

## Температурная и магнетополевая зависимости термоэдс электронного антимонида индия

© М.М. Гаджиалиев<sup>¶</sup>, 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  $\Omega$  — циклотронная частота,  $\tau$  — 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  $\nu$  (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  $\tau$  уменьшается с увеличением энергии электрона (рассеяние на акустических фононах для антимонида индия); знак  $\Delta\alpha_{xx}^e$  отрицателен, если в результате рассеяния  $\tau$  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.

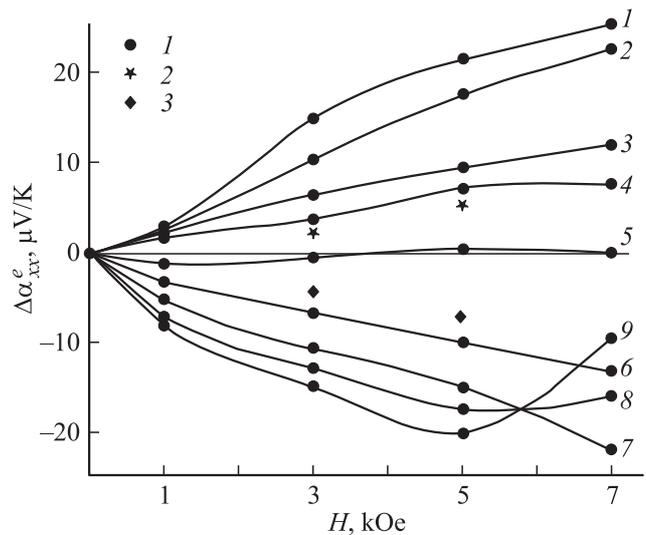
В работе [6] измерено  $\Delta\alpha$  при температурах (К): 67, 83, 110, 120, 160 и показано, что  $\Delta\alpha$  положителен и растет с ростом температуры.

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  $\alpha_{xx}$  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  $\tau$  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  $\alpha_{xx}$  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.

<sup>¶</sup> E-mail: maggadji@rambler.ru

В более грязных образцах получались аналогичные по знаку значения  $\alpha_{xx}$ , 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.