Аномальное магнитосопротивление в системах с киральными спиновыми текстурами

Денисов К.С, Голуб Л.Е.

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

DOI 10.34077/Semicond2019-289

Физика киральных магнитных систем привлекает сегодня значительное внимание. Различные киральные спиновые текстуры, такие как магнитные скирмионы, мероны и антискирмионы широко обсуждаются как с теоретической, так и с экспериментальной точек зрения. По мере того, как число материальных систем, демонстрирующих формирование кирального спинового порядка, неуклонно растет, особенно остро встает проблема развития новых методов экспериментального детектирования кирального упорядочения спинов. В данной работе мы демонстрируем, что различные киральные спиновые текстуры, например магнитные скирмионы, нетривиально влияют на аномальное магнитосопротивление в области классически слабых магнитных полей, когда имеют место интерференционные поправки к проводимости за счет эффекта слабой локализации. Мы показываем, что анализ магнитолевых зависимостей сопротивления можно использовать в качестве независимого инструмента, указывающего на присутствие киральных спиновых текстур в образце. Мы теоретически исследовали аномальное магнитосопротивление для неупорядоченного массива киральных спиновых структур и скирмионного кристалла. В обоих случаях кривые магнитосопротивления демонстрируют ряд особенностей, которые не воспроизводятся прочими механизмами, влияющими на эффект слабой локализации. Наблюдение данных особенностей однозначно свидетельствует о присутствии кирального спинового порядка в системе.

Аномальное магнитосопротивление, обусловленное интерференционными поправками к проводимости, чувствительно к процессам спиновой релаксации носителей заряда. Сложное пространственное распределение намагниченности внутри киральной спиновой текстуры приводит к анизотропии времени спиновой релаксации электрона, обусловленной спин-зависимым рассеянием на текстурах. Степень анизотропии определяется внутренними особенностями текстуры, в частности диаметром и степенью наклона спина в плоскость движения электронов. В результате внутреннее строение спиновых текстур определяет форму аномального магнитосопротивления в слабых магнитных полях, что открывает доступ к информации о системе. Данный механизм реализуется в неупорядоченных системах со слабым обменным взаимодействием. Аномальное магнитосопротивление также имеет нетривиальное поведение в скирмионных кристаллах с сильным обменным взаимодействием. В данном случае роль регулярного упорядочения скирмионов сводится к действию на электроны эффективного магнитного поля, характеризующегося противоположным знаком в двух электронных спиновых подзонах. Включение внешнего магнитного поля накладывается на эффективные поля противоположных знаков, что приводит к знакопеременной величине аномального магнитосопротивления. Анализируя положение экстремума сопротивления в этом режиме можно определить постоянную решетки скирмионного кристалла.

[1] K.S. Denisov, L.E. Golub, arXiv:1903.02269 (2019).