

## ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ХОЛЛА В КРИСТАЛЛАХ ТелЛУРИДА ВИСМУТА, ЛЕГИРОВАННОГО ПРИМЕСЬЮ ОЛОВА

Теллурид висмута  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  и твердые растворы на его основе являются основными термоэлектрическими материалами, работающие вблизи комнатной температуры. Поиск примесей, способствующих увеличению термоэлектрической эффективности  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ , имеет большое значение, так как теллурид висмута - основной компонент материалов термоэлектрических преобразователей.

Исследования коэффициента Холла проводились на монокристаллических образцах  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ . Теллурид висмута  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  относится к кристаллам ромбоэдрической сингонии с пространственной группой  $D_{3d}^5 (R\bar{3}m)$  [1]. Кристаллы теллурида висмута  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  имеют слоистую структуру, состоящую из квинтетов (набора сложных слоев, перпендикулярных оси симметрии третьего порядка) и легко скалываются по плоскостям (0001).

Структура  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  представлена на рис. 1. Валентная зона теллурида висмута многодолинна и состоит из верхней и нижней валентных зон. В верхней валентной зоне находятся легкие дырки, а в нижней - тяжелые. Запрещенная зона  $E_g$  теллурида висмута является непрямой и составляет приблизительно  $E_g \approx 0.15$  мэВ при температуре 300К, увеличиваясь до 0.25 мэВ при понижении температуры до 4.2 К [2]. Энергетический зазор  $\Delta E_V$  между зонами составляет около 20 мэВ [3].

В работе [4] исследовались особенности легирования теллурида висмута примесью олова. При легировании теллурида висмута оловом обнаружена примесная зона, расположенная над потолком нижней валентной зоны на фоне состояний верхней валентной зоны (рис. 1). В этой работе сделано предположение, что атомы примеси Sn замещают атомы Te в  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  и создают квазилокальные состояния, расположенные на фоне разрешенного спектра. Эти состояния оказывают сильное влияние на температурные зависимости коэффициента Холла, что может быть использовано для повышения эффективности термоэлектрических материалов.

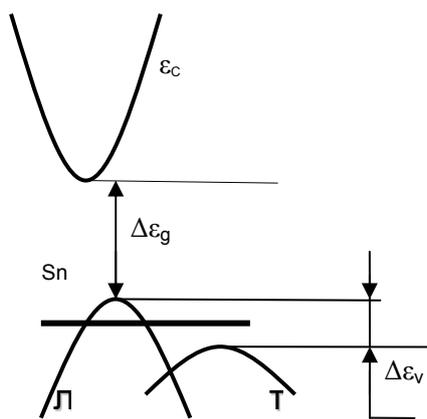


Рис. 1. Зонная структура

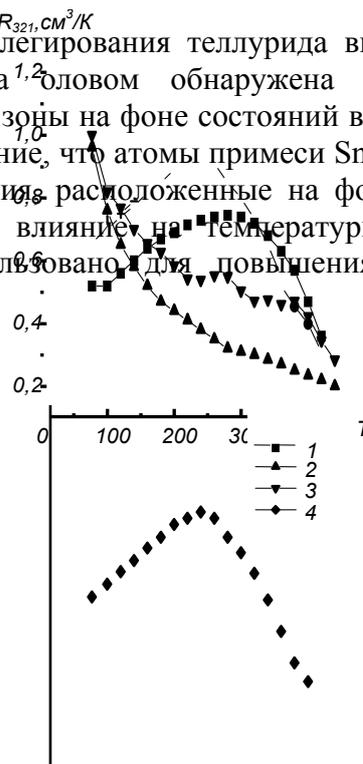


Рис. 2. Температурная зависимость коэффициента Холла

Температурная зависимость коэффициента Холла представлена на рис. 2. Состав образцов описывается химической формулой  $\text{Bi}_{2-x}\text{Sn}_x\text{Te}_3$ , где  $x=0$  (на рис. 2 соответствует графику 1); 0.007 (2); 0.01 (3); 0.005 (4). В образцах измерялась независимая компонента

коэффициента Холла  $R_{321}$ . Индексы при коэффициенте соответствуют: первый – направлению измеряемого электрического поля, второй – направлению электрического тока или градиента температуры, третий – направлению магнитного поля. Зависимости коэффициента Холла от температуры  $R(T)$  в образцах теллурида висмута, легированного оловом, сильно отличаются от зависимостей  $R(T)$  в образцах нелегированного  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ . Для теллурида висмута  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  характерны «обычные» зависимости  $R(T)$ , растущие с ростом температуры. При введении олова зависимости меняются от «обычных» до сильно падающих с ростом температуры. При малой концентрации ( $x=0,005$ ) атомы олова мало влияют на концентрацию дырок, и температурная зависимость такая же, как и для нелегированного теллурида висмута. При более высокой концентрации примеси олова ( $x=0,007$ ;  $x=0,01$ ) температурные зависимости видоизменяются.

Для образцов ( $x=0,005$ ;  $x=0,01$ ) был произведен расчет химического потенциала, анализ которого дал возможность сделать предварительную оценку определить положения примесного уровня относительно уровня химического потенциала:  $E_{\text{imp}} \sim 4 \div 5$  мэВ.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Б.М.Гольцман, С.Д.Прохорова, в сб. «Рост кристаллов», «Наука», стр. 231, 1965.
2. Р.А.Markowich, С.А.Ringhofer, J. Appl. Math. 44, №2, p. 231,1984.
3. М.П.Белянин, ЖВМ и МФ, 26, №2, стр. 306, 1986.
4. М.К.Житинская, С.А.Немов, Т.Е.Свечникова. Особенности легирования  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  примесью Sn, ФТТ, 40, 1428, (1998).