

ВЛИЯНИЕ ОДНОСТОРОННЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА ТЕНЗОРЕЗИСТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК $(Bi_{0,25}Sb_{0,75})_2Te_3$

Сиддиков Р.У., Сулаймонов Х.М., Юлдашев Н.Х., Юлдашева Ё.Н.

Ферганский политехнический институт,

Аннотация. Приводятся результаты исследования деформационных характеристик пористых поликристаллических пленок $(Bi_{0,25}Sb_{0,75})_2Te_3$ в случаях односторонних циклических знакопеременных напряжений. Показано, что в таких пленках наблюдается существенный гистерезис изменения сопротивления с деформаций.

Ключевые слова: полупроводниковые пленки, тензочувствительность, циклическая знакопеременная деформация, гистерезис изменения сопротивления с деформаций, тензодатчик накопления усталостных повреждений.

Введение. Для обеспечения безопасной эксплуатации конструкций и предотвращения их разрушения в процессе работы необходимо знать количество циклов деформации, которые испытала данная конструкция. Для этих целей могут быть использованы датчики накопления усталостного повреждения (ДНУП), изменяющие свои характеристики с увеличением числа действующих на них деформационных циклов, изготовленные на основе полупроводниковых пленок. Как известно [1-4], основными электрофизическими характеристиками таких тензодатчиков являются исходные величины сопротивления R_0 , тензочувствительность K_0 и изменения их при воздействии внешних факторов: температура T , механическая деформация ε , частота питающего переменного напряжения f и т.п. Поэтому в данной работе изучалось нами влияние количества циклов N и амплитуды ε знакопеременной деформации на характеристики пленок $(Bi_{0,25}Sb_{0,75})_2Te_3$ по изменению величины ее сопротивления и коэффициента тензочувствительности (КТЧ), определяемой формулой

$$K = \frac{\Delta R}{R_0 \cdot \varepsilon}, \quad (1)$$

где $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ и $\Delta l = l(\varepsilon) - l_0$ - величины относительной и абсолютной деформации,

$\Delta R = R(\varepsilon) - R_0$, R_0 - электрическое сопротивление образца при $\varepsilon = 0$.

Исследуемые пленки $(Bi_{0,25}Sb_{0,75})_2Te_3$ получались на подложках из полиамида МП-I методом вакуумной конденсации молекулярных пучков из газообразной фазы, подробно изложенным в [1,2]. Для снятия деформационных характеристик (ДХ) пленки наклеивались на балку равного сопротивления из титанового сплава. Деформирование пленок проводилось изгибом балки. При этом значение относительной деформации рассчитывалось по величине изгиба консольно-закрепленной балки и не превосходило $\varepsilon = \pm 1 \cdot 10^{-3}$ *отн.ед.*

Область малых значений N. Результаты эксперимента и их обсуждений. Здесь приводятся результаты изучения абсолютного $\Delta R = R(\varepsilon) - R_0$ и относительного $\Delta R(\varepsilon)/R_0$ изменения электросопротивления свежеприготовленных образцов при малом числе цикла нагружений с изменением его не только по значению, но и по знаку. Например, на первом этапе рассмотрим область деформации растяжения от $\varepsilon = 0$ до $\varepsilon = \varepsilon_0$, во втором этапе получим в направлении снятия деформаций, т.е. при изменении ε от ε_0 до 0, в третьем и четвертом этапах изучаем область деформаций сжатия, сначала от $\varepsilon = 0$ до $\varepsilon = -\varepsilon_0$, а затем от $\varepsilon = -\varepsilon_0$ до $\varepsilon = 0$ и завершаем один цикл знакопеременных деформаций. Изготовленные тензочувствительные пленки из $(Bi_{0,25}Sb_{0,75})_2Te_3$ выдержали достаточно большие числа циклических знакопеременных деформаций (ЦЗПД). Очевидно, что представляет интерес изучать ДХ пленок в предельно малом и большом количествах N ЦЗПД.

На рис. 1 представлены ДХ при малых значениях N, причем, здесь сначала изучалось изменение R пленки только при 4-х циклах деформаций растяжения ($0 \leq \varepsilon \leq 0,9 \cdot 10^{-2}$ отн.ед.), а потом при 4-х циклах деформаций сжатия ($-0,9 \cdot 10^{-2} \leq \varepsilon \leq 0$). Видно, что когда сначала нагрузку плавно увеличиваем до ε_0 и затем также плавно снимаем ее до 0, то наблюдаем остаточного изменения относительного сопротивления $\Delta R_{ост}^0(N)/R_0$. Эта величина различна для растяжения и сжатия, что отражает наличия внутреннего механического напряжения (ВМН) в пленке. Видно, что в данном случае ВМН является отрицательной (сжатое $\varepsilon_0 < 0$ [2]), кроме того она монотонно уменьшается с ростом N.

Таким образом, в пленках $(Bi_{0,25}Sb_{0,75})_2Te_3$ наблюдается существенный гистерезис изменения сопротивления $R_N(\varepsilon)$ при одном ЦЗПД ($N = 1$) с незамкнутым концом. Следующие гистерезисные петли непосредственно продолжают предыдущий и смещаются в область больших значений R (рис.2).

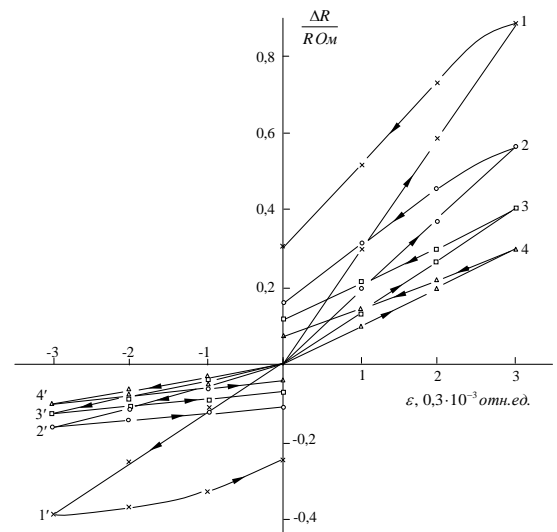


Рис.1. Деформационная характеристика свежеприготовленной пленки $(Bi_xSb_{1-x})_2Te_3$ при 4-х циклах деформации растяжения (кривые 1-4 со стрелками направления нагружений) и сжатия (кривые 1'-4') при комнатной температуре.

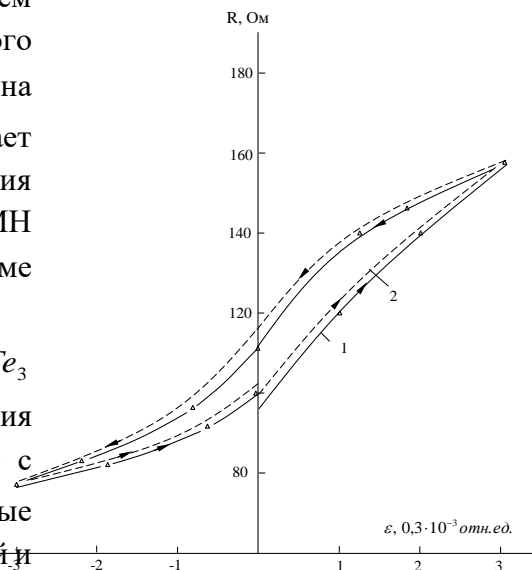


Рис. 2. Гистерезис изменения сопротивления пленки из $(Bi_xSb_{1-x})_2Te_3$ под действием ЦЗПД. Незамкнутый гистерезис со штрихованными линиями соответствует второму циклу ЗПД ($N = 2$).

На рис. 3 приведена зависимость изменения сопротивления и КТЧ от числа ЦЗПД в области $1 \leq N \leq 4$. Видно, что величина K резко уменьшается, а R -увеличивается, с ростом количества

ЦЗПД при малом N , а затем переходят к плавному монотонному спаду. По-видимому, начальные участки зависимости $R_\epsilon(N)$ и

$K_\epsilon(N)$ обусловлены сильно
 неравновесными ВМН не
 термообработанных пленок

Заключение. Изменения величины сопротивления, КТЧ плёнок с ростом числа циклов деформации можно объяснить ростом величины диэлектрического зазора между кристаллитами плёнки. Модель, описывающая электропроводность через микро контактирующие поверхности кристаллитов, на основе теории протекания объясняет высокие значения величины КТЧ плёнок и нелинейность их статической деформационной характеристики. Пористые пленки из соединения $(Bi_{0,25}Sb_{0,75})_2Te_3$, полученные термическим испарением в вакууме при указанных выше оптимальных технологических параметрах, могут быть применены в качестве датчика накопления усталостных повреждений деталей различных конструкций.

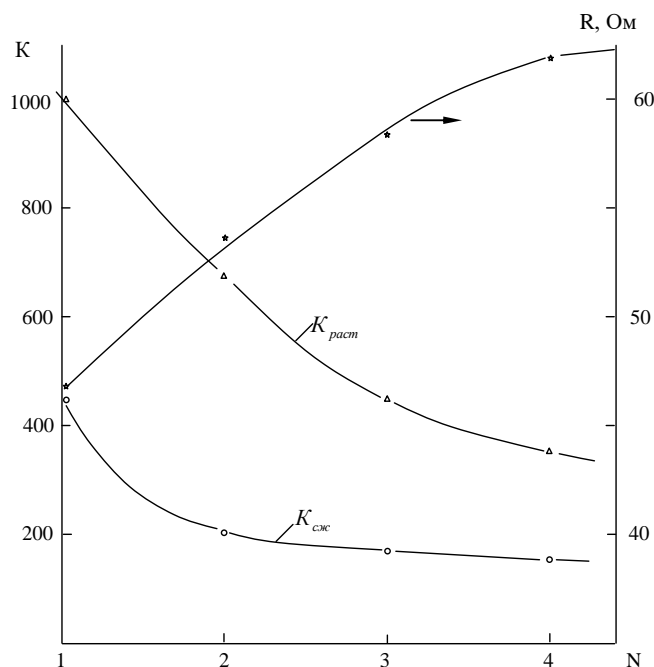


Рис.3. Изменение сопротивления R и КТЧ с ростом числа ЦЗПД в области $1 \leq N \leq 4$.

Литература

1. Абдуллаев Э.А., Юлдашев Н.Х. Эффект пьезосопротивления в халькогенидах свинца и висмута. Ч.1- Ташкент, «Фан», 1989, 182 с.
2. Абдуллаев Э.А., Юлдашев Н.Х. Эффект пьезосопротивления в халькогенидах свинца и висмута. Ч.2 - Фергана, «Техника», 2008. 116 с.
3. Сулаймонов Х.М. Влияние циклической деформации на электропроводность пленок p - $(Bi_{0,3}Sb_{0,7})_2Te_3$ на переменном токе. // Журнал технической физики. 2017. –Т. 87, № 3, с. 471-472.
4. Сулаймонов Х.М., Умаров М.Г., Юлдашев Н.Х. Тензочувствительность поликристаллических пористых пленок //Актуальные проблемы современной науки-Россия. 2015, №4.

СПЕКТРАЛЬНАЯ ОБЛАСТЬ СУЩЕСТВОВАНИЯ АВТОКОЛЕБАНИЙ ТОКА В КОМПЕНСИРОВАННОМ КРЕМНИИ

Зикриллаев Н.Ф., Зикриллаев Х.Ф., Шоабдурахимова М.М.,
 Абдуллаева Н., Абдурахмонов С., Алиев Б.

Аннотация: При исследовании фотоэлектрических свойств образцов компенсированного кремния диффузионно легированного примесными атомами марганца,