

ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ АЛЮМИНИЯ В СИЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Н. Н. Сирота, В. И. Гостищев, А. А. Дрозд

Среди явлений переноса эффект Зеебека относится к числу наиболее чувствительных к внешним воздействиям и к энергетическому состоянию электронов в металлах [1 – 3]. Исследования влияния сильных магнитных полей на термоэлектродвижущую силу могут дать информацию об энергетическом спектре металла, выявить роль и величины составляющих ТЭДС, обусловленных функцией распределения электронов по энергиям и электрон-фононным взаимодействием.

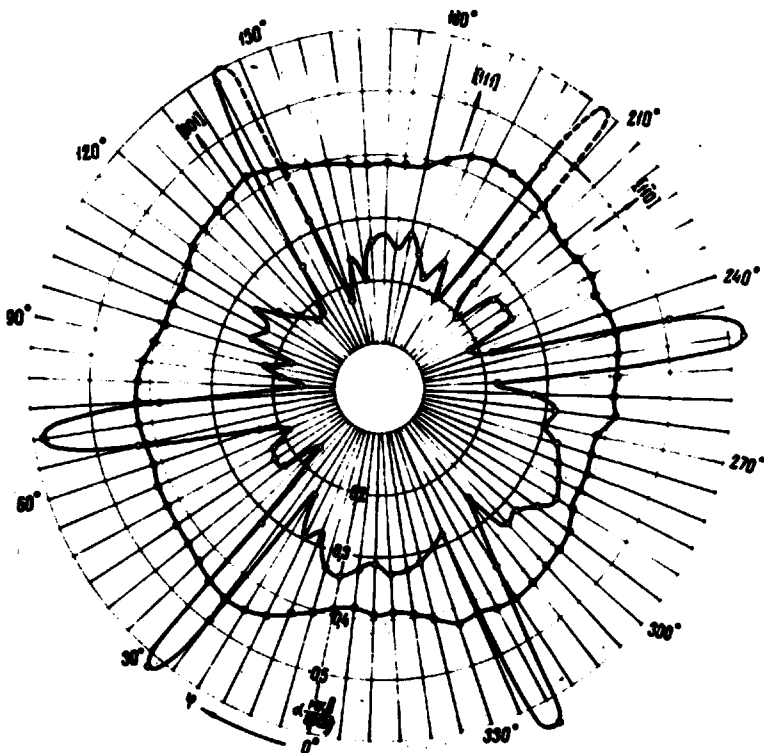


Рис. 1. Анизотропия ТЭДС в магнитном поле $H = 50$ кэ монокристалла алюминия: \circ – при $T = 9,6^\circ\text{K}$; \bullet – при $T = 49,3^\circ\text{K}$

До сих пор не исследовалось влияние магнитных полей на величину, знак и анизотропию термоэлектродвижущей силы алюминия. В небольшом числе публикаций [4, 5] проводилось изучение только температурной зависимости ТЭДС поликристаллических образцов.

В данной работе нами было предпринято изучение влияния постоянного магнитного поля напряженностью до 50 кэ на анизотропию и тем-

температурную зависимость ТЭДС алюминия в области $5,4 \div 79^\circ\text{K}$. Объектом исследования служил монокристалл размером $3 \times 4 \times 60 \text{ мм}$, вырезанный из слитка. После изготовления и монтажа образца в калориметре отношение $R_{273^\circ\text{K}} / R_{4,2^\circ\text{K}}$ было около 6000. Ранее на этом образце было проведено измерение теплопроводности в сильных магнитных полях [6].

Методика исследования была аналогична описанной в работе [6, 7]. Величина ТЭДС алюминия определялась по отношению к свинцу. Температурный градиент на рабочей длине образца в процессе эксперимента изменялся от $0,15^\circ\text{K}$ при низких температурах до $1,2^\circ\text{K}$ при высоких. Измерения производились через каждые $1 \div 2^\circ\text{K}$. ТЭДС определялась по трем точкам, соответствующим разным значениям градиента, температура холодных спаев при этом поддерживалась постоянной. Погрешность измерения составляла $\pm 0,025 \text{ мкв/град}$.

Анизотропия ТЭДС алюминия определялась при $9,6$ и $49,3^\circ\text{K}$. Измерения проводились в поперечном магнитном поле напряженностью 50 кэ при повороте образца вокруг его длинной оси через каждые 5° . Вектор напряженности поля в процессе эксперимента находился в плоскости (110).

Полярная диаграмма анизотропии ТЭДС алюминия в зависимости от угла между направлениями кристаллографических осей и вектором напряженности магнитного поля приведена на рис. 1.

Как видно из рисунка, при $9,6^\circ\text{K}$ отчетливо выделяются анизотропная часть ТЭДС, значительно изменяющаяся в зависимости от угла поворота образца и почти изотропная часть, значения которой колеблются в пределах $0,15 \div 0,35 \text{ мкв/град}$. Острые максимумы, величина которых лежит в пределах $0,58 \div 0,66 \text{ мкв/град}$ отмечаются при совпадении плоскости орбит электронов в магнитном поле с направлениями кристалла $[\bar{1}\bar{1}0]$, $[\bar{1}\bar{1}4]$ и $[\bar{1}\bar{1}\bar{4}]$, лежащими в плоскости (110).

Этот факт подтверждает большую чувствительность ТЭДС в магнитном поле к структуре обратной решетки и положению поверхности Ферми [3].

Исследование полевых зависимостей в направлениях, соответствующих максимуму и минимуму ТЭДС, выявило возникновение различий в их ходе при $9,6^\circ\text{K}$, начиная с напряженности магнитного поля $H_{\perp} \sim 40 \text{ кэ}$ и выше (правая часть, рис. 2). В направлении максимума ($\phi \sim 30^\circ$), по достижении $H_{\perp} \sim 40 \text{ кэ}$ наблюдается значительное нарастание ТЭДС, по-видимому, связанное с магнитным пробоем. В направлении минимума ($\phi = 0^\circ$) подобное увеличение ТЭДС вплоть до $H_{\perp} = 50 \text{ кэ}$ отсутствует. При температуре $49,3^\circ\text{K}$ в полях до 50 кэ такое явление не наблюдается ни по одному из указанных направлений.

Для уточнения обнаруженного эффекта нами были измерены температурные зависимости ТЭДС в отсутствии магнитного поля α и α_H при $H_{\perp} = 50 \text{ кэ}$ для обеих направлений ($\phi = 0^\circ$ и $\phi \sim 30^\circ$). На температурной зависимости, снятой в магнитном поле в интервале $7,8 \div 9,6^\circ\text{K}$ для направления $\phi \sim 30^\circ$ наблюдается резкий спад ТЭДС с последующим ростом при дальнейшем повышении температуры (левая часть, рис. 2). На кривой температурного изменения ТЭДС в направлении $\phi = 0^\circ$ в указанном интервале температур подобного изменения не

отмечается. Наблюдаемый в направлении $\phi \sim 30^\circ$ спад ТЭДС при $9,6^\circ\text{K}$ может быть связан с явлением магнитного пробоя [9]. Согласно экспериментальным данным, ширина энергетической щели, полученной из температурной зависимости $\alpha_H - \alpha$, составляет величину порядка $\Delta\epsilon \sim 3,5 \cdot 10^{-4}$ эв, что близко к значениям, определенным в работе [8].

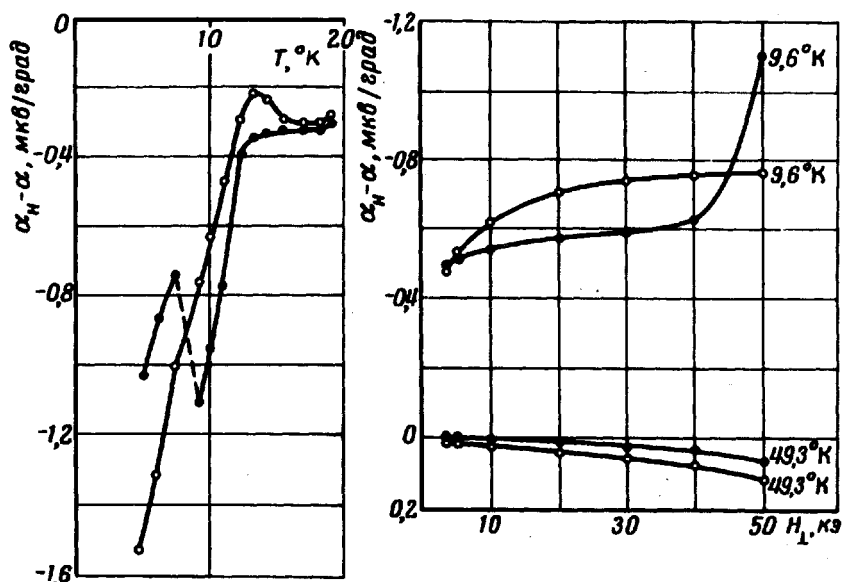


Рис. 2. Зависимость $\alpha_H - \alpha$ от температуры (левая часть) и от напряженности магнитного поля (правая часть) монокристалла алюминия в направлениях: $\circ - \phi = 0^\circ$; $\bullet - \phi = 30^\circ$

Исследование анизотропии ТЭДС при низких температурах в сильных магнитных полях открывает, по-видимому, широкие возможности исследования зонной структуры металлов.

Институт физики твердого тела
и полупроводников
Академии наук Белорусской ССР

Поступила в редакцию
3 октября 1972 г.

Литература

- [1] I.M.Ziman. *Electrons and Phonons*, Oxford, 1960 (перевод: Дж.Займан, *Электроны и фононы*, ИИЛ, М., 1962).
- [2] А.А.Абрикосов. *Введение в теорию нормальных металлов*, М., изд. Наука, 1972.
- [3] Edited by I.M.Ziman. *The Physics of Metals. Electrons*, Cambridge, 1969 (перевод: под редакцией Дж.Займана, *Физика металлов*, 1. *Электроны*, М., изд. Мир, 1972).
- [4] A.R. De Vroomen, C.Van Baarle, A.J.Cuelenaere. *Physica*, 26, 19, 1960.

- [5] R.J.Gripshover, J.B.Vanzytveld, J.Bass. Phys. Rev., 163, 3, 598, 1967.
- [6] Н.Н.Сирота, В.И.Гостищев, А.А.Дрозд. Письма в ЖЭТФ, 16, 4, 242, 1972.
- [7] G.R.Caskey, D.J.Sellmyer. Rev. Sci. Instr., 40, 10, 1280, 1969.
- [8] C.B.Satterthwaite. Phys. Rev., 125, 3, 873, 1962.
- [9] И.М.Лифшиц, М.Я.Азбель, М.И.Каганов. Электронная теория металлов, М., изд. Наука, 1971.
-