

Краткая научная аннотация-характеристика

цикла работ Н.Е. Случанко, М.А. Анисимова, А.Н. Азаревича, А.В. Богача, В.В. Воронова «Усиление сверхпроводимости в каркасных стеклах YB_6 и $Zr_{1-x}Lu_xB_{12}$ в окрестности решеточной неустойчивости»,

представляемого на Конкурс научных работ ИОФ РАН 2017 года.

Объектами исследований представленного на конкурс цикла работ явились модельные сверхпроводники,- высшие бориды YB_6 и $Zr_{1-x}Lu_xB_{12}$ со структурой каркасного стекла. Интерес к изучению этих материалов обусловлен значительной дисперсией температуры сверхпроводящего перехода ($T_c=1.5\div 8.5K$ для YB_6 и $0.4\div 6 K$ для $Zr_{1-x}Lu_xB_{12}$), которая вплоть до настоящего времени не получала адекватного объяснения. Простая кубическая кристаллическая структура (*оцк* в YB_6 и *гцк* в $Zr_{1-x}Lu_xB_{12}$), формирование куперовских пар за счет электрон-фононного взаимодействия (ЭФВ) с квазилокальными модами тяжелых ионов, -эйнштейновскими осцилляторами, и сильное ЭФВ (постоянная ЭФВ $\lambda=0.3\div 1$) делают YB_6 и $Zr_{1-x}Lu_xB_{12}$ удобными модельными объектами для изучения механизмов сверхпроводимости и их сопоставления с высокотемпературными сверхпроводниками (ВТСП) различных классов. Близость YB_6 и ZrB_{12} к границе устойчивости ряда гексаборидов и додекаборидов, соответственно, и обнаруженные в них псевдощелевые особенности физических свойств делают эти высшие бориды перспективными для фундаментальных исследований как традиционной сверхпроводимости, так и ВТСП.

В работе представлены результаты детальных исследований характеристик сверхпроводящего и нормального состояния монокристаллических образцов (1) YB_6 с температурой перехода T_c в интервале 4-7.6K и (2) твердых растворов замещения $Zr_{1-x}Lu_xB_{12}$, в которых T_c меняется от 0.42 K (LuB_{12}) до 6 K (ZrB_{12}).

(1) Полученный набор параметров сверхпроводящего и нормального состояния позволил авторам установить, что в YB_6 реализуется сверхпроводимость II-рода в «грязном пределе», с сильным электрон-фононным взаимодействием и *s*-типом спаривания носителей [1]. Выполненные исследования зарядового транспорта и термодинамических характеристик в нормальном состоянии позволили обнаружить переход в состояние каркасного стекла при $T^*\sim 50K$ и выделить два основных фактора, приводящих к значительной дисперсии T_c в монокристаллах YB_6 :

(а) причиной стабилизации сверхпроводимости с высокими T_c является присутствие в монокристаллах значительного количества вакансий в узлах

подрешеток иттрия и бора; (б) напротив, подавление T_c оказывается обусловленным развитием решеточной неустойчивости в монокристаллах с наименьшим отклонением от стехиометрического состава. Структурная неустойчивость в стехиометрических образцах приводит к искажениям решетки (дисперсия длин связей и углов), возникновению скоплений дефектов в матрице YB_6 и появлению в колебательном спектре высокочастотных мод, препятствующих эффективному формированию куперовских пар. Показано, что псевдощелевое состояние в YB_6 обусловлено квантовым туннелированием иона иттрия в двухъямном потенциале с величиной барьера (псевдощель) $\Delta \sim 50K$ [1].

(2) По результатам измерений зарядового транспорта и термодинамических характеристик сверхпроводников $Lu_xZr_{1-x}B_{12}$ нами обнаружены два типа кристаллов с различными магнитными свойствами. Показано, что в «магнитных» образцах **возникновение областей статической спиновой поляризации** с эффективным магнитным моментом $\mu_{eff} > 3\mu_B$ на ион Lu **происходит в окрестности немагнитной примеси** лютеция за счет структурных искажений комплексов B_{12} и значительно подавляет сверхпроводимость [2-3]. Выполнены оценки размера областей спиновой поляризации, которые приводят к значениям $\sim 5 \text{ \AA}$. Полученный набор параметров сверхпроводящего и нормального состояния, в том числе, - с привлечением данных спектроскопии рассеяния мюонов (μSR) и электронного парамагнитного резонанса, позволяют сделать вывод о реализации в $Lu_xZr_{1-x}B_{12}$ сверхпроводимости II-рода в «грязном пределе», с промежуточным электрон-фононным взаимодействием ($\lambda = 0.25 \div 0.6$) и переходом с ростом $x(Lu)$ от d - к s -типу спаривания носителей. Показано, что псевдощелевое состояние в $Lu_xZr_{1-x}B_{12}$ обусловлено квантовым туннелированием ионов циркония и лютеция в двухъямном потенциале, величина барьера (псевдощель) в котором меняется от $\Delta \sim 60K$ в LuB_{12} до $\Delta \sim 90K$ в ZrB_{12} . Выполненные авторами исследования спектров комбинационного рассеяния света в кристаллах LuB_{12} и ZrB_{12} с различным изотопическим составом по бору впервые позволили обнаружить бозонный пик в низкочастотной области ($\omega_{max} \sim 180 \text{ см}^{-1}$ для LuB_{12} и $\omega_{max} \sim 100 \text{ см}^{-1}$ для ZrB_{12}), свидетельствующий о значительном разупорядочении структуры, а также оценить размеры колебательных кластеров с корреляционной длиной $15 \div 20 \text{ \AA}$ в LuB_{12} и $25 \div 35 \text{ \AA}$ в ZrB_{12} [4-5].

Основные печатные работы, включаемые в заявку:

- [1]. N. Sluchanko, V. Glushkov, S. Demishev, A. Azarevich, M. Anisimov, A. Bogach, V. Voronov, S. Gavrilkin and K. Mitsen, A. Kuznetsov, I. Sannikov, N. Shitsevalova, V. Filipov, M. Kondrin, S. Gabáni and K. Flachbart, *Lattice instability and enhancement of superconductivity in YB_6* , Phys. Rev. B, **96**, n.14, pp.144501-1-18 (2017).
DOI: 10.1103/PhysRevB.96.144501
- [2]. N. Sluchanko, A. Azarevich, A. Bogach, S. Gavrilkin, V. Glushkov, S. Demishev, K. Mitsen, N. Shitsevalova, V. Filippov, S. Gabani, K. Flachbart, *Superconductivity in $Lu_xZr_{1-x}B_{12}$ dodecaborides with cage-glass crystal structure*, Acta Physica Polonica A **131**, n.4, p.1036-1038 (2017).
DOI: 10.12693/APhysPolA.131.1036
- [3]. N. E. Sluchanko, A. N. Azarevich, M. A. Anisimov, A. V. Bogach, S. Yu. Gavrilkin, M. I. Gilmanov, V. V. Glushkov, S. V. Demishev, A. L. Khoroshilov, A. V. Dukhnenko, K. V. Mitsen, N. Yu. Shitsevalova, V. B. Filippov, V. V. Voronov, and K. Flachbart
Suppression of superconductivity in $Lu_xZr_{1-x}B_{12}$: Evidence of static magnetic moments induced by nonmagnetic impurities
Phys. Rev. B **93**, 085130 (2016);
DOI: 10.1103/PhysRevB.93.085130
- [4]. Н.Е. Случанко, А.Н.Азаревич, М.А.Анисимов, А. В. Богач, С.Ю. Гаврилкин, В. В. Глушков, С. В. Демишев, А.А.Максимов, И.И.Тартаковский, Е.В.Филатов, В.Б. Филиппов, А. Б.Лященко, *Комбинационное рассеяние света в каркасном стекле ZrB_{12}* , Письма в ЖЭТФ, **103**, вып. 11, с. 767 – 772 (2016);
DOI: 10.7868/S0370274X16110035
- [5]. Н.Е.Случанко, В.В.Глушков, С.В.Демишев, *Комментарий к статье Ю.С. Поносова, С.В. Стрельцова, А.В. Левченко, В.Б. Филиппова «Электронное рассеяние света и перенормировка электронного спектра в LuB_{12} » (ЖЭТФ, т. 150, в.3 (9), стр. 586-591 (2016))*, ЖЭТФ **151**, в.1, стр. 183-185 (2017); DOI: 10.1134/S1063776117010083

Подписи авторов:

Н.Е. Случанко _____

М.А. Анисимов _____

А.Н. Азаревич _____

А.В. Богач _____

В.В. Воронов _____