

Исследование эффекта Холла в тонких пленках CoPt

М.В. Степушкин^{1,*}, А.В. Здравейцев², Е.Н. Миргородская¹,
М.П. Темиряева¹, И.Л. Калентьева²

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

Проведены исследования магнитных свойств пленок CoPt толщиной 8 нм с соотношением толщин металлов 3:5. Показано, что такие пленки обладают высокой остаточной намагниченностью, что делает их перспективным материалом для применения в запоминающих устройствах. Также в них возможно формирование скирмионов, для детектирования которых можно использовать эффект Холла.

Введение

С точки зрения практической реализации устройств спинтроники на основе скирмионов актуальной является разработка методов электрического детектирования скирмионов. Одним из возможных путей решения является использование эффекта Холла. В связи с этим возникает и важный вопрос о понимании механизма возникновения холловского напряжения в пленках со скирмионами.

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 скирмионов.

Методика эксперимента

Для проведения экспериментов с помощью литографии и последующего плазменного травления были изготовлены мезоструктуры (холловские мостики) с шириной канала 5 мкм. Измерения проводились в криостате замкнутого цикла в широком диапазоне температур (10 — 300 К). Прикладываемое магнитное поле изменялось от нуля (на графике - точка пересечения петли гистерезиса с отрицательной полуосью ординат) до максимального (крайняя правая точка), после чего снова снижалось к нулю (пересечение с положительной полуосью ординат). Далее направление магнитного поля менялось на противоположное, и измерялась вторая часть петли. Для минимизации

влияния помех измерения проводились на переменном токе с частотой 133 Гц и амплитудой от 45 до 1908 нА, что для данной серии образцов соответствует плотностям тока $1,13 \cdot 10^6$ — $50 \cdot 10^6$ А/м².

Полученные зависимости эффекта Холла от температуры приведены на рисунке 1.

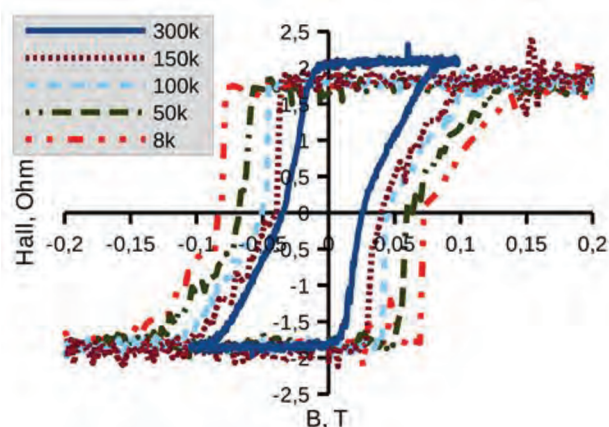


Рис. 1. Зависимость эффекта Холла от температуры

Из графика видно, что со снижением температуры ширина петли гистерезиса (коэрцитивная сила) увеличивается в 2,6 раз (от 0,06 Тл при комнатной температуре до 0,156 Тл при 10 К), тогда как значение холловского сопротивления изменяется незначительно, от 3,9 Ом до 3,5 Ом. Относительно высокие значения холловского сопротивления показывают перспективность дальнейших исследований с целью проведения измерений на структурах субмикронных размеров, что, вероятно, может помочь в понимании механизма происходящих процессов.

Была проведена серия измерений в слабых магнитных полях, ниже поля насыщения пленки, продемонстрировавшая возможность создания различных магнит-

ных состояний, стабильных в отсутствие внешнего магнитного поля. Представляет интерес сопоставления полученных данных Холловского сигнала с доменными структурами, непосредственно измеренными методом магнитно-силовой микроскопии.

Измерение зависимости продольного сопротивления образца от магнитного поля показало незначительное увеличение сопротивления во время перемагничивания, то есть изменения доменной структуры, как показано на рисунке 2. Для данного образца изменение сопротивления составило 0,14%.

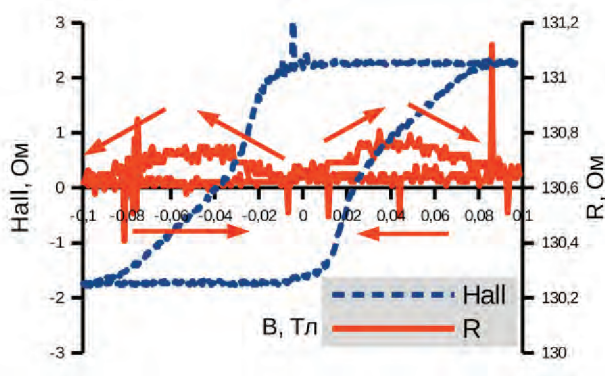


Рис. 2. Зависимости эффекта Холла и продольного сопротивления от магнитного поля

Заключение

Пленки CoPt толщиной 8 нм с соотношением толщин металлов 3:5 обладают высокой остаточной намагни-

ченностью, что делает их перспективным материалом для устройств хранения информации.

Исследования эффекта Холла и продольного сопротивления показали возможность применения этих методов для определения намагниченности большой площади образца, а устойчивость к токам значительной плотности обеспечивает возможность проведения дальнейших исследований на структурах с меньшими размерами рабочей области.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 18-29-19137мк, 20-38-70063-Стабильность), грантов Президента РФ (МД-1708.2019.2, МК-445.2020.2).

Литература

1. А.В. Здоровейцев, М.В. Дорохин, О.В. Вихрова, П.Б. Демина, А.В. Кудрин, А.Г. Темиряев, М.П. Темиряева. ФТТ 58, 2186 (2016).
2. А.Г. Темиряев, 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. Темиряев, М.П. Темиряева. ФТТ, 61, 1628 (2019)