

ственна лишь при низкой энергии (вблизи поверхности Ферми). Это должно приводить к анизотропии оптической проводимости и может быть проверено в экспериментах по сканирующей туннельной микроскопии. Причина заключается в зависимости взаимодействия Хунда от энергии возбуждений, что может иметь отношение к механизму сверхпроводимости.

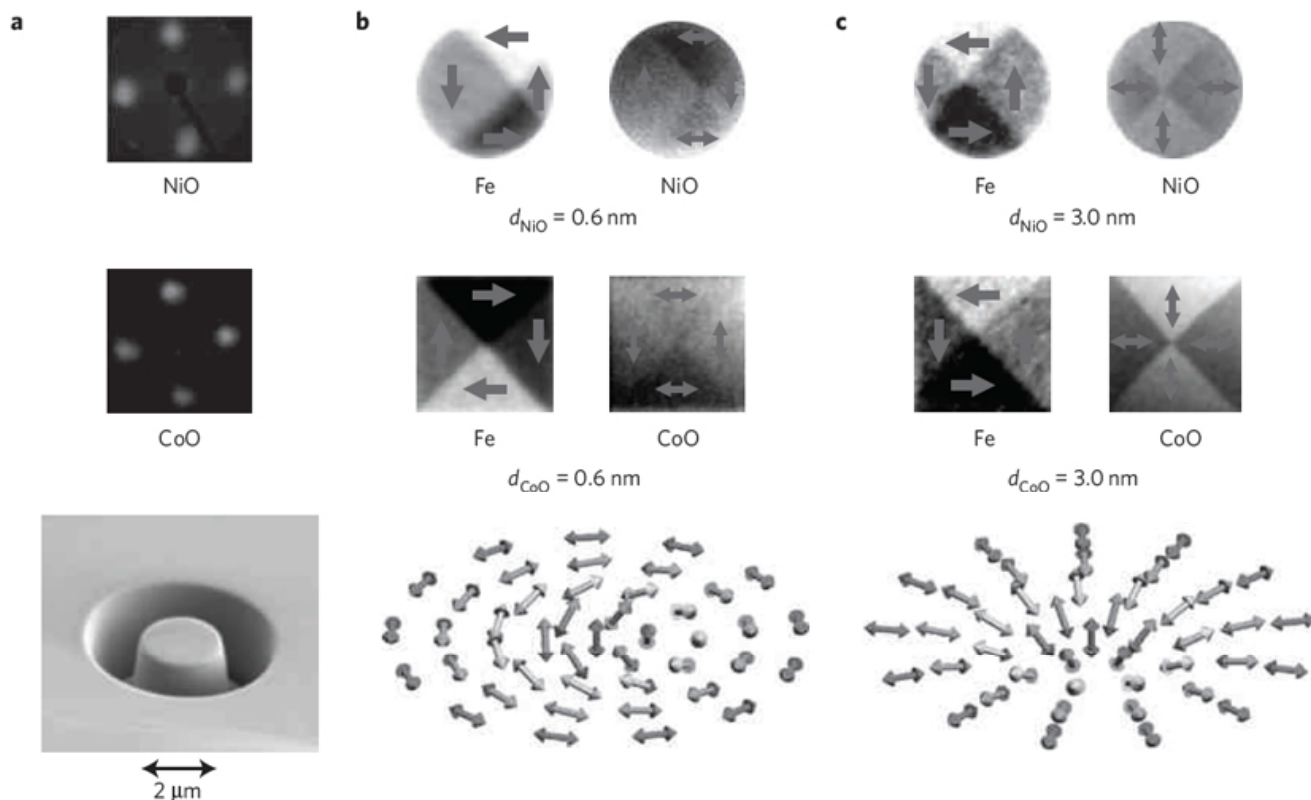
1. Z.P.Yin et al., *Nature Phys.* 7, 294 (2011).

## СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

### Прямое наблюдение антиферромагнитных вихрей в дисках Co/Fe/Ag (001)

В тонких ферромагнитных (ФМ) плёнках конечного размера магнитные вихри реализуют структуру скирмионов и характеризуются полярностью и числом намоток [1]. В антиферромагнитных (АФМ) дисках до сих пор вихри наблюдались косвенно за счет индуцированных в интерфейсе АФМ/ФМ упорядоченных ФМ спинов [2]. В недавней работе [3] сообщается о первом прямом наблюдении АФМ

вихрей в двухслойных структурах АФМ/ФМ. Плёнки Ni/Fe и CoO/Fe были получены методом молекулярно-лучевой эпитаксии на подложках Ag (001). Оси [110] NiO и CoO параллельны оси [100] Fe и [110] Ag. С помощью фокусированных ионных пучков были подготовлены диски с типичным диаметром ~2 мкм. Магнитные свойства измерялись методами рентгеновской магнитооптики: магнитный круговой дихроизм (XMCD) для ФМ Fe и магнитный линейный дихроизм (XMLD) для АФМ NiO (вблизи Ni L2 края) и CoO (вблизи Co L3 края) на синхротроне ALS в Lawrence Berkeley Nat Lab. (США). Исследование угловых зависимостей сигналов показало, что взаимная ориентация спинов в ФМ и АФМ зависит от толщины АФМ слоя. Для  $d_{CoO} = 0.6$  нм спины Co коллинеарны спином Fe, а для  $d_{CoO} = 3$  нм они взаимно перпендикулярны. Вблизи края поглощения NiO и CoO измерялись также спектры XMCD, отсутствие сигнала доказывает, что спектры линейного дихроизма действительно происходят от скомпенсированного АФМ слоя.



На рис. 1 показана элементно-чувствительная доменная структура как ФМ, так и АФМ слоёв, полученная на том же синхротроне методом фотоэлектронной электронно-лучевой микроскопии (РЕЕМ). Низкоэнергетическая электронная дифракция от NiO и CoO, а также электронномикроскопическое изображение самого диска показаны на рис. 1а. Для плёнок NiO и CoO толщиной 0.6 нм на рис. 1б показаны вращающиеся вихри в Fe и коллинеарные вихри в NiO и CoO. На рис. 1с для толщин CoO и NiO 3 нм показан вращающийся вихрь в слое ФМ и ортогональный к нему расходящийся вихрь с ради-

альным направлением спинов в АФМ слоях. Заметим, что подобный расходящийся вихрь не может существовать в ФМ слое, поскольку он индуцирует статические магнитные заряды. В скомпенсированном АФМ проблемы нет, ибо каждая подрешётка индуцирует заряды противоположных знаков, которые взаимно сокращаются.

С.Овчинников

1. O.A.Tretiakov et al., *Phys. Rev. B* 75, 012408 (2007).
2. J.Sort et al., *Phys. Rev. Lett.* 97, 067201 (2006).
3. J.Wu et al., *Nature Physics* 7, 303 (2011).