

Анизотропия эффекта Холла в плоскости сверхпроводящих слоев вискером BSCCO.

И.Г. Горлова, С.Г. Зыбцев, В.Я. Покровский,
 Институт Радиотехники и электроники РАН, 101999 Москва, Россия;
 Г. Николаидес, Я.К. Атанасова,
 Technological Education Institute of Piraeus, Thivon 250, Aegaleo 12244, Greece
 Д. Ярмис, С.К. Патапис
 University of Athens, Athens GR157 84, Greece

На монокристаллических вискерах BSCCO измерен эффект Холла при протекании тока вдоль кристаллографических направлений a и b . Обнаружена анизотропия холловского сопротивления в смешанном состоянии.

Удивительный перевернутый знак эффекта Холла вблизи температуры сверхпроводящего перехода T_c был обнаружен в ВТСП и воспроизведен в низкотемпературных сверхпроводниках второго рода 15 лет назад [1,2]. Однако, до сих пор природа холловской аномалии полностью не раскрыта несмотря на многочисленные попытки объяснения. В настоящей работе представлены результаты измерения холловского сопротивления ρ_{xy} на совершенных монокристаллических вискерах BSCCO. Анизотропия ρ_{xy} в плоскости ab , обнаруженная в смешанном состоянии, подтверждает предположение о вкладе движения вихрей в отрицательный эффект Холла и указывает на анизотропное движение вихрей в BSCCO.

Высококачественные вискеры BSCCO с $T_c \cong 80$ К были получены методом [3]. Вискеры растут вдоль кристаллографического направления a перпендикулярно несоизмеримой сверхструктуре, наблюдаемой вдоль направления b . Сопротивление образцов вдоль оси a при 300 К составляло $(\rho_a)_{300} \cong 0.3$ мОм·см [3]. В плоскости ab наблюдалась небольшая анизотропия сопротивления

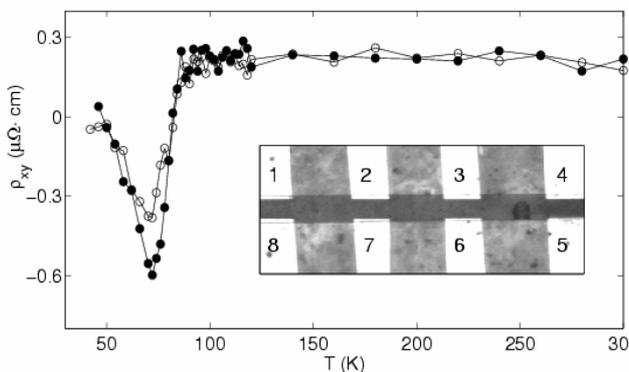


Рис. 1. Температурные зависимости холловского сопротивления вдоль направлений a – (○) и b – (●) при $H=1.5$ Т. На вставке показан вискер (темная полоска в середине), на котором проводились измерения, с восемью контактами. Длина образца – 526 мкм, ширина – 28.8 мкм, толщина – 0.2 мкм.

$(\rho_a)_{300} / (\rho_b)_{300} \cong 1.5 - 1.7$, также как и в объемных монокристаллах BSCCO [4].

Основные результаты работы были получены на однофазном (2212) бездефектном вискере. Микроскопическое исследование показало, что образец не содержал дислокаций, ступеней роста, антифазных границ соизмеримой модуляции (АГ-СМ) и других микроскопических дефектов [5]. Низкоомные электрические контакты были изготовлены методом лазерного напыления золота через маску. Контактное сопротивление при 300 К составляло 10^{-5} мОм·см². Фотография этого вискера с контактами показана на вставке к Рис.1. Измерения проводились при токе 100 мкА в магнитном поле $H = 0-5$ Т (с шагом 0.5 Т) параллельном оси c . В нормальном состоянии ρ_{xy} линейно возрастало с ростом поля и тока.

На Рис.1 представлены температурные зависимости $(\rho_{xy})_a$ и $(\rho_{xy})_b$ образца при $H=1.5$ Т. Величина холловского сопротивления в нормальном состоянии совпадает с результатами, полученными ранее на объемных кристаллах BSCCO [2]: оно положительно и приблизительно одинаково для обоих направлений и всех магнитных полей. Концентрация носителей, оцененная по простейшей формуле, составляет 5×10^{21} см⁻³. Хорошо известное изменение знака ρ_{xy} вблизи T_c также наблюдается для обоих направлений. Однако, отрицательное холловское сопротивление заметно меньше при токе, текущем по оси a , чем по оси b . Например, при температуре 75 К, которая соответствует минимуму ρ_{xy} , анизотропия составляет: $(\rho_{xy})_b / (\rho_{xy})_a \cong 1.5$ для всех магнитных полей, при которых проводились измерения: $H = 0.5-3$ Т. Отрицательное ρ_{xy} возрастает по абсолютной величине с ростом приложенного поля до значения $H = 2.5$ Т, затем начинается подавление аномалии.

Анизотропия ρ_{xy} наблюдалась только на однофазном 2212 кристалле без структурных дефектов. На Рис. 2 показаны зависимости $\rho_{xy}(T, H)$ для двухфазного образца, содержащего дефект АГ-СМ. На этом вискере анизотропии ρ_{xy} не наблюдалось (см. вставку к Рис. 2), причем холловская аномалия была в 5 раз меньше, чем на совершенном образце. На зависимостях хорошо виден дополнительный минимум $\rho_{xy}(T)$ при $T = 105$ К, которая соответствует температуре

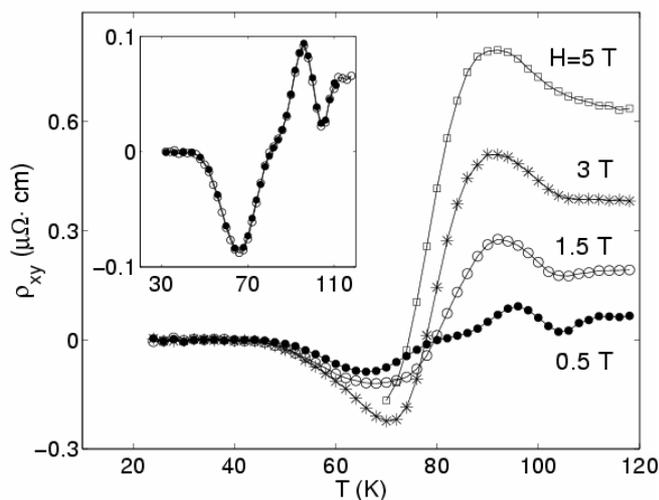


Рис. 2 Температурные зависимости $(\rho_{xy})_a$ для двухфазного образца с АГ-СМ для различных магнитных полей. На вставке показаны зависимости $\rho_{xy}(T)$ по направлениям a и b при $H = 0.5$ Т: \circ - $(\rho_{xy})_a$ и \bullet - $(\rho_{xy})_b$. Видно, что зависимости совпадают.

сверхпроводящего перехода фазы 2223. Глубина минимума зависит от магнитного поля, он полностью подавляется при $H \cong 4$ Т.

Отсутствие анизотропии эффекта Холла в нормальном состоянии вполне естественно, т.к. концентрация носителей не зависит от направления. Этот результат в совокупности с данными по анизотропии проводимости означает в простейшей модели, что подвижность носителей в BSCCO в направлении a меньше чем в направлении b .

Анизотропия ρ_{xy} в резистивном состоянии указывает на вклад движения вихрей в аномальный эффект Холла. Подавление аномалии в образце с дефектами объясняется усилением пиннинга вихрей [6]. Анизотропия эффекта Холла в вихревом состоянии, возможно, означает, что вихри двигаются легче в направлении a чем в направлении b . что может быть связано с наличием сверхструктуры вдоль оси b в системе BSCCO. Сверхструктура обусловлена периодической модуляцией содержания кислорода вдоль оси b и может приводить к формированию барьеров для движения вихрей в этом направлении. Влияние сверхструктуры мало по сравнению с эффектом пиннинга на структурных дефектах.

Работа поддержана РФФИ (№02-02-17301, №03-02-22001 Jumelage), Программой Минпромнауки России "Сверхпроводимость мезоскопических и сильно коррелированных систем" (г/к №40.012.1.1.1356) и NATO Science Fellowship Program.

1. H.L. Stormer, A.F.G. Levi, R.M. Fleming et al., Phys. Rev. B 38, 2472 (1988).

2. S.N. Artemenko, I.G. Gorlova, Yu.I. Latyshev, Phys. Lett. A 138, 428 (1989).

3. Yu.I. Latyshev, I.G. Gorlova, A.M. Nikitina et al., Physica C 216, 471 (1993).

4. S. Martin, A.T. Fiory, R.M. Fleming et al., Phys. Rev. Lett. 60, 2194 (1988); I.G. Gorlova, S.G. Zybtssev, V.Ya Pokrovskii, unpublished.

5. V.N. Timofeev, I.G. Gorlova Physica C 309, 113 (1998).

6. W.N. Kang, D.N. Kim, S.Y. Shim et. al Phys. Rev. Lett. 76, 2993 (1996);