$

Распределение потенциала в системе алюминий — тонкая пленка аморфного селена — серебро имеет сложный вид. Для образцов с $d = 1,2$ мкм оно приведено на рис. 2. Такое распределение потенциала уста-

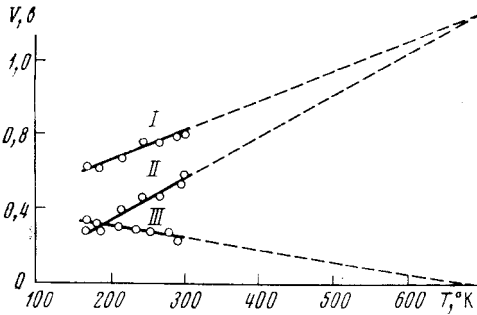


Рис. 1. Зависимость $V_{\text{пор}}$ (I), $V_{\text{под}}$ (II) и $\Delta V = V_{\text{пор}} - V_{\text{под}}$ (III) от температуры

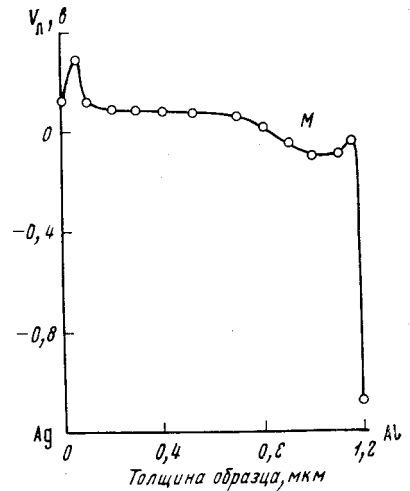


Рис. 2. Распределение контактного потенциала в системе Al — Se — Ag; толщина образца $d = 1,2$ мкм

новлено измерением контактной разности потенциалов в слоях электрод — селен с переменной толщиной селена. У алюминиевого электрода имеется потенциальная яма M , связанная, по-видимому, с образованием селенидов алюминия.

Мы хотим обратить внимание на то, что зависимость (1) может возникнуть в случае, если для перевода образца в низкоомное состояние требуется энергия ΔE . Необходимость такой энергии может быть связана с наличием в распределении потенциала в системе Al — Se — Ag потенциальной ямы M . Величина энергии ΔE определяется электрическим полем, которое уменьшает глубину потенциальной ямы до величины kT .

Тогда энергия ΔE зависит от температуры. С увеличением температуры ΔE уменьшается:

$$\Delta E = \Delta E_0 - kT.$$

Мерой величины ΔE и является разность $\Delta V = V_{\text{пор}} - V_{\text{под}}$, а именно

$$\alpha \Delta E = e \Delta V,$$

где α — некоторый коэффициент, определяемый из условия, что разность потенциалов ΔV на толщине образца d создает поле, которое на полуширине потенциальной ямы имеет потенциал

$$U = \frac{\Delta E}{e} = U_0 - \frac{kT}{e}, \quad \text{т. е. } \alpha = \frac{e \Delta V}{\Delta E} = \frac{d}{a},$$

где U_0 — глубина потенциальной ямы, d — расстояние между электродами, a — полуширина потенциальной ямы M .

Таким образом, если ΔE определяется потенциальной ямой M , то между параметрами потенциальной ямы U_0 и a и коэффициентами, входящи-

ми в (1), должна быть определенная связь, а именно

$$A = \alpha \Delta E_0, \quad B = \alpha k, \quad k T_k = \Delta E_0 = e U_0, \quad (2)$$

где T_k — точка пересечения кривой $\Delta V = f(T)$ с осью абсцисс.

Зная T_k , получим, что $\Delta E_0 \approx 0,06$ эв. Найденное значение ΔE_0 хорошо согласуется с величиной $e U_0 \approx 0,06$ эв.

Далее находим

$$\alpha = A / \Delta E_0 = 0,5 / 0,06 \approx 8,3,$$

которое практически совпадает со значением $\alpha = d/a \approx 10$. Отношение B/α при этом оказывается равным $\approx 9,04 \cdot 10^{-5}$ эв/град, т. е. хорошо совпадает со значением постоянной Больцмана $k = 8,62 \cdot 10^{-5}$ эв/град.

Из приведенного рассмотрения следует, что требуемые соотношения (2) действительно выполняются:

$$\Delta E_0 \approx e U_0, \quad \alpha \approx \frac{d}{a}, \quad \frac{B}{\alpha} \approx k.$$

Если такое совпадение не случайное, можно сделать вывод, что величина ΔV определяется потенциальной ямой M .

Несмотря на то, что распределение потенциала в системе Al—Se—Ag при d меньших 0,4 мкм неизвестно, по характеру распределения потенциала в образце толщиной 1,2 мкм, можно полагать, что с уменьшением d оно меняется сначала незначительно, а затем при $d < d_c$ более сильно (d_c — толщина слоя объемного заряда у электродов). По-видимому, $d_c \approx 0,4$ мкм.

Величина T_k не зависит от толщины слоя селена, пока $d \geq 0,4$ мкм. При $d < 0,4$ мкм величина T_k уменьшается с уменьшением d , так для образцов с $d = 0,4$ и 1,2 мкм $T_k \approx 700^\circ \text{K}$, а для $d = 0,1$ мкм $T_k \approx 580^\circ \text{K}$.

Полученные данные дают основания полагать, что характер температурной зависимости $V_{\text{пор}}$ и $V_{\text{под}}$ связан с существованием потенциальной ямы вблизи алюминиевого электрода.

Институт ядерной физики
Академии наук КазССР
Алма-Ата

Поступило
19 IX 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ M. Wobst, J. Non-Crystalline Solids, v. 11, 5, 526 (1973). ² P. J. Walsh, R. Vogel, E. J. Evans, Phys. Rev., v. 178, 1277 (1969). ³ М. И. Корсунский, М. М. Солинский, В сб.: Некоторые вопросы общей и прикладной физики, Алма-Ата, 1972.