

**ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ И НОРМАЛЬНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ
ВРЕМЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ**

СЕРГЕЙ НИКОГОСЯН

руководитель группы

Фонд Национальная научная лаборатория им. А. Алиханяна

(Ереванский институт физики)

кандидат физико-математических наук

nick@mail.yerphi.am

АЛЬБЕРТ САРГСЯН

научный руководитель

Международный научно-образовательный центр НАН РА

доктор физико-математических наук, профессор

albert.sargsyan@isec.am

ЕРДЖАНИК ЗАРГАРЯН

заместитель директора по учебным вопросам

Международный научно-образовательный центр НАН РА

кандидат физико-математических наук

yerjanik.zargaryan@isec.am

Аннотация

Изучено влияние постоянного магнитного поля на сверхпроводящие и нормальные характеристики поликристаллов $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ (Y123), длительное время содержащихся при комнатной температуре, пользуясь кривыми удельного сопротивления $r(T)$ при постоянном транспортном токе 10mA в температурном интервале (77-290)K. В качестве сверхпроводящих характеристик рассмотрены ширина сверхпроводящего перехода (ΔT_c) и его критическая температура (T_c). Причем T_c определена по температурам, соответствующим началу, середине и концу перехода (T_c^{on} , $T_c^{0.5}$ и T_c^0). А в качестве нормальной характеристики рассмотрена магнитно-полевая зависимость удельного сопротивления (магнитосопротивление) в флуктуационном диапазоне ($T_c^0 < T < T_c^{\text{on}}$). Показано, что в зависимости от магнитного поля все рассматриваемые характеристики проявляют монотонное поведение. Причем параллельно увеличению магнитного поля критическая температура не только уменьшается, но и проявляет аномальный рост, максимальное значение

которого для T_c^{on} , $T_c^{0.5}$ и T_c^0 составило соответственно 5.3K, 4.2K и 2.9K, что означает, что в зависимости от магнитного поля наиболее нестабильна T_c^{on} . А в зависимости от магнитного поля синхронное изменение T_c^{on} свидетельствует о том, что обе характеристики обусловлены одним и тем же механизмом. Выявлено, что поведение магнитосопротивления в флуктуационном диапазоне строго зависит от температуры. Выяснилось, что при 92K во всем диапазоне примененного магнитного поля наблюдается отрицательное магнитосопротивление. Тогда как при более высоких температурах наблюдается как отрицательное, так и положительное магнитосопротивление. Помимо этого, выяснилось, что изменение сверхпроводящих и нормальных характеристик в зависимости от магнитного сопротивления протекает обратными фазами, т.е. в случае изменения магнитного поля рост одного сопровождается одновременным сокращением другого, и наоборот.

Разъяснение полученных результатов произведено в рамках модели структурных неоднородностей на микроскопическом уровне в образцах, подвергнутых временной деградации.

Ключевые слова и фразы

Высокотемпературный сверхпроводник (ВТСП), сверхпроводящий переход (СП), ширина СП, температура начала, середины и конца СП (ΔT_c , T_c^{on} , $T_c^{0.5}$ и T_c^0), магнитосопротивление.

ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԺԱՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ԴԵԳՐԱԴԱՑԻԱՅԻ ԵՆԹԱՐԿԱՎԱԾ $YBa_2Cu_3O_x$ ԲԱԶՄԱԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐԻ ԳԵՐՀԱՂՈՐԴԱՅԻՆ ԵՎ ՆՈՐՄԱԼ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՎՐԱ

ՍԵՐԳԵՅ ՆԻԿՈՂՈՍՅԱՆ

խմբի ղեկավար

Ա. Ալիխանյանի անվ. ազգային գիտական լաբորատորիա (Երևանի ֆիզիկայի
ինստիտուտ) հիմնադրամ

ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու

nick@mail.yerphi.am

ԱԼԲԵՐՏ ՍԱՐԳՍՅԱՆ

գտական ղեկավար

ՀՀ ԳԱԱ գիտակրթական միջազգային կենտրոն

ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր

albert.sargsyan@isec.am

ԵՐԶԱՆԻԿ ԶԱՐԳԱՐՅԱՆ

Ուսումնական աշխատանքների գծով փոխտնօրեն
ՀՀ ԳԱԱ գիտակրթական միջազգային կենտրոնի
Ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածու
yerjanik.zargaryan@isec.am

Համառոտագիր

Ուսումնասիրվել է արտաքին հաստատուն մագնիսական դաշտի կիրառման ազդեցությունը սենյակային պայմաններում երկարատև պահված $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ բազմաբյուրեղների (Y123) գերհաղորդչային և նորմալ բնութագրերի վրա՝ օգտվելով ջերմաստիճանների (77-290)K տիրույթում 10mA հաստատուն տրանսպորտային հոսանքի դեպքում որոշված տեսակարար դիմադրության $r(T)$ կորերից: Իբրև գերհաղորդչային բնութագրեր՝ դիտարկվել են գերհաղորդչային անցման լայնությունը (ΔT_c) և նրա կրիտիկական ջերմաստիճանը (T_c): Ընդ որում, T_c -ն որոշվել է անցման սկզբին, միջնակետին և վերջին համապատասխանող ջերմաստիճաններով (T_c^{on} , $T_c^{0.5}$ և T_c^0): Իսկ որպես նորմալ բնութագիր դիտարկվել է տեսակարար դիմադրության մագնիսադաշտային կախվածությունը (մագնիսադիմադրություն) ֆլուկտուացիոն տիրույթում ($T_c^0 < T < T_c^{\text{on}}$): Ցույց է տրվել, որ դիտարկվող բոլոր բնութագրերն էլ մագնիսական դաշտից կախված դրսևորում են ոչ մոնոտոն վարքագիծ: Ընդ որում, մագնիսական դաշտի մեծացմանը զուգընթաց կրիտիկական ջերմաստիճանը ոչ միայն նվազում է, այլ նաև դրսևորում է անոմալ աճ, որի առավելագույն չափը T_c^{on} -ի, $T_c^{0.5}$ -ի և T_c^0 -ի համար համապատասխանաբար կազմել է 5.3K, 4.2K և 2.9K, ինչը նշանակում է, որ մագնիսական դաշտից կախված ամենամեծ անկայունություն ունի T_c^{on} -ն: Իսկ մագնիսական դաշտից կախված T_c^{on} -ի և ΔT_c -ի համափուլ փոփոխությունը վկայում է այն մասին, որ երկու բնութագրերն էլ պայմանավորված են միևնույն մեխանիզմով: Բացահայտվել է, որ ֆլուկտուացիոն տիրույթում մագնիսադիմադրության դրսևորած վարքագիծը խստորեն կախված է ջերմաստիճանից: Պարզվել է, որ 92K-ում կիրառված մագնիսական դաշտի ամբողջ տիրույթում դիտվել է բացասական մագնիսադիմադրություն: Մինչդեռ ավելի բարձր ջերմաստիճաններում դիտվում է ինչպես բացասական, այնպես էլ դրական մագնիսադիմադրություն: Բացի դրանից, բացահայտվել է, որ գերհաղորդչային և նորմալ բնութագրերի փոփոխությունը, մագնիսական դաշտից կախված, ընթանում է հակառակ փուլերով, այսինքն՝ մագնիսական դաշտի փոփոխության դեպքում մեկի աճը ուղեկցվում է մյուսի համաժամանակյա նվազումով, և՛ հակառակը:

Ստացված արդյունքների մեկնաբանությունը կատարվել է ժամանակի ընթացքում դեգրադացված նմուշներում միկրոսկոպիկ մակարդակով առկա կառուցվածքային անհամասեռությունների մոդելի շրջանակներում:

Բանալի բառեր և բառակապակցություններ

Բարձր ջերմաստիճանային գերհաղորդիչ (ԲՋԳՀ), գերհաղորդչային (ԳՀ) անցում, ԳՀ անցման լայնություն, ԳՀ անցման սկզբի, միջնակետի և վերջի ջերմաստիճան՝ (ΔT_c , T_c^{on} , $T_c^{0.5}$ և T_c^0), մագնիսադիմադրություն:

THE INFLUENCE OF THE MAGNETIC FIELD ON SUPERCONDUCTING AND NORMAL CHARACTERISTICS OF YBA2CU3OX POLYCRYSTALS SUBJECT TO TIME DEGRADATION

SERGEY NIKOGHOSYAN

Head of the Group

National Scientific Laboratory after A. E. Alikhanyan (Yerevan Physics Institute)
Foundation

PhD in Physical and Mathematical Sciences

nick@mail.yerphi.am

ALBERT SARGSYAN

Scientific Advisor

International Scientific-Educational Center of the National Academy of Sciences of the
Republic of Armenia

Doctor of Physics and Mathematics

albert.sargsyan@isec.am

YERJANIK ZARGARYAN

Deputy Director for Academic Affairs

International Scientific-Educational Center of the National Academy of Sciences of the
Republic of Armenia

PhD in Physical and Mathematical Sciences

yerjanik.zargaryan@isec.am

Abstract

The effect of a constant magnetic field on the superconducting and normal characteristics of YBa₂Cu₃O_x (Y123) polycrystals, preserved at room temperature for a long time, was examined using the resistivity curves $r(T)$ at a constant transport current of 10mA in the temperature range (77-290) K. The width of the superconducting transition (ΔT_c) and its critical temperature (T_c) were considered as superconducting

characteristics. Moreover, TC was determined by the temperatures corresponding to the onset, middle, and end of the transition (T_c^{on} , $T_c^{0.5}$, and T_c^0).

Given the fact that the magnetic-field dependence of resistivity (magnetoresistance) is considered as a normal characteristic in the fluctuation range ($T_c^0 < T < T_c^{on}$), it is shown that all the characteristics under consideration expose monotonic behavior depending on the magnetic field. Moreover, parallel to the increase in the magnetic field, the critical temperature not only decreases but also shows an anomalous growth, the maximum value of which for T_c^{on} , $T_c^{0.5}$ and T_c^0 was accordingly 5.3K, 4.2K and 2.9K, which means that depending on the magnetic field, T_c^{on} is most unstable. Depending on the magnetic field, asynchronous change in T_c^{on} indicates that both characteristics are conditioned by the same mechanism. It has been revealed that the behavior of the magnetoresistance in the range of fluctuation is strictly temperature-dependent. It has also been found out that negative magnetoresistance is observed over the entire range of the applied magnetic field at 92 K, whereas at higher temperatures, both negative and positive types of magnetoresistance are observed. Also, it was proved that changes in superconducting and normal characteristics, depending on the magnetic resistance, occur in reverse phases, i.e. in the case of a change in the magnetic field, the growth of one is accompanied by a simultaneous contraction of the other and vice versa.

The results obtained were observed within the framework of the model of structural inhomogeneities at a microscopic level in samples subjected to temporary degradation.

Keywords and phrases

High-temperature superconductor (HTS), superconducting transition (ST), ST width, onset, the middle and final temperature of ST (ΔT_c , $T_c^{0.5}$, $T_c^{0.5}$ and T_c^0), magnetoresistance.

Предисловие

Механизм сверхпроводимости на микроскопическом уровне, действующий в высокотемпературных сверхпроводниках, до сих пор полностью не выявлен, и это затрудняет синтез новых сверхпроводящих образцов с высокими критическими характеристиками, а следовательно, ограничивает их применение в различных сферах [1,2]. При наличии на микроскопическом уровне неоднородностей в ВТСП наблюдается такое аномальное проявление сверхпроводящих и нормальных свойств, как, например, формирование псевдозонального режима [1,2], увеличение критической температуры (T_c) сверхпроводящего перехода [3,4] и появление

отрицательного магнитосопротивления в примененном постоянном магнитном поле [5]. Анализ работ в этом направлении показал, что эти явления чувствительны в отношении размеров сверхпроводящих крупинок исследуемых образцов, различного вида и количества структурных дефектов, присутствующих в них, внешних давлений, тепловых воздействий, а также транспортных токов [1,2,6,7]. Известно, что после синтеза в приповерхностных частях крупинок сверхпроводящих поликристаллов, длительное время содержащихся в комнатных условиях (“состарившихся”), возникает аморфный слой толщиной до 2.0 нм, который включает в себе дополнительные плоскости Si-O длиной 20 нм [9, 10]. В таких образцах изменения характеристик, наблюдаемые под воздействием внешних факторов, могут проявлять определенные особенности по сравнению со свежевращенными образцами. Целью данной работы является изучение путем определения удельного сопротивления влияния постоянных магнитных полей на ширину сверхпроводящего перехода, критические температуры и магнитосопротивление в флуктуационном диапазоне поликристаллов $YBa_2Cu_3O_x$ (Y123), длительное время содержащихся в комнатных условиях. Такие исследования могут способствовать расширению наших представлений о механизме сверхпроводимости и его временной деградации, действующем в высокотемпературном сверхпроводнике.

Подробности проведения эксперимента

Исследуемые ВТСП Y123 образцы синтезировались стандартным методом и до измерений хранились 7 лет в комнатных условиях [11, 12]. Исследуемые образцы имели объемную плотность 4,8 г/см³. При значениях постоянного магнитного поля 450 Ое, 1275 Ое, 1651 Ое и 1725 Ое были определены сверхпроводящие и нормальные характеристики образцов. С этой целью использовались кривые температурной зависимости удельного сопротивления $\rho(T)$ в температурном диапазоне (77-290)К в случае постоянного транспортного тока 10мА и указанных магнитных полей. Исследуемые образцы имели форму прямоугольного параллелепипеда с характерными размерами 6x2x1 мм³. Транспортный ток был применен параллельно к длинной стороне образца и вертикально к магнитному полю. Критическая температура сверхпроводящего перехода определялась началом (T_c^{on}), серединой ($T_c^{0.5}$) и концом (T_c^0) перехода, когда удельное сопротивление нормального состояния образца уменьшалось соответственно на 10, 50 и 90 процентов. Первая и вторая из этих температур характеризуют начало и конец сверхпроводящего состояния крупинок, а третья – установление между ними джозефсоновского контакта, когда образец почти всем своим объемом (90%)

переходит в сверхпроводящее состояние, т.е. приобретает нулевое сопротивление. В вышеприведенных магнитных полях определялась также ширина СП перехода: $\Delta T_c = T_c^{on} - T_c^0$ и магнитосопротивление $r(T, H)$ при различных температурах в диапазоне $T_c^0 < T < T_c^{on}$.

Полученные результаты и их обсуждение

На рис.1 изображены линии магнитолевой зависимости ширины сверхпроводящего перехода (ΔT_c) и критических температур (T_c^{on} , $T_c^{0.5}$, T_c^0) для значений постоянного магнитного поля 0, 450 Ое, 1275 Ое и 1725 Ое. А на рис.2 приведены кривые магнитосопротивления $r(H, T)$ для различных температур в диапазоне $T_c^0 < T < T_c^{on}$.

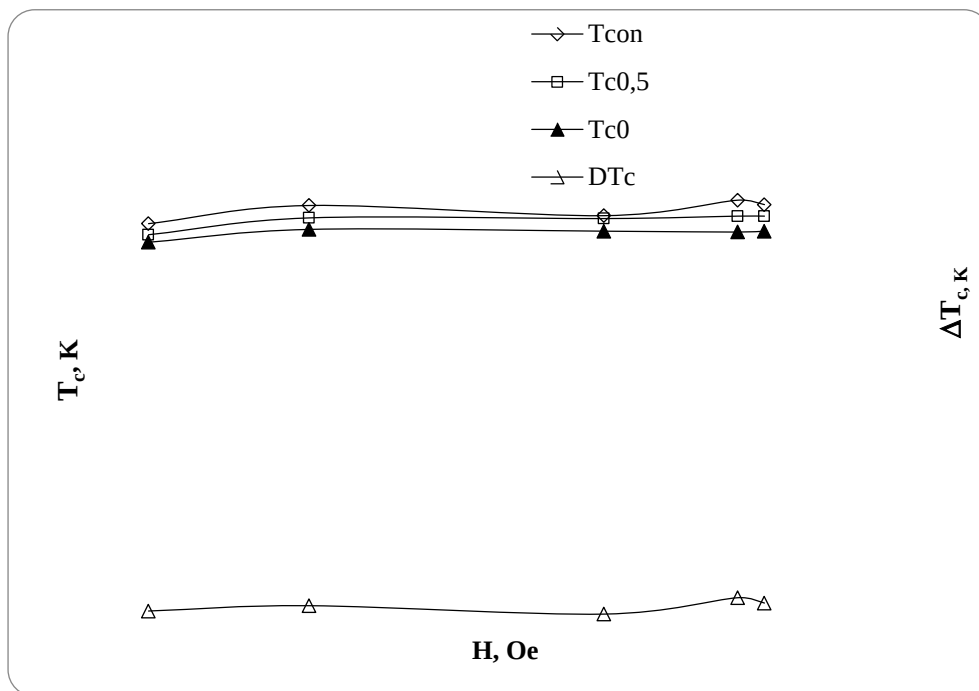


Рис.1. Зависимость ширины сверхпроводящего перехода (ΔT_c) и критических температур (T_c^{on} , $T_c^{0.5}$ и T_c^0) от магнитного поля.

Из этих рисунков видно, что в зависимости от магнитного поля все исследуемые характеристики проявляют немонотонное поведение. Так, когда магнитное поле растет в диапазоне от 0 до 1725 Ое, то для T_c^{on} , $T_c^{0.5}$ и T_c^0 наблюдаются соответственно следующие значения: [91.7К, 95.8К, 93.5К, 97К, 96К], [89.2К, 93К, 92.85К, 93.4К, 93.4К], и [87.5К, 90.4К, 90К, 89.8К, 90К]. Во всем диапазоне приложенных магнитных полей максимальный рост T_c^{on} по

отношению к начальному значению составляет 5.3K, тогда как для $T_c^{0.5}$ и T_c^0 он составляет соответственно 4.2K и 2.9K. Таким образом, по сравнению с температурами $T_c^{0.5}$ и T_c^0 T_c^{on} в зависимости от магнитного поля проявляет более сильно выраженное нестабильное поведение (Рис.1). Отметим, что немонотонное поведение кривой магнитолевой зависимости ширины перехода (ΔT_c) свидетельствует о неопределенности образца (Рис.1). Об этом свидетельствуют также кривые магнитосопротивления при различных температурах (Рис.2). Отметим также, что синхронное поведение кривых $\Delta T_c(H)$ и $T_c(H)$ означает, что за изменение этих характеристик отвечают одни и те же механизмы. Ширина перехода обусловлена уровнем упорядоченности атомов в сверхпроводящих крупинках (плоскости CuO_2) и в пространстве между крупинками. Он в основном определяется концентрацией атомов кислорода, присутствующих в указанных позициях пространственной решетки системы Y123 и сдвинувшихся от своих ключевых позиций [13]. Когда вследствие воздействия некоторых внешних факторов эта концентрация растет или уменьшается, то сверхпроводящие и нормальные характеристики соответственно сокращаются или растут.

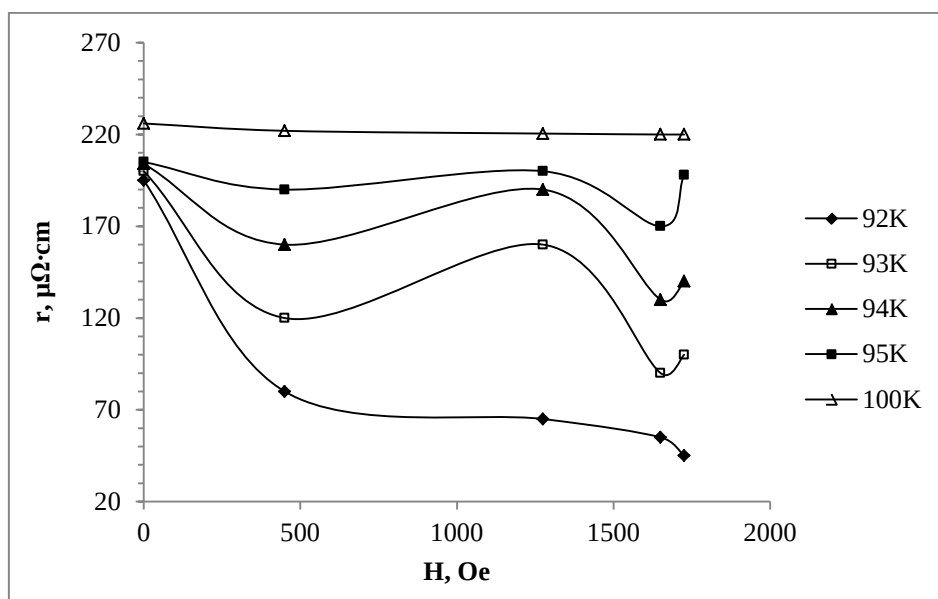


Рис.2. Зависимость удельного сопротивления от приложенного магнитного поля (магнитосопротивление) при разных температурах

При увеличении внешнего магнитного поля наблюдалось аномальное явление: критическая температура вместо уменьшения растет [3,4]. Так, в образцах $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ($x=0.25$; $x=0.5$) рост T_c , наблюдаемый при увеличении поля в интервале 5-100 Ое, относится к структурным изменениям, происходящим в плоскостях $Cu-O_2$. В многофазных висмутовых ВТСП образцах, хранившихся при температуре 77К и наличии постоянного магнитного поля 1500 Ое, наблюдался рост T_c , соответствующий различным сверхпроводящим фазам [4]. Показано также, что в хранящихся при 77К образцах увеличивается напряжение как в границах межфазного разделения, так и на концах сверхпроводящих крупинок, что способствует увеличению плотности дефектов и усилению пиннинга вихрей Абрикосова. Недавно выяснилось, что замещение ионов Y^{3+} ионами Tm^{3+} , действительно, приводит к увеличению собственного пиннинга магнитных бурь в монокристаллах в магнитном поле 400 Ое [14]. Это близко к тому значению поля (450 Ое), когда нами наблюдается рост критических температур (Рис.1), который сопровождается резким одновременным уменьшением удельного сопротивления (Рис.2). Аналогичное явление (когда $H=0$) ранее наблюдалось нами после подвержения кратковременной тепловой обработке состарившихся образцов Y123 и приписывалось сокращению роли взаимодействия электрон-фонон в механизмах рассеивания. Стоит упомянуть, что ранее облучение малыми дозами быстрых нейтронов также приводило к росту критических температур и уменьшению сопротивления образцов Y123. Изменение обеих этих характеристик сопровождается ростом сигнала электронного парамагнитного резонанса, связанным с возникновением центров Cu^{2+} и перемещением зарядов от поверхностей $Cu(1)$ к поверхностям CuO_2 [16]. Отметим также, что в указанной работе предварительные и постоблученные характеристики как сверхпроводящего, так и нормального состояния с большой точностью совпадают с соответствующими характеристиками, полученными в данной работе для образцов с применением магнитного поля. Причем изменения T_c^{on} в зависимости как от дозы облучения, так и от величины приложенного магнитного поля проявляют строго выраженное осцилляционное поведение. Тогда как для $T_c^{0.5}$ оно достаточно близко к монотонному. Сравнение показывает, что увеличение дозы облучения и рост приложенного внешнего магнитного поля при низких температурах (92К) приводили к монотонному сокращению удельного сопротивления нормального состояния образца. Отметим, что при высоких температурах эти изменения в обоих случаях протекают немонотонным образом (Рис.2). То есть, если при 92К на всем участке магнитного поля наблюдается отрицательное магнитосопротивление, то при более высоких температурах параллельно увеличению поля сферы отрицательного магнитосопротивления чередуются один за другим. И при 100К зависимость

удельного сопротивления от магнитного поля вообще аннулируется (Рис.2). Толкование полученных результатов можно выполнить в границах модели неоднородного распределения структурных дефектов, присутствующих в сверхпроводящих крупинках. Как уже было отмечено в предисловии, в приповерхностных частях крупинок иттриевых образцов, состарившихся в результате длительного нахождения на воздухе, возникает аморфный слой толщиной 2 нм, включающий в себя дополнительные плоскости Cu-O длиной 20 нм [9]. Одновременно в образцах возникают также сверхпроводящие фазы, бедные и богатые кислородом, которые обнаруживают соответственно малое и большое значение критической температуры и поля [10]. По нашим результатам можно предположить, что СП крупинки каждой из этих фаз внешне покрыты аморфным слоем, как в многофазных висмутовых образцах [17]. Аморфный слой, окружающий сверхпроводящие крупинки, для абрикосовых вихрей до 450 Ое служит центром пиннинга, который осложняет их проникновение в крупинки и, следовательно, предотвращает диссипационные процессы. А это приводит как к увеличению критической температуры, так и к увеличению удельного сопротивления в магнитном поле (Рис.1 и 2). Однако в случае большого магнитного поля (1275 Ое) и более высоких температур вихри, отрываясь от этих центров, начинают свободно перемещаться в сверхпроводящих крупинках (плоскости CuO_2), что приводит к распаду сверхпроводящих пар, а следовательно, к дальнейшему увеличению сопротивления и уменьшению T_c . А в случае дальнейшего роста магнитного поля (1650 Ое) в процессе начинает участвовать богатая кислородом сверхпроводящая фаза, имеющая более высокую T_c и большое критическое поле крупинок и магнитные вихри захватываются поверхностным слоем, обуславливая рост T_c и уменьшение сопротивления. Для следующего значения примененного поля (1725 Ое) происходит обратный процесс: рост сопротивления и сокращение T_c . Как видим, магнитосопротивление весьма зависит от температуры (Рис.2). Причем, если при 92К в зависимости от магнитного поля оно проявляет монотонное поведение, то параллельно с увеличением температуры приобретает сильно выраженное немонотонное поведение, а при 100К становится независимым от магнитного поля. При 92К наблюдаемое монотонное сокращение удельного сопротивления в случае роста магнитного поля обусловлено также тем, что объемная плотность наших образцов равна $4,8 \text{ г/см}^3$, при которой связи между крупинками, установившиеся в системе Y123, самые прочные, имеют максимальную однородность и критическая температура самая высокая – 92К [18]. Она почти совпадает с критической температурой наших образцов: $T_c^{\text{он}}=91.7\text{К}$ (Рис.1). Стоит отметить следующие особенности. Сравнение сверхпроводящих характеристик и магнитополевых кривых удельного сопротивления показывает, что они изменяются обратными фазами

(Рис.1 и 2). То есть в случае изменения магнитного поля рост одного сопровождается одновременным сокращением другого, и наоборот. Структурные дефекты, возникшие в поликристаллических сверхпроводниках Y123, хранившихся 7 лет в комнатных условиях после облучения малыми дозами (10^{11} , 10^{12} , 10^{13} н/см³) быстрыми нейтронами и синтезирования, весьма схожи своим характером. Интересно отметить, что в работе [10] показано, что образцы Y123, хранящиеся 10 лет после синтезирования в комнатных условиях, проявляют такое же структурное состояние, какое устанавливается в них после подвержения 100-часовой тепловой обработке при 200 °С. Магнитное поле не в состоянии прямо вызвать в ВТСП структурные дефекты. Однако оно может обнаружить уже присутствующие в образцах дефекты. Магнитное поле может возбудить диссипационные процессы, в результате чего могут стимулироваться процессы перераспределения атомов кислорода, что и приведет к изменению характеристик ВТСП [7,16]. Для полноценного комментария полученных результатов требуется дальнейшая работа.

Заключение

Таким образом, в образцах Y123, длительное время после синтезирования хранившихся в комнатных условиях, изучено воздействие внешних магнитных полей на ширину его сверхпроводящего перехода, критической температуры и магнитосопротивления. Выяснилось, что увеличение магнитного поля привело как к увеличению, так и к уменьшению ширины перехода. Наблюдается также аномальный рост критической температуры, а магнитосопротивление проявило сильную зависимость от температуры. Наблюдаемые результаты объясняются в границах модели неоднородного распределения структурных дефектов, присутствующих в образцах на микроскопическом уровне. Полученные результаты позволяют составить представление об эволюции механизма сверхпроводимости в состарившихся образцах, а также способствуют разработке технологии получения образцов со стабильными и высокими характеристиками в магнитных полях.

ЛИТЕРАТУРА

1. A.L. Soloviev, E.V. et al, Features of excess conductivity and a possible pseudogap in FeSe superconductors, *Fizika Nizkikh Temperatur*, 2020, vol. 46, no. 5, p. 638-652.
2. Vovk R.V., Vovk N.R. and Dobrovolskiy O.V. Aging effect on electrical conductivity of pure and Al-doped $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ single crystals with a given topology of planar defects. *Advances in Condensed Matter Physics*, v. 2013, Article ID 931726, 7 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/931726>.
3. C.Q. Guo, Y. Zhang, J. Yu, S.J. Hao, W.T. Jin, H. Zhang, Anomalous Behavior in $\text{Y}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, *J. Supercond. Nov. Magn* (2013) 26:891–893.
4. J.G. Chigvinadze, S.M. Ashimov, J.V. Acrivos, and D.D. Gulamova, Critical temperature of the superconducting transition of individual phases of bismuth multiphase cuprates after cooling in a magnetic field to a temperature of 77 K, *Fizika Nizkikh Temperatur*, 2019, 45, № 4, pp. 447-456.
5. Dos Santos C.A., da Luz M.S., Ferreira, Machado A.J.S. On the transport properties in granular or weakly coupled superconductors, *Physica C*, 2003, v. 391, pp. 345-349.
6. S.K. Nikoghosyan, E.G. Zargaryan, A.G. Sargsyan, Features of Electric Transport Properties Stimulated by Short-Term Heat Treatment in High-Temperature $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ Superconductors After Their Long Storage, *National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, International Scientific-Educational Centre, Kachar Scientific Periodical, Yerevan, "Nairi"*, 2019, 7-18.
7. A. L. Solovjov, L.V. Omelchenko, R.V.Vovk, O. V.Dobrovolskiy, S. N. Kamchatnaya, D. M. Sergeyev, Peculiarities in the pseudogap behavior in optimally doped $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\Delta}$ single crystals under pressure up to 1GPa, *arXiv:1804.00996v1 [cond-mat.supr-con]* 3 Apr 2018.
8. A.G. Sarkisyan, S.K. Nikoghosyan, Y.G. Zargaryan, The Measuring Current Effect on the Behavior of the Superconducting Transition Polycrystalline Compounds of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$, *Collection Of Scientific Articles, The National Academy Of Sciences Of The Republic Of Armenia, International Scientific–Educational Center, Editor–in–Chief Naira Hakobyan, -Yerevan: Zangak, 2016, 344 pages, pp.21-29*
9. Zhaor Rupeng, M. J. Goringe, S. Myhra and P. S. Turner, Transmission electron microscopy and high-resolution transmission electron microscopy studies of the early stages in the degradation of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ superconductor in water vapors, *Philosophical Magazine*, 1992, Vol.66, No. 4, 491-506

10. Blinova Yu.V., Titova S.G., Sudareva S.V., Romanov E.P. Thermal decomposition mechanism of the nonstoichiometric compound $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.8}$, Fizika Tverdogo Tela, 2009, v.51, N6, pp. 1041-1045.

11. S.K. Nikoghosyan, V.V. Harutunyan, V.S. Baghdasaryan, E.A. Mughnetsyan, E.G. Zargaryan and A.G. Sarkisyan, Effect of direct transport current and heat treatment on resistive properties of bismuth-based ceramic high-temperature superconductor oxide materials of various compositions, Solid State Phenomena Vol. 200 (2013) pp 267-271.

12. S.K. Nikoghosyan et al, The effect of aging on the superconducting transition temperature and resistivity of Y-Ba-Cu-O ceramics after high temperature treatment, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering **49** (2013) 012042, doi:10.1088/1757-899X/49/1/012042

13. Shaked H., Jorgensen J.D., Hunter B.A., Hitterman R.L., Paulikas A.P. and Veal B.W. Local ordering and charge transfer during room-temperature annealing of quenched tetragonal $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.25}$, Physical Review B, 1995, v.51, N1, pp.547-552.

Հոդվածը ներկայացվել է տպագրության 15.07.2020 թ., ուղարկվել է գրախոսության 19.08.2020 թ., ընդունվել է տպագրության 19.10.2020 թ.: