Энергетическая структура поверхностных состояний топологического изолятора Bi_2Se_3 вблизи ступеней поверхности

Федотов Н.И., Зайцев-Зотов С.В.

ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, 125009, Москва, ул. Моховая 11, корп.7

DOI 10.34077/Semicond2019-481

Топологические изоляторы характеризуются наличием топологически защищенных поверхностных состояний на фоне объемной запрещенной зоны. В случае топологического изолятора Bi_2Se_3 эти поверхностные состояния образуют в обратном пространстве перекрывающийся энергетическую щель объема конус, вершина которого называется точкой Дирака.

Безмассовые дираковские электроны обладают рядом экзотических свойств. Например, они могут проходить без отражения через потенциальную ступеньку (клеиновское туннелирование), что приводит к невозможности ограничения безмассовых электронов в одномерном случае с помощью одного лишь электрического поля. В этом контексте интерес представляет изучение топологически защищенных поверхностных состояний вблизи протяженных дефектов, в частности ступеней, неизбежно присутствующих на поверхности топологического изолятора.

В результате исследований поверхности топологического изолятора Bi_2Se_3 методами сканирующей туннельной микроскопии и спектроскопии обнаружено наличие изгиба зон вблизи ступеней поверхности, что означает формирование потенциальной ямы для электронов с характерными значениями глубины и ширины ~ 0.1 эВ и ~ 10 нм. При этом величина нормированной дифференциальной туннельной проводимости dI/dV в точке Дирака растет при приближении к краю ступени [1]. Эти результаты намекают на существование краевых состояний вблизи ступеней. Однако анализ влияния изгиба зон на туннельные спектры с помощью модели планарного туннельного контакта в рамках квазиклассического приближения показал, что при учете зависимости прозрачности туннельного барьера от приложенного напряжения изгиб зон приводит не только к сдвигу кривой дифференциальной туннельной проводимости, но и к появлению поправки к dI/dV [2]. Таким образом, рост дифференциальной туннельной проводимости сам по себе не является доказательством наличия краевых состояний. Детальное исследование формы туннельных спектров, подкрепленное численным моделированием на основе двумерного дираковского гамильтониана, показало, что, действительно, в потенциальных ямах вблизи ступеней формируются связанные одномерные состояния двумерных дираковских электронов [3]. Кроме того, моделирование состояний дираковских электронов вблизи ступеней поверхности и боковых граней в трехмерном случае в рамках эффективного континуального гамильтониана показало, что наличия ступеней недостаточно для появления краевых состояний, в то время как различие работ выхода на разных гранях приводит к образованию связанных на этих гранях состояний [4].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-12-10335.

[1] N.I. Fedotov, S.V. Zaitsev-Zotov, *Phys. Rev. B*, **95**, 155403 (2017).

[2] N.I. Fedotov, S.V. Zaitsev-Zotov, *JETP Letters*, **104**, 800 (2016).

[3] N Fedotov, S Zaitsev-Zotov, *physica status solidi (RRL)–Rapid Research Letters* (2019)

<https://doi.org/10.1002/pssr.201800617>

[4] NI Fedotov, SV Zaitsev-Zotov, *Journal of Physics: Condensed Matter* **30** (48), 485301 (2018).

Рис.1. — Возникновение пика связанного состояния на месте дираковского конуса.