

ТЕНЗОЭФФЕКТ НИТЕВИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ ТЕЛЛУРИДА СВИНЦА В СТЕКЛЯННОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Д.Ф. Меглей, М.П. Дынту

Институт Электронной Инженерии и Нанотехнологий “Д.Гицу“ АН Молдовы,
ул.Академией, 3/3, Кишинев, МД 2028, Республика Молдова
meglei@nano.asm.md

Abstract. *In this work, we study the effect of a mechanical deformation on the electric resistance of lead telluride wire crystals. The results of measurement of the strain gage factor for p- and n-conduction samples depending on sample diameter before and after their annealing are described.*

Ключевые слова: *Нитевидные кристаллы, тензоэффект, термообработка.*

I. Введение

В работе исследовались влияния механической деформацией на электрическое сопротивление нитевидных кристаллов теллурида свинца.

Известно, что объемные монокристаллы, эпитаксиальные пленки и сложные наноэпитаксиальные структуры на основе теллурида свинца являются одними из наиболее широко используемых материалов для изготовления высокочувствительных преобразователей микроэлектронных приборов [1-3]. Хорошо зарекомендовали себя в этом отношении и нитевидные кристаллы теллурида свинца, на основе которых были созданы барьерные структуры с улучшенными параметрами [4, 5].

Кроме того, халькогениды свинца, а также твердые растворы на их основе нашли применение в качестве тензочувствительных элементов в приборостроении [6, 7].

При исследовании тензочувствительности халькогенидов свинца показано, что для них характерна линейная зависимость изменения сопротивления от деформации и отсутствие гистерезиса в большинстве образцов. Недостатками этих образцов является их малая механическая прочность, большие размеры, незначительная область упругости и изменение физических параметров во времени. Эти недостатки можно намного уменьшить, если использовать нитевидные кристаллы в стеклянной изоляции. С учетом технологической доступности получения с хорошими прочностными свойствами и малыми геометрическими размерами [4, 5] нитевидные кристаллы теллурида свинца могут быть успешно использованы для изготовления малогабаритных чувствительных образцов тензопреобразователей.

II. Экспериментальные результаты.

Объектом исследования служили нитевидные кристаллы (НК) теллурида свинца n- и p-типа проводимости, выращенные методом заполнения кварцевых капилляров жидким расплавом под давлением инертного газа с последующей направленной кристаллизацией [8].

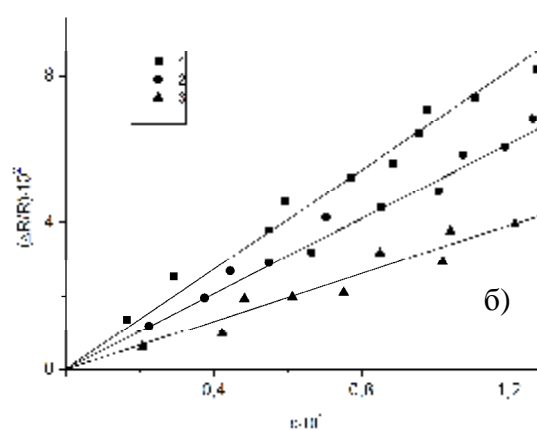
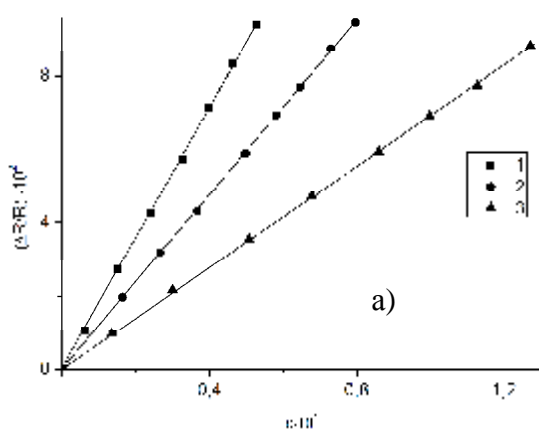
Отбор образцов для исследования тензометрических свойств НК теллурида свинца проводился следующим образом. Под микроскопом отбирались кристаллы с бездефектной поверхностью, диаметрами жилы 20–130 мкм, длиной до 15 мм и с кристаллографическим направлением [100]. С обоих концов образцов делались сколы под микроскопом для

изготовления омических контактов. Концы образцов клеем БФ-2 крепились к металлическим балкам, которые подвергались чистому изгибу на специально изготовленной установке. Клей БФ-2 подвергался специальному режиму обработки и полимеризации. Изгиб образцов измерялся индикатором с ценой деления 0,01 мм. Базовый участок НК оставался открытым. Деформация НК вычислялась по формуле $\epsilon = 3dh / 2l^2$, где h – высота изгиба образца, d – диаметр НК, l – длина НК, подвергаемого деформациям. Коэффициент тензочувствительности (K) образцов определялся как $K = \Delta R / R\epsilon$, [7], где R – сопротивления образца, ΔR – приращение сопротивления при деформации. Сигналы образцов регистрировалось цифровым ампервольтметром Ф-30.

Результаты измерения коэффициента тензочувствительности K для образцов n - и p -типов проводимости в зависимости от диаметров образцов, до (K_1) и после (K_2) термообработки представлены в таблице. Электрическое сопротивление НК теллурида свинца варьировалось в пределах 0,1–0,6 кОм и зависело от размера и удельного сопротивления образца.

Тензочувствительность K в зависимости от диаметров образцов до (K_1) и после (K_2) отжига и от типа проводимости приведены в таблице.

p- тип проводимости			n- тип проводимости		
d, мкм	K_1	K_2	d, мкм	K_1	K_2
20,2	170	200	23,5	73	70
25,3	155	180	29,5	69	70
30,5	153	170	32,3	68	60
36,6	150	165	35,7	63	55
40,5	149	160	50,3	60	50
50,0	120	140	60,0	53	48
70,8	119	125	79,5	78	50
80,0	93	105	83,3	38	36
115,3	73	88	121,5	33	30



Зависимость относительного изменения сопротивления от деформации для НК теллурида свинца p - (а) и n - (б) типа проводимости:

- а) образцы p -типа при d , мкм: 1 – 20,2; 2 – 50,0; 3 – 115,3
 б) образцы n -типа при d , мкм: 1 – 23,5; 2 – 60,0; 3 – 121,5.

На рисунке представлены характерные зависимости изменения относительного сопротивления $\Delta R/R$ от деформации (ϵ) для разных диаметров образцов. Как видно из рисунка (а), в исследованной области деформации (до $1,1 \times 10^{-3}$) для НК теллурида свинца р-типа проводимости наблюдается линейная зависимость изменения сопротивления от деформации. Кроме того, характерной особенностью НК теллурида свинца р-типа проводимости является высокие значения коэффициентов тензочувствительности от 70 до 170, что превышает значения К традиционных кремниевых и германиевых тензопреобразователей (например, для кремния и германия К находится в пределах от 150) [7].

Тензочувствительность НК теллурида свинца n-типа проводимости меньше, чем у НК р-типа и не превышает 70 (см. табл.). Кроме того, на кривой зависимости относительного изменения сопротивления от деформации наблюдается большой разброс экспериментальных данных (б). Разброс изменения сопротивления от деформации и низкий коэффициент тензочувствительности для НК n-типа проводимости, по-видимому, связаны с проявлением микроликвации свинца.

Выбраны оптимальные режимы термообработки образцов, приводящие к значительному уменьшению К, но зато к устранению нелинейности в зависимости сопротивления от деформации для образцов n-типа проводимости.

Следует отметить, что для образцов р-типа проводимости после термообработки наблюдается возрастание коэффициентов тензочувствительности для всех исследуемых диаметров образцов (таблица).

Аналогичное явление наблюдалось нами и при измерении микротвердости. Микротвердость НК р-типа проводимости больше в 1,3 раза, чем n-типа проводимости и после термообработки увеличивается в 1,4 раза, а n-типа уменьшается.

III. Выводы

Приводится анализ возможных причин такого поведения НК р- и n-типа проводимости после термообработки и сопоставляется с результатами электрофизических и структурных исследований.

Установлено также, что после термообработки коэффициент тензочувствительности и сопротивление образцов не изменялись в течение длительного промежутка времени и выдерживают 2×10^6 циклов деформации.

Нитевидные кристаллы теллурида свинца в стеклянной изоляции могут быть использованы непосредственно без дополнительных операций в качестве чувствительных тензопреобразователей, так как поверхность образцов не нуждается в обработке и размеры НК соответствуют необходимым размерам для чувствительных элементов. Изготовление тензопреобразователей состоит из двух основных операций: раскалывание образцов по длине и присоединение к ним омических контактов.

Стеклянная изоляция одновременно предохраняет преобразователь от механических повреждений и взаимодействия с агрессивными средами на поверхности образцов.

Высокие значения коэффициентов тензочувствительности (30–200), линейная зависимость сопротивлений от деформаций и их стабильность во времени дают возможность применять эти материалы для изготовления различных преобразователей механических величин в электрические сигналы.

Работа поддержана STCU Project # 5373.

Список литературы

1. Ю.И. Равич, Б.А. Ефимов, И.А. Смирнов. Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам PbTe, PbSe и PbS. Наука, М. (1968). 348 с.
2. A.S. Sagar. J Appl.Phys **41**, 811 (1970).
3. L.F. Jiyе, S.L. Kevin. J.Am.Chem.Soc.126,11798 (2004).
4. В.Ф. Банарь, Ф.Г. Донника, М.П. Дынту, Д.Ф. Меглей. Кристаллография **30**, 1034 (1985).
5. M.P. Dyntu, D.F. Meglei, S.V. Donu. Physics and Chemistry of Solid State, **11** (3) 744 (2010).
6. A. Roalski, J. Rybinski. Electron Technology, **11** (2) 75 (1978).
7. Л.С.Ильинская, А.Н. Подмарьков. Полупроводниковые тензодатчики. Энергия, М. (1966). 117 с.
8. Н.И. Лепорда. В сб. Тройные полупроводники и их применение. 1У Всес. конф. Кишинев, Молдова,(1983). с.196.