Дираковские фермионы в CdHgTe квантовых ямах

Савченко М.Л.^{1,2}, Козлов Д.А.^{1,2}, **Рыжков М.С.^{1,2}**, Будкин Г.В.³, Квон З.Д.^{1,2},
Михайлов Н.Н.¹, Дворецкий С.А.¹

¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

³ ФТИ им А.Ф. Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26

DOI 10.34077/Semicond2019-239

Система однодолинных двумерных дираковских фермионов реализуется в HgTe квантовых ямах критической толщины (~6.5 нм). Изучению этой системы посвящено большое количество работ. Существует экспериментальное наблюдение, что качество HgTe квантовых ям монотонно падает при уменьшении толщины менее 20 нм, что, по-видимому, связано с увеличением роли флуктуаций толщины ямы. С другой стороны, теория предсказывает, что критическая толщина растет при замене небольшой доли атомов Hg в квантовой яме на Cd. Можно предположить, что ямы CdHgTe критической толщины будут обладать более высоким качеством, чем HgTe ямы. Данная работа посвящена проверке этой гипотезы. Более подробно, были исследованы ямы вида Cd_{0.02}Hg_{0.98}Te и Cd_{0.06}Hg_{0.94}Te с толщинами 7.4 и 11.5 нм, что соответствует критическим толщинам при заданных долях атомов Cd. Проведены магнетотранспортные и емкостные исследования, характеризующие основные свойства структур. Обнаружено, что квантовая яма первого типа обладает бесщелевой зонной структурой и меньшим на 10% беспорядком, чем в традиционных HgTe квантовых ямах критической толщины.

Однако, в квантовой яме толщиной 11.5 нм был обнаружен более впечатляющий результат в виде роста подвижности в 2-2.5 раза. Анализ температурной зависимости величины сопротивления в дираковской точке показал, что структура имеет энергетическую щель величиной менее 10 мэВ между валентной зоной и зоной проводимости. Наличие щели означает, что толщина ямы отличается от критической для данной доли атомов Cd, причем отличие может быть как в меньшую, так и в большую сторону. В обоих случаях в яме должны

Рис.1. – Сравнение нелокального и локального сопротивления в CdHgTe квантовой яме толщиной 11.5 нм, обладающей небольшой щелью и инвертированной зонной структурой.

наблюдаться массивные дираковские фермионы, однако лишь в случае превышения критической толщины в ямах также должна наблюдаться и инверсия спектра. В этом случае в ней должно наблюдаться формирование топологически защищенных краевых каналов, системы такого типа являются двумерными топологическими изоляторами. С целью проверки, какой случай был реализован, были проведены исследования нелокального транспорта. Обнаружено, что нелокальное сопротивление имеет слишком большую величину для описания обычной моделью Друде, и поэтому возникает благодаря краевым каналам. Таким образом, квантовая яма толщиной 11.5 нм с долей Cd 6% оказалась высококачественным двумерным топологическим изолятором, с подвижностью в 2-2.5 раза выше традиционных структур, и поэтому перспективным для дальнейших исследований.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-52-16007.