Когерентный транспорт в квантовых системах: управляемые резонансы, особые точки и квантовые транзисторы

Горбачевич А.А., Шубин Н.М.

Физический институт им. Лебедева РАН, 119991, ГСП-1, Москва, Ленинский проспект, 53.

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», 124498, Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, 1.

DOI 10.34077/Semicond2019-142

Построена единая теория резонансов, антирезонансов и локализованных состояний в континууме в многосвязных молекулярных проводниках и оптических волноводах и описано явление спонтанного нарушения симметрии в бездиссипативных резонансно-туннельных структурах [1,2]. Показано, что положения максимумов туннельной прозрачности по энергии в точности соответствуют собственным значениям некоторого вспомогательного неэрмитового гамильтониана, который может быть легко получен из эффективного гамильтониана Фешбаха открытой квантовой системы. В симметричных структурах вспомогательный гамильтониан имеет РТ-симметричный вид (здесь Р и Т - операции пространственной инверсии и обращения времени, соответственно). Слияние единичных пиков прозрачности геометрически симметричного квантового проводника в неединичный соответствует особой точке (exceptional point) вспомогательного гамильтониана и сопровождается нарушением пространственной симметрии распределения электронной плотности. Разработанный формализм описывает также слияние антирезонансов Фано-Фешбаха с формированием окон непрозрачности, что важно для термоэлектрических применений.

Описаны и проанализированы различные варианты управления баллистическим транспортом в квантовой системе [3] и показано, что только за счет сдвига антирезонанса, связанного с деструктивной квантовой интерференцией, нельзя добиться существенного снижения управляющего напряжения и, соответственно, энергопотребления. Однако такая возможность открывается при использовании наряду с деструктивной квантовой интерференцией явления коллапса резонансов в особой точке открытой квантовой системы, образованной молекулой и питающими электродами.

На основе построенной теории предложена модель молекулярного транзистора [4], переключение которого осуществляется в результате взаимодействия двух физических механизмов: резонанса Фано-Фешбаха и спонтанного нарушения РТ-симметрии, связанного с коллапсом резонансов в особой точке молекулы, соединенной с электродами. Такой транзистор может быть реализован, например, на основе дирадикалов – органических молекулах с вырожденными орбиталями. Показано, что на базе РТ-симметричного интерференционного молекулярного транзистора возможно создать логические вентили с теоретически сколь угодно малыми рабочими напряжениями даже при комнатной температуре. Помимо молекулярных вычислительных устройств разработанная теория может служить основой для проектирования широкополосных фильтров, квантовых тепловых экранов и волноводов с управляемым формированием связанных состояний в континууме.

[1] Gorbatsevich A.A. and Shubin N.M., *Annals of Physics*, V. **376**, p. 353-371 (2017).

[2] Gorbatsevich A.A. and Shubin N.M., *Physical Review B*, V. **96** (20), 205441 (2017).

[3] Горбачевич А.А. и Шубин Н.М., *УФН*, Т. **188**, с. 1209 (2018).

[4] Gorbatsevich A.A., Krasnikov G. Ya. and Shubin N.M. *Sci. Rep.* V. **8**, 15780 (2018).