

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ МАЙОРАНОВСКИХ СОСТОЯНИЙ В ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ С ТОПОЛОГИЧЕСКИМ СВЕРХПРОВОДНИКОМ

Аксенов С. В.¹, Вальков В. В.¹, Каган М. Ю.^{2,3}

¹Институт физики им. Л. В. Киренского, ФИЦ КНЦ СО РАН,
660036 Красноярск

²Национальный исследовательский университет
Высшая школа экономики, 101000 Москва

³Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН,
119334 Москва
asv86@iph.krasn.ru

Интерес к майорановским состояниям (МС) в твердотельных системах обусловлен перспективами их использования в качестве кубитов. Существенным преимуществом МС является их пространственная нелокальность [1]. В результате, кубит, сформированный парой МС, устойчив к действию локальных процессов некогерентного рассеяния. Одной из систем, перспективных с точки зрения экспериментального обнаружения МС, являются гибридные проволоки полупроводник с сильной спин-орбитальной связью/сверхпроводник (далее сверхпроводящая проволока) [2]. Несмотря на прогресс в области синтеза таких структур, на сегодняшний день в научном сообществе продолжается дискуссия о трактовке экспериментальных данных по туннельной спектроскопии этих систем. В частности, рядом исследователей отмечается, что квантование кондактанса, которое вызвано резонансным андреевским отражением на МС, также может быть связано и с реализацией обычных андреевских состояний (АС) [3]. Таким образом, чтобы продвинуться в решении проблемы обнаружения МС, необходимо исследовать отличия, возникающие при транспорте через МС и АС. Кроме того, важным является поиск возможностей детектирования других свойств МС (не только нулевой энергии), в частности, его нелокальности.

В работе проанализирована возможность детектирования МС в кольце Ааронова-Бома, рукава которого соединены мостиком в виде сверхпроводящей проволоки. Существенно, что исследования транспортных характеристик интерференционного устройства проведены, принимая во внимание взаимодействие между низкоэнергетическими состояниями проволок в нормальной фазе,

составляющих рукава, и мостика. На основе метода неравновесных функций Грина в приближении линейного отклика показано, что в магнитопольевой зависимости кондактанса кольца возникает ряд симметричных и асимметричных резонансов (резонансы Брейта-Вигнера и Фано, соответственно), когда мостик переводится магнитным полем в топологически нетривиальную фазу [4]. Изучена зависимость свойств резонансов Фано от пространственного распределения низкоэнергетического состояния в сверхпроводящей проволоке (МС или АС). Кроме того, тип этого состояния может быть эффективно протестирован в рамках частного случая кольца - Т-образной схемы транспорта.

При асимметричном подключении устройства к контактам в кондактансе возникают дополнительные пики Фано, когда мостик находится в топологически нетривиальной фазе. Обнаружено, что такие резонансы коллапсируют с ростом длины мостика или, другими словами, когда перекрытие майорановских волновых функций становится пренебрежимо малым [5]. На основе анализа бесспиновой системы показано, что этот эффект связан с возникновением Т-образных цепочек майорановских фермионов, что приводит к увеличению кратности вырождения состояния с нулевой энергией и реализации связанного состояния в континууме.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН №32 «Наноструктуры: физика, химия, биология, основы технологий», Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 19-02-00348, 20-32-70059, 20-02-00015), Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта: «Кулоновские взаимодействия в проблеме реализации майорановских мод в низкоразмерных системах с нетривиальной топологией» (№ 19-42-240011). А.С.В. выражает благодарность гранту Президента РФ МК-1641.2020.2 за оказанную поддержку. К.М.Ю. благодарит Программу фундаментальных исследований НИУ ВШЭ за поддержку.

Литература

1. A. Kitaev, *Ann. Phys.*, **303**, 2, **2003**
2. R.M. Lutchyn et al., *Nat. Rev. Mater.*, **3**, 52, **2018**
3. C. Moore et al., *Phys. Rev. B*, **98**, 155314, **2018**
4. V.V. Valkov, M.Yu. Kagan, S.V. Aksenov, *J. Phys.: Cond. Mat.*, **31**, 225301, **2019**
5. С.В. Аксенов, М.Ю. Каган, *Письма в ЖЭТФ*, **111**, 321, **2020**