

О МЕХАНИЗМАХ РАССЕЯНИЯ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В СИЛЬНОЛЕГИРОВАННОМ Bi_2Te_3

Ш.С. ИСМАИЛОВ

*Институт Физики АН Азербайджана,
370143, Баку, пр. Г. Джавида, 33*

На основе экспериментальных данных был вычислен приведенный химический потенциал η , эффективная масса плотности состояний на уровне Ферми и механизмы рассеяния носителей заряда.

Известно, что при больших концентрациях в указанных полупроводниках типа Bi_2Te_3 должно иметь место отклонение от квадратичного закона дисперсии, которое оказывает существенное влияние на кинетические коэффициенты [1,2].

С целью выявления механизмов рассеяния электронов в сильнолегированном Bi_2Te_3 проведено комплексное исследование электропроводности (σ), коэффициента Холла (R), термоэдс (α_0), магнитотермоэдс ($\Delta\alpha_H$) и поперечный эффект Нернста-Эттингсгаузена (Q_1) в температурном интервале 80-300 К для образцов с концентрацией (n) от $6 \cdot 10^{18}$ до $9 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Это позволило определить основные полупроводниковые параметры Bi_2Te_3 . Прежде всего по данным α_0 и $\Delta\alpha_H$ был вычислен приведенный химический потенциал η . Для этого данные $\Delta\alpha_H$ экстраполировались до предельно сильных магнитных полей [3]. Оценки значений η показали, что при 100 К в исследованных образцах η меняется от +3 до +20, т.е. в них наступает достаточно сильное вырождение. По данным α_∞ и R_∞ вычислена эффективная масса плотности состояний m_d на уровне

Ферми. Получено, что с ростом n m_d растет, т.е. имеет место отступление от параболичности зоны проводимости. Эти результаты дают основание интерпретировать экспериментальные данные кинетических коэффициентов в рамках теории, справедливой для полупроводников с вырожденным одним сортом носителей тока и неквадратичным законом дисперсии [4]. Заметим, что данная теория справедлива для полупроводников со сферической изоэнергетической поверхностью. В случае эллипсоидальной поверхности следует учесть модель Коуэна. Для халькогенидов свинца показано, что учет модели Коуэна не приводит к существенным изменениям [5].

В работе [4] показано, что в полупроводниках с вырожденным одним типом носителей тока параметр непараболичности γ_r можно определить непосредственно из эксперимента

$$\gamma_r = \frac{\Delta \alpha / \alpha}{\frac{\Delta \alpha}{\alpha} + \frac{v^2}{1 + v^2}} \quad (1)$$

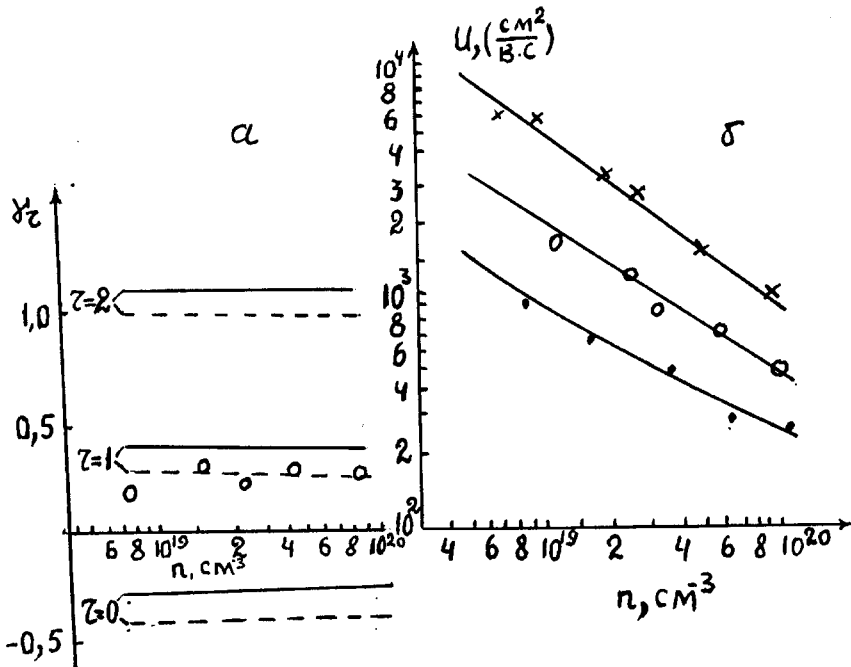


Рис. 1 а) Концентрационная зависимость при различных r (о-экспериментальные данные; (---) - расчет при стандартной однозонной модели ($\beta=0$); (—) - расчет при нестандартной однозонной модели ($\beta \neq 0$)). б) Концентрационная зависимость подвижность (u) x - $T=100$ К, о - $T=200$ К, • - $T=300$ К

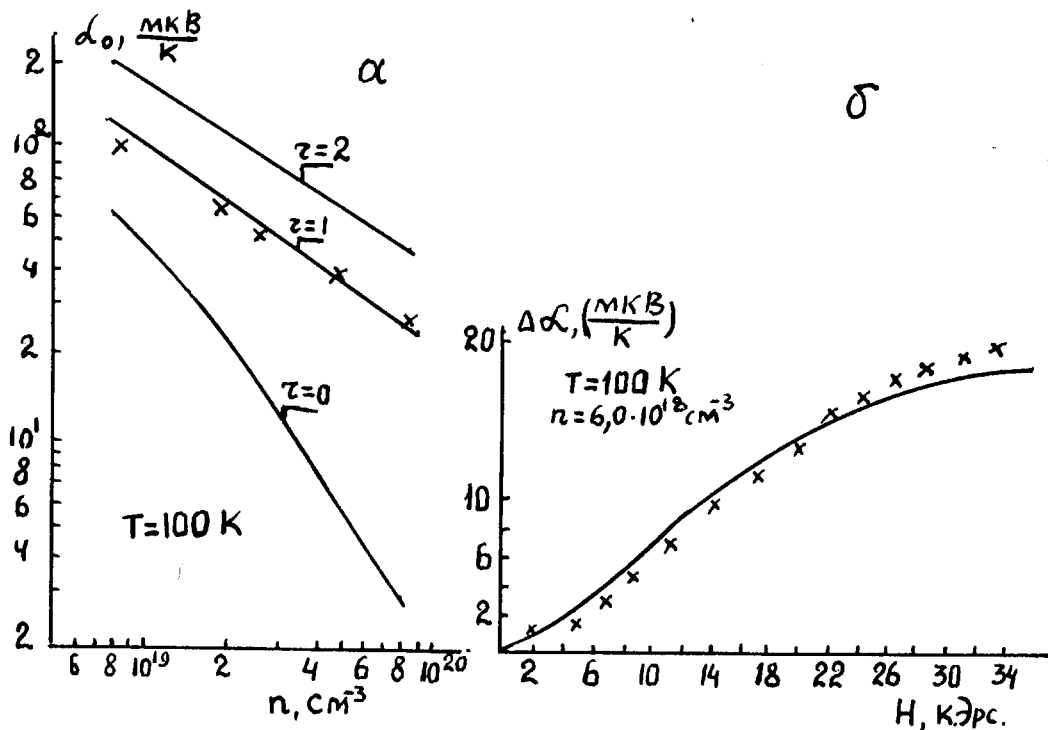


Рис.2. а) Концентрационная зависимость термоэд (α_0) (сплошные линии - расчетные при нестандартной, однозонной модели). б) Зависимости магнитотермоэдс ($\Delta\alpha_H$) от напряженности магнитного поля (H). (сплошная линия - расчет).

где $v=UH/C$. Из формулы (1) следует, что при $v \rightarrow \infty$ ее можно записать в виде

$$\gamma_r = \frac{\Delta\alpha_\infty}{\Delta\alpha_\infty + \alpha} \quad (2)$$

либо, учитывая соотношение $\Delta\alpha_\infty = \frac{CQ_\perp}{UH}$

$$\gamma_r = \frac{CQ_\perp/UH}{CQ_\perp/UH + \alpha} \quad (3)$$

На рис.1 (а) представлены экспериментальные результаты концентрационной зависимости γ_r , вычисленные по данным $\Delta\alpha_H$, $\Delta\alpha_\infty$ и CQ_\perp/UH . Как видно, экспериментальные результаты γ_r хорошо согласуются с расчетными кривыми при $r=1$, что соответствует рассеянию на оптических фононах. На рис. 1(а) также представлены расчетные кривые γ_r для квадратичного закона дисперсии (пунктирные). Соответствие экспериментальных и расчетных данных непосредственно

указывает на отступление закона дисперсии от квадратичной формы.

На рис.2 представлены расчетные и экспериментальные данные концентрационной зависимости $\Delta\alpha_0$ (а) и полевой зависимости $\Delta\alpha_H$ и (б) при 100 К. Видно, что для $\Delta\alpha_0$ и $\Delta\alpha_H$ также достигнуто хорошее согласие при $r=1$. Подобные зависимости приведены и при температурах 200 и 300 К. Оказалось, что с повышением температуры рассеяние электронов на акустических фононах усиливается.

На рис.1 (б) представлена концентрационная зависимость подвижности. В случае сильного вырождения и кейновского закона дисперсии концентрационные зависимости подвижности при соответствующих механизмах рассеяния имеют вид $U_{ak} \sim n^{-1}$, $U_{an} \sim n^{1/3}$, $U_{UOH} \sim n^{-2/3}$.

Экспериментальные данные $u(n)$ также указывают на эффективную роль оптических фононов в рассеянии электронов. Ослабление роли ионизированных примесей в рассеянии при их больших концентрациях связано экранирующими действиями носителей тока.

[1] С.А. Алиев, Ш.С. Исмаилов, И.Г. Тагиев. ФТТ, т.37, №9, с.2851-2856, 1995.
 [2] Б.В.А. Кутасов, Л.Н. Лукьянова. ФТТ, т.38, №8, с.2366, 1996.
 [3] С.С. Шалыт, С.А. Алиев. ФТТ, т.6, №7, с.1979-1986, 1964.

[4] B.M. Askerov and F.M. Gashimzade. Physica Status Solidi 10, n.2, p.521-630, 1965.
 [5] Ю.И. Равич, Б.А. Ефимова, И.А. Смирнов. "Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца", наука, М. 1968

III.C. İSMAİLLOV

Ş.S.İsmayılov

YÜKSƏK TƏRTİBLİ, CİRLAŞMIŞ Bi_2Te_3 BİRLƏŞMƏSİNDƏ SƏPİLMƏ MƏXANİZMİ

Bi_2Te_3 birləşməsində, eksperimentdən alınan qiymətlərə əsasən kimyəvi potensial, Fermi səviyyəsində effektiv kütlənin hal sıxlığı hesablanmış və alınan nəticələr əsasında yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizmi təyin edilmişdir.

Sh.S. Ismailov

ON THE SCATTERING MECHANISM OF CHARGE CARRIERS OF STRONG DOPED Bi_2Te_3

On the basis of experimental data the reductal chemical potential η , the effective mass of states density the Fermi level and mechanism of scattering of charge carriers in Bi_2Te_3 have been calculated.

Дата поступления: 10.09.98

Редактор: С.А. Алиев