УДК 538.945

Р. В. Вовк., К. А. Котвицька

ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ХАРАКТЕР ДИНАМІЧНИХ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ В МОНОКРИСТАЛАХ $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ З МАЛИМ ДЕФІЦИТОМ КИСНЮ

R. V. Vovk, K. A. Kotvytska

EFFECT OF MAGNETIC FIELD ON TYPE THE DYNAMIC PHASE TRANSITIONS IN SINGLE CRYSTALS $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ WITH SMALL OXYGEN DEFICIENT

Отримання нових функціональних матеріалів з високою струмонесучою здатністю продовжує залишатися однією з актуальних прикладних і фундаментальних задач фізики. Найважливішу роль при цьому відіграє оптимізація дефектного ансамблю [1]. Як відомо [2], мала довжина когерентності ξ і велика глибина проникнення λ приводить до того, що пінінг у ВТНП стає ефективним на дефектах, у тому числі вакансіях кисню [3] домішках впроваджень [4]. При цьому з'ясування ступеня впливу таких дефектів на фазовий стан вихрової матерії найчастіше виявляється ускладнено через наявність у ВТНП-сполуках міжзеренних меж, площин двійникування, кластерних включень та інших дефектів, які є досить потужними центрами пінінгу. Істотний вплив має також наявність власного «intrinsic» пінінгу, обумовленого шаруватою структурою ВТНП-сполук [3]. Метою є дослідження впливу магнітного поля на характер динамічних фазових переходів у монокристалах $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ з малим відхиленням від кисневої стехіометрії.

Для дослідження резистивних переходів у надпровідний (НП) стан використано метод Коувеля-Фішера [5], основою якого є аналіз величини:

$$\chi = \frac{-d(\ln \Delta\sigma)}{dT}, \qquad (1)$$

де $\Delta\sigma$ – поправка, яка враховує провідність, що виникає внаслідок флуктуаційного спаровування носіїв при $T > T_c$ і зумовлена фазовим станом вихрової матерії при $T < T_c$. Припускаючи, що $\Delta\sigma$ змінюється за законом $\Delta\sigma \sim (T - T_c)^{-\beta}$ при $T \approx T_c$, з формули (1) випливає, що $\chi^{-1} = \beta^{-1}(T - T_c)$, де β – показник, який залежить від розмірності і фазового стану флуктуаційної і вихрової підсистем [6,7]. На рис. 1 зображено резистивні переходи в НП-стан монокристала $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$.

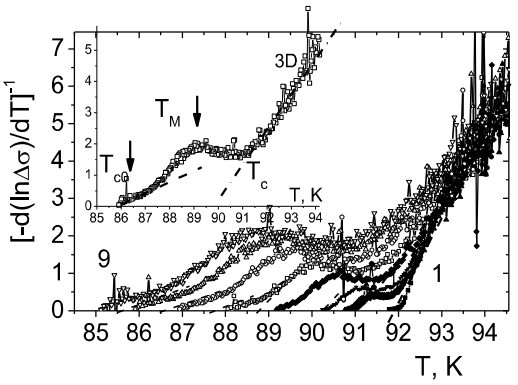

Рис. 1. Резистивні переходи у надпровідний стан монокристала $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ H = 0 (крива 1) і H = 15 кЕ, отримані при $\alpha \equiv \angle(\mathbf{H}, ab)$: 0;5;10;20;30; 45;60;90° – криві 2 - 9, відповідно в координатах $\left[\frac{-d(\ln \Delta\sigma)}{dT}\right]^{-1} - T$. На вставці виділена крива, отримана для $\alpha = 60^\circ$

Видно, що у високотемпературній області НП-переходу в усіх кривих спостерігається досить протяжна лінійна ділянка з кутом нахилу $\beta \approx 0{,}5$, що згідно з моделлю Асламазова–Ларкіна свідчить про появу в системі 3D режиму існування флуктуаційних носіїв. При подальшому віддаленні від T_c у бік високих температур відбувається збільшення абсолютного значення β, що свідчить про реалізацію в системі 3D-2D кросовера [8].

На рис. 2 показано резистивні переходи в надпровідний стан у координатах $\chi(T_c - T_{c0})/\varepsilon_\alpha$ – $(T - T_{c0})/(T_c - T_{c0})$. Позначення кривих відповідає позначенням на рис. 1.

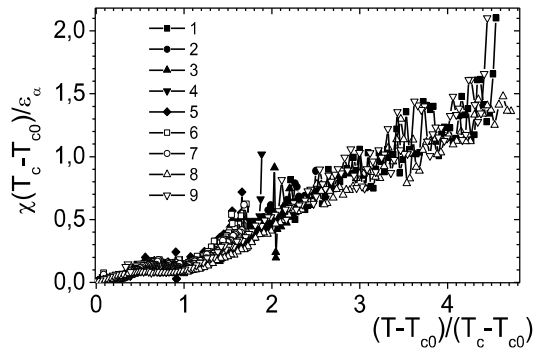

Рис. 2. Резистивні переходи в надпровідний стан монокристала $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ в координатах $\chi(T_c - T_{c0})/\varepsilon_\alpha$ – $(T - T_{c0})/(T_c - T_{c0})$, де ε=6÷9 – параметр анізотропії

Як було показано в роботі [7], у разі реалізації в системі стану «бреггівського скла» на залежностях $\chi(T)$ має спостерігатися скейлінг у зведених координатах $\chi(T_c\text{-}T_{c0})$ – $(T\text{-}T_{c0})/(T_c\text{-}T_{c0})$, де T_{c0} – температура, що відповідає середньопольовій критичній температурі, T_M – температура точки плавлення вихрової решітки, T_c – критична температура. З рис. 2 видно, що на експериментальних кривих $\chi(T)$ найкращий скейлінг спостерігається в паракогерентній області при $T < T_M$. При більш високих температурах розбіжність кривих стає істотнішою внаслідок впливу пінінгу надпровідних флуктуацій на кластерних включеннях [2, 8].

Установлено, що прикладання магнітного поля (до 15 кЕ) і збільшення кута α до роздвійникованих монокристалів $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ з малою нестачею кисню, на відміну від аналогічних зразків, оптимально допованих киснем, приводить до появи додаткового низькотемпературного максимуму на температурних залежностях надлишкової провідності, обумовленого пригніченням динамічного фазового переходу виду «порядок-безпорядок».

Збільшення кута $\alpha \equiv \angle(\mathrm{H,ab})$ приводить до одночасного зростання амплітуди і ширини піка, що відповідає цьому переходу, і його зміщення в область більш низьких температур, що є наслідком зменшення, із зростанням α, внеску власного пінінгу вихрової підсистеми і посиленням ролі об'ємного пінінгу, зумовленого наявністю в структурі експериментального зразка кластерів кисневих вакансій.

Отримано, що при температурах $T < T_c$ відбувається пригнічення динамічного фазового переходу виду вихрова рідина – вихрова решітка і формування в системі переходу виду вихрова рідина – вихрове «бреггівське» скло.

Безпосередньо поблизу T_c ФП задовільно описується тривимірною моделлю Асламазова–Ларкіна для шаруватих надпровідних систем.

Список використаних джерел

1. Chroneos. A. Atomic Stale Models for $RBa_2Cu_3O_{6,5}$ and $R_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{6,5}$ Compounds (R=Y) / A. Chroneos, I.L. Goulatis, R.V. Vovk // Acta Chim. Sloven. – 2007. – V. 54. – P. 179-184.

2. Bondarenko, A.V. Creep and depinning of vortices in nontwinned $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ single crystal / A.V.Bondarenko, A.A.Zavgorodniy, D.A.Lotnik etc. // Low Temperature Physics. – 2008. – V. 34, № 7. – P. 508-514.

3. Kwok W.K. Vortex lattice melting in untwinned and twinned single crystals of $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ / W. K. Kwok, S. Fleshler, U. Welp etc. // Phys. Rev. Lett. – 1992. – V. 69, № 23. – P. 3370-3373.

4. Магнитосопротивление и 2D-3D кроссовер в легирован-ных алюминием монокристалах $YBa_2Cu_{3-z}Al_zO_{7-\delta}$ с системой однонаправленных двойниковых границ [Текст] / А.А. Завгородний, Р.В. Вовк, М.А. Оболенский и др. // ФНТ. – 2010. – V. 36, № 1. – P. 143-147.

4. Kouvel J.S. Detailed Magnetic Behavior of Nickel Near its Curie Point / J.S. Kouvel, M.E. Fischer // Phys. Rev. – 1964. – V. 136, № 6A. – P. 1626–1632.

5. Асламазов, Л. Г. Влияние флуктуаций на свойства сверхпроводников при температурах выше критической [Текст] / Л.Г. Асламазов, А.И. Ларкин // ФТТ. – 1968. – Т. 10, № 4. – С. 1104 – 1111.

6. Coherence transition in polycrystalline $Y_{0.95}Tb_{0.05}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ superconductors / R.M. Costa, I.C. Riegel, A.R. Jurelo etc. // Journal Of Magnetism and Magnetic Materials. – 2008. – V. 320. – P. 493–495.

7. Vovk R. V. Transport anisotropy and pseudo-gap state in oxygen deficient $ReBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (Re = Y, Ho) single crystals / R. V. Vovk, M. A. Obolenskii, A. V. Bondarenko et al // Journal of Alloys and Compounds. – 2008. – V. 464, № 1. – P. 58-66.

УДК 538.945

К. В. Тютєрєва, С. В. Савич,
О. В. Самойлов, Р. В. Вовк

ВПЛИВ ВИСОКОГО ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ НА ПРОВІДНІСТЬ МОНОКРИСТАЛІВ YBaCuO З ОДНОСПРЯМОВАНИМИ ДВІЙНИКОВИМИ МЕЖАМИ

K. V. Tiutierieva, S. V. Savich,
A. V. Samoilov, R. V. Vovk

EFFECTS OF HIGH HYDROSTATIC PRESSURE ON CONDUCTIVITY OF YBaCuO SINGLE CRYSTALS WITH UNIDIRECTIONAL TWIN BOUNDARIES

Підвищення стійкості технологічних характеристик є одним з основних напрямків сучасної прикладної фізики високотемпературної надпровідності. Найбільш затребуваним в аспекті практичного застосування є з'єднання $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$. Це обумовлено його досить високими критичними параметрами, відносною простотою синтезу і, нарешті, можливістю варіювання транспортних параметрів шляхом зміни вмісту кисню і повної або часткової заміни складових компонент [1-3].

Дослідимо вплив високого гідростатичного тиску до 10 кбар на провідність у базисній ab-площині монокристалічних зразків $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ з системою односпря-мованих двійникових меж. На рис. 1 подано температурні залежності $\rho_{ab}(T)$ монокристалів $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ при різному гідростатичному тиску та геометрія експерименту. На рис. 2 приведено температурні залежності псевдощілини цих монокристалів у наведених координатах $\Delta^*(T)/\Delta^*_{max}$ – T/T^*(Δ^*мах – значення Δ^* на плато далеко від T*), виміряні при різному тиску.

Виявлено, що додавання високого тиску призводить до деякого зменшення величини баричної похідної $d\xi_c/dP$ при одночасному збільшенні dT_c/dP та