

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Аладышкина Алексея Юрьевича «Эффекты размерного квантования и локализованной сверхпроводимости в гибридных металлических наноструктурах», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук (специальность 01.04.07 — физика конденсированного состояния).

Актуальность. Согласно автореферату, в диссертации экспериментально и теоретически исследуются свойства мезоскопических гибридных структур, содержащих сверхпроводники (S) и ферромагнетики (F).

Актуальность исследования таких структур связана с технологическим прогрессом последнего времени, в результате чего появилась возможность изготавливать такие контакты контролируемым образом с заранее заданными характеристиками. Это, в свою очередь, открывает дорогу проверке фундаментальных эффектов, предсказанных теоретически и ранее недоступных эксперименту, а также обнаружению новых эффектов, еще не объясненных теорией. С прикладной точки зрения мезоскопические гибридные SF структуры могут быть использованы в качестве элементов устройств сверхпроводящей электроники и флаксоники.

Новизна и достоверность. Описанные в автореферате методы и подходы к решению поставленных задач вполне адекватны задачам и надежно проверены. Достоверность результатов также подтверждается апробацией работы на российских и международных конференциях. Материалы диссертации опубликованы в 28 статьях в ведущих российских и зарубежных журналах.

Научная и практическая значимость. Научная значимость диссертации состоит в ряде фундаментальных результатов, полученных впервые. В целом, с использованием современных экспериментальных методов диссертант продемонстрировал впечатляющую управляемость SF структур на наномасштабах. Высокий уровень контроля за изготавливаемыми структурами и продуманные техники измерения позволили продемонстрировать ряд интересных эффектов, подтверждающих и иллюстрирующих имеющееся у диссертанта и в научном сообществе в целом понимание физики SF систем.

В частности, исследовано зарождение сверхпроводимости и локализованные сверхпроводящие состояния в неоднородном магнитном поле, создаваемом магнитными доменами, частицами или токнесущими проводниками. Методами сканирующей зондовой микроскопии и спектроскопии визуализированы различные локализованные сверхпроводящие состояниям. Исследован критический ток сверхпроводящих наноструктур и гибридных SF структур в режиме локализованной сверхпроводимости. Изучены возможности манипулирования положением локализованных сверхпроводящих каналов, возникающих в неоднородном магнитном поле. Методом резонансной туннельной спектроскопии через квантово-размерные состояния исследованы локальные электронные свойства гибридных наноструктур.

Отдельно хочу отметить, что несмотря на преимущественно экспериментальный характер работы, она содержит также заметную оригинальную теоретическую часть, выполненную на высоком уровне с использованием адекватных методов и подходов.

Полученные результаты обеспечивают прогресс в понимании свойств наномасштабных SF структур, открывают новые возможности для развития теории и эксперимента, а также для приложений.

Вопросы и замечания. При чтении автореферата диссертации у меня возник ряд вопросов и замечаний:

1. В работе обсуждается ряд сверхпроводящих систем, в которых из-за неоднородности магнитного поля ферромагнетиков имеется неоднородность сверхпроводящих свойств. Как в таком случае определяется критическая температура? Резистивный способ определения T_c при этом может быть не вполне адекватной характеристикой наличия сверхпроводимости в системе. Ведь возможны ситуации, когда имеется локализованная сверхпроводимость, но протекания по сверхпроводящим областям нет, поэтому ток обязан течь также и по нормальным областям, обеспечивающим конечное сопротивление.
2. На рис. 1(a) отмечены критические магнитные поля подавления объемной и поверхностной сверхпроводимости, H_{c2} и H_{c3} . В то же время, на первый взгляд, резистивный сверхпроводящий переход просто выглядит не резким, а размытым (с довольно большой шириной), и эти поля соответствуют примерно середине и концу перехода. Из этого рисунка, а также из рис. 1(b) и 1(c), неочевидно, что при отмеченных значениях поля действительно качественно меняется характер сверхпроводимости в образце. Почему можно выделить эти два значения?
3. В автореферате обсуждается ряд сверхпроводящих систем, контактирующих с ферромагнетиками, обладающими доменной структурой. В тексте перед формулой (2) упоминается модельная форма для неоднородного магнитного поля доменной структуры в виде ступенчатой функции. Наблюдались ли в работе экспериментально и анализировались ли теоретически более реалистичные модели для доменных стенок (блоховских, неелевских) конечной толщины? Как учет более реалистичной структуры доменных стенок может влиять на сверхпроводящие свойства систем?
4. В продолжение предыдущего вопроса: например, в автореферате обсуждается, что в разделе 4.3 выделенное направление переноса тока вдоль канала определяется вектором $rot \mathbf{M}$. В случае различных структур доменных стенок такой вектор мог бы их различить.
5. В автореферате обсуждаются SF системы с магнитным взаимодействием, при котором электроны не проникают из S в F части подсистемы и обратно, а взаимодействие происходит посредством неоднородного магнитного поля, создаваемого магнитной структурой F частей. Ясно, что такого предела можно добиться с помощью SF-границ очень малой прозрачности. И тем не менее: не наблюдались ли в проведенных экспериментах следы эффекта близости (как прямого, так и обратного), связанного с взаимопроникновением электронных подсистем? Исследовалось ли влияние прозрачности SF-границ на полученные результаты? Если такое влияние есть, это означало бы наличие эффекта близости.
6. В автореферате отмечается, что размерные эффекты очень ярко проявляются в пленках свинца. Есть ли понимание, с чем это связано? Технологический ли это вопрос или для этого имеются фундаментальные причины?

