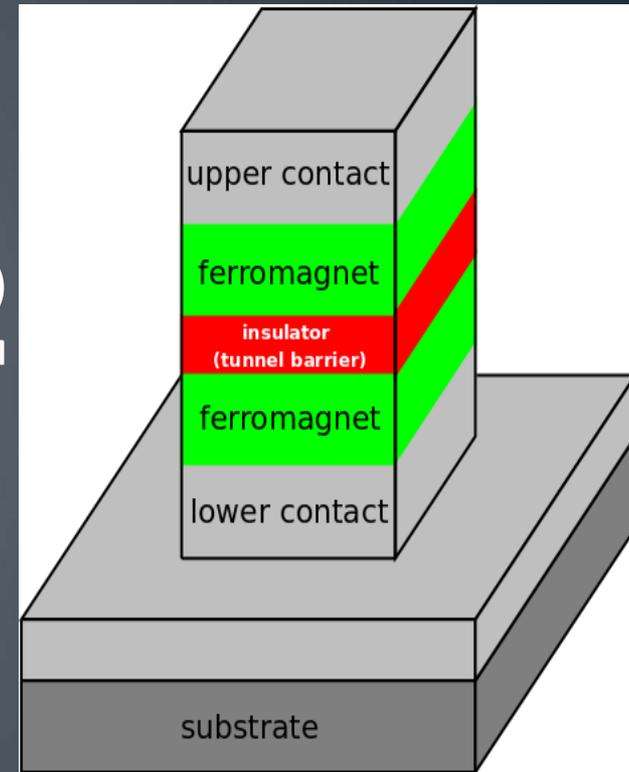


Структура и магнетизм многослойных наносистем Fe/MgO/Fe

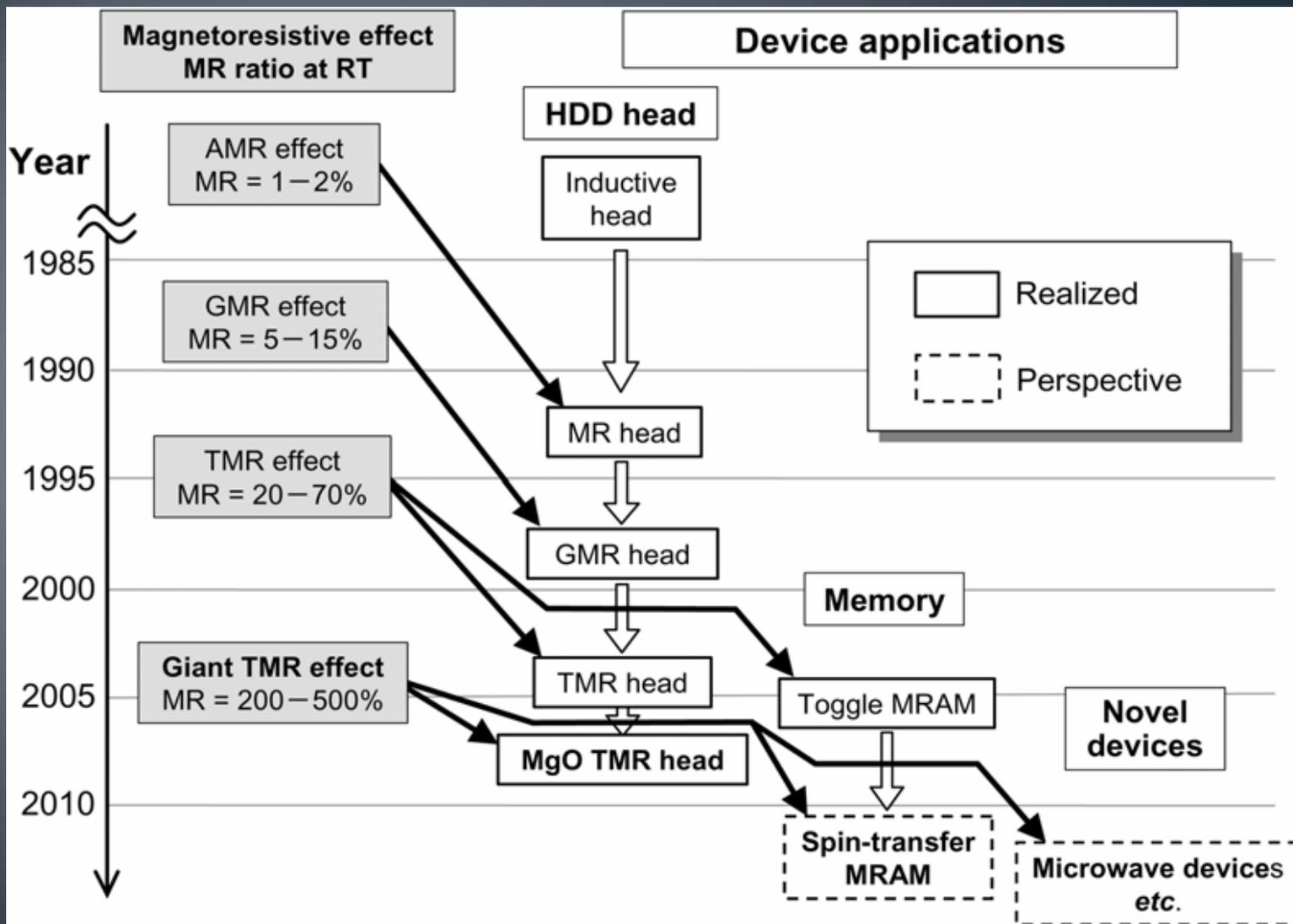
Е. М. Якунина
ИФМ
Екатеринбург

Мотивация

- ❖ Пленочные наноструктуры, состоящие из чередующихся слоев ферромагнитного и „немагнитного“ материалов;
- ❖ перспективные материалами для микро- и наноэлектроники;
- ❖ эффект гигантского магнитосопротивления (ГМС) (значительное уменьшение электросопротивления при наложении магнитного поля);
- ❖ физическая природа ГМС связана с зависимостью рассеяния электронов проводимости от направления спина;
- ❖ 2 случая взаимной ориентации магнитных моментов соседних ФМ слоев: параллельной и антипараллельной;

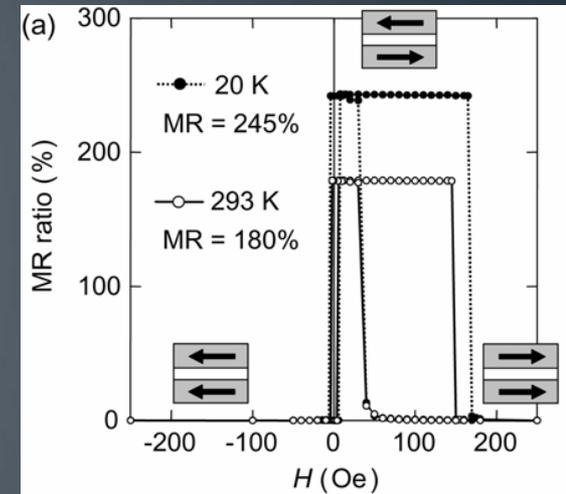
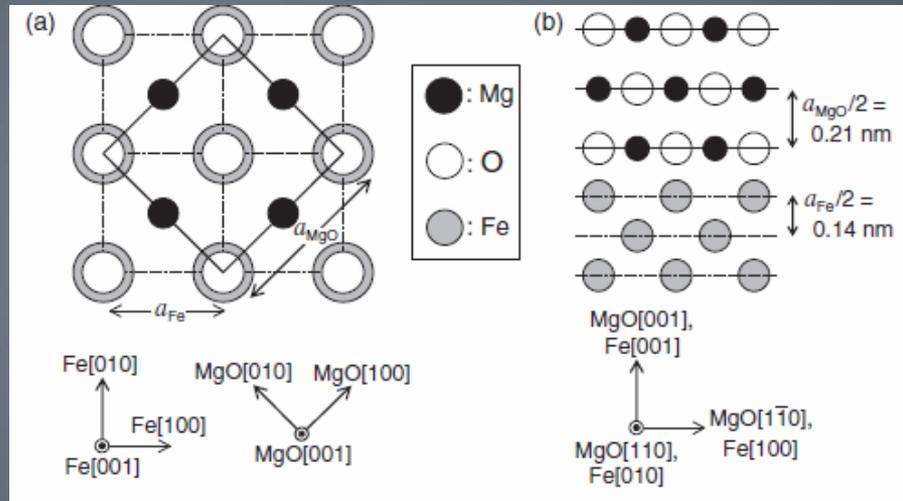


Мотивация



Условия, необходимые для реализации эффекта ГТМС

Эпитаксиальное соотношение (001)Fe/(001)MgO. Структуры повернуты друг относительно друга на 45°. Параметры решётки $\sqrt{2}$ MgO в раз больше параметров решётки Fe (a) вид сверху (b) боковое сечение



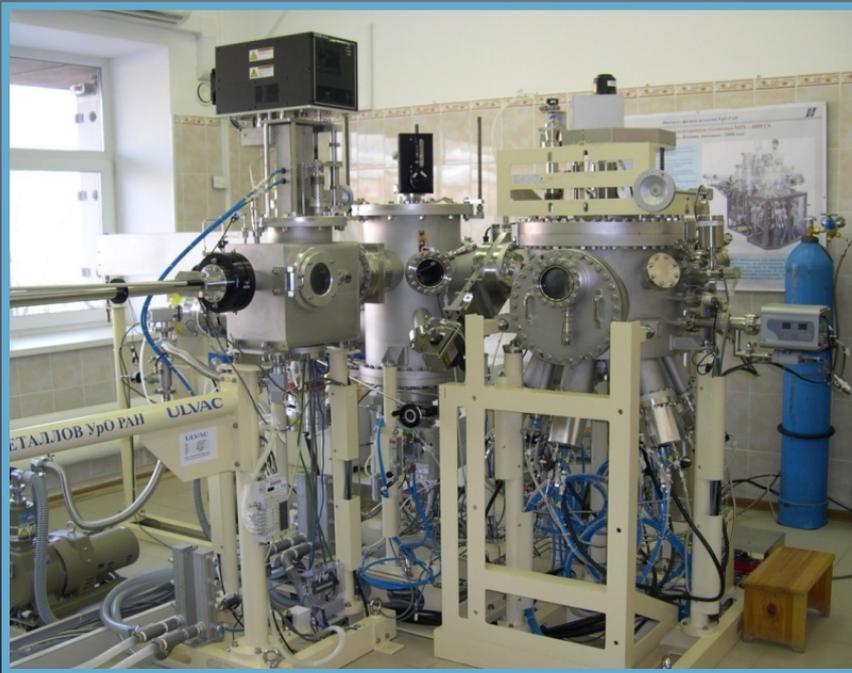
- Антипараллельное упорядочение магнитных моментов
- Наличие текстуры 001 в диэлектрической прослойке MgO;
- Высокое качество синтезируемых многослойных наноструктур (наличие резких межслойных границ, отсутствие перемешивания слоёв);

Способы получения АФ упорядочения магнитных моментов в многослойных структурах



Исследуемые структуры

- Способ получения структур Fe/MgO/Fe: высоковакуумное магнетронное распыление (ULVAC MPS-4000-C6)
- Fe(200 Å)/MgO(**t** Å)/Fe(50 Å)/Ta(50 Å)
- $t_{\text{MgO}} = 15..25 \text{ \AA}$
- **Отжиг** $T = 180^\circ\text{C}..450^\circ\text{C}$
- **Подложки** MgO (100) (Перед напылением, отжигались в камере Me при 450°C)

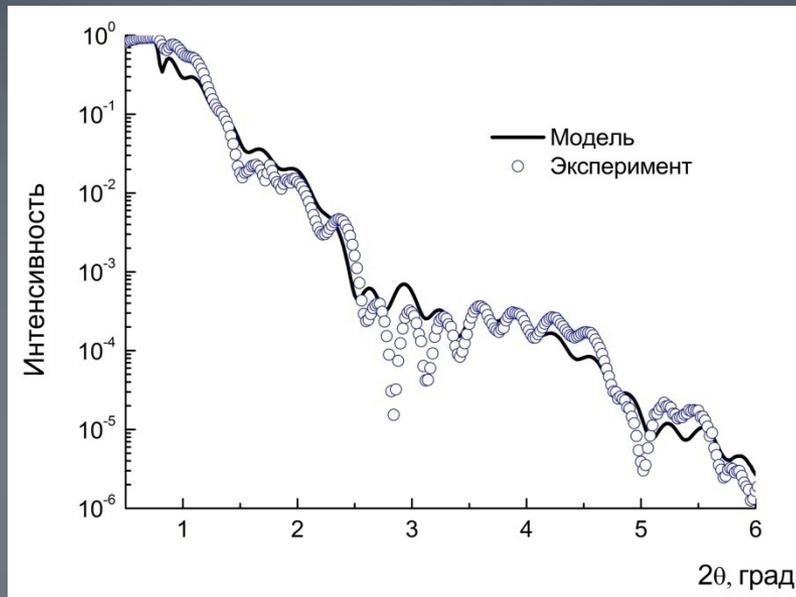


Давление остаточных газов:
В камере металлов – 10^{-7} Па
в камере MgO - 10^{-6} Па

Скорости роста, Å/мин
MgO (**7,08**), Fe (**25,3**), Ta (**24,4**)

Структурные свойства

Рентгеновский дифрактометр ДРОН-3М

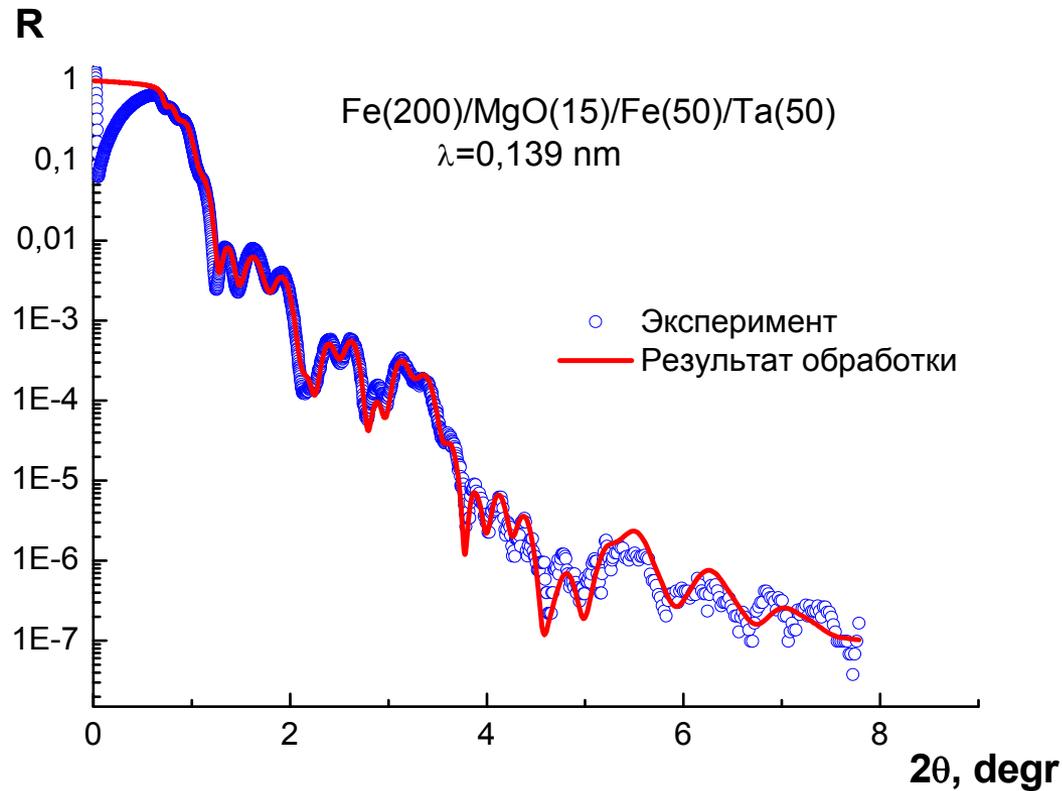


Структурные параметры образца Fe(200Å)/MgO(25Å)/Fe(50Å)/Ta(50Å), полученные по результатам обработки рентгеновских данных.

Материал слоя	Толщина слоёв, Å	Межслойная шероховатость, Å
Fe (нижний слой)	196 ± 1	3 ± 1
MgO	24 ± 1	3 ± 1
Fe (верхний слой)	48 ± 1	3 ± 1
Ta	40 ± 1	4 ± 1

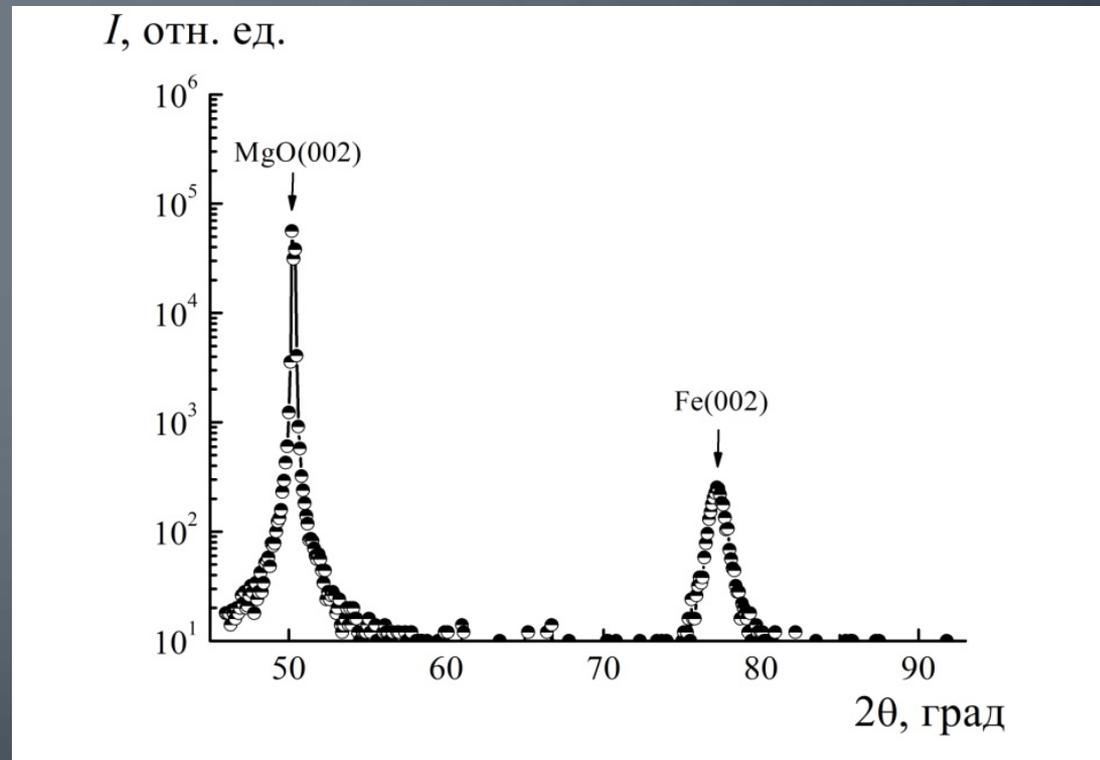
Структурные свойства

Рентгеновская аналитическая система CompleXRAY REFLECT C6
(ФИАН, г. Москва)



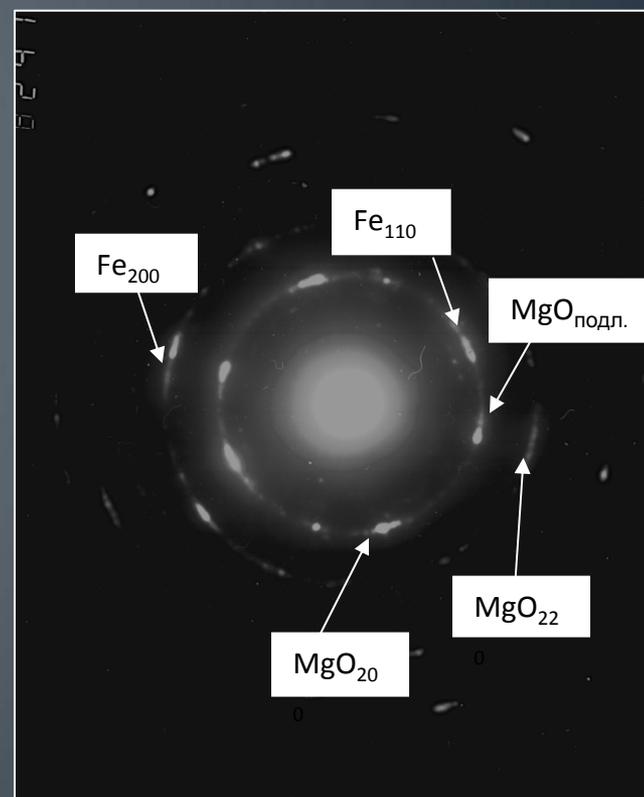
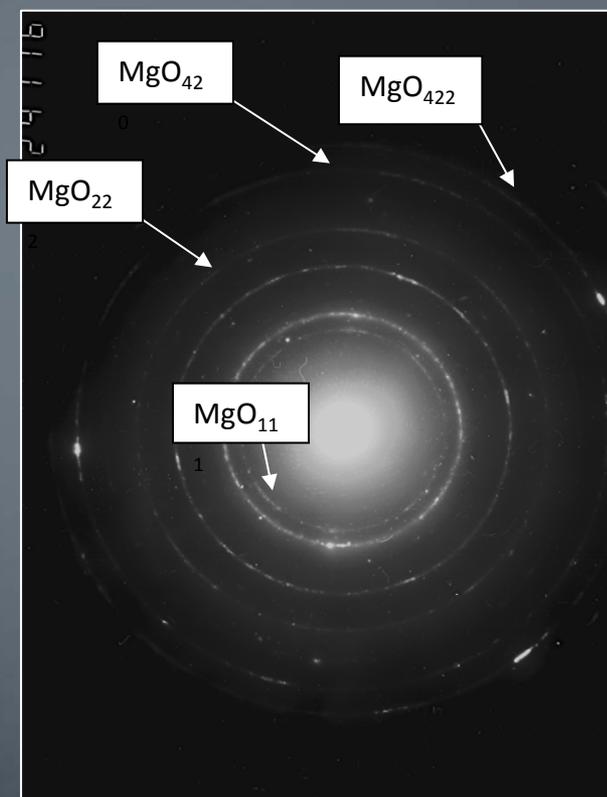
Структурные свойства

- Рентгеновский дифрактометр ДРОН-3М (ИФМ, Екатеринбург)
- Наличие слоистой структуры
- Постоянная решётки оцк Fe - 2.86 \AA , расчётная - $2,87 \text{ \AA}$
- Корреляционная длина $L=108 \text{ \AA}$, значение L близко по значению к средней толщине слоёв Fe



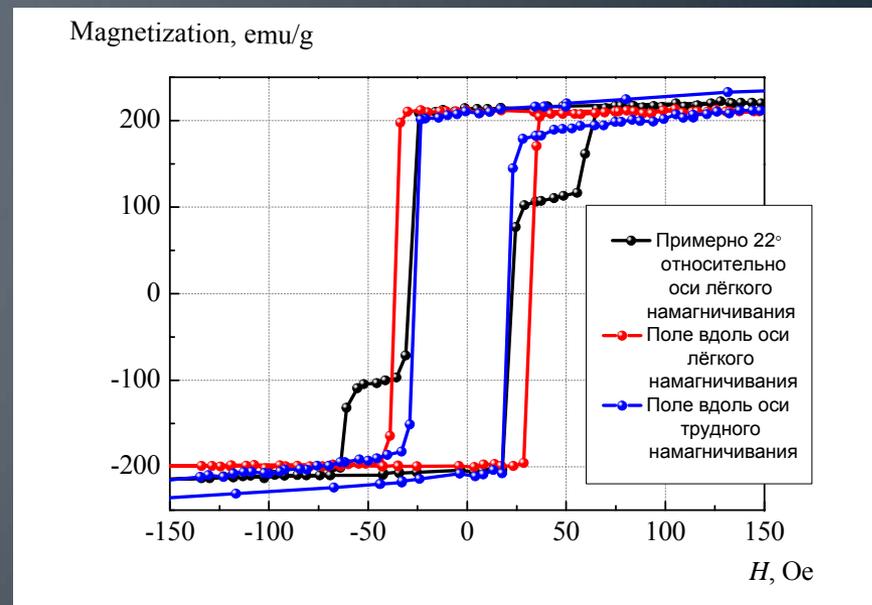
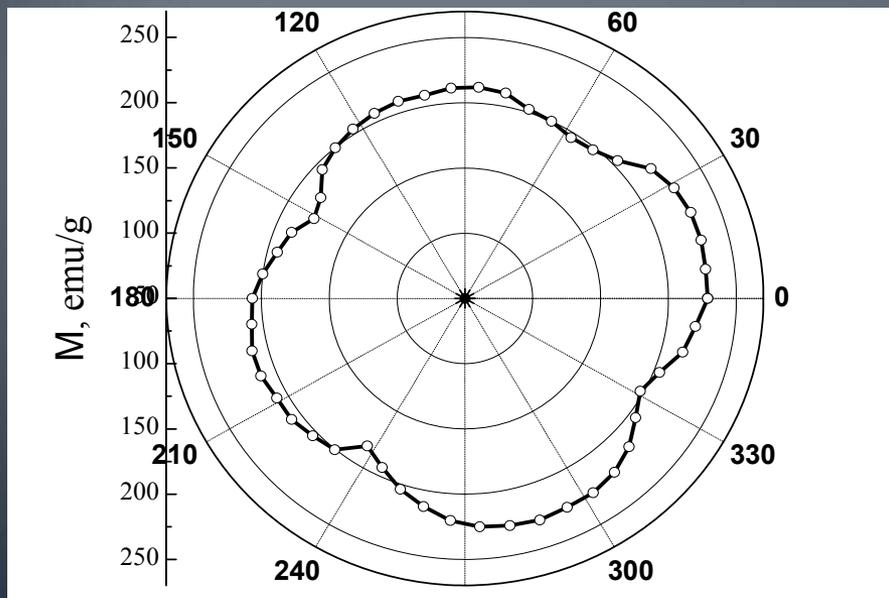
Структурные свойства

- Просвечивающий электронный микроскоп JEM-200СХ (ИФМ, Екатеринбург)
- Аксиальная текстура MgO[001]



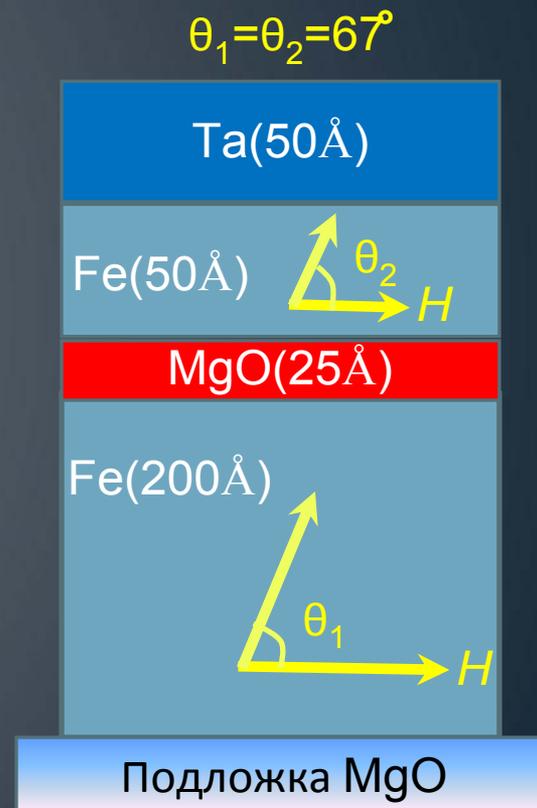
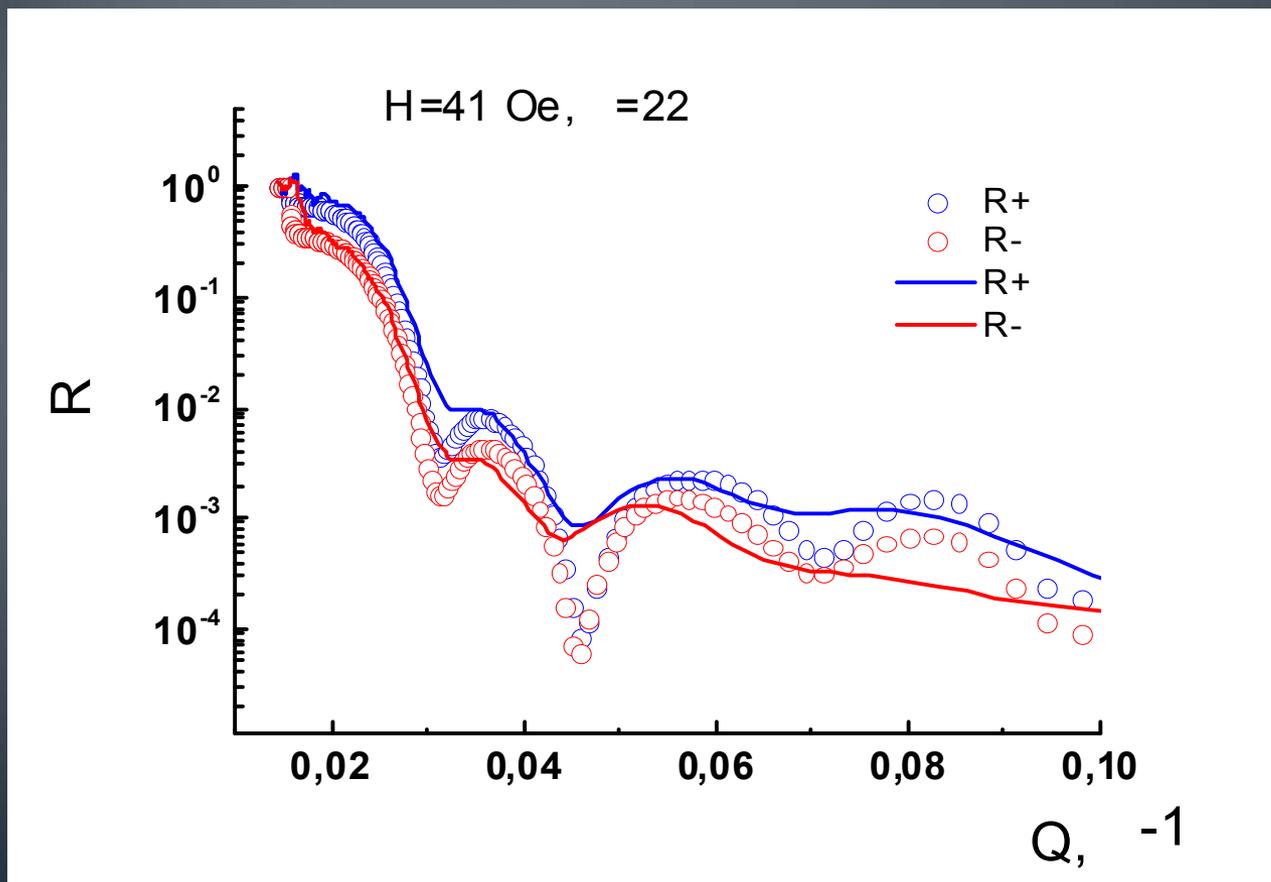
Магнитные свойства

- ❖ Магнитокристаллическая анизотропия четвёртого порядка
- ❖ Различное магнитное поведение при измерениях в лёгкой оси намагничивания и при повороте образца на 22°



Нейтронные данные

REFLEX – поляризационный нейтронный рефлектометр, (ЛНФ, ОИЯИ, г. Дубна)
(λ : 0.7-10 Å, Q : 0.003 - 0.2 Å⁻¹)



Заключение

- 1) Синтезирована серия структур Fe/MgO/Fe с диапазоном толщин слоёв MgO от 15 Å до 25 Å;
- 2) Реализация хорошего качества слоистой структуры;
- 3) формирование магнитокристаллической анизотропии четвёртого порядка;
- 4) наличие текстуры 001 в диэлектрической прослойке MgO и в слоях Fe;
- 5) Для создания систем с эффектом ГТМС необходимо синтезировать системы с дополнительным АФ слоем

Благодарности

1. Боднарчук Виктор Иванович (ОИЯИ ЛНФ, г Дубна)
2. Турьянский Александр Георгиевич (ФИАН, г. Москва)
3. Кравцов Евгений (ИФМ, Екатеринбург)
4. Устинов Владимир Васильевич (ИФМ, Екатеринбург)
5. Криницина Татьяна Павловна (ИФМ, Екатеринбург)
6. Проглядю Вячеслав Викторович (ИФМ, Екатеринбург)

Спасибо за внимание!

В докладе были использованы материалы статей:

[1] M. N. Baibich, J. M. Broto, A. Fert, F. Nguyen Van Dau, F. Petroff, P. Etienne, G. Creuzet, A. Friederich, and J. Chazelas, Giant Magnetoresistance of (001)Fe/(001)Cr Magnetic Superlattices, Physical review letters, November 1988

[2] S. Yuasa and D. D. Djayaprawira, Giant tunnel magnetoresistance in magnetic tunnel junctions with a crystalline MgO(001) barrier, Journal of physics D: Applied physics, October 2007

Нейтронные данные

