

Необычные свойства поверхностных электронов топологических изоляторов делают их чрезвычайно перспективными для создания устройств по спиновому транспорту, например, по инъекции и детектированию спин-поляризованных электронов. В топологических изоляторах (ТИ), как показывают экспериментальные данные, наблюдается качественно различное поведение магнитосопротивления (МС). МС может уменьшаться, носить экстремальный характер, а также увеличиваться при различных плотностях тока через ТИ. С учетом общей тенденции смены зависимостей МС при повышении плотности тока, имеющиеся экспериментальные результаты связывают с проявлением эффектов слабой локализации, действием магнитного поля, а также влиянием спин-зависимых процессов, таких как спин-орбитальное рассеяние, рассеяние на парамагнитных примесях [1, 2].

Вклад слабой локализации в проводимость определяется временем сбоя фазы из-за неупругих процессов и рассеяния с переворотом спина. Сбой фазы (дефазировка) характеризуется временем, вклад в которое вносят такие процессы, как электрон-электронное рассеяние, рассеяние на фононах, рассеяние на парамагнитных примесях с взаимным (электрона и примеси) переворотом спина. В магнитном поле разрушается интерференционная добавка, что ведет к уменьшению квантовой поправки, т. е. к увеличению проводимости. Это объясняется подавлением в магнитном поле когерентности сопряженных волн. В большинстве случаев в слабой локализации преобладает МС, которое возникает из-за дефазировки когерентного обратного рассеяния, вызывающего слабую локализацию. Магнитные примеси двояко влияют на МС: прямой вклад из-за полевой зависимости рассеяния с переворотом спина и косвенный вклад от расфазировки волновой функции электрона с переворотом спина. Спин-орбитальное взаимодействие (СОВ) приводит к перевороту спина электрона проводимости при упругом рассеянии, при этом интерференционная картина слабой локализации усложняется за счет перемешивания спиновых состояний.

Расчеты квантовых поправок в ТИ основаны на HLN модели [3] для 2D электронных систем, учитывающей различные механизмы рассеяния. Важность учета конкурирующих эффектов, особенно влияния спин-орбитального рассеяния и рассеяния на парамагнитных примесях, обусловлена имеющимися экспериментальными данными для широкого круга материалов. Проведенные расчеты показали, что величина и знак квантовой поправки в зависимости от напряженности магнитного поля определяются соотношением времени спин-орбитального рассеяния и времени дефазировки, а время рассеяния на парамагнитных примесях вносит корректирующий вклад. Установлено, что если время спин-орбитального рассеяния много больше времени дефазировки, то вклад СОВ мал и квантовая поправка положительная, а магнитное поле ведет к подавлению слабой локализации, увеличивая проводимость. С усилением СОВ и уменьшением времени спин-орбитального рассеяния зависимость квантовой поправки от напряженности магнитного поля сначала становится немонотонной, а затем переходит в область отрицательных величин. При этом снижается проводимость и возникает положительное МС.

## Литература

1. Bergmann G. Weak localization in thin films: a time-of-flight experiment with conduction electrons // *Physics Reports*. 1984. Vol. 107 (1). P. 1–58.
2. F. Rortais [et al.]. Spin-orbit coupling induced by bismuth doping in silicon thin films // *Appl. Phys. Lett.* 2018. Vol. 113. P. 122408.
3. Hikami S., Larkin A.I., Nagaoka Y. Spin-Orbit Interaction and Magnetoresistance in the Two Dimensional Random System // *Prog. Theor. Phys.* 1980. Vol. 63. P. 707–710.