

## ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

УДК 537.622

DOI: 10.17223/00213411/63/5/116

*Б.А. БЕЛЯЕВ<sup>1,2</sup>, А.В. ИЗОТОВ<sup>1,2</sup>, Г.В. СКОМОРОХОВ<sup>1</sup>, П.Н. СОЛОВЬЕВ<sup>1,2</sup>***МИКРОМАГНИТНЫЙ АНАЛИЗ КРАЕВЫХ ЭФФЕКТОВ В ТОНКОЙ МАГНИТНОЙ ПЛЕНКЕ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ КОЛЕБАНИЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ \***

Методом численного микромагнитного моделирования исследована динамика намагниченности тонкой пленки с одноосной магнитной анизотропией при возбуждении в ней ферромагнитного резонанса (ФМР) на локальных участках линейно-поляризованным высокочастотным магнитным полем, излучаемым из отверстия диаметром 1 мм в металлическом экране линии. Установлено, что неоднородности полей размагничивания, возникающие вблизи краев пленки, приводят не только к изменению поля ФМР, но и к изменению величины и направления поля одноосной анизотропии. Распределение неоднородностей характеристик магнитной анизотропии по площади пермаллоевой пленки толщиной 60 нм, измеренных на сканирующем спектрометре ФМР, хорошо согласуются с результатами микромагнитного моделирования. Доказано, что краевые эффекты в магнитных пленках в основном обусловлены размагничивающими полями.

*Ключевые слова:* микромагнитное моделирование, тонкая магнитная пленка, краевые эффекты, ферромагнитный резонанс, магнитная анизотропия.

**Введение**

Как известно, тонкопленочные магнитные структуры обладают рядом уникальных физических свойств, отличающих их от массивных магнитных 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, 3]. Очевидно, что характеристики любых устройств на магнитных пленках зависят от однородности распределения магнитных параметров по площади образцов, однако устройства, в которых магнитные пленки находятся в условиях однородного ферромагнитного резонанса (ФМР) [4], особенно чувствительны к неоднородностям. Так как образцы пленок в устройствах имеют конечные размеры, то даже при их намагничивании однородным магнитным полем в плоскости размагничивающее поле, создаваемое «магнитными рядами» на краях образцов [5], будет неоднородно. Как правило, в тонких магнитных пленках пространственную неоднородность размагничивающего поля на краях учитывают только в тех случаях, когда размеры образцов становятся сравнимыми с их толщиной. В таких образцах под действием однородного высокочастотного поля могут возбуждаться магнитостатические моды колебаний с конечной длиной волны [6, 7], а также наблюдаются интересные особенности, связанные с локализацией колебаний вблизи их краев [8, 9].

Тем не менее, как будет показано в настоящей работе, огромные значения размагничивающих полей, существующих на краях пермаллоевых пленок, оказывают существенное влияние на интегральные магнитные характеристики даже в тех образцах, размеры которых на несколько порядков превышают их толщину. В работе выполнен микромагнитный расчет локально возбуждаемых колебаний намагниченности тонкой пленки пермаллоя с одноосной магнитной анизотропией. Численный анализ позволил не только оценить степень влияния краевых эффектов на высокочастотные свойства пленки, но и провести сравнение с выполненными ранее экспериментальными исследованиями неоднородностей распределения магнитных параметров по площади пленок [10, 11] с помощью сканирующего спектрометра ферромагнитного резонанса [12].

**1. Микромагнитное моделирование**

Численный анализ динамики намагниченности исследуемой тонкой магнитной пленки с одноосной анизотропией выполнялся с помощью микромагнитного расчета ее 3D-модели. Рассматриваемый объект разбивался на одинаковые дискретные элементы (ячейки) в форме параллелепи-

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00086.

Уважаемые читатели!

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

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