

Использование гигантского пика магнитной восприимчивости в одноосных ферромагнетиках для измерения скорости магнитной релаксации

В.Ю. Нагоркин^{1,2}, В.А. Ацаркин²

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН

Плѐнки редкоземельных манганитов $Re_{1-x}A_xMnO_3$ (Re – редкоземельные элементы, A – двухвалентные металлы) обладают крайне интересными магнитными и электрическими свойствами. Предполагается, что манганиты как вещества, обладающие колоссальным магнитосопротивлением, найдут применение в спинтронике. Наибольший исследовательский интерес среди манганитных веществ представляют тонкие ферромагнитные плѐнки [1]. Поэтому важны сведения о различных параметрах манганитов, в частности, скорости магнитной релаксации, которая играет существенную роль в работе устройств магнитной памяти и магнитной записи. В настоящей работе исследовалось явление гигантского пика высокочастотного (ВЧ) поглощения в одноосных ферромагнетиках [2–4]. Цели работы – экспериментальное исследование частотной зависимости магнитной восприимчивости пленки $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$, оценка скорости магнитной релаксации в образце и теоретическое объяснение полученных результатов.

В качестве основного объекта для измерений была выбрана плѐнка $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$ толщиной 50 нм, выращенная эпитаксиально на подложке из $NdGaO_3$ и обладающая наведѐнной одноосной магнитной анизотропией. Экспериментально измерялась величина сигнала ВЧ-поглощения образца, помещенного в катушку индуктивности резонансного LC-контура, при прохождении внешним магнитным полем, направленным вдоль трудной оси, значения поля анизотропии. Измерения на 14 частотах проводились с помощью Q-метров, работающих в диапазоне 2.0–290 МГц. Теоретическое рассмотрение частотной зависимости магнитной восприимчивости было основано на аналитическом и численном решении уравнения Ландау-Лифшица-Гильберта для $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$.

Показано, что такой пик поглощения обусловлен резким увеличением статической магнитной восприимчивости ферромагнитной плѐнки в условиях, когда постоянное магнитное поле находится вблизи трудной оси и равно полю одноосной магнитной анизотропии [4]. Получена частотная зависимость мнимой части динамической магнитной восприимчивости (рис. 1) на 14 частотах в диапазоне 2.0–290 МГц.

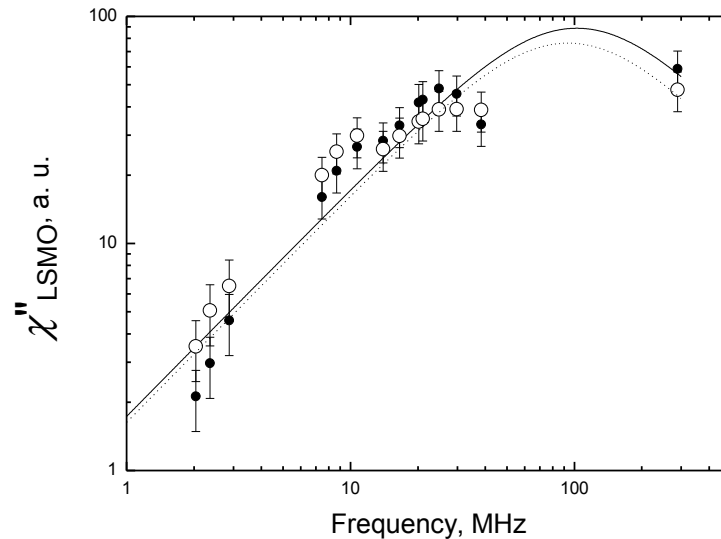


Рис. 1. Частотная зависимость мнимой части магнитной восприимчивости $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{NdGaO}_3$ в максимуме гигантского пика ВЧ поглощения. Сплошной кривой показана аппроксимация формулой дебаевской релаксации.

Полученная зависимость описывается формулой Дебая, соответствующей релаксационному механизму ВЧ-поглощения. Оценочная скорость релаксации намагниченности $(6.3 \pm 1.3) \cdot 10^8 \text{ c}^{-1}$. Теоретические подходы к описанию частотной зависимости магнитной восприимчивости $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{NdGaO}_3$ также подтверждают дебаевскую зависимость, что позволяет использовать явление гигантского пика магнитной восприимчивости одноосных ферромагнетиков для измерения скорости магнитной релаксации при независимости восприимчивости от амплитуды переменного поля. Экспериментально обнаружен резкий пик сигнала поглощения плёнки $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{NdGaO}_3$ при направлении внешнего магнитного поля вдоль нормали к плёнке (рис. 2).

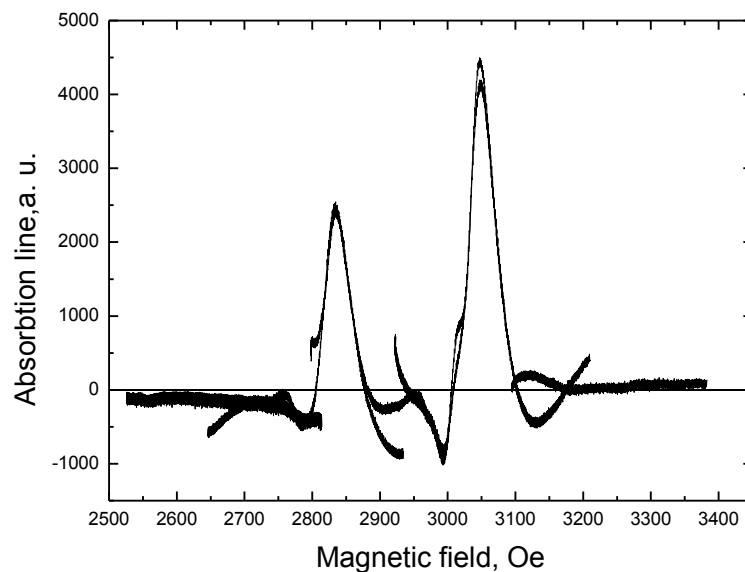


Рис. 2. Полевая зависимость поглощения $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{NdGaO}_3$ в области гигантского пика на частоте $\omega/2\pi = 290$ МГц при ориентации постоянного магнитного поля вблизи нормали к плоскости плёнки.

Получена угловая зависимость резонансного поля сигнала поглощения при вращении плёнки вокруг лёгкой оси (рис. 3).

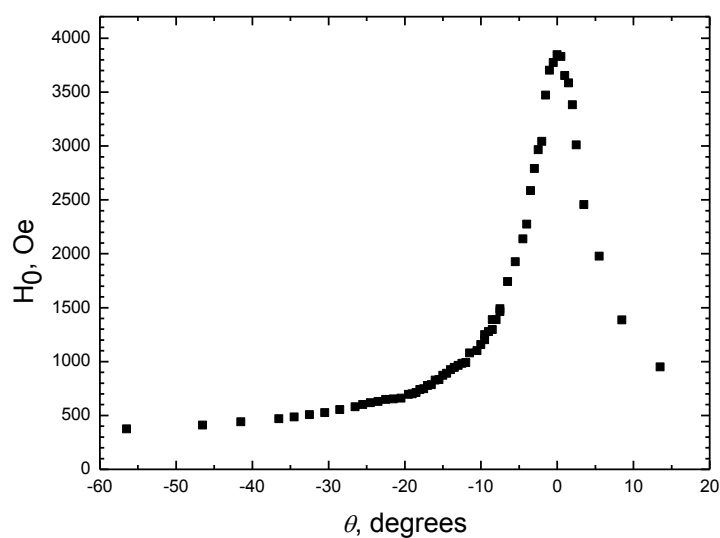


Рис. 3. Зависимость величины поля, соответствующего пику поглощения на частоте 290 МГц, от угла между нормалью к плоскости плёнки и постоянным магнитным полем, находящемся в плоскости нормали и трудной внутриплоскостной оси.

Выполнен численный расчет пика статической восприимчивости при ориентации постоянного магнитного поля вблизи нормали к плёнке (рис. 4).

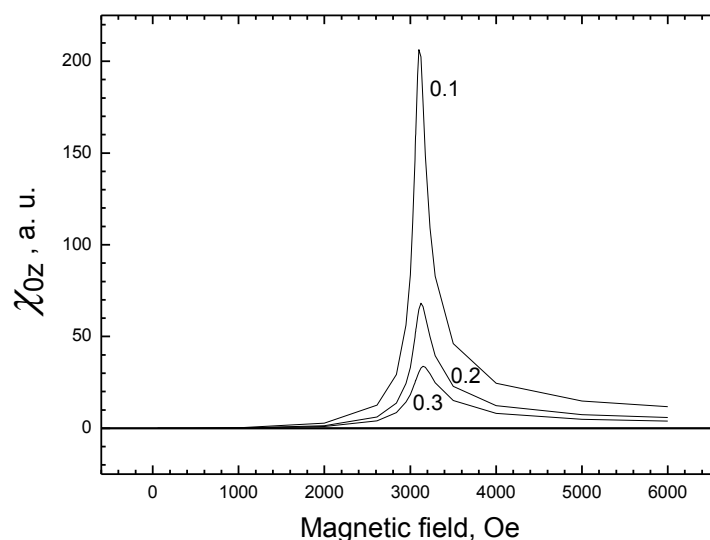


Рис. 4. Поперечная компонента статической восприимчивости плёнки, постоянное магнитное поле направлено вблизи нормали к плёнке. Числа обозначают углы (в градусах) между нормалью к плёнке и постоянным полем, которое находится в плоскости, перпендикулярной легкой оси.

Литература

1. *Петржик А. М., Демидов В. В., Овсянников Г. А., Борисенко И. В., Шадрин А. В.* – Спин-зависимый электронный транспорт в манганитных бикристаллических контактах. – ЖЭТФ. – 2012. – 137 – №5 – С. 861-866.
2. *Беляев Б. А., Изотов А. В., Кипарисов С. Я.* – Особенность высокочастотной восприимчивости тонких магнитных пленок с одноосной анизотропией. – Письма в ЖЭТФ. – 2001. – 74 – №4 – С. 248-252.
3. *Василевская Т. М., Семенцов Д. И.* – Особенности прецессионной динамики намагниченности одноосной магнитной пленки. – ФТТ. – 2011. – 53 – №1 – С. 79-85.
4. *Atsarkin V. A., Demidov V. V., Mefed A. E., Nagorkin V. Yu.* – Magnetic pseudoresonance in manganite thin films. – Applied Magnetic Resonance. – 2014. – Vol. 45. – P. 809-816.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 14-02-00165 и № 14-07-93105.