

МАГНЕТСОПРОТИВЛЕНИЕ ВИСМУТА В СИЛЬНЫХ
МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Д.А.Богод, В.В.Еременко

В силу специфических особенностей энергетического спектра носителей - малых эффективных масс и низкой температуры вырождения [1,2]- квантование уровней энергии в B_i становится существенным в сравнительно небольших магнитных полях. В полях около 20 кэ для некоторых электронов может выполняться условие $\hbar\omega \sim \mathcal{E}_\varphi$ ($\omega = \frac{eH}{m^*c}$ - циклотронная частота, \mathcal{E}_φ - фермиевская энергия). При направлениях магнитного поля, реализующих несколько существенно различных экстремальных сечений электронной части поверхности Ферми B_i , выполнение этого условия приведет к "перетеканию" электронов из одних эллипсоидов в другие [3]. Это предположение подтверждается наблюдениями периодического возрастания частоты осцилляций магнитной восприимчивости при увеличении магнитного поля [4].

Воспользуемся данными работы [2], где, наряду с величиной граничной фермиевской энергии в висмуте ($\mathcal{E}_\varphi^{(d)} = 0,031$ эв) указано

энергетическое расстояние до ближайшей к уровню Ферми "открытости" ($E_0^{(I)} = 0,048$ эв, "открытость" - значение энергии, при котором нарушаются условия замкнутости поверхности Ферми). В силу вышеуказанного, изменение $\varepsilon_{\varphi}^{(I)}$, связанное с "перетеканием" электронов в магнитном поле на величину $\Delta = E_0^{(I)} - \varepsilon_{\varphi}^{(I)}$, должно приводить к возникновению открытой траектории. Попытаемся грубо оценить возможное изменение уровня Ферми; рассмотрев "полное перетекание" электронов из одной сферы в другую. В этом случае [5] $n \sim \varepsilon^{3/2}$ (n - число электронов, ε - энергия). После "перетекания" число электронов в одной из сфер возрастет вдвое, то есть $2n \sim \varepsilon_1^{3/2}$. Следовательно, $\Delta_1 = \varepsilon_1 - \varepsilon = 0,589\varepsilon$. Считая $\varepsilon = \varepsilon_{\varphi}^{(I)}$, получаем $\Delta_1 = 0,018$ эв - значение, хорошо совпадающее с Δ .

Проведенное качественное рассмотрение свидетельствует о принципиальной возможности появления в B_i открытых траекторий путем своеобразного магнитного пробоя.

Возникновение открытых траекторий существенно сказывается на поведении магнетосопротивления [6]. В связи с этим нами исследовалось электросопротивление монокристаллических образцов B_i различной чистоты и ориентации в поперечных импульсных магнитных полях ($\vec{H} \perp \vec{I}$, \vec{H} - магнитное поле, \vec{I} - ток через образец) до 80 кэ при температурах 4,2 и 20,4°К. При $T = 77^\circ\text{K}$ величина магнитного поля достигала лишь 60 кэ. Измерения велись на убывающей части импульса. Образцы представляли собой пластины размерами 1x1x12 мм. Было обнаружено, что при определенных направлениях магнитного поля, когда $H > 30$ кэ, характер зависимости $\Delta\rho_H/\rho_0(H)$ существенно меняется, приобретая тенденцию к насыщению. Указанная особенность магнетосопротивления ярко выражена при гелиевых и водородных температурах (рис.2), несколько сглажена при $T = 77^\circ\text{K}$ (рис. 1) и проявляется при всех указанных температурах в районе 30 кэ. В ходе эксперимента были приняты меры по исключению побочных эффектов, связанных с неправильным монтажом [7] - образцы перемонтировались, менялись местами токовые и потенциальные концы, производились измерения на различных образцах одинаковой ориентации. Изменение характера зависимости $\Delta\rho_H/\rho_0(H)$

имело место для образцов с отношением удельных электросопротивлений при комнатной и гелиевой температуре, равным 70 и 150. Отношение

$$\frac{\rho_{300^\circ\text{K}}}{\rho_{4,2^\circ\text{K}}} = 150 \text{ соответствовали образцы с чистотой } 99,9999\% \text{ и } (\Delta\rho_H/\rho_0)_H = 80 \text{ мкэ}; T = 4,2^\circ\text{K} \approx 10^5 (\rho_H - \text{электросопротивление в магнитном поле } H, \rho_0 - \text{электросопротивление при } H = 0).$$

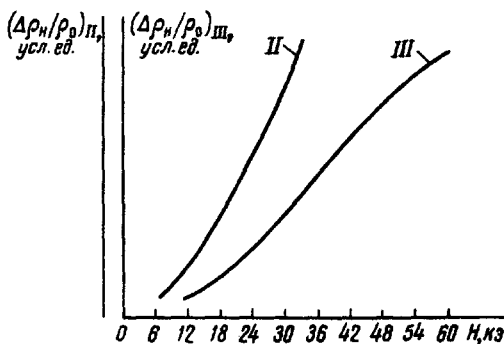


Рис. 1. $\beta_i (\rho_{300^\circ\text{K}}/\rho_{4,2^\circ\text{K}} = 150)$, $\frac{\Delta\rho_H}{\rho_0}(H)$, II-T = 20,4°K, III-T = 77°K, $\Delta\rho_H/\rho_0 = (\rho_H - \rho_0)/\rho_0$

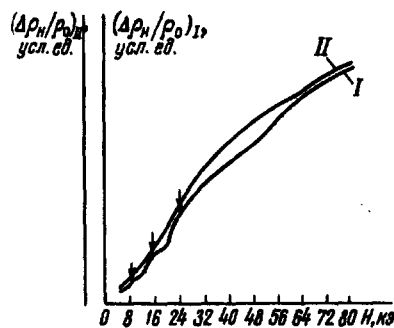


Рис. 2. $\beta_i, \Delta\rho_H/\rho_0(H)$; I-T = 4,2°K, II-T = 20,4°K (стрелками указано положение осцилляционных максимумов на кривой I)

Проявление эффекта в одних и тех же полях при различных температурах, а также приведенные данные о чистоте исследованных образцов свидетельствует о том, что наблюдаемая аномалия не связана с примесями.

Приведенные выше соображения и экспериментальные результаты позволяют предположить, что изменение характера зависимости $\frac{\Delta\rho_H}{\rho_0}(H)$ обусловлено появлением в полях около 30 кэ открытых траекторий. Следует указать также на возможность реализации в β_i магнитного пробоя в обычном смысле [6], что связано с малыми величинами Δ и m^* .

Физико-технический институт

низких температур

Академии наук Украинской ССР

Поступило в редакцию

7 января 1966 г.

Литература

[1] В.С.Эдельман, М.С.Хайкин. ЖЭТФ, 49, 107, 1965.

[2] Л.А.Фальковский, Г.С.Разина. ЖЭТФ, 49, 265, 1965.

- [3] C.G.Grenier, I.M.Reinolds, I.R.Sybert. Phys. Rev., 132, 59, 1963.
- [4] Н.Б.Брандт, Л.Г.Лябутина. ЖЭТФ, 47, 1711, 1964.
- [5] Ч.Киттель. Введение в физику твердого тела, Физматгиз, М., 1963.
- [6] L.M.Falicov, P.R.Siever. Phys. Rev. Lett., 12, 558, 1964.
- [7] Н.Е.Алексеевский, Н.Б.Брандт, Т.И.Костина. ЖЭТФ, 34, 1339, 1958.