
Резонансы примесных состояний и резонансное рассеяние в 2D топологических материалах с дисперсией мексиканской шляпы

Сабликов В.А., Суханов А.А.

ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, 141190, Фрязино, пл. Ак. Б.А. Введенского, 1

В докладе изучаются специфические резонансы примесных состояний и связанные с ними резонансы спин-зависимого рассеяния, возникающие благодаря особенностям зонной дисперсии, имеющего вид мексиканской шляпы, и топологии зонных состояний. Такого вида дисперсия реализуется во многих двумерных материалах [1–3]. Наибольшее внимание уделяется обычно имеющейся здесь сингулярности Ван Хофа плотности состояний. Мы обратили внимание, что важную роль играет и другая до сих пор не изученная особенность, которая состоит в том, что в области пространства импульсов вблизи центрального экстремума зонная эффективная масса имеет знак противоположный знаку массы основных носителей заряда. По этой причине дефект, отталкивающий основные носители, создает вокруг себя квазисвязанные состояния и специфические резонансы локальной плотности состояний, которые приводят к значительным эффектам в рассеянии зонных электронов. Природа таких квазисвязанных состояний аналогична топологическим.

Мы изучили условия образования и спектр квазисвязанных состояний для 2D топологического изолятора, когда дисперсия мексиканской шляпы образуется вследствие гибридизации атомных орбиталей электронного и дырочного типов. Резонанс оказывается неожиданно узким вследствие того, что квазисвязанные состояния в зоне проводимости формируются в значительной мере дырочными орбиталями, а состояния континуума – электронными. Ширина резонанса изменяется, грубо говоря, как квадрат параметра гибридизации электронной и дырочной подзон. Интересно, что ширина резонанса зависит и от профиля потенциала дефекта, а при определенных условиях она обращается в ноль. В этом случае возникает связанное состояние в континууме зонных состояний.

Наличие квазисвязанных состояний приводит к сильному эффекту в рассеянии зонных электронов. Эта проблема детально изучена для короткодействующего потенциала дефекта. Найдено сечение (точнее, длина) рассеяния, которое в этом случае имеет резкий пик в зависимости от энергии электронов. Его угловая зависимость характеризуется сильным возрастанием рассеяния на большие углы в области резонанса и зависящей от спина асимметрией рассеяния. Интересно, что угол асимметрии сильно изменяется с энергией в области резонанса, вплоть до $\pm\pi$. В таких условиях можно ожидать появления сильных особенностей спинового эффекта Холла.

При рассеянии на потенциале конечного радиуса (на квантовых антиточках) возникает более сложная картина спектра квазисвязанных состояний и амплитуды рассеяния в зависимости от энергии, обусловленная интерференцией электронных волн в области локализации квазисвязанного состояния. Помимо резонансов рассеяния появляются антирезонансы подобные эффекту Фано.

Работа выполнена в рамках госзадания при поддержке РФФИ, проект 02-20-00126а.

[1] O.V. Yazyev et al., *Phys. Rev. B* 85, 161101 (2012).

[2] E. McCann et al., *Eur. Phys. J. Spec. Top.* 148, 91 (2007).

[3] S. Demirci et al., *Phys. Rev. B* 95, 115409 (2017).