

УДК 537.61

ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ МАГНИТНЫХ СКЕРМИОНОВ НА ПРИМЕСЯХ РАЗНЫХ ТИПОВ

Попова А.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат ф.-м.н., Лобанов И.С.

(Университет ИТМО)

Аннотация. Исследование взаимодействия магнитных скирмионов с примесями является одной из основных задач при создании беговой (или трековой) памяти на основе скирмионов. К настоящему моменту показано, что в зависимости от характеристик примеси может как улучшать характеристики устройства (увеличивать скорость передвижения скирмионов, формировать сдвиговые регистры), так и ухудшать их (увеличивать энергию, необходимую на перемещение скирмиона, уменьшать его устойчивость). Моделирование из первых принципов показывает, что примеси могут локально изменять параметры системы почти произвольным образом. Также ранее показано, что результаты моделирования динамики сильно зависят от того, какие именно параметры возмущались примесью. В данной работе мы сравниваем движение скирмионов под действием тока в присутствии изолированной примеси, моделируемой изменением намагниченности или анизотропии. В частности, мы находим зависимость критического тока отрыва от примеси от параметров примеси.

Исследование магнитных систем является актуальной активно изучаемой задачей, имеющей множество применения в индустрии устройств хранения и обработки информации. Устройства спинтроники являются одними из перспективных кандидатов на замещение электронных устройств, благодаря их более высокому быстродействию и энергоэффективности. Ожидается, что устройства на основе беговой/трековой памяти позволят достичь большей плотности хранения информации при меньшем расходе энергии в сравнении с существующими аналогами: не только жёсткими, но и твердотельными дисками SSD [“Magnetic Domain-Wall Racetrack Memory” С. Паркин]. Для создания беговой памяти необходимо гарантировать достаточно длительное существование носителей информации (доменных стенок или скирмионов), а также разработать методы записи на эти носители и чтения с них, методы адресации нужной информации. В беговой памяти носители информации находятся на дорожке, по которой их можно двигать током. Для формирования дорожек можно использовать как притягивающие, так и отталкивающие примеси, которые ограничивают свободу перемещения скирмионов, позволяют их фиксировать в потенциальных ямах для удобного считывания и дают возможность нивелировать возможные ошибки в токе, используемом для управления.

При изучении взаимодействия примесей со скирмионами было отмечено, что ток для делокализации скирмиона с примеси на порядок меньше, чем ток, необходимый для движения доменной стенки в присутствии примеси, что сразу сделало беговую память на основе скирмионов более перспективной. Дальнейшие исследования различных одиночных дефектов показали, что примеси могут оказывать совершенно разное воздействие на скирмионы: одни примеси притягивают скирмион, другие отталкивают, одни захватывают, другие - нет, одни ускоряют движение, другие замедляют, задают разное направление вращения и т.д. Эти эффекты можно использовать, например, для того, чтобы с помощью отталкивающих дефектов зафиксировать скирмион в некоторой полосе, а с помощью притягивающих фиксировать скирмион в положениях для чтения. Основываясь на этом, можно сделать вывод, что влияние примеси на устойчивость и движение скирмиона очень значительно и им нельзя пренебречь.

Результаты моделирования показывают, что выбором материалов образца и примеси можно добиться почти произвольного локального изменения характеристик среды в модели Гейзенберга [“Universality of defect-skyrmion interaction profiles” I. L. Fernandes и др.], однако в настоящий момент нет понимания, какие характеристики нужны для создания устройств на основе скирмионов, бегающих по трекам. К настоящему времени исследованы только частные

случаи примесей, систематического исследования параметров примеси на движение скирмиона к настоящему моменту проведено не было. Таким образом является актуальной проблема выбора оптимального типа примесей для управления движением магнитных скирмионов для разнообразных вычислительных устройств.

В настоящей работе проведено исследование изменения захватывающей способности примеси в зависимости от ее параметров при действии токов спинового переноса. Рассмотрены отдельно вариация параметра анизотропии примеси и ее намагниченности и их влияние на критический ток отрыва скирмиона с примеси. Рассмотренные параметры типичны для систем со скирмионами наномасштабов, как например, в многослойных системах CoPt. Показано, что ток отрыва скирмиона с примеси зависит линейно от намагниченности примеси и квадратичным образом от константы анизотропии примеси.

Полученные результаты могут быть использованы для управления движением скирмионов в спинтронных устройствах, как для хранения информации, так и для ее обработки, что в перспективе позволит создать более быстродействующие и энергоэффективные вычислительные устройства.

Попова А. В. (автор)

Подпись

Лобанов И.С. (научный руководитель)

Подпись