Топологический эффект Холла и spin swapping в наноструктурахРожанский И.В.^{1,2}, Денисов К.С.^{1,2}, Лифшиц М.Б.¹, Аверкиев Н.С.^{1,2}, Lahderanta E.²¹ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 194021, С. Петербург, ул. Политехническая, 26²Lappeenranta-Lahti University of Technology, 630090, Lappeenranta, FI-53851, Finland

DOI 10.34077/Semicond2019-281

Помимо классического и аномального эффектов Холла в наноструктурах с киральными спиновыми текстурами возможен топологический эффект Холла (ТЭХ), обусловленный асимметричным обменным рассеянием носителей заряда на вихревых распределениях намагниченности. Ранее считалось, что ТЭХ возможен только для текстур с ненулевым топологическим зарядом.

Существуют два режима ТЭХ в зависимости от величины адиабатического параметра - отношения времени пролета электрона через область киральной спиновой текстуры ко времени рассеяния с переворотом спина. При большой величине адиабатического параметра λ_a рассеяние описывается в терминах кривизны Берри, т. е. эффективного магнитного поля, знак которого определяется проекцией спина электрона. Это приводит к асимметричному спин-зависимому рассеянию носителей на спиновой текстуре и спиновому эффекту Холла. Мы показали, что в этом режиме поперечный спиновый ток действительно пропорционален топологическому заряду спиновой текстуры Q и не зависит от ее размера a (Рис.1).

Режим слабой связи отвечает малой величине адиабатического параметра, он не реализуется в ферромагнитных пленках, однако является ключевым для полупроводниковых материалов. В этом случае асимметрия обменного рассеяния не зависит от проекции спина электрона и приводит к зарядовому эффекту Холла [1], причем как для киральных текстур с ненулевым, так и с нулевым топологическим зарядом, спиновый ток при этом исчезает (Рис.1). С помощью анализа T -матрицы рассеяния мы установили физический механизм исчезновения спинового эффекта Холла в режиме слабой связи при сохранении зарядового эффекта Холла. Добавление спин-независимого члена к потенциалу рассеяния восстанавливает спиновый эффект Холла. Показано, что в режиме слабой связи асимметрия рассеяния исчезает в полуметаллическом случае из-за подавления рассеяния с переворотом спина [2].

Мы предсказываем возникновение эффекта spin swapping для обменного рассеяния на киральных спиновых текстурах. Этот эффект возникает уже в первом борновском приближении и обусловлен корреляцией прецессии спина и направлением рассеяния. Spin swapping был известен ранее для рассеяния на заряженной примеси с учетом спин-орбитального взаимодействия [3], возможные экспериментальные следствия эффекта в настоящее время активно обсуждаются. Как показано нами, аналогичное явление возможно и при обменном рассеянии, при этом константа связи и, следовательно, эффективное магнитное поле намного сильнее, чем в случае спин-орбитального взаимодействия, это дает новую надежду на экспериментальное обнаружение этого эффекта.

Рис.1. – Поперечный спиновый ток в зависимости от адиабатического параметра. Q – топологический заряд текстуры.

[1] K.S.Denisov, I.V.Rozhansky, N.S.Averkiev, et. al., *Phys.Rev.B*, **99**, 195439 (2018).

[2] I.V. Rozhansky, K.S. Denisov, M.B. Lifshits et. al., *submitted to pss (b)* (2019).

[3] M. B. Lifshits and M. I. Dyakonov, *Phys. Rev. Lett.* **103**, 186601 (2009).