

Температурная и магнетополевая зависимости термоэдс электронного антимонида индия

© М.М. Гаджиалиев[¶], З.Ш. Пирмагомедов, Т.Н. Эфендиева

Институт физики им. Амирханова Дагестанского научного центра Российской академии наук, 367003 Махачкала, Россия

(Получена 28 ноября 2013 г. Принята к печати 20 января 2014 г.)

Экспериментально исследована термоэдс электронного антимонида индия с $n = 2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ в поперечном магнитном поле до 7 кОе в интервале температур от 4.8 до 120 К. Найдено, что при температуре, близкой к 56 К, термоэдс не зависит от поля.

Магнетотермоэдс n -InSb в примесной области исследована в целом ряде работ [1–6]. Теоретически показано и экспериментально подтверждено, что изменение диффузионной доли в слабом поле $\Omega\tau < 1$ (где Ω — циклотронная частота, τ — время релаксации импульса электрона) в зависимости от области температуры меняет свой знак, в сильном поле $\Omega\tau > 1$ насыщается, в квантуемом магнитном поле $\Omega\tau > 1$, $\hbar\Omega > kT$ (где k — постоянная Больцмана, T — абсолютная температура) увеличивается пропорционально логарифму ν (где $\nu = \hbar\Omega/2kT$).

Согласно теории [1], знак изменения поперечной магнетотермоэдс $\Delta\alpha_{xx}^e = |\alpha_{xx}^e(H)| - |\alpha^e(0)|$ ($\alpha_{xx}^e(H)$ — электронная доля термоэдс в поперечном магнитном поле, $\alpha^e(0)$ — термоэдс в нулевом поле) в слабом поле зависит от доминирующего при данной температуре механизма рассеяния носителя тока: знак $\Delta\alpha_{xx}^e$ положителен, т. е. термоэдс в поле растет, если в результате рассеяния время релаксации τ уменьшается с увеличением энергии электрона (рассеяние на акустических фононах для антимонида индия); знак $\Delta\alpha_{xx}^e$ отрицателен, если в результате рассеяния τ увеличивается с ростом энергии электрона (рассеяние на ионах примеси для данного материала).

В классической области поперечных магнитных полей при выполнении условий $\Omega\tau > 1$, $\hbar\Omega < kT$ магнетотермоэдс n -InSb с $n \approx (2 \cdot 10^{13} - 2 \cdot 10^{14}) \text{ см}^{-3}$ измерялась в работах [2–4,6].

В работе [2] измерено $\Delta\alpha$ в магнитном поле до 25 кОе при температурах (К): 22.5, 27, 33, 38 и показано, что $\Delta\alpha$ отрицателен и увеличивается по абсолютной величине с понижением температуры.

В работе [3] измерено $\Delta\alpha$ при температурах (К): 96.5, 99, 101.4. Найдено, что $\Delta\alpha$ положителен и растет с ростом температуры.

В работе [4] измерено $\Delta\alpha$ при температурах (К): 16.8, 24.8, 35, 87, 120.4. Найдено, что при температурах (16.8–35) К $\Delta\alpha$ отрицателен, а при температурах (87–120.4) К $\Delta\alpha$ положителен.

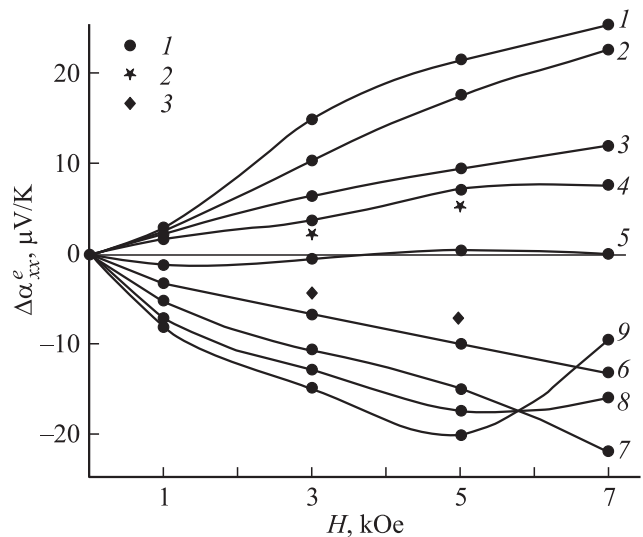
В работе [6] измерено $\Delta\alpha$ при температурах (К): 67, 83, 110, 120, 160 и показано, что $\Delta\alpha$ положителен и растет с ростом температуры.

Отметим, что нет экспериментальной работы по измерению $\Delta\alpha$ в классической области магнитных полей, в области температур, где термоэдс слабо зависит от поля. В частности, не измерена α_{xx} в слабом поле в области температур (40–60) К.

Интересно найти область температур, где изменение электронной доли магнетотермоэдс $\Delta\alpha_{xx}^e$ близко к нулю, т. е. где τ практически не зависит от энергии.

С целью определения области температур, при которой $\Delta\alpha_{xx}^e$ стремится к нулю, была измерена магнетотермоэдс на n -InSb с $n = 2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$, $n = 1.6 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ и $n = 3 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ в поперечном поле до 7 кОе при средних температурах образца (К): 4.8, 22, 30, 42, 56, 60, 80, 100, 120.

На рисунке представлены в основном температурная и магнетополевая зависимости поперечной магнетотермоэдс n -InSb с $n = 2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$, поскольку для более чистого образца при наименьшем градиенте температуры можно более точно измерить α_{xx} при этих температурах.



Температурные и магнетополевые зависимости термоэдс n -InSb с $n = 2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ в поле до 7 кОе при температурах (К): 1 — 120, 2 — 100, 3 — 80, 4 — 60, 5 — 56, 6 — 42, 7 — 30, 8 — 22, 9 — 4.8. Точки 2 $\Delta\alpha_{xx}$ образца с $n = 1.6 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ при $T = 60$ К, а точки 3 получены при $T = 42$ К.

[¶] E-mail: maggadji@rambler.ru

В более грязных образцах получались аналогичные по знаку значения α_{xx} , но меньшие по величине. На рисунке приведены также значения $\Delta\alpha_{xx}$ для образца с $n = 1.6 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, полученные при температурах 42 и 60 К.

Из рисунка видно, что термоэдс растет с полем при температуре выше 56 К и уменьшается при температуре ниже 56 К. При температуре, близкой к этой температуре, $\Delta\alpha_{xx}^e$ стремится к нулю, и можно считать, что в области температур, близкой к данной температуре, время релаксации не меняется от энергии электрона.

Согласно кривым 8 и 9, термоэдс в поле выше 5 кОе начинает расти после насыщения. Это обусловлено увеличением подвижности носителей тока при этих температурах, что приводит, согласно теории [1], к росту электронной доли термоэдс пропорционально логарифму отношения $\hbar\Omega/2kT$.

Список литературы

- [1] Б.М. Аскеров. *Электронные явления переноса в полупроводниках* (М., Наука, 1985).
- [2] Х.И. Амирханов, Р.И. Баширов, М.М. Гаджиалиев. ФТТ, **3**, 3743 (1961).
- [3] И.Л. Дричко, И.В. Мочан. ФТТ, **6**, 1902 (1964).
- [4] S.M. Puri, T.N. Geballe. Phys. Rev., **136**, 1767 (1964).
- [5] S.M. Puri. Phys. Rev., **139**, 995 (1965).
- [6] М.М. Гаджиалиев. ФТП, **36**, 282 (2002).

Редактор Т.А. Полянская

Temperature and magnetic field dependences of thermoelectric power in electronic antimonide indium

M.M. Gadjaliev, Z.Sh. Pirmagomedov, T.N. Efendieva

Amirhanov Institute of Physics,
Dagestan Scientific Centre,
Russian Academy of Sciences,
367003 Makhachkala, Russia

Abstract We research the thermoelectric power of electronic antimonide indium with $n = 2 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ in a transverse magnetic field up to 7 kOe in temperature intervals from 4.8 to 120 K. The thermoelectric power is found to be independent from the energy field at the temperature close to 56 K.