

Исследование эффекта Холла и доменной структуры в тонких пленках CoPt

М.В. Степушкин^{1,*}, А.В. Здравейцев², Е.Н. Миргородская¹,
М.П. Темиряева¹, А.Г. Темиряев¹

¹ Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Фрязино, 141190.

² ИНИФИТИ ННГУ им. Н.И. Лобачевского, пр. Гагарина, 23, Нижний Новгород, 603950.

*sokpoveheu@yandex.ru

Исследованы пленки CoPt толщиной 8 нм с соотношением толщин металлов 3/5, обладающие одноосной анизотропией и высокой остаточной намагниченностью. Проведено одновременное измерение эффекта Холла и МСМ регистрация доменной структуры. Продемонстрирована возможность детектирования с помощью эффекта Холла отдельных скирмионов при относительно больших площадях (5×5 мкм²) измерительной ячейки. Показана возможность изменения площади ячейки с помощью нанолитографии, выполненной зондом атомно-силового микроскопа.

Введение

Важным этапом в изготовлении устройств, основанных на использовании скирмионов, является возможность их детектирования электрическими методами, например, при помощи эффекта Холла.

Исследовались пленки CoPt толщиной 8 нм, полученные последовательным напылением 10 бислоев Co (0.3 нм) и Pt (0.5 нм) методом электронно-лучевого испарения. Подобные пленки являются перспективным материалом для спинтроники и создания элементов памяти. Некоторые магнитные и магнитооптические свойства пленок данного состава были представлены в работах [1-3]. В частности, была продемонстрирована возможность зарождения в них круговых магнитных доменов, которые могут представлять собой скирмионы.

Методика эксперимента

Для проведения экспериментов были изготовлены мезоструктуры (холловские мостики) с помощью литографии и последующего плазменного травления. Ширина канала составила 5 мкм, две пары потенциальных отводов, располагались на расстоянии 15 мкм друг от друга. Такая топология позволяет при помощи атомно-силового микроскопа проводить модификацию поверхности и/или магнитной текстуры одного креста и сравнивать его поведение со вторым, контрольным.

На одном из крестов были сделаны прорезы, уменьшившие рабочую область с 5×5 мкм² до 0.5×0.5 мкм², как показано на рисунке 1. Из сравнения холловской кривой для прорезанной ячейки (сплошные линии) с кривой для контрольного креста (пунктирная), приве-

денных на рисунке 2, видно, что характеристика прорезанной ячейки обладает ступенями. Ступени не повторяются ни для разных направлений поля, ни для различных экспериментов. Вероятно, они соответствуют перемагничиванию отдельных доменов.

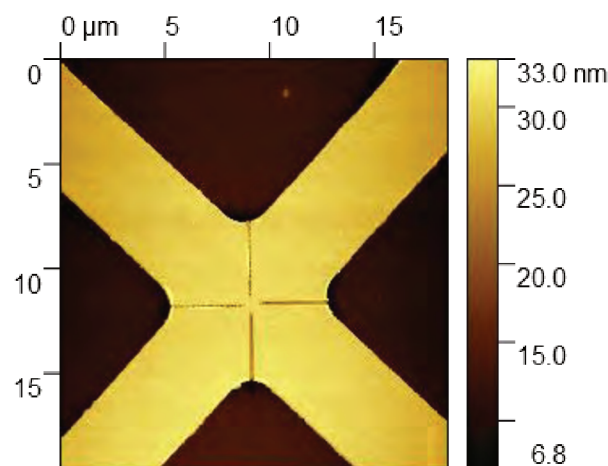


Рис. 1. АСМ изображение прорезанного креста

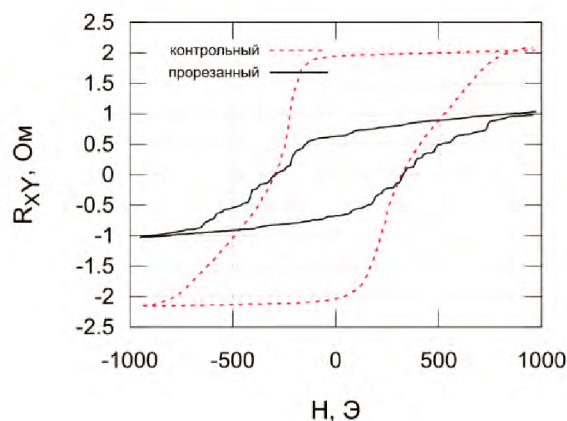


Рис. 2. Зависимость эффекта Холла для контрольного (пунктирная линия) и прорезанного (сплошная) крестов

Следует отметить различие формы и абсолютной величины холловской характеристики двух ячеек. Этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Были проведены эксперименты по измерению электрических характеристик контрольного (непрорезанного) образца при воздействии на него магнитной иглой атомно-силового микроскопа. На рисунке 2 показано два МСМ-изображения, снятых до и после уничтожения скирмиона, выделенного белым кружком. Изменение холловского сопротивления составило при этом 1 мОм.

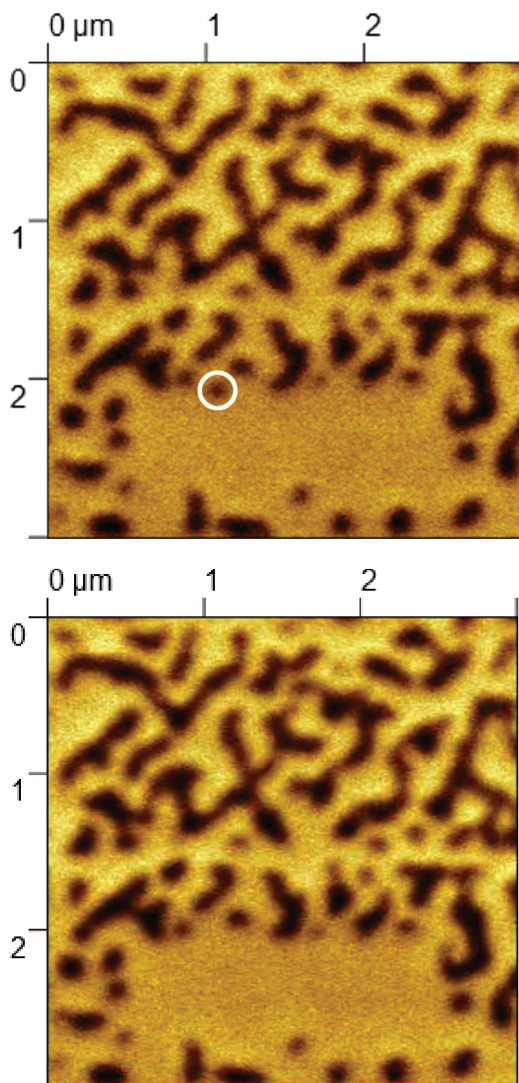


Рис. 3. МСМ-изображения до и после уничтожения скирмиона

Подобные измерения показали, что создание или уничтожение одного домена соответствует изменению эффекта Холла приблизительно на 0,6 — 1 мОм, для данного образца. Расчет, выполненный исходя из соотношения изменения эффекта Холла, вызванного отдельным скирмионом, к полному размаху петли, позволяет оценить его площадь приблизительно в 6000 нм², то есть диаметр скирмиона составляет около 87 нм, что по порядку величины соответствует прямым МСМ-измерениям.

Заключение

Пленки CoPt толщиной 8 нм с соотношением толщин металлов 3/5 обладают величиной эффекта Холла, достаточной для детектирования отдельных доменов на рабочей области 5x5 мкм². При этом точность можно повысить путем уменьшения размеров ячейки и соответственно увеличения доли, занимаемой отдельным скирмионом.

Продемонстрирована возможность одновременного проведения электрических и магнитно-силовых измерений. Это открывает новые возможности для исследования гальваномагнитных эффектов в тонких пленках.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект №21-79-20186).

Литература

1. А.В. Здоровейцев, М.В. Дорохин, О.В. Вихрова, П.Б. Демина, А.В. Кудрин, А.Г. Темирязов, М.П. Темиряева // ФТТ 58, 2186 (2016).
2. А.Г. Темирязов, М.П. Темиряева, А.В. Здоровейцев, О.В. Вихрова, М.В. Дорохин, П.Б. Демина, А.В. Кудрин // ФТТ 60, 2158 (2018).
3. А.В. Здоровейцев, О.В. Вихрова, П.Б. Демина, М.В. Дорохин, А.В. Кудрин, А.Г. Темирязов, М.П. Темиряева // ФТТ, 61, 1628 (2019).