

## **ЛОКАЛЬНАЯ ВЕКТОРНАЯ МАГНИТОМЕТРИЯ ПОВЕРХНОСТИ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В. С. Меркулов

Институт физики твердого тела и полупроводников НАН Беларуси, Минск, Беларусь

В последнее время в научных центрах, занимающихся разработкой новых магнитных носителей информации, проводятся интенсивные исследования доменной структуры и упорядочения магнитных материалов как на субмикронном, так и на наноуровне.

Для зондирования магнитных микроструктур в настоящее время используются следующие методы: метод магнитно-силовой микроскопии, магнитооптический метод, включая сканирующую магнитооптическую микроскопию ближнего поля, сканирующая SQUID-микроскопия, сканирующая Холл-микроскопия, порошковые методы, электронная микроскопия, нейтронографические методы. Представляет интерес для исследования как магнитных, так и немагнитных материалов разработка резонансных магнитосиловых методов. Теоретически показана возможность измерения магнитного резонанса (как от электронной спиновой подсистемы, так и ядерной) в процессе сканирования магнитным зондом. Показана принципиальная возможность получения трехмерных изображений атомного разрешения микронных образцов, а также структуры подповерхностных слоев материалов.

Следует отметить разные масштабы исследуемых магнитных структур. Размеры доменов в монокристаллах находятся, как правило, в микрометровом диапазоне, а тонкая структура доменных стенок и линейных неоднородностей – в нанометровом диапазоне. Одновременное исследование магнитных структур на микро- и наноуровне всегда представляло интерес и определенные трудности из-за использования разных методов. Различные рассматриваемые методы имеют различную разрешающую способность. Если традиционными магнитооптическими методиками можно исследовать структуры с пространственным разрешением, определяемым длиной волны используемого излучения (как правило, порядка долей мкм), то магнитно-силовая микроскопия и магнитооптическая микроскопия ближнего поля позволяют достигнуть нанометрового уровня разрешения.

При исследовании магнитомягких материалов магнитно-силовая микроскопия, приводит к нежелательному магнитному воздействию на магнитную структуру исследуемого образца, что ограничивает возможности метода. Влияние магнитного зонда на исследуемую доменную структуру может носить как обратимый, так и необратимый характер. Для минимизации такого воздействия на зонд наносится дополнительный немагнитный слой, который ограничивает минимальное расстояние магнитной части зонда до исследуемой поверхности, тем самым уменьшается максимальное значение магнитного поля рассеяния зонда в области образца.

При исследовании магнитомягких материалов важна взаимная дополнитель-

ность информации, получаемой различными методами, в частности магнитосиловым и магнитооптическим. Комбинирование этих методов позволяет получить распределение намагниченности, включая ее ориентацию, на поверхности магнитных кристаллов и ультратонких магнитных пленок в микрометровом и нанометровом диапазонах.

В связи с тем, что оптический контраст изображения в магнитооптическом микроскопе определяется магнитооптической добротностью (при исследовании на просвет с помощью эффекта Фарадея) или керровским вращением и эллиптичностью (при исследовании на отражение), ряд материалов с малым вращением трудно поддаются визуализации магнитооптическим методом. Часто используют тонкую пленку прозрачного феррита-граната с высокой добротностью для визуализации магнитных полей рассеяния изучаемого материала. Однако такой подход, как и магнитно-силовая микроскопия, приводит к нежелательному магнитному воздействию на исследуемый образец и ограничивает возможности методов при исследовании магнитомягких материалов. Разработанные прецизионные локальные методики измерения вращения плоскости поляризации света можно в полной мере реализовать только при использовании сканирующих методик, когда контраст формируемых изображений достигается компьютерной обработкой.

При традиционных измерениях магнитооптического эффекта Керра (МЭК) ориентация вектора намагниченности, как правило, известна и задается внешним магнитным полем. При изучении доменной структуры в отсутствие или в слабых внешних магнитных полях ориентация намагниченности в общем случае неизвестна и наблюдаемое вращение поляризации света является суперпозицией различных типов МЭК. В такой ситуации возникает вопрос о разделении вкладов в МЭК от различных компонент вектора намагниченности. Предлагаемая автором методика дает возможность разделить вклады и определить ориентацию и относительную величину вектора намагниченности на поверхности магнитного материала и тем самым осуществить локальную векторную магнитометрию поверхности образца.

## Литература

1. Hubert A., Schafer R.. Magnetic Domains. The Analysis of Magnetic Microstructures. Berlin-Heidelberg-New York: Springer, 1998.