

Особенности релаксации намагниченности в скрещенных магнитных полях (магнито-оптические наблюдения)

Успенская Л.С., Королев К.С.

Институт Физики Твердого Тела РАН, 142432 Черноголовка, Московская обл., Россия

Релаксации намагниченности, спонтанная или индуцированная переменным полем, изучается на протяжении многих лет ввиду важности этого вопроса для сильноточных применений сверхпроводников [1-6] и интересности этого вопроса с точки зрения понимая динамики и взаимодействия вихрей [6-13]. Однако полного понимания в этом простом, на первый взгляд, вопросе не достигнуто до сих пор [13]. И основная причина тому – невозможность увидеть реальное распределение вихрей в сверхпроводнике.

В данной работе релаксация намагниченности исследовалась методом магнитооптической визуализации магнитного поля, что позволило провести объемные и локальные измерения намагниченности и восстановить сценарий релаксации магнитного потока. При этом в качестве контрольных использовались индукционные измерения намагниченности. Исследования проводились на монокристаллах YBCO и монокристаллических пластинках, вырезанных из текстурированных плавлением композитов YBCO. Изучались спонтанная и индуцированная перпендикулярным полем релаксации намагниченности.

На текстурированном композите были получены типичная логарифмическая зависимость от времени для спонтанной релаксации намагниченности, а для индуцированной переменным полем – логарифмическая или экспоненциальная в зависимости от амплитуды h_{ac} . При этом было установлено, что усиление релаксации происходит не только в направлении проникновения h_{ac} , как это обычно рассматривается, но и в перпендикулярном направлении. Кроме того, было показано, что при различных ориентациях постоянного и переменного полей относительно кристаллографических осей кристаллитов, имеет место либо монотонное уменьшение намагниченности с частотой и амплитудой переменного поля, либо появляются немонотонные зависимости.

На монокристаллах в области низких температур ($T < 40\text{K}$), h_{ac} вызывало коллапс намагниченности в его области проникновения, подобно описанному в [5], однако при более высоких температурах приводило к формированию твистеров [14], т.е. областей со знакопеременной намагниченностью, природа которых до сих пор не установлена. С целью прояснения этого вопроса мы провели исследование подробное исследование релаксации намагниченности в скрещенных магнитных полях (H_{pl} – постоянное продольное поле и H_z – поперечное поле) и получили совершенно неожиданные

результаты. Во-первых – усиление релаксации вдоль и поперек H_{pl} на стадии проникновения H_z , во-вторых – неоднородную в пространстве релаксацию продольного критического тока, и наконец установили, что в процессе циклического перемагничивания интенсивная релаксация тока идет только на внешнем крае магнитного потока, в то время как внутренний ток практически неизменен, хотя магнитный поток эффективно дрейфует к центру кристалла. На основе проведенных исследований определены скорости релаксации и энергии активации для термоактивированного движения вихрей, для поворота вихрей и для пересечения вихрей.

Работа выполнена в рамках Российской программы по сверхпроводимости (контракт 40.012.1.1.4356). Автор выражает благодарность И. Науменко (ИФТТ РАН) и И. Акимову (ВНИИМ им. Бочвара) за предоставление образцов для исследования.

1. Kaoru Yamafuji et al, Journ. Ten Physical Society of Japan, 39, 581 (1975)
2. J.R.Cave, M.A.R.LeBlank, Journ. Appl. Phys., 53, 1631 (1982)
3. A.Gonzalez, Phys.Rev.B, .31, p.7048 1985
4. A. Riise et al., Appl. Phys. Lett., 60, 2294 (1992)
5. L.M.Fisher et al., Solid State Commun., 97, 833 (1996); L.M.Fisher et al., Solid State Commun., 103, 313 (1997)
6. Kaoru Yamafuji et al, Journ. Ten Physical Society of Japan, 39, 581 (1975)
7. R.Boyer, M.A.R.LeBlank, Solid State Commun., v.24, p.261 (1977); M.A.R.LeBlank, J.Lorrain, Journ. Appl. Phys., 55, 4035 (1984)
8. I.R. Clem, Physica C, 153-155, 55 (1988)
9. В.В.Брыкин, С.Н.Дороговцев, Письма ЖЭТФ, 57, 39 (1993)
10. A. Gurevich, H. Brandt, Phys. Rev. Lett., 73, 178 (1994)
11. A.L. Kasatkin et al., Physica C, 310, 296 (1998)
12. С.Савельев, Л.М.Фишер, В.А.Ямпольский, ЖЭТФ, 112, 936 (1997); L.M. Fisher et al., Phys. Rev. B, 61, 15382 (2000)
13. G. Mikitik, E.H. Brandt, Phys.Rev.B, 64, 92502 2001; I.Babich, G.Mikitik, E.H.Brandt, Phys. Rev.B, 68, 052509 (2003); G.Mikitik, E.H.Brandt, M.Indenbom, Phys.Rev.B, 70, 014520 (2004)
14. M. V. Indenbom et al., Nature 385, 702 (1997); G.D'Anna et al., Physica C 281, 278 (1997)