Моделирование магнитотранспорта электронов в цилиндрической наномембране

Багочюс Е.К., Воробьёв А.Б., Воробьёва Ю.С., Принц В.Я.

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

DOI 10.34077/Semicond2019-215

Прогресс полупроводниковой технологии сделал возможным изготовление трёхмерных тонкоплёночных наномембран сложной геометрии – трубок и спиралей, содержащих двумерный электронный газ (ДЭГ) [1]. Транспорт ДЭГ в стенках наномембран, помещённых в однородное внешнее магнитное поле, физически эквивалентен транспорту плоского ДЭГ в неоднородном магнитном поле. Уменьшение радиуса кривизны наномембраны увеличивает градиент эффективного магнитного поля, управляющего транспортом ДЭГ в ней. При радиусе кривизны 1 мкм в поле 1 Тл градиент превышает 10000 Тл/см. Сильный градиент магнитного поля приводит к особенностям в магнитотранспорте ДЭГ уже в классических магнитных полях. Один из наиболее ярких магнитотранспортных эффектов в градиентном магнитном поле – статический скин-эффект – был предсказан теоретически [2]. Позднее было обнаружено его экспериментальное проявление – гигантская асимметрия продольного сопротивления [3]. Неплоские двумерные системы достаточно сложны для теоретического описания, лишь немногие задачи в них допускают аналитическое решение, поэтому важно иметь возможность моделирования магнитотранспортных процессов в неплоских двумерных системах сложной геометрии. В данной работе для расчета магнитотранспортных эффектов в тонких пленках был применен вычислительный пакет Sentaurus TCAD. До сих пор магнитные эффекты в Sentaurus TCAD рассчитывались только для кремниевых планарных структур [4]. В данной работе моделировались магнитотранспортные эффекты в изогнутой тонкой пленке с высокой подвижностью электронов. Рассчитаны зависимости продольного $R_{xx}(B)$ и холловского $R_{xy}(B)$ сопротивлений для электронного газа в цилиндрической наномембране при различных направлениях внешнего магнитного поля. Результаты расчётов количественно воспроизводят наиболее существенные отличия магнитотранспортных характеристик ДЭГ на цилиндрической поверхности от характеристик плоского ДЭГ – сильную асимметрию продольного сопротивления: R_{xx} быстро зануляется с ростом магнитного поля при одной его полярности и стремится к линейной зависимости при другой полярности. Показано, что в градиентном магнитном поле ток локализуется у одного из краёв изогнутого холловского мостика (в зависимости от знака градиента). Расчёты распределения электростатического потенциала и плотности тока визуализируют сильную неоднородность тока в цилиндрической наномембране во внешнем однородном магнитном поле и позволяют оценить характерную ширину токовых каналов, зависящую от подвижности электронов и величины градиента магнитного поля.

Рис.1. – Токовый канал в цилиндрической наномембране во внешнем однородном магнитном поле.

Работа поддержана грантом РФФИ № 17-02-01218.

[1] V.Ya. Prinz et al., *Physica E* **6**, 828 (2000).

[2] A. V. Chaplik, *JETP Lett.* **72**, 503(2000).

[3] A. B. Vorob'ev et al., *Phys. Rev. B* **75**, 205309 (2007).

[4] M.-A. Paun et al., *International Journal of microelectronics and computer science* **2**, 140 (2011).