

СПЕКТРЫ ОТРАЖЕНИЯ КРИСТАЛЛА $\text{Pb}_2\text{Sb}_6\text{Te}_{11}$ ВБЛИЗИ КРАЯ ПЛАЗМЕННОГО ОТРАЖЕНИЯ

Немов С.А.¹, Улашкевич Ю.В.², Хламов И.И.¹

¹Санкт-Петербургский политехнический университет, Санкт-Петербург
Россия,

²Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе, Санкт Петербург
Россия

E-mail: hlamov.ivan@gmail.com

В настоящее время для термоэлектрических охлаждающих устройств и термогенераторов, работающих вблизи комнатной температуры, представляют широкий интерес новые термоэлектрические материалы системы $\text{PbTe} - \text{Sb}_2\text{Te}_3$.

Среди халькогенидов, являющихся компонентами этой системы, наибольший интерес представляет тройной слоистый халькогенид PbSb_2Te_4 , имеющей кристаллическую решетку с ромбоэдрической симметрией.

Монокристалл PbSb_2Te_4 был выращен в Институте металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН методом Чохральского. Полученный кристалл PbSb_2Te_4 обладает достаточно совершенной структурой с ярко выраженными плоскостями спайности, что подтверждено металлографическими и рентгеноструктурными исследованиями.

Для оценки концентрации носителей заряда были измерены обе компоненты тензора Холла R_{123} и $R_{321} = R_{132}$ при комнатной температуре и температуре жидкого азота ($T = 77 \text{ K}$). Они положительны, что свидетельствует о дырочном типе проводимости.

Низкие значения компонент тензора Холла ($R_{123} \approx 0,02 \text{ см}^3/\text{Кл}$ и $R_{321} \approx 0,01 \text{ см}^3/\text{Кл}$) кристалла PbSb_2Te_4 свидетельствуют о высокой концентрации дырок в этих соединениях. Из большей компоненты тензора Холла определена концентрация дырок $p \approx 3,1 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$.

На фурье-спектрометре IFS-113V BRUKER снят спектр отражения $R(\nu)$ от плоскости спайности монокристалла PbSb_2Te_4 в диапазоне $400 - 2500 \text{ см}^{-1}$ с разрешением 2 см^{-1} при комнатной температуре. Измерения проводились в неполяризованном свете при нормальном падении луча, вектор напряженности электрического поля (E) падающей волны лежал в

плоскости спайности кристалла, то есть $E \perp C_3$ (где C_3 - тригональная ось кристалла).

Полученный спектр отражения представлен на рис.1. Спектр $R(\nu)$, как видно из рисунка, имеет особенность, характерную для плазменного отражения. Наблюдающийся минимум коэффициента отражения обусловлен плазменным резонансом свободных носителей заряда. Минимум отражения, спектральное положение которого $\omega_{\min} = 1,7 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$, в первом приближении, совпадает с резонансной частотой плазменных колебаний ω_{pl} свободных носителей заряда:

$$\omega_{pl} = \omega_{\min} \cdot \sqrt{\frac{\epsilon_{\infty} - 1}{\epsilon_{\infty}}} \quad (1)$$

где ϵ_{∞} - высокочастотная диэлектрическая проницаемость. Величина ϵ_{∞} была оценена из высокочастотной части спектра (при $\nu > 5000 \text{ см}^{-1}$) и составляет $\epsilon_{\infty} \approx 3$.

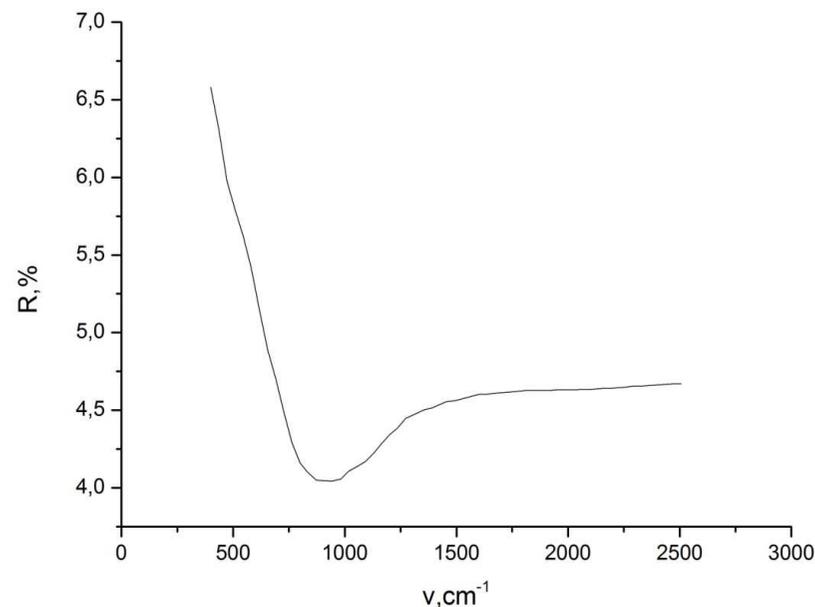


Рис.1. Спектр отражения монокристалла PbSb_2Te_4 (R - коэффициент отражения). Вектор напряженности электрического поля \vec{E} лежит в плоскости спайности кристалла.

Плазменная частота, как известно, соответствует участку спектра $R(\nu)$ с максимальной производной в области края плазменного отражения. По нашим данным $\omega_{pl} = 1,4 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$ из формулы (1) находим $\epsilon_{\infty} \approx 3$, которая хорошо согласуется с оценкой ϵ_{∞} в области высоких частот.

Плазменная частота также зависит от поляризованного фона кристалла, концентрации и эффективной массы носителей

$$\omega_{pl} = \sqrt{\frac{4\pi \cdot p \cdot e^2}{\epsilon_{\infty} \cdot m_c^*}} \quad (2)$$

С учетом концентрации и плазменной частоты по формуле (2) сделали оценку эффективной массы носителей заряда $m_c^* \approx 10m_o$ (m_o - масса свободного электрона). Полученное значение эффективной массы представляется слишком большим. По-видимому, это связано со сложным строением валентной зоны. Согласно данным [1], в исследованном кристалле в электронные свойства при комнатной температуре вносят вклад легкие и тяжелые дырки. В связи с этим использование формулы (2) является некорректным.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.А. Немов, Н.М. Благих, Л.Е. Шелимова. Особенности энергетического спектра и механизмов рассеяния дырок в PbSb_2Te_4 , ФТП, 2013. Т. 47. вып. 1. с. 18-23.