**Туннельная спектроскопия пниктидов Ba(Fe,Ni)2As2 с вариацией степени допирования в нормальном состоянии**

***Никитченков И.А.1,2,\*, Кузьмичев С.А.1,2,***#***, Перваков К.С.2,***°***, Власенко В.А.2,***°°***,***

***Ильина А.Д.2,3,\*, Кузьмичева Т.Е.2,***#

\*студент, # старший научный сотрудник, к.ф.-м.н., ° научный сотрудник, °° научный сотрудник, к.ф.-м.н.

*1 МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия*

*2 Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия*

*3 Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия*

*E-mail: nikitchenkov.ia19@physics.msu.ru*

Соединения Ba(Fe,Ni)2As2 имеют слоистую кристаллическую структуру, в которой сверхпроводящие (СП) блоки FeAs чередуются в *с*-направлении с плоскостями Ba. В стехиометрическом составе это соединение имеет дальний антиферромагнитный порядок. При электронном допировании антиферромагнетизм постепенно подавляется и возникает сверхпроводящая фаза, образующая «колокол», с максимальной критической температурой Тс ≈ 21 К [4]. На поверхности Ферми присутствуют дырочные зоны около Г-точки зоны Бриллюэна и электронные цилиндры около М-точки; последние часто рассматривают как единую эффективную электронную зону. Ожидается, что при температурах ниже Тс на электронных листах поверхности Ферми образуется несколько СП конденсатов.

Мы исследовали монокристаллы BaFe2-xNixAs2 недо- и передопированных составов с x = 0.06 - 0.14 и Тс в диапазоне 12 – 21 К. В образцах при Т = 4.2 К с помощью техники «break-junction» [5] создавались контакты на микротрещине типа сверхпроводник-барьер-сверхпроводник (ScS). Исследовались туннельные контакты в режиме, близком к баллистическому. Целью работы являлось исследование особенностей вольтамперных характеристик (ВАХ) и спектров динамической проводимости dI(V)/dV контактов в сверхпроводящем и нормальном состоянии.

Ниже Тс наблюдался эффект некогерентных многократных андреевских отражений (IMARE), вызывающий избыточный ток при любых смещениях eV, а также появление повышенной андреевской проводимости при нулевом смещении и щелевых минимумов при любых температурах вплоть до Тс [2]. При этом на ВАХ и dI(V)/dV наблюдалась не относящаяся к эффекту IMARE нелинейность, проявляющаяся как в СП, так и в нормальном состоянии (рис. 1а). Форма нелинейности dI(V)/dV схожа с «псевдощелью», наблюдаемой в высокотемпературных купратах. Ранее, подобная нелинейность уже наблюдалась нами для состава BaFe1.88Ni0.12As2 [3]. Установлено, что положения особенностей и форма нелинейности dI(V)/dV-спектров не зависят от температуры в диапазоне 4.3 – 50 К, не зависят от нормального сопротивления контакта и не могут быть объяснены перегревом контактной области при протекании измерительного тока. Данные особенности нормального состояния воспроизводятся для всех исследованных контактов и связаны с внутренними свойствами исследуемого материала.

Формы особенностей схожи при различной степени электронного допирования и Тс. Однако, при движении вдоль фазовой диаграммы меняются энергетические положения особенностей нелинейности на dI(V)/dV. Отношение положения максимума нелинейности Vmax к характеристическому соотношению большой СП щели 2ΔLout(0)/kTc постепенно понижается при движении из недодопированной области фазовой диаграммы в передопированную. Учитывая, что согласно нашим данным отношение 2ΔLout(0)/kTc ≈ 6 сохраняется в исследуемой области допирования примерно постоянным, поведение особенностей нормального состояния оказывается не связанным напрямую со сверхпроводящими свойствами исследуемого соединения.

Известно, что спектр туннельного NcN-контакта (N – нормальный металл) определяется распределением плотности электронных состояний N(E) вблизи уровня Ферми [1]. Наблюдаемый эффект может быть обусловлен особенностями плотности электронных состояний N(EF) ≠ const вблизи уровня Ферми вследствие топологии зонной структуры в Ba(Fe,Ni)2As2 или перенормировкой N(E) на взаимодействие с характерными бозонными модами [6], например, нематическими флуктуациями.

|  |  |
| --- | --- |
| CVC_spectra_014 for LOMONOSOV | phase diagram for LOMONOSOV |
| а | б |
| Рис. 1. а) ВАХ (пунктир, правая ось) и dI(V)/dV-спектры (черная линия, левая ось), измеренные при T = 4.6 K и в нормальном состоянии при T = 13.2 K ≈ Tclocal (серая жирная линия, левая ось) для SnS-контакта в монокристалле BaFe1.86Ni0.14As2 сильно передопированного состава. Черными стрелками отмечены положения андреевских минимумов от малой сверхпроводящей щели 2ΔS ≈ 1.6 мэВ, вертикальными стрелками показаны положения особенностей dI(V)/dV нормального состояния – минимумов Vmin ≈ 23.8 мВ и максимумов Vmax ≈ 11.8 мВ. б) Отношение амплитуды максимума исследуемой нелинейности нормального состояния Vmax к характеристическому отношению большой щели 2ΔLout(0)/kTc, полученное в широком диапазоне допирования (пунктирная линия – линейная аппроксимация полученных данных). |

**Литература**

1. Giaever I., Megerle K., Study of Superconductors by Electron Tunneling // Phys. Rev. 1961. Vol. 112. P. 1101
2. Kuemmel R., et al. // Andreev scattering of quasiparticle wave packets and current-voltage characteristics of superconducting weak links // Phys. Rev. B 1990. Vol. 42 P. 3992.
3. Nikitchenkov I.A., Ilina A.D., et al.// Moscow Univ.Phys.Bull, 2023. Vol. 78(4) P 521–526.
4. Xingye Lu. Phase Diagram and Magnetic Excitations of BaFe2-xNixAs2: A Neutron Scattering Study. Springer Theses 2017.
5. Кузьмичев С.А., Кузьмичева Т.Е. Техника “break-junction” применительно к слоистым сверхпроводникам // Физика низких температур, 2016, т. 42, № 11, c. 1284–1310
6. Свистунов В. М., Белоголовский М. А., Черняк О. И. Туннельные исследования металлов в области высоких давлений // Успехи физических наук, 1987, т. 151. с. 31.