

## Магнитно-силовая резонансная микроскопия

В.Л. Миронов

*Институт физики микроструктур РАН, 603950, Нижний Новгород, ГСП-105, РФ  
mironov@ipmras.ru http://mrfm.ipmras.ru/*

В докладе представлен обзор методов диагностики наноструктур на основе резонансных методик магнитной зондовой микроскопии. Рассматриваются магнитно-силовая микроскопия (МСМ), микроскопия вихревых токов (МВТ) и магнитно-резонансная силовая микроскопия (МРСМ). Обсуждаются применения этих методов для анализа токопроводящих свойств, магнитной структуры, а также спектров и пространственных мод резонансных колебаний намагниченности широкого круга планарных наноструктур.

## Magnetic force resonance microscopy

V.L. Mironov

*Institute for physics of microstructures RAS, 603950, Nizhny Novgorod, GSP-105, Russia*

We present review the methods for diagnostics of nanostructures based on resonant modes of magnetic probe microscopy. We consider magnetic force microscopy (MFM), eddy current microscopy (ECM) and magnetic resonance force microscopy (MRFM). The application of these methods for the analysis of conductive properties, magnetic structure, spectra and resonant spatial modes of magnetization oscillations for the wide range of nanostructures is discussed.

В магнитной зондовой микроскопии используется взаимодействие магнитного зонда с образцом. В магнитно-силовой микроскопии источником контраста является действующая на колеблющийся зонд сила, обусловленная неоднородностью магнитных полей рассеяния образца. В результате, регистрируя изменение амплитуды и фазы резонансных колебаний кантилевера, удается получать распределение МСМ контраста и анализировать доменную структуру намагниченности ферромагнетиков [1].

С другой стороны, колеблющийся магнитный зонд приводит к возникновению в исследуемом проводящем образце вихревых токов Фуко, которые, в свою очередь, создают магнитные поля, приводящие к демпфированию колебаний кантилевера. На этом принципе основана микроскопия вихревых токов. В качестве сигнала в МВТ регистрируется изменение амплитуды и добротности резонансных колебаний кантилевера над участками с различной проводимостью. Пространственное разрешение данного метода достигает 20 нм [2].

В последние годы получил развитие новый метод диагностики резонансных свойств ферромагнитных структур – магнитно-резонансная силовая микроскопия на основе явления ферромагнитного резонанса (ФМР). В МРСМ образец помещается в СВЧ поле, модулированное по амплитуде на частоте механического резонанса кантилевера. В результате амплитуда колебаний кантилевера становится пропорциональна амплитуде ФМР резонанса в образце. Данным методом удается регистрировать локальные спектры ФМР в магнитных наноструктурах и исследовать пространственные распределения резонансных колебаний намагниченности образцов [3].

Работы поддерживаются Российским Научным Фондом (проект № 16-12-10254).

1. D. Rugar, H.J. Mamin, P. Guethner, et al., *Journal of Applied Physics*, **68**, 1169 (1990).
2. S. Hirsekorn, U. Rabe, A. Boub, W. Arnold, *Surface and Interface Analysis*, **27**, 474 (1999).
3. O. Klein, G. de Loubens, V. V. Naletov, et al., *Physical Review B*, **78**, 144410 (2008).