Квантовый точечный контакт: переход "металл-изолятор" и гигантские осцилляции Шубникова-де Гааза при $G \ll e^2/h$

Квон З.Д.^{1,2}, Бакаров А.К.^{1,2}, Родякина Е.Е.^{1,2}

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

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

DOI 10.34077/Semicond2019-206

В работе сообщается о наблюдении перехода квантового точечного контакта (КТК) на основе GaAs ямы из баллистического (кондактанс $G > 2e^2/h$) в туннельный ($G \ll e^2/h$) режим при понижении температуры от 4.2 К до 0.18 К (Рис.1), а также о возникновении в режиме $G \ll e^2/h$ гигантских шубниковских осцилляций, период которых полностью совпадает с периодом этих же осцилляций в двумерном электронном газе, на основе которого изготовлен КТК (Рис.2). Показано, что оба эффекта вызваны нетривиальной электростатикой КТК из-за сильного влияния на нее перезарядки примесей в тонком, в несколько монослоев, легированном слое GaAs. Подобный метод легирования квантовой ямы позволяет частично экранировать заряд легирующей примеси и создавать двумерный электронный газ с высокой концентрацией электронов, обладающий очень высокой подвижностью [1]. Он также приводит к сильному снижению энергии ионизации примесей, и их перезарядка может происходить даже при температурах ниже гелиевой, приводя к новым эффектам в поведении ДЭГ [2]. Именно этот факт может привести к сильной температурной зависимости электростатики КТК, которая переводит его из открытого баллистического состояния в закрытое туннельное. Причем этот переход оказывается сильно чувствительным к магнитному полю, приводя к появлению гигантских шубниковских осцилляций, период которых совпадает с периодом этих же осцилляций для ДЭГ. Указанный факт подтверждается экспериментом с КТК, изготовленным на основе ДЭГ в обычной гетероструктуре, где отсутствует легированный GaAs слой, а примесь легируется AlGaAs. Их сопротивление не зависит от температуры при $T < 4.2$ R и не наблюдается никаких шубниковских осцилляций.

Рис.1. – Температурная зависимость сопротивления квантового точечного контакта при трех значениях затворного напряжения.

Рис.2. – Осцилляции Шубникова-де Гааза ДЭГ (синий цвет и левая ось) и КТК (красный цвет и правая ось).

[1] K.-J. Friedland, R. Hey, H. Kostial et al., Phys. Rev. Lett. 77, 4616 (1996).

[2] С.И.Дорожкин и др., Письма в ЖЭТФ, 107, 68 (2017)