

УДК 621.315.529.

О.В.Степанова (5 курс, каф. ПФОТТ), М.К.Житинская, к.ф.-м.н., доц.

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.85}\text{Se}_{0.15}$, ЛЕГИРОВАННЫХ АТОМАМИ МЕДИ

ABSTRACT: Temperature dependences of kinetically coefficients were measured 5 years ago, and now. Stability of electro-physical properties for samples were measured. Parameters of band spectrum were also calculated.

Твердые растворы $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.85}\text{Se}_{0.15}$ являются основным материалом для создания термоэлектрических модулей. Но при создании термоэлементов всегда происходит загрязнение их различными примесями, чаще всего, медью. Несмотря на то, что медь является эффективной донорной добавкой, при введении большого ее количества в образец наблюдается старение материала [1].

Целью данной работы было получение оценок основных параметров зонного спектра. А также проверка стабильности электрофизических свойств образцов легированных медью. В связи с этим нами были проведены измерения кинетических коэффициентов: Холла,

электропроводности, Зеебека, Нернста-Эттингсгаузена. Было проведено сравнение данных температурных зависимостей с зависимостями, полученными пять лет назад [1,2] на тех же образцах (№96, 86).

На рис.1 можно видеть, что температурные зависимости коэффициента Зеебека, снятые пять лет назад и нами для образцов № 96, 86 практически совпадают во всем температурном диапазоне. Следовательно, концентрация

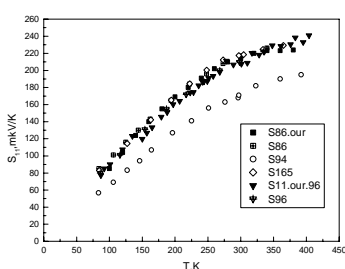


Рис. 1. Температурная зависимость коэффициента термо-э.д.с. (Зеебека).

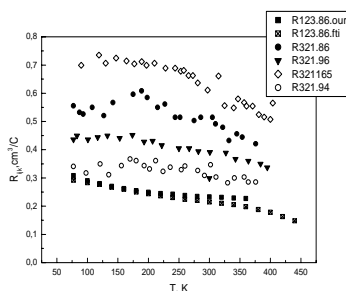


Рис. 2. Температурная зависимость коэффициента Холла.

электронов не изменилась, что подтверждается совпадением температурных зависимостей коэффициента Холла для образца № 86 (рис. 2).

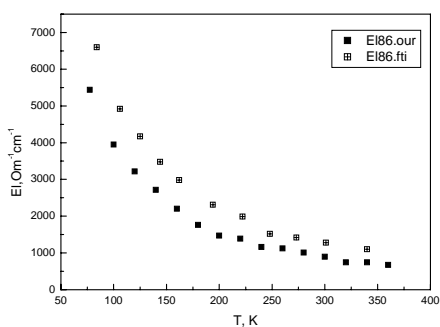


Рис. 3. Температурные зависимости коэффициента электропроводности для образца №86.

сделан по следующей формуле:

$$\frac{m_d^*}{m_0} \left[S_{11} - Q_{123} / (R_{123} \sigma_{11}) \right] = \frac{0.322 * n^{\frac{2}{3}} * 10^{-12}}{\left(\frac{T}{100} \right)^{\frac{2}{1}} * F_{\frac{1}{2}}^{\frac{2}{3}}(\mu^*)},$$

где m_0 – масса свободного электрона, n – концентрация носителей заряда, $F_{0.5}(\mu^*)$ – интеграл Ферми. Результаты расчета m_d/m_0 представлены на рис. 4.

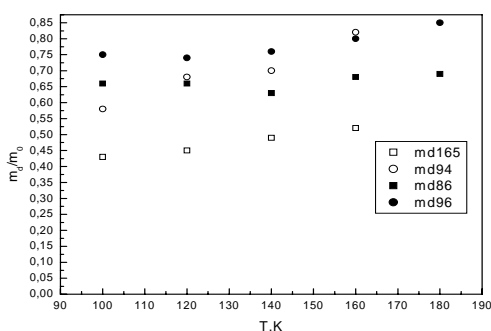


Рис.4. Температурные зависимости массы плотности состояний для образцов №86,96,165,94.

На рис. 3 представлены температурные зависимости электропроводности, полученные нами и пять лет назад, для образца № 86. Наблюдается изменение электропроводности, не более чем на 10-15% при азотной температуре. Уменьшение электропроводности в образце можно объяснить появлением в нем микротрещин.

Можно сделать вывод, что электрофизические характеристики образцов легированных атомами меди практически не изменились: не изменилась концентрация электронов, но замечено небольшое уменьшение электропроводности в образце.

В работе был сделан расчет параметров зонного спектра: эффективной массы плотности состояний m_d , и параметра рассеяния r .

Расчет эффективной массы плотности состояний был

При введении атомов меди в твердый раствор эффективная масса плотности состояний увеличилась и тем сильнее, чем больше введено Cu. Температурная зависимость m_d аппроксимируется степенной зависимостью $m_d \sim T^{-a}$, где $a = 0,42$ для образцов без примеси меди и $a = 0,01$ для образцов с медью. Рост m_d при увеличении температуры в литературе, как правило, объясняется либо непараболичностью, либо наличием дополнительной отщепленной зоны проводимости.

Отсутствие такого роста в образцах с медью может говорить о том, что величина расщепления $\Delta \epsilon = \epsilon_1 - \epsilon_2$ уменьшилась и определяемая нами величина m_d представляет собой усредненное значение m_{d1} и m_{d2} .

Параметр рассеяния был вычислен по формуле:

$$\frac{Q_{123}}{S_{11} * R_{123} * \sigma_{11}} = \frac{r - 0.5}{r + 1},$$

где Q_{123} – коэффициент Нернста-Эттингсгаузена, S_{11} – коэффициент термо-э.д.с., R_{123} – коэффициент Холла, σ_{11} – электропроводность, r – параметр рассеяния в формуле для времени релаксации ($\tau = \tau_0 \epsilon^{-r-0.5}$).

Значение $r=0,37$ для образца $Bi_2Te_{2.85}Se_{0.15}$ без примеси меди свидетельствует о существенной роли оптических фононов в рассеянии электронов при низких (120 K) температурах. Легирование медью изменяет характер рассеяния электронов, роль оптических фононов существенно уменьшается и параметр рассеяния r приближается к своему значению для рассеяния на акустических фононах.

Автором работы [3] было сделано предположение, что при малой концентрации меди атомы Cu встраиваются в ван-дер-ваальсовы щели. Это может приводить к сильным локальным напряжениям в решетке, а также к усилению химической связи между слоевыми пакетами и может явиться причиной как изменения положения ϵ_{c1} и ϵ_{c2} , так и изменения характера рассеяния электронов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Свечникова Т.Е., Максимова Н.М. Термоэлектрические свойства монокристаллов твердых растворов $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.85}\text{Se}_{0.15}$ легированных медью. Неорганические материалы. 1998, т.34, №3, с.277-280.
2. Свечникова Т.Е., Константинов П.П. электрофизические свойства твердых растворов $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.85}\text{Se}_{0.15}$ легированных Cu, Cd, In, Ge, S, Se, неорганические материалы, 2000, т.36, №6, с.677-681.
3. Чижевская С.Н., Шелимова Л.Е. Электроактивные и инактивные примеси в Bi_2Te_3 и их взаимодействие с антиструктурными дефектами, неорганические материалы, 1995, т.31, №9, с.1184-1197.