Тепловой кондактанс InAs-нанопровода в условиях сверхпроводящего эффекта близости

Денисов А.О.^{1,2}, Тихонов Е.С.¹, Бубис А.В.³, Кобльмюллер Г.⁴, Храпай В.С.^{1,2}

¹ ИФТТ РАН, 142432, Черноголовка, ул. Ак. Осипьяна, 2

² МФТИ (НИУ), 141700, Долгопрудный, пер. Институтский, 9

³ СКОЛТЕХ, 121205, Москва, ул. Нобеля, 3

⁴ WSI, TU Munich, Am Coulombwall 4, Garching, D-85748, Germany

DOI 10.34077/Semicond2019-150

Процесс андреевского отражения на интерфейсе проводника с нормальной проводимостью и сверхпроводника состоит в конверсии электронного возбуждения в дырочное в металле при уходе куперовской пары в сверхпроводящий конденсат. Это фундаментальный пример разделения зарядового и теплового потоков в электронной системе [1]. В последнее время такое восприятие андреевского отражения получило второе дыхание в связи с исследованием необычной (топологически-нетривиальной) сверхпроводимости в наноструктурах с наведенным эффектом близости. Здесь достаточно упомянуть, например, киральные тепловые потоки в слое трехмерного топологического изолятора в контакте со сверхпроводником, следующие из теории [2], или квантование теплопроводности майорановского провода в точке топологического фазового перехода [3]. В последнем случае, измерение теплового кондактанса является едва ли не самым надежным доказательством нелокальной природы майорановского состояния.

В этом докладе будут представлены результаты экспериментов в одиночных диффузионных нанопроводах InAs с нормальными (N, золото) и сверхпроводящими (S, алюминий) контактами. Измерения проводились транспортными и шумовыми методами в криостате растворения $^3\text{He}/^4\text{He}$ при температурах ~ 100 мК, что значительно ниже температуры сверхпроводящего перехода алюминия (1.2 К). Высокое качество интерфейса Al/InAs подтверждается наблюдениями (i) эффекта возвратного сопротивления и избыточного тока [4], (ii) универсального значения дробового шума в нормальном состоянии [5] и (iii) джозефсоновского тока.

Эффект близости не исключает возможности транспорта квазичастичных возбуждений вдоль интерфейса со сверхпроводником, что проявляется в нелокальных транспортных и шумовых измерениях. В первом случае детектирование неравновесного потока возбуждений становится возможным благодаря сдвигу и размытию ВАХ джозефсоновского контакта S/InAs/S в присутствии нелокального возбуждения постоянным током. Наиболее яркий эффект имеет место в нелокальных шумовых измерениях. В трехтерминальной [3] геометрии N/InAs/S/InAs/N нам удалось наблюдать неравновесный поток тепла, распространяющегося по отрезку нанопровода InAs длиной 100-300 нм, находящемуся в условиях эффекта близости с S-контактом. Этот канал теплопроводности открывается лишь в диапазоне энергий, ограниченном сверхпроводящей щелью Al (180 мкэВ), когда теплопроводность S-контакта пренебрежимо мала, и практически полностью подавлен в нормальном состоянии алюминия.

Измерение нелокальной шумовой температуры в зависимости от тянущего напряжения эквивалентно прямому измерению теплового кондактанса InAs-нанопровода в условиях сверхпроводящего эффекта близости. Эксперимент представляет непосредственный интерес для детектирования нелокальной природы майорановских состояний в таких системах.

Работа частично поддержана в рамках госзадания ИФТТ РАН.

[1] A.F. Andreev, *JETP*, **19**, p. 1228 (1964)

[2] N. Read and D. Green, *Phys. Rev. B*, **61**, p. 10267 (2000)

[3] A.R. Akhmerov et al., *Phys. Rev. Lett.*, **106**, p. 057001 (2011)

[4] A.V. Bubis et al., *Semicond. Sc. Tech.*, **32**, p.094007 (2017)

[5] S.U. Piatrusha et al., *JETP Lett.*, **108**, p. 71 (2018)