

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СЛОЕВ N- И P- ТИПА НА БАЗЕ Bi_2Te_3 СПЛАВОВ

Антон НАЗАРЕНКО*

ТУМ, факультет Вычислительной техники, информатики и микроэлектроники, Кишинев, Молдова;
Институт Электронной Инженерии и Нанотехнологии им. Д. Гицу, Кишинев, Молдова

*Автор-корреспондент: Назаренко Антон, e-mail: anton.nazarenco@mib.utm.md

Абстракт. В работе приведены экспериментальные исследования термоэлектрических свойств монокристаллических слоев Bi_2Te_3 n- и p- типа, в интервале температур 80-300 К. Слои на базе сплавов Bi_2Te_3 получались методом механического отслаивания (“mechanical exfoliation”) слоев толщиной 5-20 мкм от слитков соответствующего состава. Исследовались температурные зависимости сопротивления $\rho(T)$ и термоэдс $\alpha(T)$ в интервале температур 80-300 К, из которых рассчитывался фактор мощности $\alpha^2\sigma(T)$. Установлено, что максимальное значение силового фактора имеет место в слоях p- типа, в интервале температур 80-150 К, достигая значения $6 \cdot 10^{-3}$ Вт/(К²*м), что превосходит значения, полученные на массивных образцах и пленках соответствующего состава.

Ключевые слова: монокристаллические слои Bi_2Te_3 , топологический изолятор, термоэлектрический фактор мощности.

Введение

Известно, что при комнатной температуре твердые растворы на базе сплавов Bi_2Te_3 обладают наивысшими значениями термоэлектрической эффективности $ZT = \alpha^2\sigma/\chi \approx 1$, где α - коэффициент термоэдс, σ - электропроводность, χ - теплопроводность. Это обуславливает их широкое применение в объемных твердотельных преобразователях энергии при 300 К [1].

Поиску новых материалов и путей улучшения термоэлектрических параметров, связанных с новыми явлениями, в настоящее время уделяется большое внимание. К таким направлениям относятся топологические изоляторы [2] и размерно- ограниченные структуры [3].

Интерес к тонким слоям полупроводников обусловлен перспективностью создания на их основе миниатюрных (быстродействующих) термогенераторов и термохолодильников.

Образцы и экспериментальные результаты

Полупроводники типа теллурида висмута представляют собой слоистые кристаллы с ромбоэдрической структурой с осями симметрии второго C_2 и третьего C_3 порядка. Кристаллическая решетка образована периодически упорядоченными слоями, лежащими в плоскости перпендикулярной оси симметрии C_3 . Химическая связь в пределах квинтетов ковалентно- ионная. Между квинтетами сравнительно большое расстояние и слабая связь, осуществляемая силами Ван- дер Вальса, что с одной стороны определяет анизотропию свойств монокристаллов, а с другой- позволило методом механического отслаивания, используя липкую ленту (скотч) для получения монокристаллических слоев различной толщины высокого качества. Многократное повторное скалывание позволило получить слои различных толщин 5 ÷ 30 мкм. Тестовые исследования X-Ray дифракции показали, что слои являются монокристаллическими с осью C_3 , направленной перпендикулярно плоскости слоя. Слои размещались на специально изготовленные подложки из фольгированного стеклотекстолита. Четырех- контактный метод использовался для электрических измерений и двух- контактный для измерений термоэдс (Рис. 1).

Исследовались температурные зависимости удельного сопротивления $\rho(T)$, термоэдс $\alpha(T)$, полученных слоев *n*- и *p*- типа, в интервале температур 80 -300 К (Рис. 2).

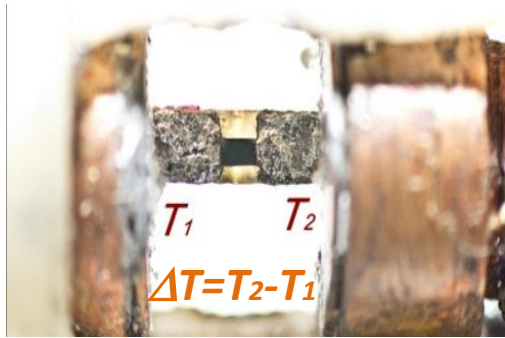


Рисунок 1. Слой Bi_2Te_3 на подложке с двумя контактами для измерения термоэдс.

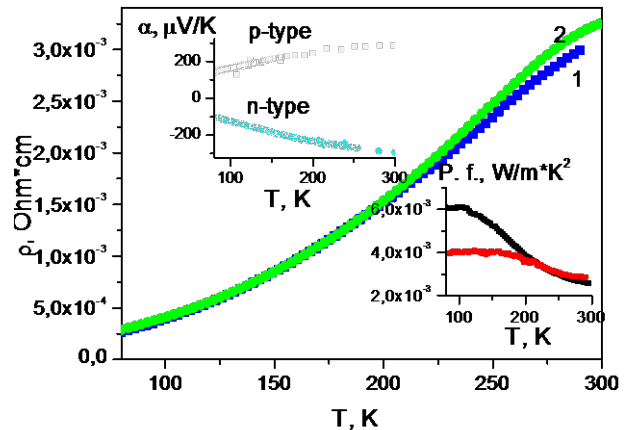


Рисунок 2. Температурные зависимости удельного сопротивления $\rho(T)$, термоэдс $\alpha(T)$ (вставка сверху) и силового фактора $\alpha^2 \sigma(T)$ (вставка внизу) слоев (1, 2), *n*- и *p*- типов на базе сплавов Bi_2Te_3 с $d = 15$ мкм и 20 мкм соответственно.

Зависимости $\rho(T)$ носят металлический характер Рис. 2 (кривые 1, 2), возрастая при повышении температуры от 80 до 300 К. Термоэдс Рис. 2 (вставка сверху) в области 300 К составляет $\pm 250 \div 280$ мкВ/К. Расчёты силового фактора $P.f. = \alpha^2 \sigma$ и его температурная зависимость, представлены на Рис. 2 (вставка внизу). Показано, что максимальные значения $P.f.$ достигаются *p*- типом слоев в области температур 50 - 150 К, достигая значений $6 \cdot 10^{-2}$ Вт/м \cdot К 2 , что превышает значения, полученные на массивных образцах и пленках. При 300 К фактор мощности превосходит значения, полученные в аналогичных нитях на порядок.

Заклучение

Методом механического скалывания были получены монокристаллические слои топологического изолятора *n*- и *p*- типов на базе сплавов Bi_2Te_3 . Изучение термоэлектрических свойств показало, что максимальные значения фактора мощности достигаются в слоях *p*- типа, так и при $T = 80$ К. В слоях *n*- типа при 300 К фактор мощности превосходит значения, полученные на массивных образцах и нитях на порядок, что позволяет предложить использование их в качестве *n*- и *p*- ветвей в миниатюрных термоэлектрических преобразователях энергии, в частности- в микроохладителях для микроэлектроники и дифракционных исследований при 300 К.

Список литературы

1. ROWE, D. M. *CRC Handbook of Thermoelectrics*. Boca Raton, FL: CRC Press, 1995. 701p.
2. DRESSSELHAUS, M.S., DRESSSELHAUS, G., SUN, X., ZHANG, Z., CRONIN, S.B., KOGA, T. Low-dimensional thermoelectric materials. In: *Phys. Solid. State*, 1999, 41(5), pp. 679-682.
3. ANDO, Y., Topological insulator materials. In: *Journal of the Phys. Society of Japan*, arXiv:1304.5693v1[cond-mat.mtrl-sci] 2013.