

ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

УДК 537.622

DOI: 10.17223/00213411/64/1/3

*Б.А. БЕЛЯЕВ^{1,2}, Н.М. БОЕВ^{1,2}, А.А. ГОРЧАКОВСКИЙ^{1,2}, А.В. ИЗОТОВ^{1,2}, П.Н. СОЛОВЬЕВ^{1,2}***ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ КОНСТАНТЫ И РАЗМЕРА НАНОКРИСТАЛЛИТОВ ТОНКИХ МАГНИТНЫХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ ФЕРРОМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА ***

Показана возможность определения структурной константы S и среднего размера кристаллитов анизотропной нанокристаллической магнитной пленки по форме острого пика поглощения СВЧ-мощности, наблюдаемого при развертке внешнего магнитного поля вдоль оси трудного намагничивания. В теории «ряби» намагниченности с константой S связана поверхностная плотность энергии локальной магнитной анизотропии и по величине S оценивается качество нанокристаллических пленок. Эффективность нового способа определения S продемонстрирована на нанокристаллической пленке Co-P толщиной 300 нм. Спектр поглощения СВЧ-мощности снимался с локального участка пленки площадью $\sim 1 \text{ мм}^2$ на сканирующем спектрометре ферромагнитного резонанса. Вычисленное значение S из анализа спектра позволило определить средний размер кристаллитов пленки, хорошо совпадающий с измерениями просвечивающей электронной микроскопии.

Ключевые слова: нанокристаллиты, тонкая магнитная пленка, случайная магнитная анизотропия, «рябь» намагниченности, структурная константа, ферромагнитный резонанс, сверхвысокие частоты.

Введение

Развитие технологий синтеза нанокристаллических тонких магнитных пленок, прежде всего, связано с их уникальными магнитными свойствами, выгодно отличающих их от массивных ферромагнитных материалов. В частности, тонкие нанокристаллические магнитные пленки благодаря особенностям своей микроструктуры демонстрируют высокую магнитную восприимчивость и низкие потери на сверхвысоких частотах (СВЧ) [1], что делает их перспективными средами для использования в высокочастотных датчиках слабых магнитных полей и устройствах обработки сигналов [2–5].

Основной особенностью нанокристаллических тонких магнитных пленок является малый размер кристаллитов по сравнению с эффективным радиусом обменного и магнитодипольного взаимодействия. Поэтому наличие магнитной связи между кристаллитами приводит к усреднению и частичному подавлению случайной магнитной анизотропии отдельных кристаллитов. Однако усреднение локальной анизотропии в пределах эффективного радиуса обменного взаимодействия, как правило, не бывает полным. Это приводит к пространственным отклонениям вектора намагниченности относительно некоторого среднего направления. При этом возникает своеобразная магнитная структура, называемая в литературе «рябью» намагниченности [6, 7]. Магнитные свойства таких пленок описываются теорией «ряби» намагниченности, основные выводы которой достаточно хорошо согласуются с результатами численного моделирования [8, 9] и экспериментальными данными [10].

В отличие от широко используемой на практике модели Стонера – Вольфарта [11], описывающей магнитные свойства идеальной одноосной однородно намагниченной ферромагнитной частицы (в предельном случае тонкой пленки), теория «ряби» намагниченности устанавливает связь между структурой нанокристаллической пленки и ее магнитными свойствами. В рамках этой теории вводится новый материальный параметр – структурная константа S , которая определяет усредненную по толщине пленки поверхностную плотность энергии локальной магнитной анизотропии [7]. Параметр «ряби» намагниченности S следует рассматривать как фактор качества пленки. Так, например, $S = 0$ означает, что «рябь» намагниченности в пленке отсутствует, и ее поведение может быть описано простой теоретической моделью Стонера – Вольфарта. Но в реальных образцах нанокристаллических пленок, несмотря на то, что S может быть сколь угодно малой величиной, это условие не выполняется никогда.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, Правительства Красноярского края, Краевого фонда науки и АО «НПП «Радиосвязь» в рамках научного проекта № 20-42-242901

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>