

## КРИП ПОТОКА И ГЛУБИНА ЦЕНТРОВ ПИННИНГА ОРГАНИЧЕСКОГО СВЕРХПРОВОДНИКА $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Cu(NCS)<sub>2</sub>

*В.Д.Кузнецов, В.В.Метлушко<sup>1)</sup>, Л.А.Епанечников<sup>2)</sup>, Е.Ф.Макаров<sup>2)</sup>,  
Э.Б.Ягубский<sup>3)</sup>, Н.Д.Куц<sup>3)</sup>*

Исследована временная релаксация магнитного момента  $P_m(t)$  монокристалла органического сверхпроводника  $\kappa$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>Cu(NCS)<sub>2</sub>. Скорость логарифмической релаксации соответствующая термоактивированному крипу потока имеет резкий максимум в поле  $B \sim 3$  мТл при 4,2 К. Определена средняя глубина центров пиннинга  $U_0 \sim 7,2 \cdot 10^{-3}$ эВ.

Среди органических сверхпроводников наибольший интерес за последние два года привлекает соединение из семейства (BEDT-TTF)<sub>2</sub>X, (BEDT-TTF(ET) - бисэтилендитиолотетратиафульвален) с неорганическим анионом  $[\text{Cu}(\text{NCS})_2]^{-2}$ , с температурой перехода  $T_c = 10,4$  К<sup>1</sup>, при нормальном давлении.

Влияние магнитного поля на сверхпроводящие свойства (ET)<sub>2</sub>Cu(NCS)<sub>2</sub> было рассмотрено ранее в работах<sup>2-5</sup>. Однако временные зависимости намагниченности этого органического сверхпроводника еще не изучены.

В данной статье представлены результаты исследования скорости релаксации магнитного момента монокристалла  $\kappa$ -(ET)<sub>2</sub>Cu(NCS)<sub>2</sub>.

Измерения проведены на СКВИД-магнитометре<sup>6</sup>. Кристаллы  $\kappa$ -(ET)<sub>2</sub>Cu(NCS)<sub>2</sub> получены электрохимическим окислением BEDT-TTF в 1,2-трихлорэтане (2 ·

<sup>1)</sup> - МГУ им. М.В.Ломоносова

<sup>2)</sup> ИХФ АН СССР им. Н.Н.Семенова

<sup>3)</sup> ОИХФ АН СССР им. Н.Н.Семенова

$10^{-3}$  моль/л) в режиме постоянного тока ( $J = 1,15$  мкА) на платиновом электроде при постоянной температуре  $20$  °С. В качестве электролита использовался комплекс  $\text{Cu}(\text{SCN})$  с  $\text{K}(\text{SCN})$ , который готовился непосредственно перед синтезом в электрохимической ячейке путем растворения  $\text{Cu}(\text{SCN})$  ( $5 \cdot 10^{-3}$  моль/л) в присутствии  $\text{K}(\text{SCN})$  и циклического эфира 18-краун-6, взятых в соотношении 1:1:1. Монокристалл монтировался в ориентации  $B \perp bc$  ( $bc$  - плоскость кристалла <sup>7</sup>) на перегородку кварцевой ампулы и крепился с одного края микрокаплей апиезона. Первое критическое поле  $H_{c1}$  определенное по началу отклонения зависимости  $P_m(B)$  от линейности, без учета размагничивающего фактора составило порядка  $2,7$  мТл, что хорошо согласуется с <sup>2</sup>. Количество сверхпроводящей фазы в образце в поле  $B = 3,7$  мТл при  $4,2$  К составило  $\sim 15\%$ . Методика измерений не отличалась от приведенной в <sup>6</sup>. Для измерений временных зависимостей магнитного момента  $P_m(t)$  образец охлаждался в нулевом поле (режим ZFC до  $4,2$  К, затем вводилось поле  $B_0$  и начинался отсчет магнитного момента.

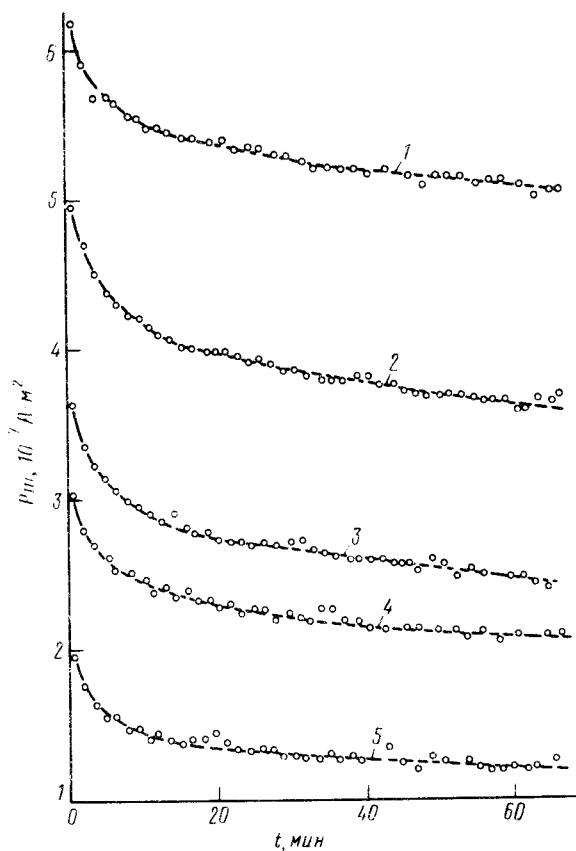


Рис.1

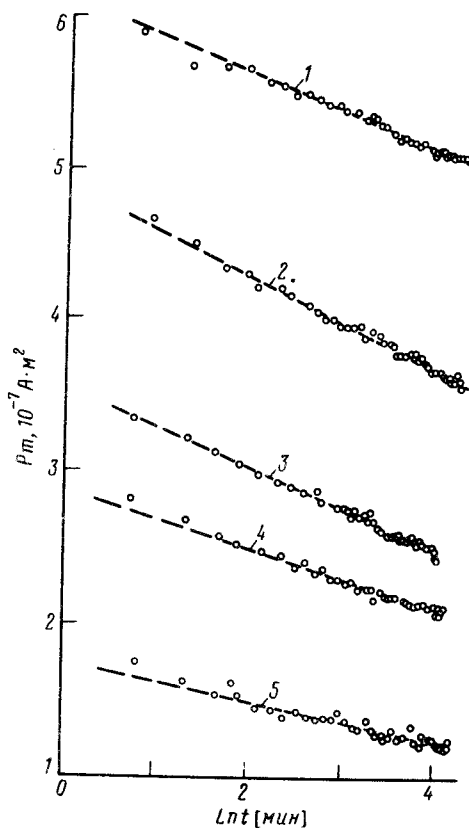


Рис.2

Рис. 1. Временные зависимости магнитного момента  $P_m$  монокристалла  $\kappa - (\text{ET})_2\text{Cu}(\text{NCS})_2$  при  $T = 4,2$  К после ZFC в различных полях  $B$  для ориентации  $B \perp bc$  при  $B$  равном :2,17 - 1; 3,76 - 2; 6,62 - 3; 10,87 - 4; 20,54 мТл - 5

Рис. 2. Зависимость магнитного момента  $P_m$  монокристалла  $\kappa - (\text{ET})_2\text{Cu}(\text{NCS})_2$ , после ZFC, от  $\ln t$  при  $4,2$  К и  $B$  равном: 2,17 - 1; 3,76 - 2; 6,62 - 3; 10,87 - 4; 20,54 мТл - 5

На рис.1 приведены зависимости магнитного момента  $P_m$ . Максимальное изменение  $P_m/P_{m0}$ , где  $P_{m0}$  - величина магнитного момента через 45с после ввода поля ( $t_0$ ), на временном интервале от  $t_0$  до 1 ч составляет  $\sim 40\%$  в

поле  $B \sim 20$  мТл. Столь большая величина изменения магнитного момента аналогична "гигантскому" криву потока, который наблюдается в ВТСП<sup>8</sup>. Временные зависимости магнитного момента  $P_m(t)$  (рис.2) хорошо описываются зависимостью  $P_m \sim \ln t$ , что говорит о том, что релаксация магнитного момента в органических сверхпроводниках  $\kappa - (\text{ET})_2\text{Cu}(\text{NCS})_2$  также как и в классических<sup>9</sup> и в ВТСП (см., например,<sup>10</sup> может быть объяснена в рамках модели крива потока обусловленного термоактивированным движением вихрей. По наклону линейных участков  $P_m = f(\ln t)$  можно определить скорость релаксации магнитного момента  $R = dP_m/d(\ln t)$ <sup>11</sup> (рис.3). В отличие от скорости релаксации  $R$ , наблюдавшейся

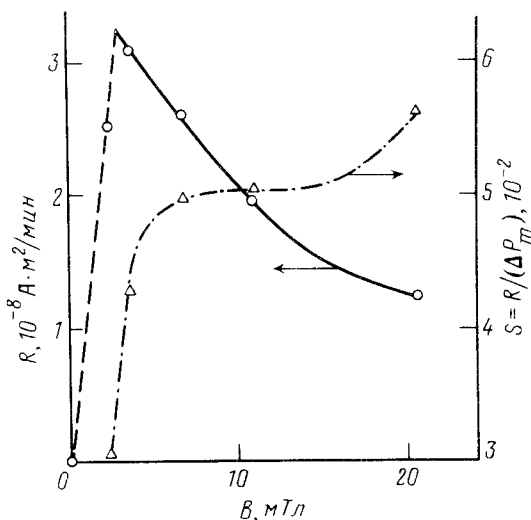


Рис. 3. Зависимость скорости логарифмической релаксации  $R$  и приведенной скорости логарифмической релаксации  $S$  от магнитного поля  $B$  для монокристалла  $\kappa - (\text{ET})_2\text{Cu}(\text{NCS})_2$ ,  $B \perp bc$ ,  $T = 4,2$  К

ранее на другом органическом сверхпроводнике  $\beta - (\text{ET})_2\text{I}_3$ <sup>12</sup> она имеет острый максимум в поле  $B \sim 3$  мТл. Подобная зависимость  $R(B)$  наблюдалась ранее на монокристаллах ВТСП<sup>11</sup> и может быть объяснена в рамках модели критического состояния Кима-Андерсона<sup>13</sup> своеобразным топологическим переходом в распределении плотности абрикосовских вихрей при  $B \geq B_{c1}(t)$ . Для того, чтобы исключить влияние критического тока на скорость логарифмической релаксации  $R$ , вводится приведенная скорость логарифмической релаксации  $S$ , рис.3<sup>14</sup>

$$S(B) = R/\Delta P_m = kT/U_0 \text{ при } B \geq B_t(t),$$

где  $\Delta P_m$  - ширина петли гистерезиса  $\sim J_c$ . Средняя величина энергии пиннинга  $U_0$ , определенная таким образом составляет порядка 7,2 мэВ в поле  $B \sim 6$  мТл и убывает с ростом поля  $B$ , что соответствует возрастанию  $S$  в больших полях (рис.3).

Величина  $U_0$  оказалась существенно меньшей, чем  $U_0$  определенное на пленках<sup>14</sup>, поликристаллах<sup>10</sup> и монокристаллах<sup>15</sup> ВТСП, а также на классических сверхпроводниках<sup>9</sup>. Столь низкая величина  $U_0$  органического сверхпроводника  $\kappa - (\text{ET})_2\text{Cu}(\text{NCS})_2$  очевидно связана с довольно правильной кристаллической структурой, а следовательно и малым количеством дефектов, которые могли бы играть роль центров пиннинга.

Авторы благодарны И.Ф.Щеголеву за полезные дискуссии.

### Литература

1. Urayama H. et al. Chem.Lett., 1988, p.55.

2. *Nozawa K. et al.* Chem.Lett., 1988, p.617.
3. *Sugano T. et al.* Chem.Lett., 1988, p.1171.
4. *Gartner S. et al.* Solid. State.Comm., 1988,65, 1531.
5. Карцовник М.В., Краснов В.М., Куц Н.Д. ЖЭТФ, 1990, 97 367.
6. Кузнецов В.Д. ПТЭ, 1985, 4, 196.
7. *Urayama H. et al.* Chem.Lett., 1988, p.463 .
8. *Giovannella C. et al.* J.Appl.Phys., 1988,63,4173.
9. *Beasley M.R. et al.* Phys.Rev., 1969, 181, 682.
10. *Foldeaki M. et al.* Phys.Rev., 1989, 39, 11475.
11. Моцалков В.В. и др.СФХТ, 1989, 2, 84.
12. *Mota A.C. et al.* Phys. C, 1988, 153-155, 1153.
13. *Anderson P.W.* Phys.Rev.Lett., 1962, 9, 309; *Anderson P.W., Kim Y.B.* Rev. Mod. Phys., 1964, 36, 39.
14. *Stollman G.M. et al.* Phys. C, 1989, 159, 854.
15. *Biggs B.D. et al.* Phys. Rev. B, 1989, 39, 7339.

Московский химико-технологический институт  
им. Д.И.Менделеева

Поступила в редакцию  
27 июля 1990 г.

---