

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шестакова В.А. «Влияние немагнитных примесей на сверхпроводящее состояние в многозонных моделях ферропниктидов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния»

Диссертационная работа Шестакова Вадима Андреевича посвящена теоретическому исследованию в рамках обобщенного подхода Элиашберга влияния рассеяния на немагнитных примесях на многозонную сверхпроводящую систему с различными типами симметрии параметра порядка ($s^\pm$ и s^{++}). Диссертантом получен ряд оригинальных результатов, касающихся зависимости наблюдаемых величин (амплитуд сверхпроводящих щелей, положения спин-резонансного пика, лондоновской глубины проникновения) от степени беспорядка Γ_a .

С использованием вышеуказанного подхода рассчитаны энергетические зависимости мнимой части динамической спиновой восприимчивости $\text{Im}[\chi(\Omega)]$ на векторе нестинга $\mathbf{Q} = (\pi; \pi)$ двухщелевой системы с различными величинами сверхпроводящих щелей $\Delta_a(0) \neq \Delta_b(0)$ для случаев $s^\pm$ и s^{++} -симметрии сверхпроводящего параметра порядка, а также в нормальном состоянии. Показано, что в сверхпроводящем состоянии в случае $s^\pm$ -симметрии зависимость $\text{Im}[\chi(\Omega)]$ демонстрирует спин-резонансный пик, положение которого при $T \rightarrow 0$ оказывается немного меньше, чем $\Omega = \Delta_a(0) + \Delta_b(0)$. Диссертантом проведено сравнение энергии спинового резонанса с данными экспериментов по неупругому рассеянию нейтронов и показано, что большинство экспериментальных данных согласуются с теоретическими расчетами. При увеличении интенсивности рассеяния Γ_a амплитуда спин-резонансного пика уменьшается, а его положение смещается в сторону больших энергий.

Расчет величин сверхпроводящих щелей $\Delta_a(0) > 0$ и $\Delta_b(0) < 0$ на первой мацубаровской частоте для $s^\pm$ -системы, проведенный диссертантом впервые, показал, что при усилении рассеяния на немагнитных примесях амплитуда большой щели $\Delta_a(0)$ уменьшается, а значение малой щели $\Delta_b(0)$ увеличивается. Последнее испытывает скачок при энергиях рассеяния, сравнимых с $k_B T_c$, и меняет знак, что означает переход системы из $s^\pm$ в s^{++} -состояние. Впервые построена фазовая диаграмма величина малой сверхпроводящей щели – температура – интенсивность рассеяния, на которой показана возможность обратного перехода из s^{++} в $s^\pm$ -состояние при высоких температурах.

С помощью аналогичной двухзонной модели диссертантом впервые рассчитано температурное поведение лондоновской глубины проникновения $\lambda_L(T)$, ее обратного квадрата $1/\lambda_L^2(T)$ и плотности сверхтекучей жидкости $\rho_s(T)$ для двухщелевого s^{++} -сверхпроводника, а также $s^\pm$ -системы с различным набором констант связи. Показано, что $s^\pm$ - s^{++} -переход вызывает появление особенности на зависимостях $\lambda_L(T)$, $1/\lambda_L^2(T)$ и $\rho_s(T)$ при низких температурах.

Вышеперечисленные результаты опубликованы в 7 статьях в высокорейтинговых рецензируемых изданиях и представлены диссертантом на 22 российских и международных конференциях.

К недостаткам работы можно отнести тот факт, что в тексте не указан характер рассматриваемого рассеяния на немагнитных примесях (упругое или неупругое). Также не указаны взятые для расчетов величины констант связи и отношение плотностей состояний в двух зонах, при которых средняя константа связи $\langle \Lambda \rangle < 0$.

В качестве рекомендации можно отметить следующее. Приведенные в работе зависимости плотности сверхтекучей жидкости $\rho_s(T)$ рассчитаны для случая $\Gamma_a = 0$, а также для достаточно больших интенсивностей рассеяния на немагнитных примесях $\Gamma_a \geq k_B T_{c0}$. Таким образом, выбранные значения Γ_a оказываются по порядку величины сравнимы с амплитудой малой сверхпроводящей щели $\Delta_b(0)$ и составляют $\Gamma_a \geq 0.5\Delta_a(0)$, в то время как величины Γ_a , обычно наблюдаемые в экспериментах, редко превосходят $(0.2-0.3) \cdot \Delta_a(0)$. С этой точки зрения было бы полезно дополнить рисунки 7а и 8г зависимостями $1/\lambda_L^2(T)$ и $\rho_s(T)$ для $s^\pm$ -сверхпроводника с $\langle \Lambda \rangle > 0$, рассчитанными при небольших интенсивностях рассеяния $0 < \Gamma_a < 0.5\Delta_a(0)$. Такой более подробный расчет (аналогично проведенному на рис. 4б) позволил бы детализировать изменение формы особенности на соответствующих кривых, вызванной $s^\pm$ - s^{++} -переходом, и сравнить теоретические расчеты с экспериментальными данными.

Диссертационная работа В.А. Шестакова в целом выполнена на высоком научном уровне и является существенным вкладом в развитие теоретических исследований железосодержащих сверхпроводников. Автореферат и приведенный список публикаций дают достаточно полное представление о материале диссертации. Указанные замечания не умаляют высокой значимости и новизны полученных научных результатов. Работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор, Шестаков Вадим Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния.

Старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук,
119991, Москва, Ленинский пр. 53

кандидат физ.-мат. наук Кузьмичева Татьяна Евгеньевна
эл. адрес: kuzmichevate@lebedev.ru, тел. +7-499-132-68-02

12 июля 2022 г.

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук
кандидат физ.-мат. наук Колобов Андрей Владимирович

