

# Магнитное состояние и спиновый транспорт в эпитаксиальных гетероструктурах манганит / рутенат

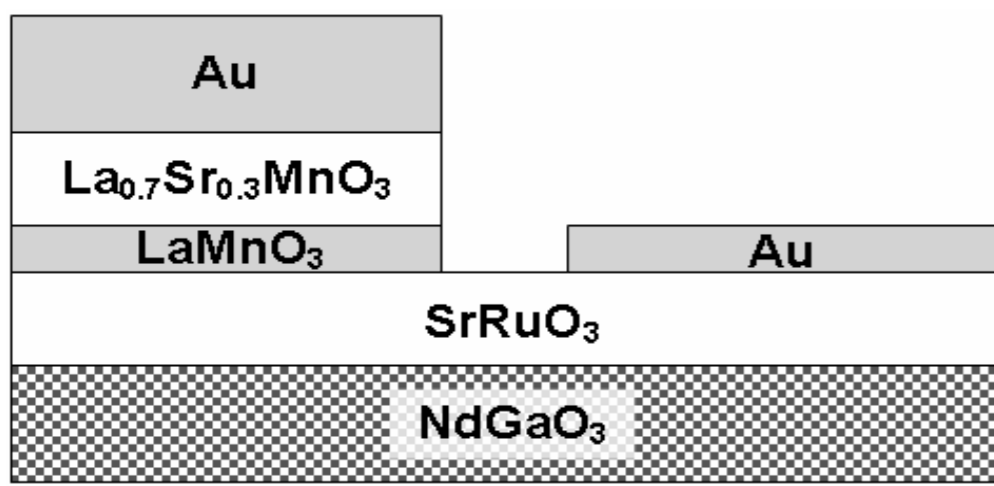
А.М. Петржик<sup>1</sup>, Ю. Хайдуков<sup>3</sup>, Г.А. Овсянников<sup>1,2</sup>, А.В. Шадрин<sup>1,2</sup> и Л. Мустафа<sup>3</sup>

1. ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, Москва, Россия; 2. Чалмерский технологический университет, Гетеборг, Швеция; 3. Институт исследования твёрдых тел общества Макса Планка, Штутгарт, Германия

## Цель работы

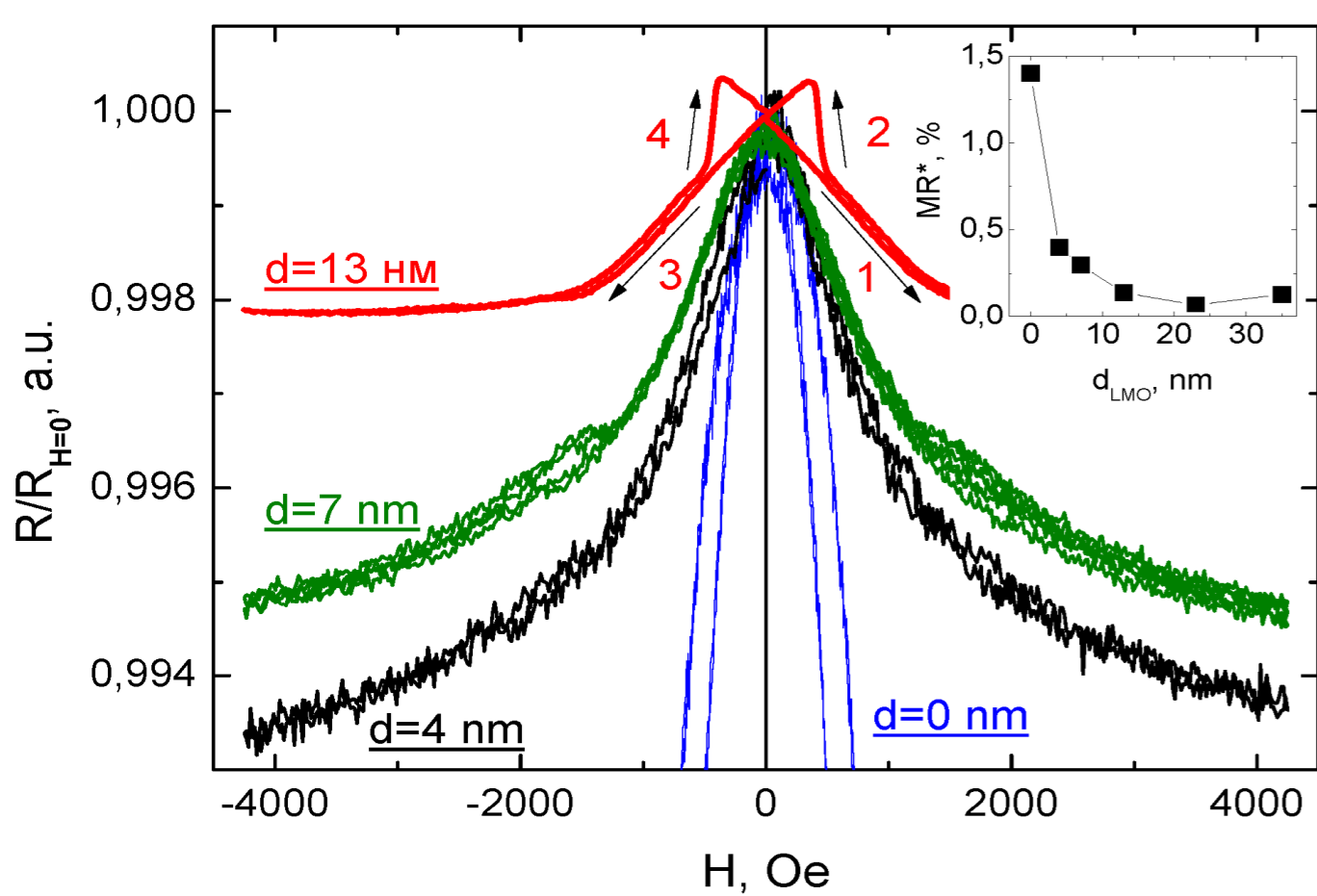
Выяснить роль прослойки  $\text{LaMnO}_3$  в туннельном контакте FM1-I-FM2, который возможно применять, например, в энергонезависимой магнитной памяти. Согласно [1] это позволит уменьшить мёртвый слой и улучшить качество границы по сравнению с традиционным  $\text{SrTiO}_3$ .

## Экспериментальные образцы

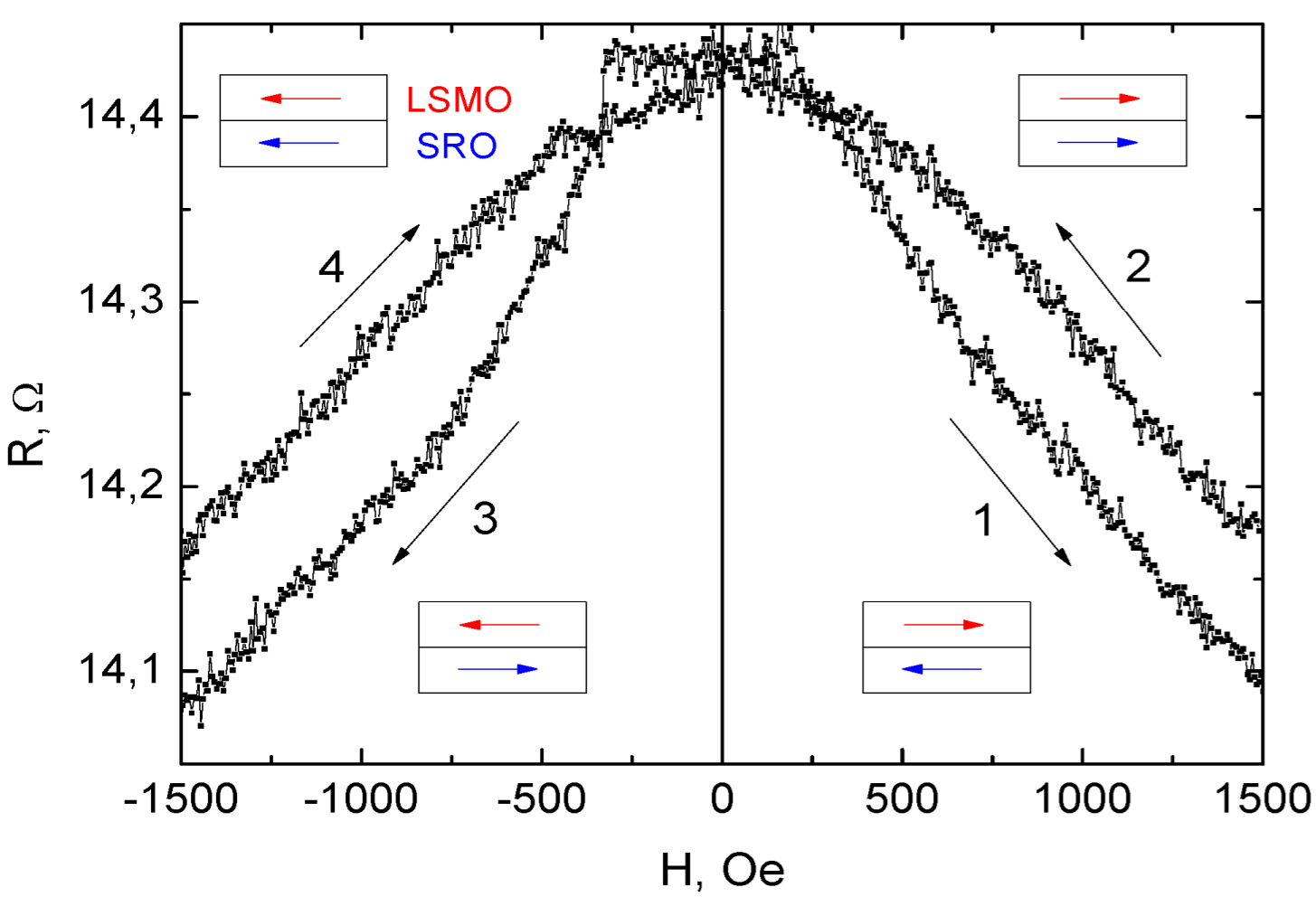


Лазерным напылением и последующим травлением создан туннельный переход FM1-I-FM2, где F1 -  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  (LSMO), I -  $\text{LaMnO}_3$  (LMO), FM2 -  $\text{SrRuO}_3$  (SRO). Слои LSMO и SRO в приграничной области AF при  $H=0$  и FM при  $H \neq 0 \Rightarrow$  возникает TMR. Толщина "разделяющего" слоя LMO, регулирующего связь между двумя ферромагнетиками  $d_{\text{LMO}} = 0 \dots 35 \text{ нм}$ .

## Магнитосопротивление



Кривые магнитосопротивления меза-структуры с толщинами  $d_{\text{LMO}} = 0, 4, 7, 13 \text{ нм}$  при  $T = 4.2 \text{ К}$ . На вставке  $\text{MR}^*(d_{\text{LMO}})$ ,  $\text{MR}^* = (R_{H=0} - R_{H=0.1 \text{ Тл}}) / R_{H=0}$ .



Магнитосопротивление  $R(H)$  для меза-структуры без LMO прослойки ( $d_{\text{LMO}} = 0$ ).

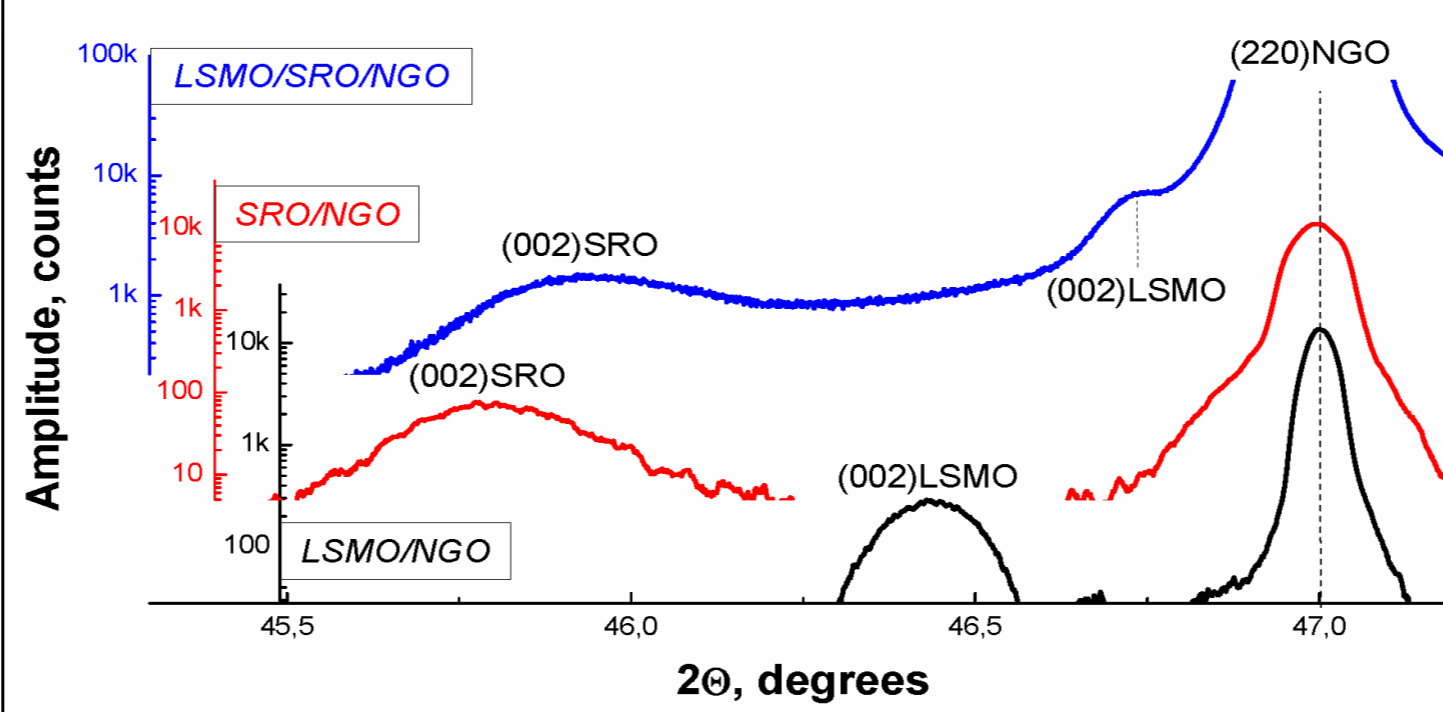
## Выводы

- С помощью нейтронных исследований в прослойке  $\text{LaMnO}_3$  толщиной 14 нм обнаружен магнитный момент в плоскости подложки при  $T < 150 \text{ К}$ .
- СКВИДом экспериментально наблюдается снижение намагниченности при уменьшении температуры ниже 100 К в структуре LSMO/LMO/SRO/NGO.
- Магнитосопротивление меза-структуры LSMO/LMO/SRO/NGO уменьшается с увеличением толщины прослойки LMO, однако при толщине прослойки в 13 нм наблюдается гистерезис по магнитному полю в полях порядка сотен Эрстед. В отсутствие LMO прослойки зависимость  $R(H)$  имеет иной вид: наблюдается магнитосопротивление, вызванное отрицательной намагниченностью SRO пленки.

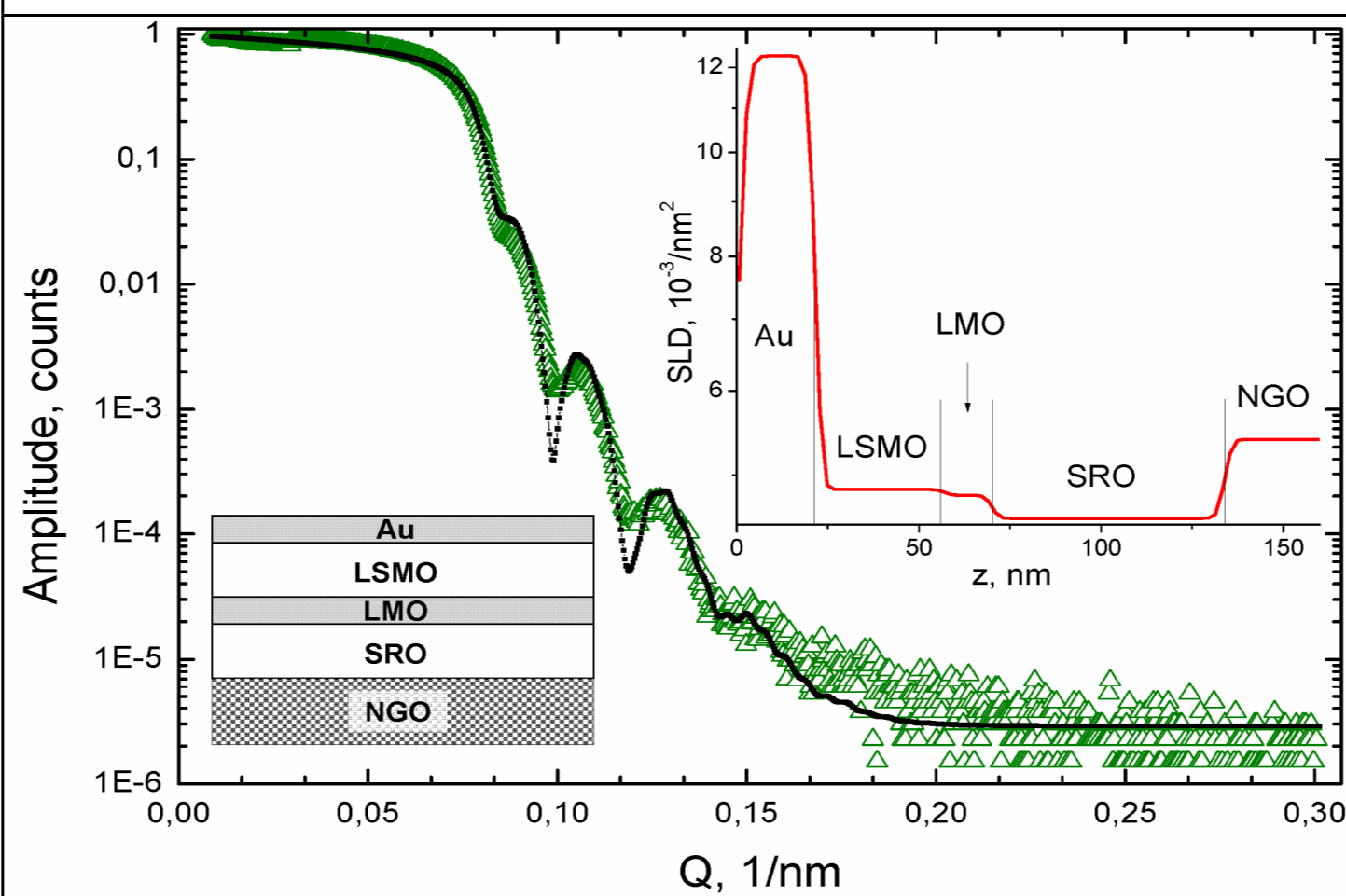
## Литература

- S. Yunoki, E. Dagotto, S. Costamagna and J. A. Riera Phys. Rev B 78, 024405 (2008);
- A. Gukasov, Physica B 267-268(1999) 97-105.

## Рентген

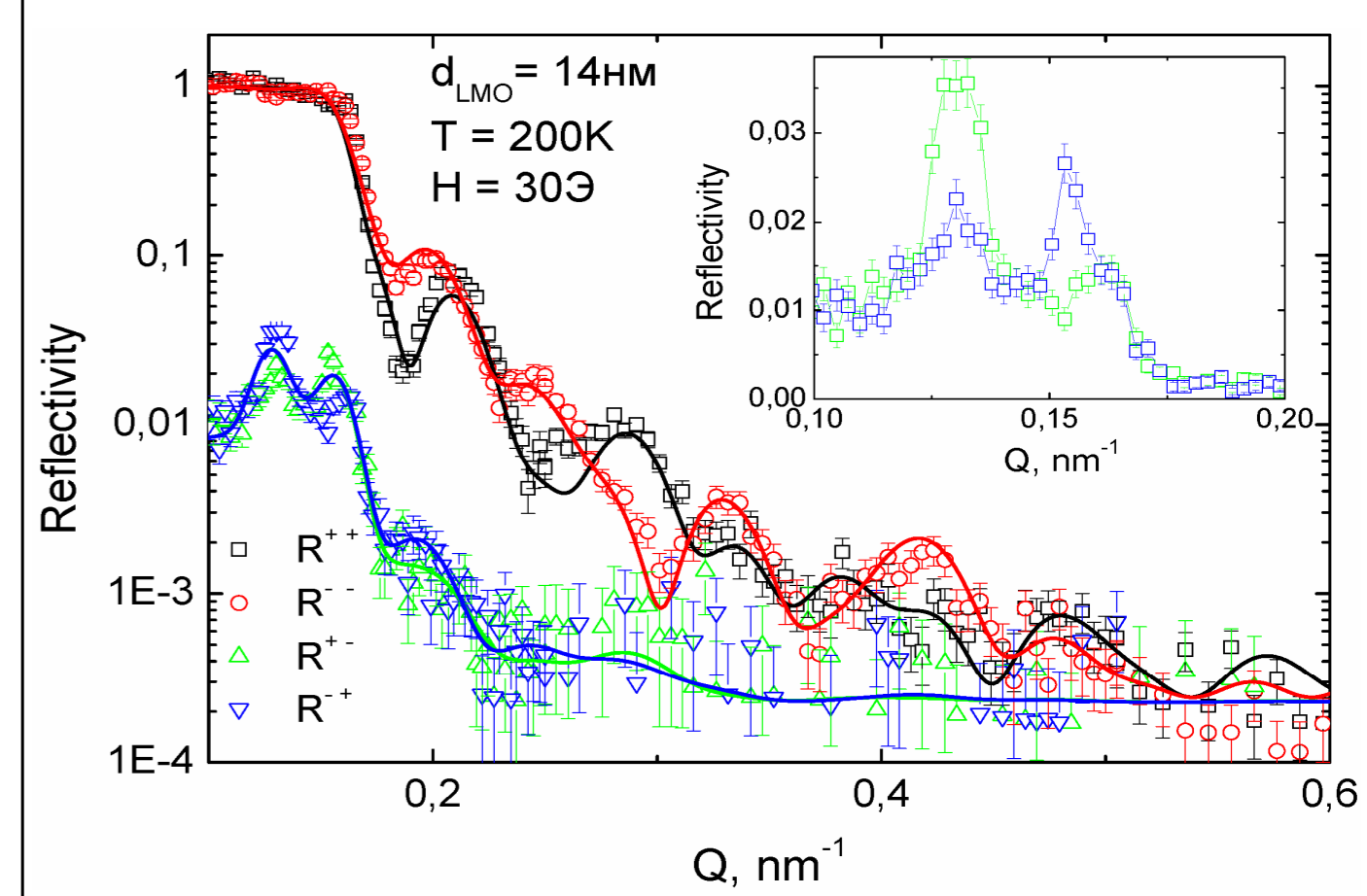


Рентгеновские дифрактограммы в режиме берегового отражения для гетероструктуры LSMO/LMO/SRO, автономных SRO и LSMO плёнок. Подложка (110)NGO.

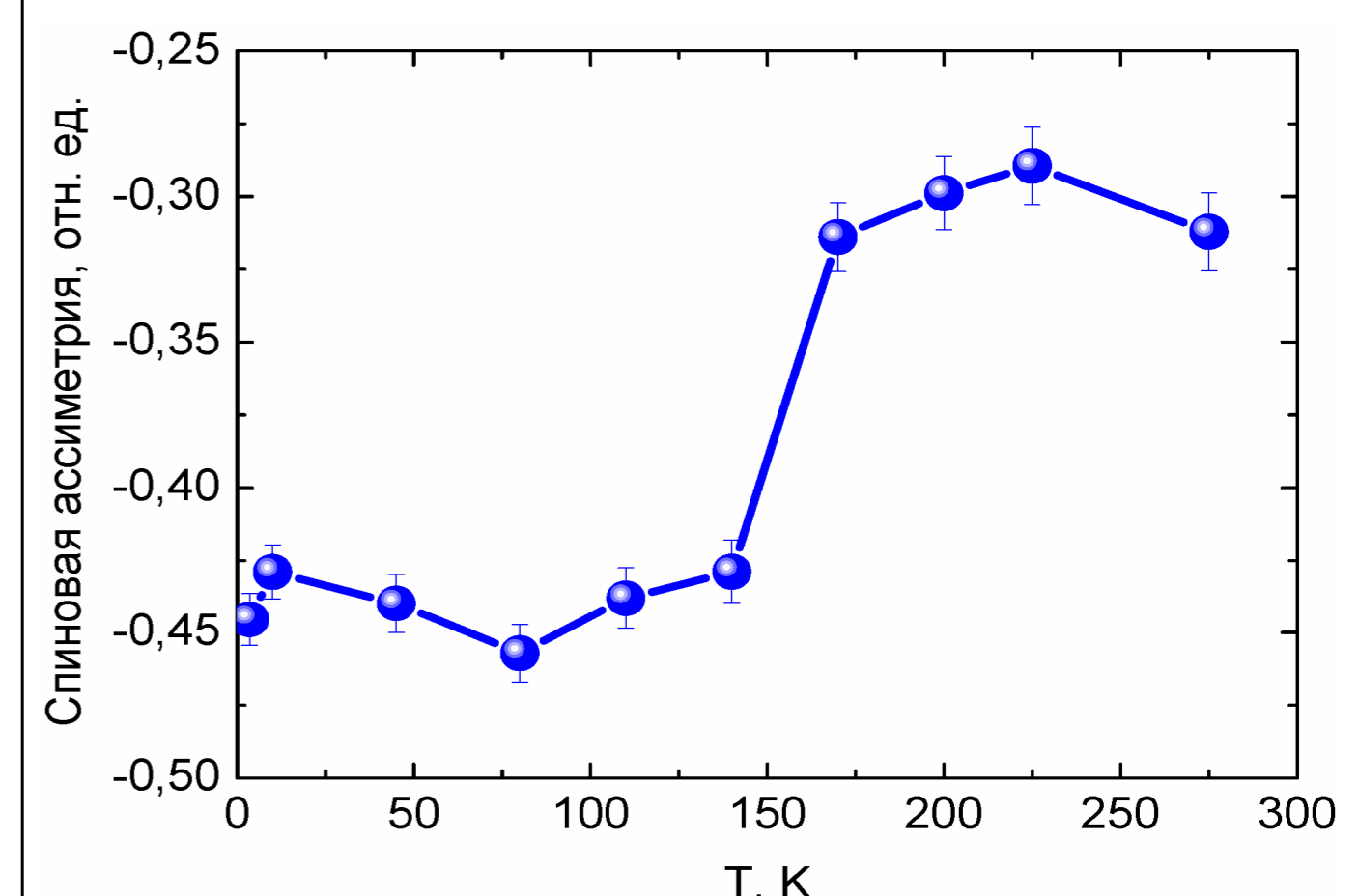


Зависимость кривых малоуглового рентгеновского отражения для гетероструктуры LSMO/LMO/SRO с  $d_{\text{LMO}} = 13 \text{ нм}$  от вектора  $Q$ . Треугольники – эксперимент, точки - теоретическая зависимость, предполагающая следующие толщины Au/LSMO/LMO/SRO: 21/36/13/64 нм соответственно. На вставке показан профиль плотности длины рассеяния (scattering length density - SLD) от  $Q$ -вектора.

## Поляризованные нейтроны

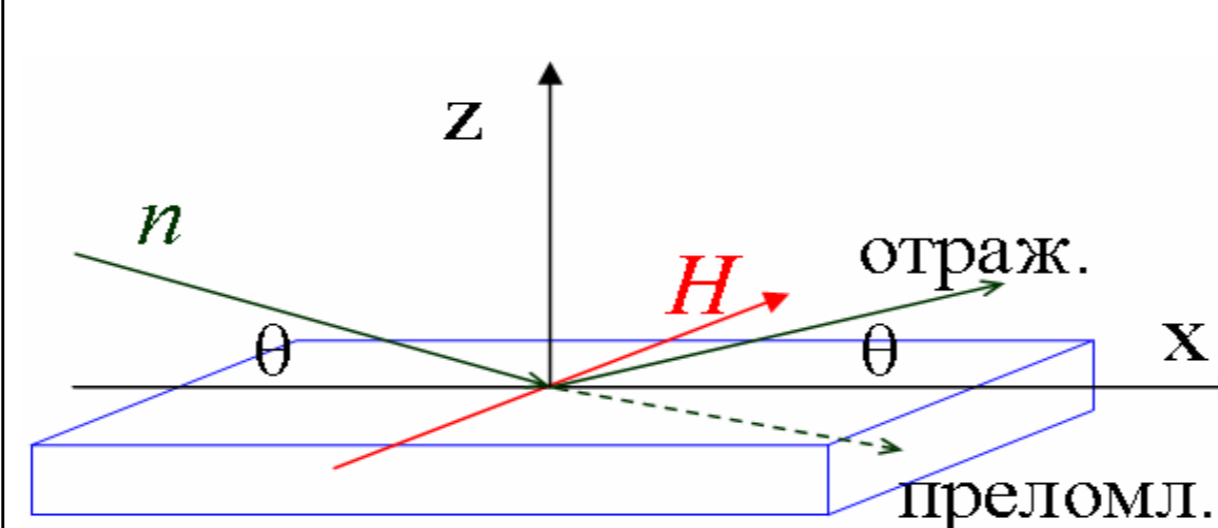


Гетероструктура с 14 нм LMO. Расчёт даёт:  $4\pi M_{\text{LSMO}} = 5 \pm 0.03 \text{ кГс}$  ( $2.7 \mu\text{B}/\text{Mn}$ ),  $\alpha_{\text{easy axis}} = 10^\circ$ .



Увеличение спиновой асимметрии  $\text{SA} = (R^{++} - R^{--}) / (R^{++} + R^{--})$  ниже 150 К предположительно вызвано появлением магнитного момента в LMO прослойке:  $4\pi M_{\text{LMO}} = 4.2 \text{ кГс}$  ( $2.4 \mu\text{B}/\text{Mn}$ ) при 10 К. Нейтронные измерения были проведены на рефлектометре NREX. реактора ФРМ-II.

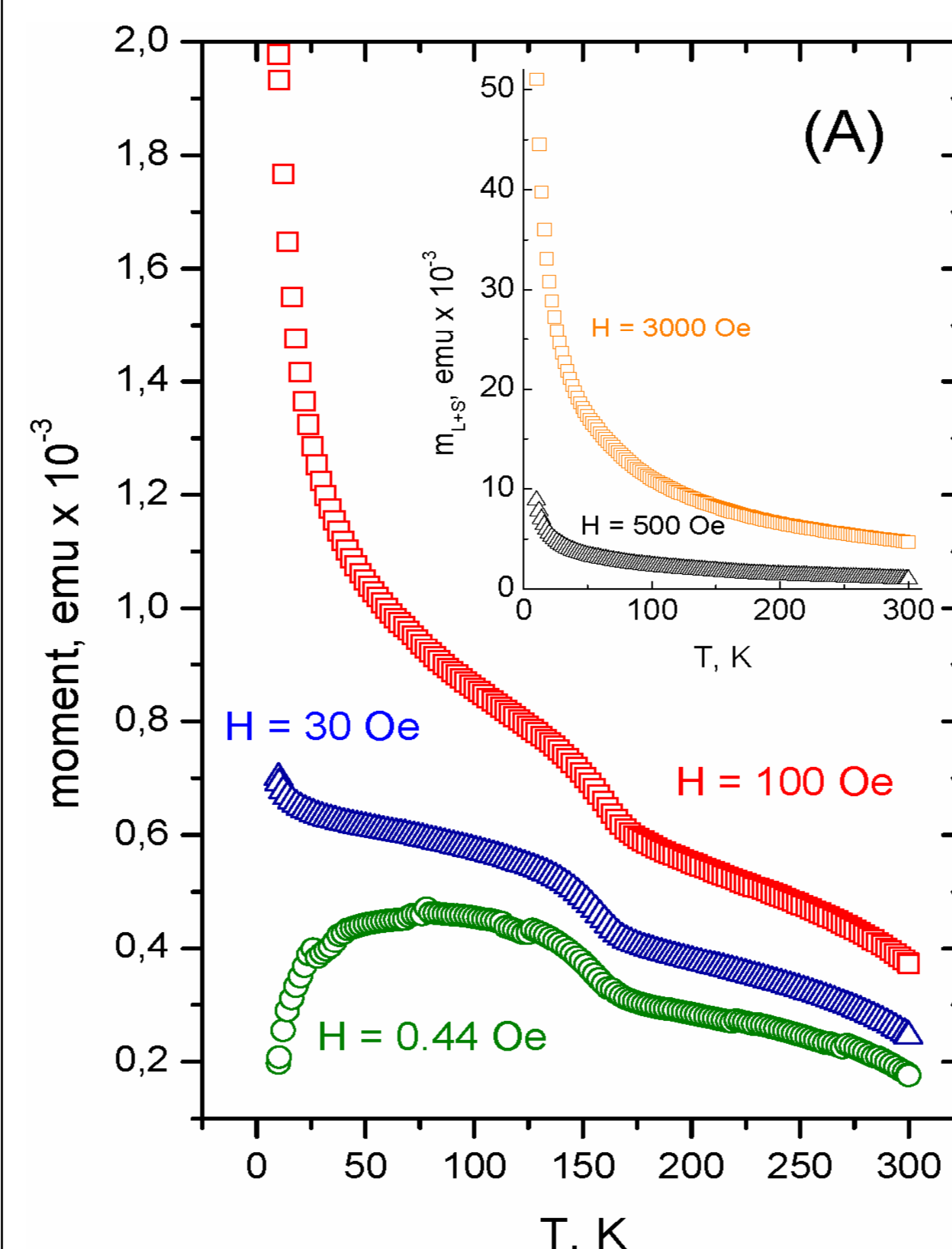
## Методика нейтронного эксперимента



Вектор рассеяния  $|\vec{q}| = |\vec{k}_{\text{отраж}} - \vec{k}_{\text{пад}}| = \frac{4\pi}{\lambda} \sin \theta$   
 Коэффициент преломления  $n = \sqrt{1 - \frac{\lambda^2}{\pi} Nb}$   
 N - атомная плотность, b - ядерная длина рассеяния

Кривые рассеяния "Reflectivity"  
 $R^{++} \sim |\text{SLD}(z) + M_{\parallel}(z)|$   
 $R^{--} \sim |\text{SLD}(z) - M_{\parallel}(z)|$   
 $\text{SA} \sim M_{\parallel}(z)$   
 $R^+ \sim R^- \sim M_{\perp}(z)$   
 ++, --, +-, -+ - знаки проекции нейтрона на внешнее поле до и после рассеяния.

## СКВИД измерения



(A) Магнитный момент в плоскости подложки в зависимости от температуры для гетероструктуры LSMO/LMO/SRO/NGO с  $d_{\text{LMO}} = 14 \text{ нм}$ . Считая, что при 3000 Э вклад от парамагнитной NGO сильно выше вклада от плёнок, можно определить магнитный момент плёнок (см. рисунок C). (B) Магнитный момент в плоскости подложки в зависимости от магнитного поля для гетероструктуры LSMO/LMO/SRO/NGO с  $d_{\text{LMO}} = 14 \text{ нм}$  при 10 и 300 К.

