

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НОВОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СВЕРХПРОВОДНИКА λ -(BETS) $_2$ GaCl $_4$

А. Э. Применко, В. Д. Кузнецов, Н. Д. Куц*, Э. Б. Ягубский*

*Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева
125820, Москва, Россия*

** Институт химической физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук
117977, Москва, Россия*

Поступила в редакцию 13 февраля 1997 г.

Впервые исследованы магнитные свойства органического сверхпроводника λ -(BETS) $_2$ GaCl $_4$. Показано, что переход в сверхпроводящее состояние начинается при $T_c \approx 7$ К, что существенно ниже $T_c \approx 11$ К, определенной по резистивным измерениям. Оцененное значение критической плотности тока оказалось на два порядка ниже, чем в сверхпроводниках семейства κ -(ET) $_2$ X.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время не ослабевают интерес к исследованию органических сверхпроводников на основе катион-радикальных солей. Интерес этот связан с необычными физическими свойствами этих квазидвумерных систем. Кроме того, исследования квазидвумерных систем являются важными для понимания физических явлений, происходящих в высокотемпературных сверхпроводниках.

Синтезированный недавно органический сверхпроводник λ -(BETS) $_2$ GaCl $_4$ является объектом интенсивного изучения. Однако магнитные свойства этого сверхпроводника до сих пор не изучены. Поэтому представлялось актуальным провести измерения температурных и полевых зависимостей магнитного момента монокристаллов данного сверхпроводника.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ

Монокристаллы органического сверхпроводника были синтезированы по стандартной электрохимической технологии, описанной в [1]. Монокристаллы представляли собой тонкие пластины с типичными размерами $0.1 \times 1.0 \times 0.04$ мм 3 (кристалл 1) и $0.7 \times 1.3 \times 0.04$ мм 3 (кристалл 2). Кристалл 1 представлял собой одиночный монокристалл, а кристалл 2 состоял из нескольких монокристаллов, сросшихся между собой по плоскости ac (назовем его мультикристаллом). Таким образом, предоставлялась возможность сравнить измерения, проведенные на мультикристалле и на монокристалле, и тем самым оценить влияние границ сращивания на магнитные свойства. Ввиду чрезвычайной хрупкости монокристаллов λ -(BETS) $_2$ GaCl $_4$ применялись медленное охлаждение от комнатной температуры и крепление кристаллов при помощи пасты Рамзая. Кристаллы помещались в кварцевые ампулы дававшие пренебрежимо малый вклад в измеряемый отклик, ампулы вакуумировались и отпаивались. Затем внутри ампул путем диффузии через стенку создавалась атмосфера гелия, необходимая для теплообмена. Для измерений магнитного момента использовался СКВИД-магнитометр [2]. Точность

стабилизации температуры составляла 0.03 К, а погрешность измерения магнитного момента $\approx 4 \cdot 10^{-11}$ А·м². Измерения температурных зависимостей магнитного момента проводились в двух режимах: охлаждения в нулевом поле до минимальной температуры ($T = 2$ К) с последующим вводом поля (*zero-field cooling*, ZFC) и охлаждения в поле (*field cooling*, FC).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты измерений представлены на рис. 1 и 2. Температурные зависимости магнитного момента, полученные в режимах ZFC и FC, сходны для обоих кристаллов. Интересно заметить, что данные сверхпроводники имеют очень широкий переход в магнитном поле. Для других катион-радикальных солей этот переход значительно уже и составляет в используемых полях ($B_a \sim 1-2$ мТл) примерно 1-2 К. Температура начала сверхпроводящего перехода данного сверхпроводника, определенная по резистивным измерениям [3], составляла ≈ 11 К, в то время как по магнитным измерениям переход в нормальное состояние практически заканчивается при ≈ 7 К (в поле 2 мТл).

Полевые зависимости магнитного момента измеренные при $T = 4.2$ К являются практически обратимыми и сходными для обоих кристаллов. Аналогичные кривые гистерезиса наблюдались в работе [4] для Y-Ba-Cu-O при температурах, близких к T_c ($T/T_c \approx 0.96$). Такой необычный вид кривых намагничивания связан с тем, что в данном случае обратимый вклад в магнитный момент существенно превосходит необратимый вклад (обычно ситуация обратная). Величина критической плотности тока, оцененная по модели Бина из ширины петли гистерезиса, составляет ≈ 10 А/см². Это на два порядка меньше, чем в сверхпроводниках κ -(ET)₂X. Вероятно, это можно связать с большей степенью двумерности данных сверхпроводников в сравнении с κ -(ET)₂X.

Так как кривая намагничивания практически не имеет линейного участка (и также из-за большого размагничивающего фактора $N \approx 0.9$ используемых кристаллов), нам не удалось оценить первое критическое поле. Можно только утверждать, что поле начала проникновения для этих монокристаллов не превышает 0.1 мТл.

4. ВЫВОДЫ

Впервые исследованы магнитные свойства нового органического сверхпроводника λ -(BETS)₂GaCl₄. Показано, что данный сверхпроводник имеет очень широкий переход в магнитном поле, что можно связать с большей анизотропией данного сверхпроводника. Для представителей семейства κ -(ET)₂X этот переход значительно уже и температура перехода T_c , определяемая по магнитным измерениям, хорошо согласуется со значением, оцениваемым по резистивным измерениям.

Измерения на мультикристалле и монокристалле дали практически одинаковые результаты, что может свидетельствовать о малом влиянии межкристаллических границ на магнитное поведение данной системы.

Кривые намагничивания носят почти обратимый характер с небольшим гистерезисом, соответствующим критической плотности тока $j_c \approx 10$ А/см², что на два порядка ниже, чем для сверхпроводников семейства κ -(ET)₂X.

В целом специфику магнитных свойств λ -(BETS)₂GaCl₄, в сравнении с κ -(ET)₂X, можно связать с более анизотропной кристаллической структурой этого сверхпроводника, что приводит к меньшей устойчивости сверхпроводящего состояния в сравнении с менее анизотропными аналогами.

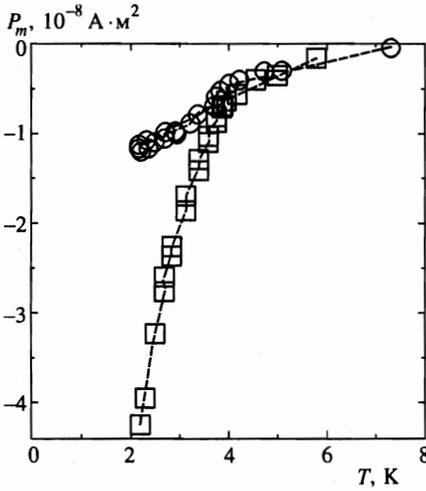


Рис. 1. Температурные зависимости магнитного момента для кристалла 2: в режимах FC (o) и ZFC (□); $B_a = 2$ мТл

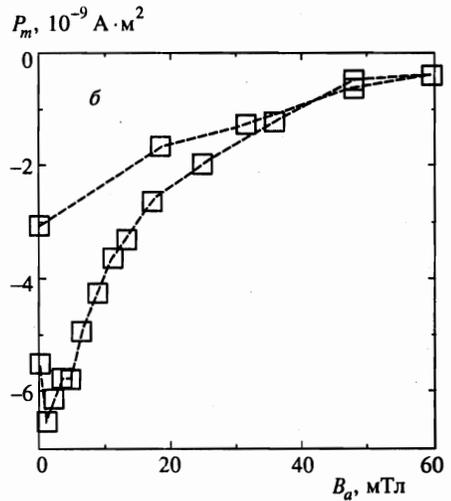
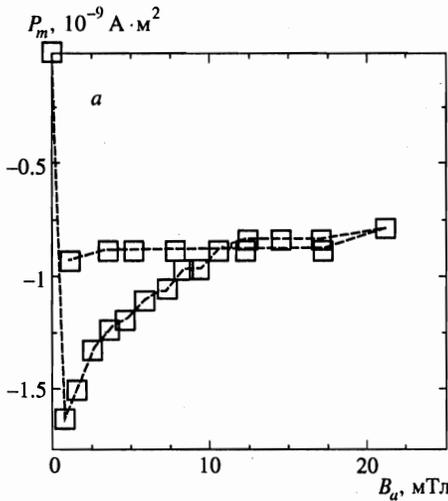


Рис. 2. Кривые намагничивания для кристаллов 1 (а) и 2 (б) при $T = 4.2$ К

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность И. Ф. Щеголеву за ряд критических замечаний по результатам работы.

Литература

1. L. K. Montgomeri, T. Burgi, and J. C. Huffmann, *Physica C* **219**, 490 (1994).
2. В. Д. Кузнецов, ПТЭ вып. 4, 196 (1985).
3. Н. Д. Куш, частное сообщение.
4. M. Oussena and S. Senoussi, *Europhys. Lett.* **4**, 625 (1987), S. Senoussi, *J. de Phys. III* **2**, 1041 (1992).