

ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

УДК 537.622

DOI: 10.17223/00213411/64/6/170

Б.А. БЕЛЯЕВ^{1,2}, Н.М. БОЕВ^{1,2}, А.В. ИЗОТОВ^{1,2}, П.Н. СОЛОВЬЕВ¹

ДОМЕННАЯ СТРУКТУРА И ПРОЦЕССЫ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ СИСТЕМ ИЗ ТОНКИХ ПЛЕНОК ПЕРМАЛЛОЯ С НЕМАГНИТНЫМИ ПРОСЛОЙКАМИ *

Микромагнитным моделированием многослойных тонкопленочных структур, состоящих из магнитных слоев, разделенных немагнитными прослойками, исследовано формирование доменной структуры и процессы перемагничивания. Магнитные слои из пермаллоя ($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$) обладают одноосной в плоскости и перпендикулярной магнитной анизотропией. Обнаружено, что при уменьшении толщины прослоек планарная конфигурация магнитных моментов в пермалловых слоях трансформируется из однодоменного состояния в страйп-структуру, что обусловлено ростом магнитостатического взаимодействия слоев. В структурах с «толстыми» прослойками даже слабое магнитостатическое взаимодействие заставляет соседние однодоменные пермалловые слои иметь противоположную ориентацию магнитных моментов, при этом поле насыщения таких образцов линейно увеличивается с ростом количества слоев. Анализ динамических характеристик тонкопленочной структуры позволил определить оптимальное количество слоев, обеспечивающее максимальный коэффициент преобразования широкополосного микрополоскового СВЧ-датчика слабых магнитных полей.

Ключевые слова: микромагнитное моделирование, многослойная магнитная пленка, доменная структура, петля гистерезиса, микрополосковый резонатор, датчик магнитного поля.

Введение

Нанокристаллические тонкие магнитные пленки (ТМП) на протяжении уже многих лет привлекают внимание не только ученых, решающих фундаментальные задачи, но и исследователей, создающих различные устройства микроэлектроники, в том числе и с электрически управляемыми характеристиками. В таких устройствах магнитомягкие пленки служат активными средами, и они обычно обладают сравнительно небольшой по величине планарной одноосной магнитной анизотропией, а также низким значением коэрцитивной силы и высокой магнитной проницаемостью [1]. Благодаря ярко выраженной анизотропии формы ТМП магнитостатическая энергия не позволяет магнитным моментам выходить из плоскости, поэтому в основном состоянии пленка является однодоменной с ориентацией намагниченности вдоль оси легкого намагничивания (ОЛН). При этом поведение таких образцов в магнитных полях приближается к поведению идеальной одноосной однородно намагниченной ферромагнитной частицы Стокера – Вольфарта [2]. Благодаря названным выше свойствам нанокристаллических тонких магнитных пленок, они находят широкое применение в самых разнообразных устройствах [3–5].

В последние годы магнитные пленки особенно активно используются в датчиках магнитных полей. К настоящему времени предложен ряд конструкций датчиков с ТМП, действие которых основано на различных физических принципах [6]. При этом большинство из этих датчиков объединяет тот факт, что их рабочие характеристики улучшаются (при прочих равных условиях) с увеличением объема (толщины) магнитной пленки. Например, увеличение толщины ТМП приводит к снижению вклада в полезный сигнал от тепловых магнитных шумов в датчиках на основе гигантского магнетосопротивления [7] или магнитного туннельного перехода [8]. С ростом толщины пленки усиливается эффект гигантского магнитного импеданса, что повышает чувствительность датчиков магнитных полей, основанных на этом эффекте [9]. С увеличением объема пленки улучшаются также характеристики и у датчика слабых магнитных полей, построенного на микрополосковом резонаторе с ТМП [10, 11].

Как известно, еще в 1960-х годах было показано, что при превышении некоторого критического значения толщины пленки в ней формируется полосовая периодическая доменная структура (страйп-структура) [12,13], связанная со сравнительно небольшой перпендикулярной магнитной анизотропией, которая обусловлена послойным ростом пленок. Переход в страйп-доменное состояние сопровождается резким изменением характеристик пленки, в частности увеличением ко-

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках соглашения № 075-11-2019-054 от 22.11.2019.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>