

УДК 621.315.592

М.Ю. Никулина(4 курс, каф ПФОТТ)
М.К. Житинская, к.ф.-м.н. ст.н.с., С.А. Немов, д.ф.-м.н., проф.

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСИ ОЛОВА НА ТЕЛЛУРИД ВИСМУТА N-ТИПА

ABSTRACT: Single crystals Bi_2Te_3 n-type, doped with Sn, demonstrate a high electrical homogeneity comparatively undoped Bi_2Te_3 . This work reports the results of experimental study of the influence of doping Sn atoms of n-type Bi_2Te_3 . There are not essential changes of the temperature dependencies on the crystals besides slightly decreasing of the Hall coefficient. It was found the increasing of electrical homogeneity.

Теллурид висмута - соединение, изучению тепловых и термоэлектрических свойств которого посвящено большое количество работ. Bi_2Te_3 - интерметаллическое соединение, обладает выраженной слоистой структурой вдоль оси 001. Элементарная ячейка - гексагональная. Связи по различным направлениям различны: между слоями - слабые (ван-дер-ваальсовы), внутри слоев - прочные (ковалентные). С этим различием связана сильная анизотропия физических свойств: диффузии, теплопроводности и т.д. Это является причиной того, что кристаллы этих соединений трудно вырастить однородными. В связи с перспективностью использования данного материала в термоэлектрических модулях целесообразно изучать влияние различных примесей на его свойства в целях улучшения его характеристик.

При введении примеси олова в валентной зоне Bi_2Te_3 образуются примесные резонансные состояния [1]. Их присутствие сильно видоизменяет температурные зависимости кинетических коэффициентов, в частности, коэффициентов Холла. Кроме того, авторы работы [2] установили, что резонансные состояния способствует лучшему распределению компонентов по объему и, как следствие, большей электрической однородности материала.

Ввиду такого влияния олова на энергетический спектр Bi_2Te_3 р-типа представляет интерес исследование влияние примеси олова на реальные твердые растворы, которые применяются для изготовления термоэлектрических модулей. В работе [3] было изучено влияние атомов Sn на свойства Bi_2Te_3 р-типа. Оказалось, что все особенности, присущие резонансным состояниям, сохранились и при замене атомов Te атомами Se.

В настоящей работе изучалось влияние атомов олова на свойства $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.85}\text{Se}_{0.15}$ n-типа. Для этого были проведены измерения основных кинетических коэффициентов: удельной электропроводности, Зеебека, Холла и Нернста-Эттингсгаузена на монокристаллических образцах $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.85}\text{Se}_{0.15}$ n-типа с оловом и без него. Одновременное изучение четырех кинетических коэффициентов позволяет получить достаточно полную информацию о параметрах полупроводника, таких как эффективная масса плотности состояний m_d , параметр рассеяния r , ширина запрещенной зоны ε_g .

Для твердого раствора без олова была получено значение эффективной массы плотности состояний $m_d=0.53m_0$, а для твердого раствора с оловом $m_d=0.63m_0$. Параметр рассеяния для образца без олова $r=0.16$, а при введении олова увеличивается до $r=0.32$. Можно предположить, что при введении атомов олова появляется дополнительный механизм рассеяния, возможно, на оптических фононах.

Для оценки ширины запрещенной зоны использовалась экспоненциальная зависимость смешанного слагаемого Q_{np} от ширины запрещенной зоны из формулы:

$$Q = \frac{\sigma_n}{\sigma} Q_n + \frac{\sigma_p}{\sigma} Q_p + \frac{\sigma_n \sigma_p}{\sigma^2} (r_n + r_p + \frac{\varepsilon_g}{k_0 T} + 4) (U_n + U_p) \frac{k_0}{e}$$

Получены следующие значения ε_g : для образцов с оловом $\varepsilon_g = 0.12$ эВ, без олова – $\varepsilon_g = 0.099$ эВ.

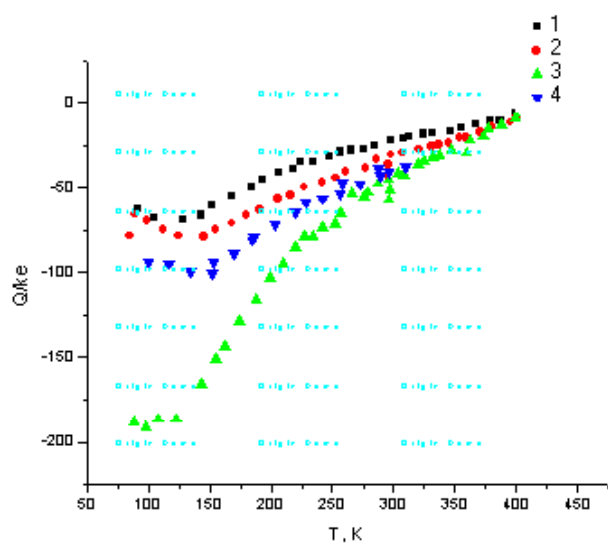


Рис. Температурные зависимости двух компонент коэффициента Нернста-Эттингсгаузена $Q_{123} e/k_0$ и $Q_{321} e/k_0$ для образцов соединения $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.85}\text{Se}_{0.15}$ n-типа без олова (1,2) и с оловом (3,4)

Кроме того, коэффициент Нернста-Эттингсгаузена является характеристикой подвижности носителей тока. На рисунке приведены температурные зависимости двух компонент коэффициента Нернста-Эттингсгаузена $Q_{123} e/k_0$ и $Q_{321} e/k_0$ для образцов соединения $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.85}\text{Se}_{0.15}$ n-типа без олова (1,2) и с оловом (3,4). Видно, что анизотропия подвижности электронов, т.е. Q_{123} / Q_{321} , в образцах с оловом уменьшилась. Возможно, это является одной из причин повышения электрической однородности, наблюдаемой в этих образцах.

Таким образом легирование оловом является перспективным для производства реальных термоэлектрических модулей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Гасенкова, Житинская М.К., Немов С.А., Свечникова Т.Е., ФТТ, 41, 1969, (1999).
2. Zhitinskaya M.K., Nemov S.A., Svechnikova T.E., Reinshaus P., Muller E., Semiconductors, 34, (2000), 1363.
3. Житинская М.К., Немов С.А., Свечникова Т.Е., Мюллер Э., "Термоэлектрики и их применение", доклады VII Межгосударственного семинара, 42 (2000).
4. Житинская М.К., Немов С.А., Свечникова Т.Е., ФТТ, 40, 1428, (1998).