

## ВЛИЯНИЕ $\gamma$ -ИЗЛУЧЕНИЯ НА КИНЕТИЧЕСКИЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЛЕНОК $Pb_{1-x}Sn_xTe$

© А.Т.Мамадалимов, К.Э.Онаржулов, Т.К.Парпиев

Ферганский государственный университет,

712000 Фергана, Узбекистан

(Получена 13 февраля 1995 г. Принята к печати 3 июля 1995 г.)

Исследовано влияние  $\gamma$ -излучения на кинетические коэффициенты нелегированных и легированных индием поликристаллических пленок твердого раствора  $Pb_{1-x}Sn_xTe$ . Полученные результаты объясняются изменениями состояния границ кристаллитов в процессе воздействия  $\gamma$ -излучения: радиационно-стимулированной диффузией примесей в объеме и на границах кристаллитов.

Кристаллы и пленки на основе сплавов  $Pb_{1-x}Sn_xTe$  активно применяются в качестве фотоприемников и термоэлементов в инфракрасной и лазерной технике [1]. При этом они должны обеспечивать работоспособность в различных экстремальных условиях. Поэтому в работах [2,3] проведены исследования по изучению влияния протонного и электронного облучения на электрофизические свойства монокристаллов  $Pb_{1-x}Sn_xTe$   $n$ - и  $p$ -типа. Однако работы, посвященные изучению влияния  $\gamma$ -облучения на электрофизические свойства поликристаллических пленок, в литературе практически отсутствуют.

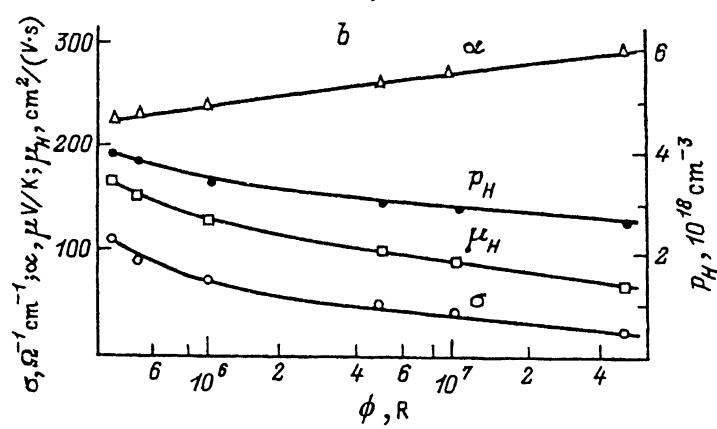
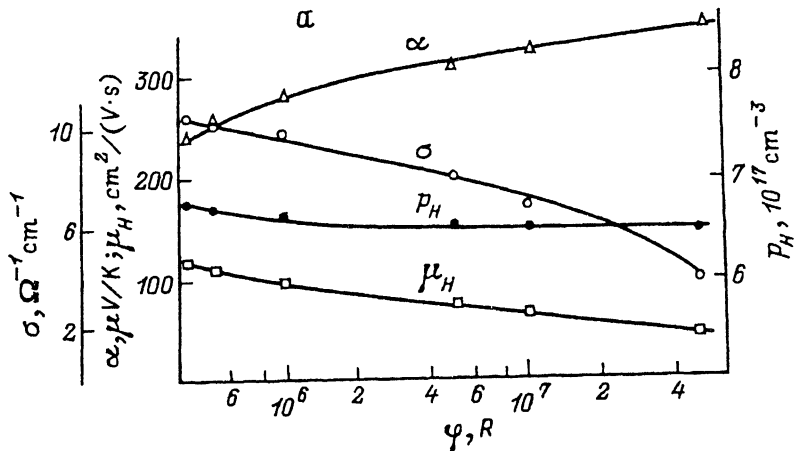
Цель данной работы — изучение изменения кинетических коэффициентов пленок  $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te$  и  $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te(In)$  при облучении  $\gamma$ -квантами. Поликристаллические пленки  $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te$  и  $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te + 0.5 \text{ ат\%In}$   $p$ -типа получены термовакуумной конденсацией на подложках из слюды и полиимидной ленты (ПМ-1). Температура конденсации  $T_c$  изменялась в пределах (370–570) К. Толщина пленок в зависимости от  $T_c$  и скорости конденсации составляла  $(6 \cdot 10^2 - 4 \cdot 10^3)$  Å. Холловские концентрация  $p_H$  и подвижность  $\mu_H$  носителей заряда при 300 К соответственно составляли

$$p_H = (6-7) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}, \quad \mu_H = (100-200) \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$$

для  $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te$  и

$$p_H = (2-4) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}, \quad \mu_H = (150-300) \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$$

для  $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te(In)$ .



Изменение параметров пленок  $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te$  (a) и  $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te(In)$  (b), полученных на полиимидной ленте при  $T_c = 573$  К с ростом интегральной дозы  $\gamma$ -квантов. Толщина пленок равна  $4 \cdot 10^3$  Å, температура измерений  $T = 300$  К.

Облучение пленок производилось  $\gamma$ -квантами  $^{60}Co$  на воздухе и в вакууме. Кинетические коэффициенты пленок измерялись при постоянных электрическом и магнитном полях компенсационным методом как до, так и после определенной интегральной дозы облучения.

На рисунке представлены типичные экспериментальные кривые из большого числа полученных результатов, показывающие изменение проводимости  $\sigma$ , концентрации  $\rho_H$ , подвижности  $\mu_H$ , термоэдс  $\alpha$  в зависимости от интегральной дозы  $\gamma$ -квантов для пленок  $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te$  (рисунок a) и  $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te(In)$  (рисунок b), полученных при  $T_c = 573$  К. Во всех исследованных образцах, полученных на подложках обоих типов, изменения параметров в зависимости от интегральной дозы облучения на воздухе и в вакууме имели одинаковый характер в нелегированных и легированных пленках: незначительное уменьшение  $\rho_H$ , уменьшение  $\mu_H, \sigma$  и повышение  $\alpha$ . Но в пленках, полученных на слюде, изменение параметров начинается при более высоких дозах облучения  $\phi > 10^6 R$ .

Полученные экспериментальные результаты могут быть объяснены изменением концентрации примесей и собственных дефектов (вакансии

Pb и Te) при воздействии  $\gamma$ -облучения. Хотя в настоящему времени общепризнано, что в явления переноса в поликристаллических пленках определяющий вклад вносят дефекты на границах блоков и кристаллитов, необходимо отметить и немаловажное значение других типов дефектов. Очевидно, параметры межкристаллитных потенциальных барьеров зависят не только от состояния границ, но и от концентрации носителей заряда, задаваемой как концентрацией легирующей примеси, так и числом собственных точечных дефектов.

Исследования монопольных и поликристаллов  $Pb_{1-x}Sn_xTe$ , компенсированных In, показали, что легирующий In приводит к расширению запрещенной зоны и смещению вниз уровня In от дна зоны проводимости, т.е. к увеличению энергии активации и к увеличению времени жизни носителей заряда [4]. В сплавах PbTe с другими соединениями типа  $A^{IV}B^{VI}$  положение примесного уровня существенно зависит от состава твердого раствора. В  $Pb_{1-x}Sn_xTe$  с ростом  $x$  примесный уровень смещается к краю зоны проводимости, при  $x > 0.22$  переходит в запрещенную зону, а при  $x > 0.29$  входит в валентную зону [5]. Анализ имеющихся в настоящее время экспериментальных данных показал, что их согласование возможно, если предположить возникновение в процессе облучения резонансных уровней донорного или акцепторного типа, расположенных в зоне проводимости и валентной зоне соответственно. Примерами таких уровней в  $Pb_{1-x}Sn_xTe$  могут быть уровни вакансий свинца и теллура, расположенные вблизи краев зоны проводимости и валентной зоны.

Увеличение концентрации носителей заряда в пленках  $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te$  (In) по сравнению с пленками нелегированного  $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te$ , по-видимому, связано с образованием акцепторных уровней In. Это подтверждается и тем обстоятельством, что при воздействии  $\gamma$ -излучения уменьшение концентрации носителей в несколько раз больше в пленках, легированных In, поскольку вероятность межатомных примесных переходов в них больше.

Передача энергии  $\gamma$ -квантов решетке происходит через возбуждаемые излучением быстрые электроны. Передача энергии электронам атомам решетки вызывает их смещение с образованием точечных дефектов [6]. Наряду с генерацией точечных дефектов действие  $\gamma$ -излучения приводит к радиационно-стимулированной диффузии атомов [7]. Радиационно-стимулированная диффузия является атермическим процессом, и «стимулятором» диффузии является энергия возбуждаемых излучением неравновесных электронно-дырочных пар. Энергия, получаемая атомами примеси, увеличивает вероятность межатомных перескоков, т.е. ускоряет диффузию. В пленках при действии излучения может стимулироваться как диффузия примесей, локализованных в объеме кристаллитов, так и примесей, адсорбированных на границах кристаллитов. Полученные нами результаты показывают, что концентрация дырок при начальном этапе облучения претерпевает заметные изменения, а в дальнейшем практически не изменяется. Отсюда можно сделать вывод, что изменения электрофизических свойств как нелегированных, так и легированных In пленок  $Pb_{0.8}Sn_{0.2}Te$  зависят от состояния границ кристаллитов. Причиной изменения состояния границ кристаллитов является радиационно-стимулированная диффузия примесей в объеме и на границах кристаллитов в процессе  $\gamma$ -облучения. Значительное падение холловской подвижности носите-

лей при  $\gamma$ -облучении также указывает на рост потенциальных барьеров на границах кристаллитов, что приводит к рассеянию носителей заряда.

Проведенные электронно-микроскопические исследования полученных образцов показали, что размер кристаллитов в пленках, полученных на слюде, больше, чем в пленках, полученных на ПМ-1, и с ростом температуры конденсации он увеличивается от  $(5-6) \cdot 10^2$  до  $10^4$  Å. Специфика структуры поликристаллических пленок вносит особенности в атомные процессы, происходящие в них при внешнем воздействии. С увеличением размера кристаллитов вклад объемных эффектов на физические свойства пленок возрастает. Возможно, особенности изменения параметров в пленках, полученных на слюде, связаны с большим размером кристаллитов в них, чем в пленках, полученных на полиимидной ленте.

#### Список литературы

- [1] Н.Х. Абрикосов, Л.Е. Шелимова. *Полупроводниковые материалы на основе соединений  $A^{IV}B^{VI}$*  (М., 1975).
- [2] В.Н. Брудный, А.В. Войцеховский, М.А. Кривов, Ю.В. Лиленко, А.С. Петров, А.И. Потапов. *ФТП*, **8**, 1995 (1978).
- [3] Н.Б. Брандт, А.М. Гаськов, Е.А. Ладыгин, Е.П. Скипетров, А.Г. Хорош. *ФТП*, **23**, 2034 (1989).
- [4] С.И. Стафеев, Э.Ю. Салаев, Х.Д. Джалилова, Э.И. Курбанова, Г.С. Мамедов. *ФТП*, **17**, 1864 (1983).
- [5] В.И. Кайданов, С.А. Немов, Ю.И. Равич. *ФТП*, **24**, 201 (1992).
- [6] В.С. Вавилов, А.Е. Кив, О.Р. Вязова. *Механизм образования и миграция дефектов в полупроводниках* (М., 1981).
- [7] Ш.Б. Атакулов, Ф.А. Зайтов, Ю.В. Матершев, К.Э. Онаркулов, А.Е. Шавров. *ФТП*, **19**, 2088 (1985).

Редактор Т.А. Полянская

#### Effect of $\gamma$ -radiation on kinetic coefficients of $Pb_{1-x}Sn_xTe$ films

*A.T.Mamadalimov, K.E.Onarkulov, T.K.Parpiev*

Fergana State University, 712000 Fergana, Uzbekistan