Особенности квантового транспорта в кольце Ааронова-Бома, содержащем топологический сверхпроводник

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

¹ Институт физики им. Л.В. Киренского ФИЦ КНЦ СО РАН, 660036, Красноярск, Академгородок, 50/38

² Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН, 119334, Москва, ул. Косыгина, 2

³ НИУ Высшая школа экономики, 101000, Москва, ул. Мясницкая, 20

DOI 10.34077/Semicond2019-152

Технологические достижения последних лет сделали возможным синтез высококачественных гибридных проволок, в которых полупроводниковая сердцевина, характеризующаяся сильным спин-орбитальным взаимодействием, частично или полностью покрыта сверхпроводником. Такие структуры являются объектами интенсивных исследований, нацеленных на поиск майорановских связанных состояний (МСС). В силу пространственной нелокальности МСС рассматриваются в качестве базовых элементов для реализации топологических квантовых вычислений. При этом одним из основных процессов является брейдинг майорановских квазичастиц, что зачастую требует создания двумерных структур на основе гибридных нанопроволок [1,2]. Кроме того, в простейшем случае такая структура представляет собой кольцо Ааронова-Бома, транспортные свойства которого недавно анализировались для подтверждения нелокальности МСС [3].

Одним из препятствий на пути успешного детектирования МСС являются низкоэнергетические андреевские связанные состояния (АСС), которые могут возникать в области между контактом и гибридной проволокой или являться результатом значительной гибридизации пары МСС в сильных магнитных полях [4]. В настоящей работе мы предлагаем использовать интерферометр Ааронова-Бома, в котором верхний и нижний рукава связаны топологически сверхпроводящей проволокой, для установления различий между МСС и АСС, имеющих место при квантовом транспорте [5]. Для этого было исследовано поведение кондактанса кольца в приближении линейного отклика как функции энергии магнитного поля, приложенного в плоскости устройства. На основе метода неравновесных функций Грина показано, что в проводимости возникают симметричные и асимметричные резонансы за счет взаимодействия низкоэнергетических состояний рукавов и сверхпроводящей проволоки, когда последняя находится в топологически нетривиальной фазе. Установлена зависимость свойств асимметричного резонанса Фано от типа возбуждения в проволоке (МСС или АСС). В дальнейшем проанализировано влияние спин-орбитального взаимодействия Рашбы в рукавах кольца на полученные результаты.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН №32 «Наноструктуры: физика, химия, биология, основы технологий», Российского фонда фундаментальных исследований (гранты №17-02-00135, №18-32-00443, №19-02-00348), Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта: «Проявление кулоновских взаимодействий и эффектов ограниченной геометрии в свойствах топологических краевых состояний наноструктур со спин-орбитальным взаимодействием» (№18-42-243017). С.В.А. выражает благодарность гранту Президента РФ МК-3722.2018.2. М.Ю.К. благодарит Программу фундаментальных исследований НИУ ВШЭ за поддержку.

[1] J. Alicea et al., *Nat. Phys.*, **7**, 412 (2011).

[2] S. Gazibegovic et al., *Nature*, **548**, 434 (2017).

[3] A. M. Whiticar et al., *arXiv:1902.07085* (2019).

[4] A. Haim et al., *Phys. Rev. Lett.*, **114**, 166406 (2015).

[5] V.V. Val'kov et al., *J. Phys.: Cond. Mat.*, **31**, 225301 (2019).