

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ В МОНОКРИСТАЛЛАХ ВТСП

**ХАМДАМОВ Бегали Исроилович**

кандидат физико-математических наук, доцент

**ГАППАРОВ Бехзод Нематиллаевич**

старший преподаватель

Джизакский политехнический институт

г. Джизак, Узбекистан

*В данной статье изучено развитие магнитооптической методики высокого разрешения для визуализации картины магнитного потока на поверхности и вокруг ВТСП, а также проведены экспериментальные и теоретические исследования магнитных параметров ВТСП материалов в широком интервале температур и магнитных полей.*

**Ключевые слова:** визуализация, эффект Мейсснера, магнитные поля, индикаторная пленка, сверхпроводящие свойства, температура, поля проникновения, монокристаллы, индикатор, величина.

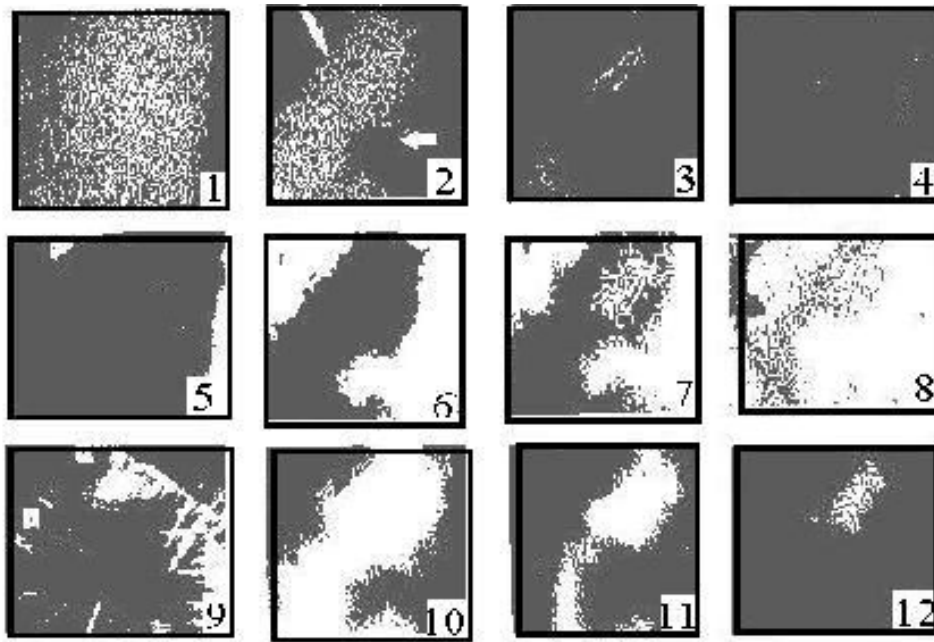
Исследованные пленки и монокристаллы демонстрируют существенную неоднородность сверхпроводящих свойств при взаимодействии с внешним полем. В пленках обнаружено два типа дефектных областей, характеризующихся существенно меньшими по сравнению с основной частью значениями полей проникновения и сил захвата магнитного потока. Наряду с этим в них существуют участки с высокими сверхпроводящими свойствами, которые обладают максимальными значениями полей первоначального проникновения, а при перемагничивании ведут себя по-разному в зависимости от максимальной величины прикладывавшегося перед этим поля. Если это поле было меньше некоторой величины  $H_{\max}$ , то в поле противоположного направления индикаторная пленка над этими участками размагничивается раньше, чем вокруг них, а при  $H_{\max} > H_{\max}^*$  магнитный поток выходит из этих участков в последнюю очередь.

Принципиально важным экспериментальным результатом для оценки качества сверхпроводящих материалов является впервые обнаруженное явление изменения характера перемагничивания в зависимости от величины первоначально приложенного поля [1]. В экспериментальных исследованиях магнитных свойств ВТСП используются традици-

онные методики. Однако они в большинстве случаев не позволяют изучать локальные магнитные характеристики ВТСП.

Целью работы является развитие магнитооптической методики высокого разрешения для визуализации картины магнитного потока на поверхности и вокруг ВТСП, а также проведение экспериментальных и теоретических исследований магнитных параметров ВТСП материалов в широком интервале температур и магнитных полей.

**Результаты и их обсуждения.** На рисунке 1 приведены характерные магнитооптические картины неоднородных магнитных состояний индикаторной пленки, совмещенной с пленкой, во внешнем магнитном поле, перпендикулярном ее поверхности. При охлаждении пленки и индикатора до  $T=35$  К в отсутствие поля в последнем реализуется лабиринтная ДС с шириной доменов  $\sim 10$  мкм, типичная для одноосных феррогранатовых пленок. При приложении небольшого внешнего поля (рисунке 1.1.) ДС над поверхностью керамической пленки не изменяется, а вокруг нее происходит процесс намагничивания индикатора, в результате которого он переходит в однородно намагниченное состояние (черная область справа на рисунке 1.1), очерчивая край пленки.



**Рисунок 1. Характерные магнитооптические картины неоднородных магнитных состояний индикаторной пленки, совмещенной с пленкой ВТСП, во внешнем магнитном поле, перпендикулярном ее поверхности ( $T = 35$  К)**

При дальнейшем увеличении поля начинается процесс намагничивания индикатора над пленкой, показанный на рисунках 1.2-1.4, который отражает проникновение магнитного потока в сверхпроводник. По мере увеличения поля граница потока двигается от края во внутренние области пленки, причем скорость этого движения различна в разных участках. Во всех исследованных пленках имелись участки, в которые магнитный поток входил при существенно меньших значениях приложенного внешнего поля, чем в остальные области. В результате движения потока от краев пленки и из дефектных участков (направление движения указано стрелками на рисунке 1.2) область экранировки уменьшается, разбивается на несколько отдельных областей, каждая из которых стягивается к участку наиболее сильной экранировки (рисунок 1.3). В поле зрения рисунка 1.3 попадает один из таких участков, положение которого (недалеко от края пленки) явно не определяется конфигурацией полей рассеяния образца. В поле  $H = +185$  Э ДС исчезает (рисунок 1.4), т. е. среднее значение магнитной индукции в пленке становится больше намагниченности насыщения индикатора  $4\mu M_s$ . При дальнейшем увеличении поля до 240 Э картина не меняется.

При сбросе магнитного поля (рисунок 1.5) в пленке захватывается магнитный поток, который поддерживает индикатор в намагниченном состоянии (черная область) и, замыкаясь вокруг керамики, переманичивает там индикаторную пленку в противоположном направлении. Вокруг пленки образуется белый ореол, очерчивающий ее контуры (сравн. рисунки 1.1 и 1.5). Отметим, что после выключения поля никогда не наблюдается выход магнитного потока из областей вдоль края образца, как это имеет место в однородных сверхпроводниках второго рода [4].

Захваченный в пленке поток замыкается не только вокруг нее, но и через отдельные участки внутри пленки, предварительно вытесняя из них магнитный поток первоначального направления. Индикаторная пленка над этими участками переманичивается в направлении, обратном направлению захваченного потока, и таким образом выявляет их на магнитооптических картинах (белый участок в верхней части рисунок 1.5). Сравнение рисунков 1.5, 1.6 с рисунками 1.1, 1.2 показывает, что участки, из которых легко вытесняется захваченный поток, совпадают с дефектными участками, в которые легко проникает магнитное поле.

При дальнейшем росте отрицательного

поля область с захваченным магнитным потоком продолжает сужаться и разбивается на домены (рисунок 1.8), что свидетельствует об уменьшении средней магнитной индукции до величины  $-4\pi M_s < B < 4\pi M_s$ . В полях  $H > -185$  Э индикаторная пленка насыщается, т. е. отрицательная магнитная индукция в образце по абсолютной величине превышает  $4\pi M_s$ .

При приложении поля в положительном направлении область с захваченным магнитным потоком сужается (рисунки 1.10, 1.11) и в последнюю очередь он выталкивается из участка, где при предыдущем перемагничивании возникал участок с лабиринтным ДС и где наблюдалась самая сильная экранировка при первоначальном проникновении поля (сравн. рисунки 1.12, 1.7 и 1.3). На примере этого участка видно, что магнитные потоки, проникающие в пленку в небольших внешних полях, легко выходят из нее, а проникающие в больших полях – сильно захватываются. Такая же картина вытеснения потока, как на рисунках 1.9-1.12, наблюдалась при перемагничивании пленки после захвата магнитного потока путем охлаждения ниже  $T_c$  в небольшом внешнем поле.

Таким образом, исследованные пленки и монокристаллы демонстрируют существенную неоднородность сверхпроводящих свойств при взаимодействии с внешним полем. В пленках обнаружено два типа дефектных областей, характеризующихся существенно меньшими по сравнению с основной частью значениями полей проникновения и сил захвата магнитного потока. Наряду с этим в них существуют участки с высокими сверхпроводящими свойствами, которые обладают максимальными значениями полей

первоначального проникновения, а при перемагничивании ведут себя по-разному в зависимости от максимальной величины прикладывавшегося перед этим поля. Если это поле было меньше некоторой величины  $H_{max}$ , то в поле противоположного направления индикаторная пленка над этими участками размагничивается раньше, чем вокруг них, а при  $H_{max} > H_{max}^*$  магнитный поток выходит из этих участков в последнюю очередь.

Весь комплекс приведенных экспериментальных фактов свидетельствует в пользу модели керамики, состоящей из сверхпроводящих гранул, объединенных слабыми связями. В малых полях поток легко проникает в межгранульную среду, но слабо захватывается в ней. Большие магнитные поля проникают в гранулы и там сильно захватываются. Следует акцентировать внимание на следующем обстоятельстве, очевидном из проведенного выше анализа экспериментальных результатов. Для выявления эффектов, связанных с наличием джозефсоновской среды в керамики, необходимы большие магнитные поля  $H > H_{c1}$ . Методики, ограниченные областью полей  $H \lesssim H_{c1}$  [3-8], позволяют видеть обратимый вход-выход магнитного потока в монокристаллах керамики, однако не дают возможности изучать физику неоднородных сверхпроводящих состояний в этих материалах.

Таким образом, изучено развитие магнитооптической методики высокого разрешения для визуализации картины магнитного потока на поверхности и вокруг ВТСП, а также проведено экспериментальных и теоретических исследований магнитных параметров ВТСП материалов в широком интервале температур и магнитных полей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Барьяхтар В.Г. и др. Особенности структур, сверхпроводимость и перколяционные эффекты в системе Y-Ba-Cu-O // Письма в ЖЭТФ, 1987, т. 46, приложение. – С. 168-171.
2. Сонин Э.Б. Теория джозефсоновской среды в ВТСП: вихри и критические магнитные поля // Письма в ЖЭТФ, 1988, т. 47, в. 8. – С. 415-418.
3. Dentscher G., Muller K.A. Origin of superconductive glassy state and extrinsic critical currents in high-Tc oxides, Phys. Rev. Lett., 1987, v. 59, N 15, P. 1745-1747.
4. Ekin J.W., Braginski A.I., Panson A.J. Evidence for weak link and anisotropy limitations on the transport critical current in bulk polycrystalline Y1Ba2Cu3Ox, J. Appl. Phys., 1987, v. 62, N 12, P. 4821-4828.
5. Larbalestier D.C., Daeumling M., Cai X. Experiments concerning the connective nature of superconductivity in YBa2Cu3O7, J. Appl. Phys. 1987, v. 62, N 8, P. 3308-3313.

6. Muller K.A., Blazey K.W., Bednozz J.G., Takashige M. Superconducting glassy state in high-Tc oxides, Physica, 1987, v. 148 B, P. 149-154.

7. Senoussi S., Oussena M., Collin G. Exponent H and T desay of the critical current density in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub> single crystal, Phys. Rev. B, 1988, v. 37, N 16, P. 9792-9795.

## EXPERIMENTAL STUDY OF MAGNETIZATION REVERSAL IN HTSC SINGLE CRYSTALS

**HAMDAMOV Begali Isroilovich**

PhD in Physico-mathematical sciences, Associate Professor

**GAPPAROV Behzod Nematillaevich**

Senior Lecturer

Jizzakh Polytechnic Institute

Jizzakh, Uzbekistan

*This article studies the development of a high-resolution magneto-optical technique for visualizing the magnetic flux pattern on the surface and around HTSCs, as well as experimental and theoretical studies of the magnetic parameters of HTSC materials in a wide range of temperatures and magnetic fields.*

**Key words:** visualization, Meissner effect, magnetic fields, indicator film, superconducting properties, temperature, penetration fields, single crystals, indicator, magnitude.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ НА ОЧИСТКУ МАЗУТА ОТ СЕРОВОДОРОДА

**АКИШИНА Екатерина Сергеевна**

ассистент

**РЫЖОВА Марина Вячеславовна**

студент

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»

г. Астрахань, Россия

*В данной статье рассмотрена проблема выбора режима для удаления сероводорода из высокосернистого мазута путем его волновой обработки. Продемонстрировано влияние скорости прохождения потока нефтепродукта в интервале 0,1-0,4 м/с при постоянном магнитном поле с индукцией 0,3 Тл на изменение структуры нефтяной дисперсной системы и степень очистки исходного сырья от сероводорода.*

**Ключевые слова:** магнитное поле, нефтяные дисперсные системы, сероводород, скорость магнитной обработки, мазут, ассоциаты.

**В** последние годы растет интерес исследователей и практиков к использованию низкоэнергозатратных воздействий на неф-

тяные дисперсные системы с целью улучшения их физико-химических свойств. При правильном выборе режима воздействия