

ИМПУЛЬСНЫЕ ГИРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКАХ

Дж.Г. Чигвинадзе

Измерен поворот сверхпроводящего цилиндра при включении продольного магнитного поля. Его направление оказалось различным для сверхпроводника второго рода и ВТСП.

Если сверхпроводящий цилиндр подвесить на тонкой упругой нити (рис. 1), поместить в соленоид, создающий продольное (параллельно оси цилиндра) магнитное поле, то после включения поля в сверхпроводящем цилиндре должно возникнуть вращение электронов. Ввиду сохранения момента импульса это должно вызвать обратный поворот подвесной системы, который можно зарегистрировать.

Эксперимент по исследованию явления такого типа был поставлен нами с применением высокотемпературного сверхпроводящего керамического образца $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ и термодинамически обратимого сверхпроводника второго рода, образца монокристалла $\text{Ta}_{70}\text{Nb}_{30}$, подобного используемому в работах ^{1, 2}.

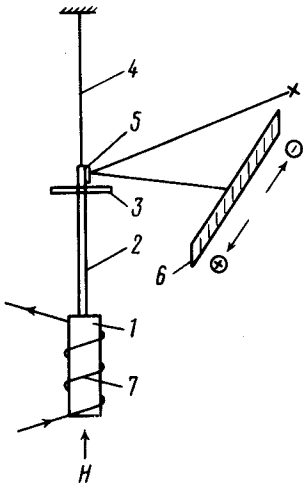


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 – образец, 2 – стержень – держатель образцов, 3 – диск, 4 – нить-подвес, 5 – зеркало, 6 – шкала, 7 – катушка

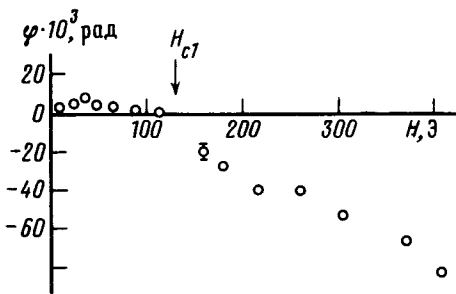


Рис. 2

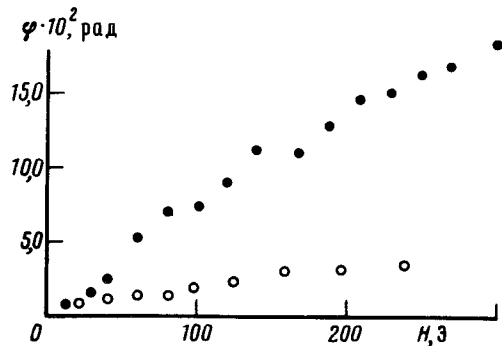


Рис. 3

Рис. 2. Зависимость угла поворота подвесной системы φ от напряженности внешнего магнитного поля H для TaNb

Рис. 3. Зависимость φ от H для $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

Параметры образцов таковы: $\text{Ta}_{70}\text{Nb}_{30}$, $\Phi = 2,4$ мм, $l = 4$ мм; $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, $\Phi = 5$ мм, $l = 7$ мм. Образец 1 закреплялся на спрямленном стеклянном стержне 2, который нес на своем верхнем конце легкий диск 3 из плексигласа с моментом инерции $J =$

$= 0,80 \text{ г} \cdot \text{см}^2$. Стержень 2 подвешивался на тонкой упругой нити из фосфористой бронзы 4 ($\Phi = 40 \text{ мкм}$, $l = 150 \text{ мм}$, модуль кручения $f = 1,60 \text{ дин} \cdot \text{см}$). Угол поворота подвесной системы регистрировался при помощи лазерного зайчика отраженного от зеркала 5, наблюдаемого сквозь прозрачную шкалу 6 (смещения на шкале влево и вправо от нуля обозначены (+)-ом и (-)-ом). Вся низкотемпературная часть установки заливалась жидким азотом или жидким гелием и помещалась в катушку 7, создающую магнитное поле до 500 Э, направленное вдоль оси образца. Данная система является достаточно легкой, чтобы прецизионно регистрировать поворот подвесной системы, возникший в результате начала движения зарядов при включении продольного магнитного поля того или иного направления (вертикально вверх или вниз).

В случае сверхпроводника второго рода TaNb зависимость угла поворота от напряженности внешнего поля H представлена на рис. 2. Этот график получен для поля, направленного вверх, при температуре $T = 4,2 \text{ К}$ ($T < T_c$). При полях $H < H_{c1}$ ($H_{c1} = 127 \text{ Э}$ при $T = 4,2 \text{ К}$)² наблюдается едва заметный поворот системы, с трудом регистрируемый нашей аппаратурой. Однако при полях $H > H_{c1}$ эффект четко проявляется и имеет отрицательный знак, свидетельствующий о том, что система поворачивается против движения куперовских пар электронов в вихрях Абрикосова³.

Особый интерес представляют результаты исследования высокотемпературных сверхпроводников. На рис. 3 представлены результаты экспериментов, проведенных в тех же условиях с цилиндром из $\text{Nb}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. Как показывает график, в данном случае эффект имеет противоположный знак. Кружочками обозначены данные, снятые при $T = 80 \text{ К}$, а точками — при $T = 4,2 \text{ К}$. В другом эксперименте мы измерили механическим методом² H_{c1} этого образца; при $T = 80 \text{ К}$ получено $H_{c1} = 10 \text{ Э}$. Для сравнения приведем аналогичный результат работы⁴, где H_{c1} для $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ равен 32 Э при $T = 85 \text{ К}$. Поэтому можно предполагать, что наш образец находится в смешанном состоянии. При $T = 4,2 \text{ К}$ эффект проявляется более четко.

Возможно, обратный знак эффекта в ВТСП (по отношению к TaNb) связан с вопросом о знаке носителей заряда^{5,6} или со спецификой кинетики вихреобразования в ВТСП.

Литература

1. Andronikashvili E.L., Chigvinadze J.G., Tsakadze J.S. et al. Cryogenics, 1969, 9, 119.
2. Чигвинадзе Дж.Г. ЖЭТФ, 1972, 63, 2144.
3. Абрикосов А.А. ЖЭТФ, 1957, 32, 1442.
4. Karasik V.R., Togonidze T.G., Omelianovsky O.E., Eltsev Yu.F. Preprint, 296, P.N. Lebedev. Phys. Inst., Moscow, 1987.
5. Chapnik I.M. Phys. Lett., ser. A, 1979, 12, 255.
6. Галахов В.Р., Гашицкий Б.Н., Губанов В.А. и др. ФММ, 1987, 63, 829.