

**Аспирант 1 года обучения Меренцова Кристина Александровна  
лаборатории нанокompозитных мультиферроиков**

**Научный руководитель** – д.ф.-м.н. Носов Александр Павлович

**Специальность** 01.04.07 – физика конденсированного состояния

**Тема работы** – Спин-зависящие явления в тонких плёнках гематита

**Задача текущего года**

Введение в тему исследуемого вопроса. Знакомство с методиками получения и обработки данных.

**Результаты, полученные в текущем году**

Данные о магнитных свойствах плёнок гематита толщиной 100 и 130 нм на с- $Al_2O_3$  полученных магнетронным распылением и термообработанных на воздухе. По результатам рентгеноструктурного анализа можно говорить что плёнки термообработанные при 400 – 700<sup>0</sup>С являются кристаллографически совершенными.

**Аспирант 1 года обучения Меренцова Кристина Александровна  
лаборатории нанокompозитных мультиферроиков**

## Публикации

### Статьи

1. Low-frequency resonance in laminated FeGa-FeCoGa/Metglas/PZT structures / A. P. Nosov, I. V. Gribov, N. A. Moskvina, A. V. Druzhinin, S. S. Dubinin, V. V. Izyurov, K. A. Merentsova, and M. S. Artemiev // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. – 2021. – Iss. 5. – P. 15–23. – DOI: 10.17804/2410-9908.2021.5.015-023.

**Аспирант 1 года обучения Меренцова Кристина Александровна  
лаборатории нанокompозитных мультиферроиков**

**Экзамены**

**Экзамен по философии**

Июнь 2023

**Экзамен по иностранному языку**

Сдан – «Хорошо»

**Экзамен по специальности 01.04.07**

-

**Участие в грантах**

-

**Степень участия**

**Выступления на конференциях**

Сделано докладов

устных – 0

стендовых – 0

**Аспирант 1 года обучения Меренцова Кристина Александровна**  
**лаборатории нанокompозитных мультиферроиков**

**Таблица показателей**

Показатель	Баллы	Кол-во	Сумма
публикации в изданиях ВАК (вышедшие из печати)	20	0	0
публикации в изданиях ВАК (принятые в печать)	5	0	0
свидетельство о программах для ЭВМ, зарегистрированных в установленном порядке	20	0	0
патент	20	0	0
соавторство в монографии	5	0	0
оформленное ноу-хау	5	0	0
публикации в других изданиях (не тезисы)	2	1	2
тезисы доклада на международной конференции	5	0	0
тезисы доклада на российской конференции	3	0	0
участие в конференции с устным докладом	2	0	0
участие в конференции со стендовым докладом	1	0	0
сданный на «отлично» кандидатский экзамен	20	0	0
сданный на «хорошо» кандидатский экзамен	15	1	15
сданный на «удовлетворительно» кандидатский экзамен	10	0	0
участие в грантах в качестве: исполнителя	5	0	0
участие в грантах в качестве: руководителя	10	0	0
Общая сумма			4 17

**Аспирант 1 года обучения Меренцова Кристина Александровна  
лаборатории нанокompозитных мультиферроиков**

**ТЕПЕРЬ О НАУКЕ**

### Цель:

Получение тонких плёнок  $Fe_2O_3$  на монокристаллических пластинах с-сапфира (с –  $Al_2O_3$ ) и исследование их свойств.

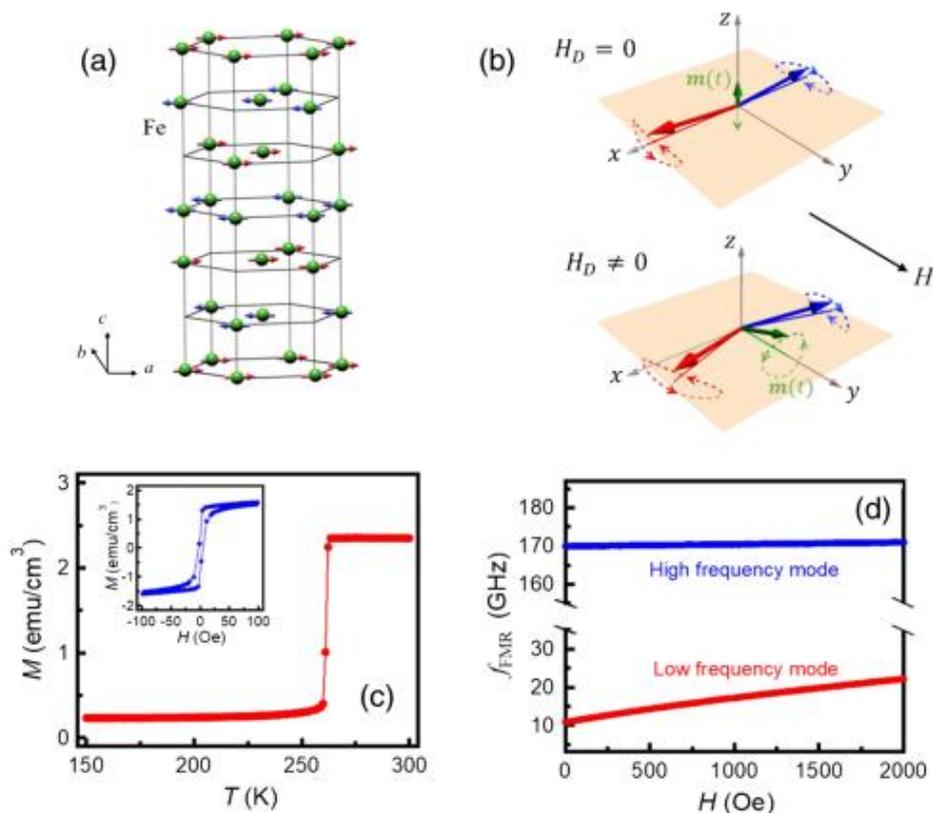
### Фундаментальный интерес:

Исследование статических и динамических свойств в зависимости от толщины плёнки.

### Практическое применение:

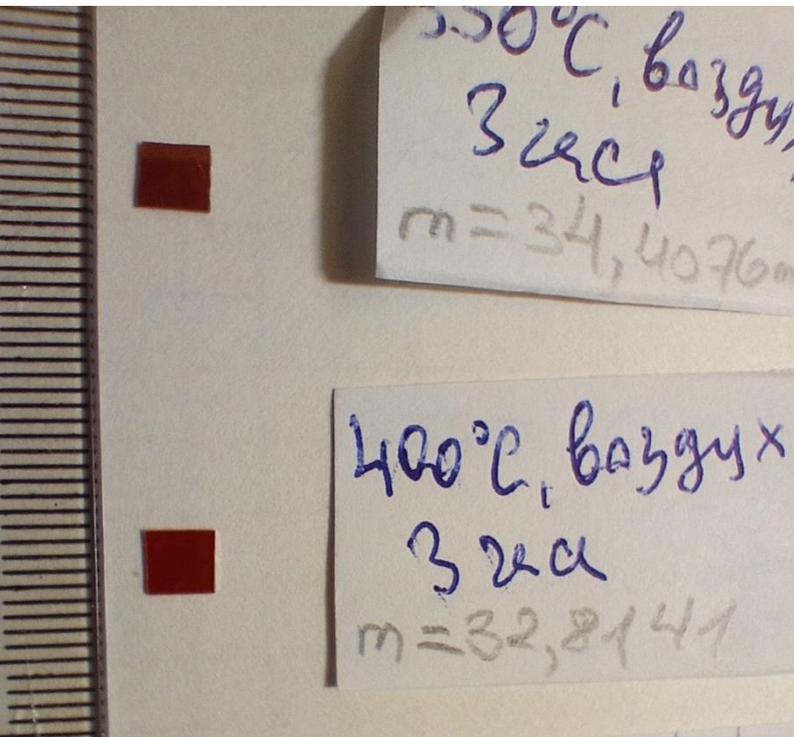
Потенциальное использование низкочастотной ветви спиновых волн в современных приложениях таких как сотовая СВЯЗЬ.

# Почему гематит?



Ветвь АФМР 10-20ГГц

(a) Схема кристаллической структуры  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . (b) Схематическая иллюстрация магнитной структуры в легкоплоскостном антиферромагнетике. (c) Температурная зависимость намагниченности кристалла  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . На вставке показана зависимость намагниченности  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  от поля при  $T = 295$  K. (d) Ожидаемая резонансная частота низкочастотной и высокочастотной мод как функция внешнего магнитного поля.

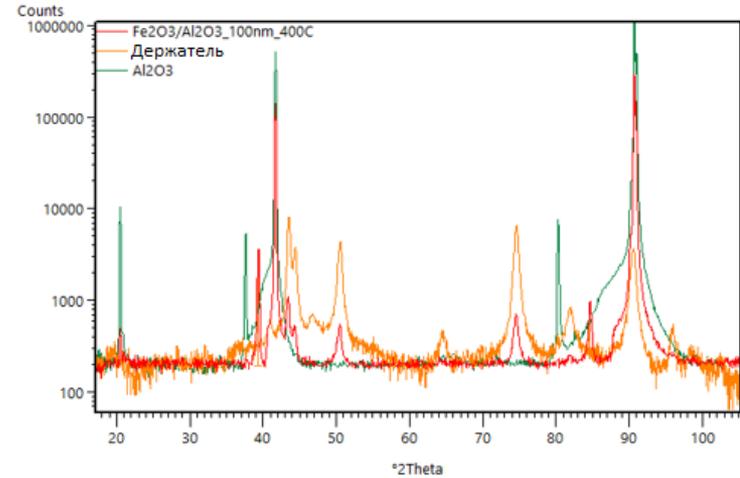
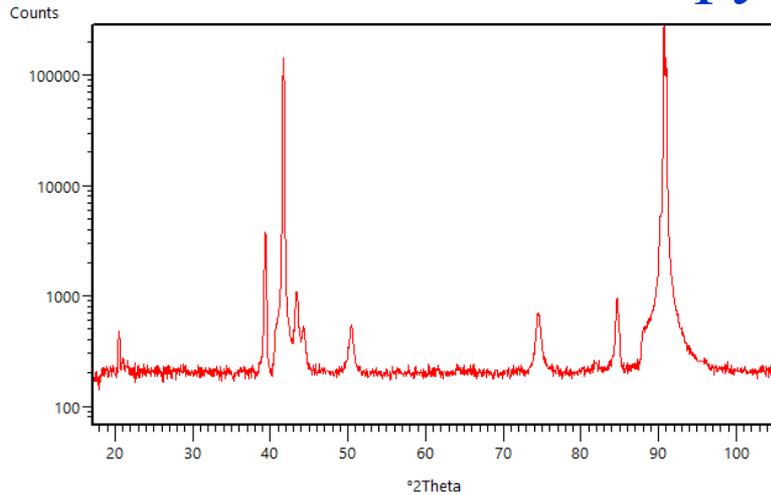


Плёнки растили методом магнетронного распыления на переменном токе из мишеней стехиометрического состава на подложке с-сапфира при 200°.

Для формирования дальнейшей структуры отжигали при разных температурах.

Образцы  $Fe_2O_3$  (100нм) термообработка 400 - 650°С  
 $Fe_2O_3$  (130нм) термообработка 650 - 900° С

# Рентгеноструктурные данные

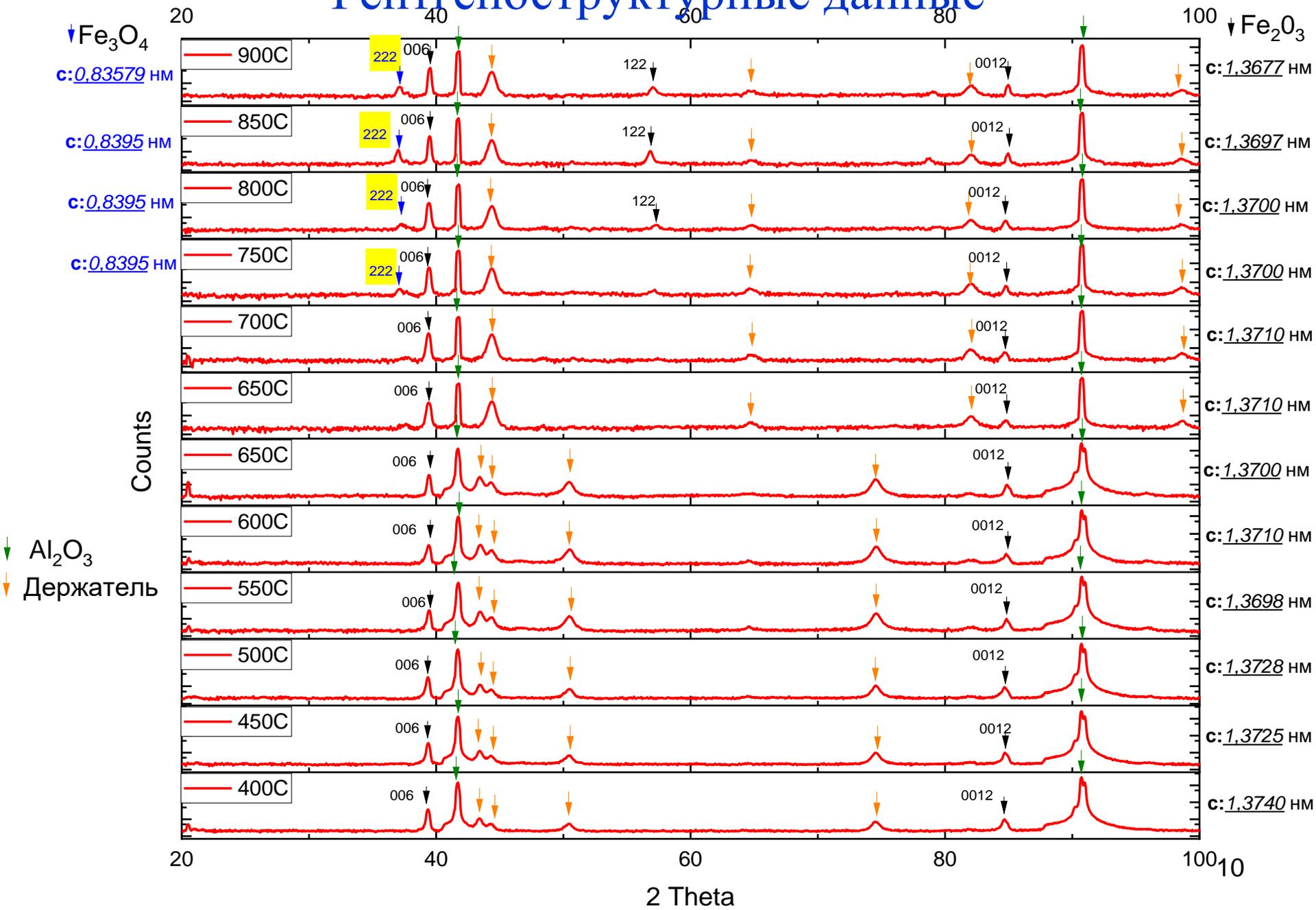


↓ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
↑ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
↑ держатель

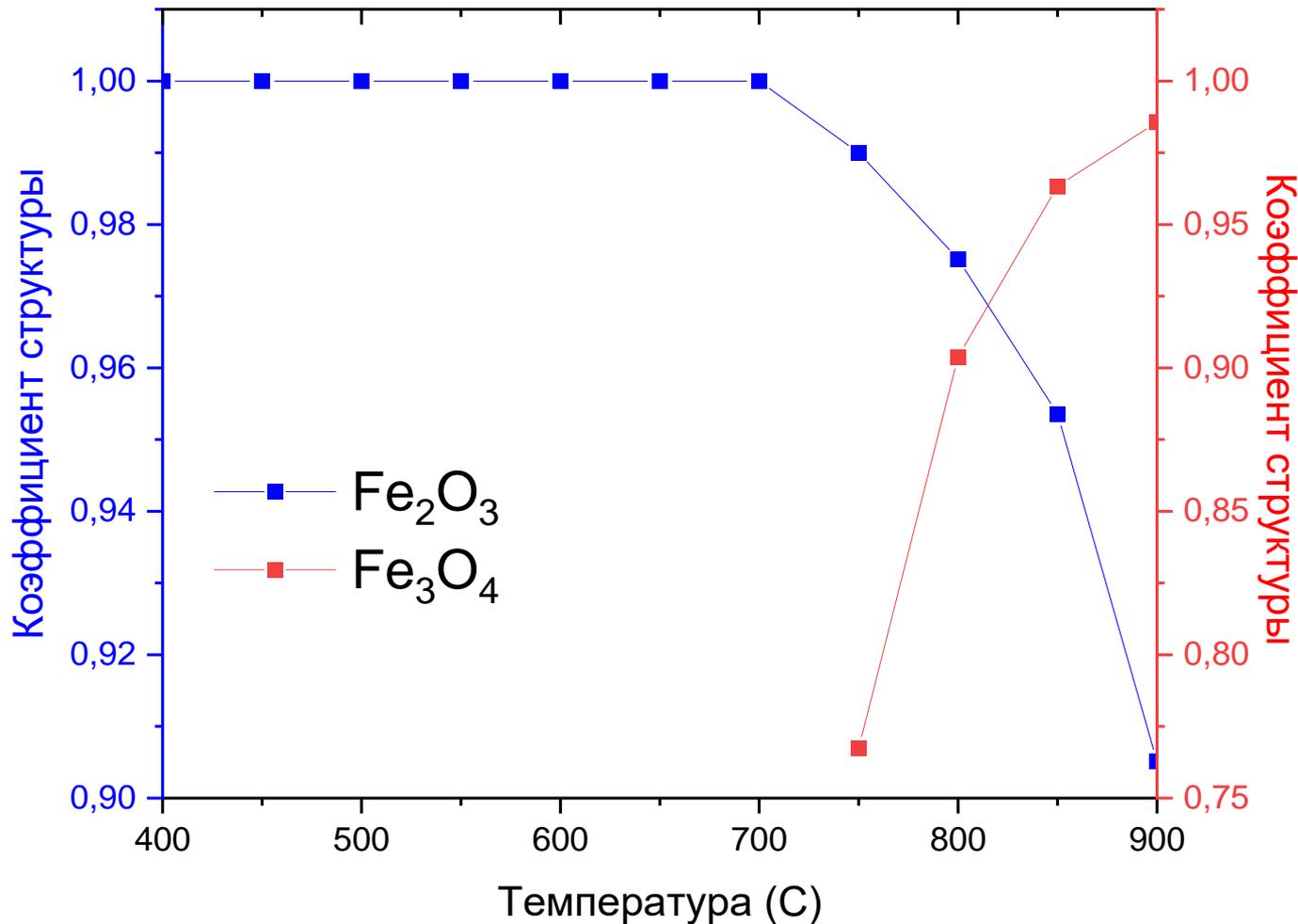


Рентгеноструктурные данные для системы плёнка + подложка, держатель, подложка.

# Рентгеноструктурные данные



# Структурные исследования

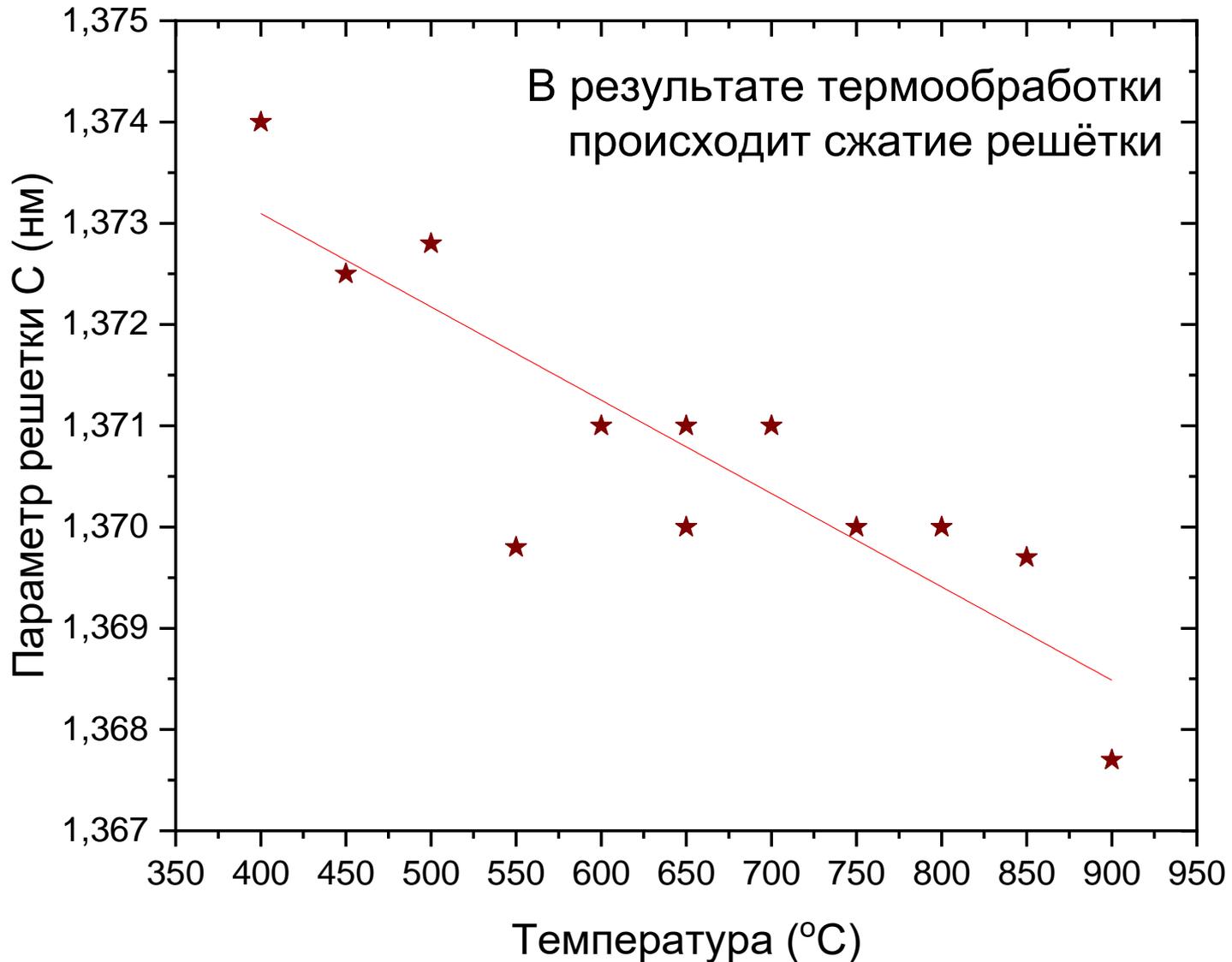


$$\alpha = \frac{I_{(006)} + I_{(0012)}}{\sum_{i=1}^n I_i}$$

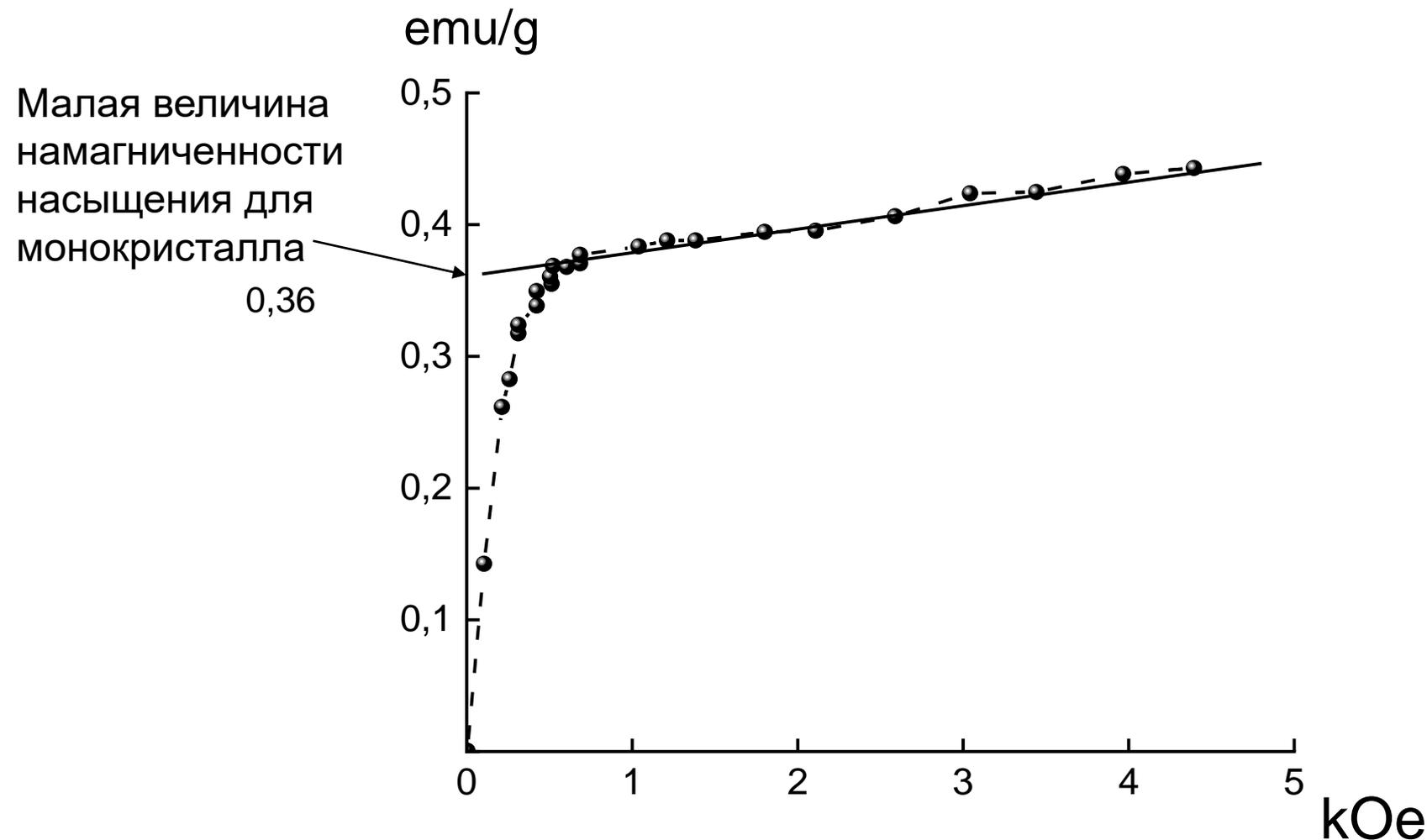
Где  $i$  – кол-во всех ПИКОВ

До 700°С наш образец является однофазным. Начиная с 750°С появляется фаза Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. При больших температурах появляется текстура.

# Структурные исследования



# Магнитные свойства монокристалла $Fe_2O_3$



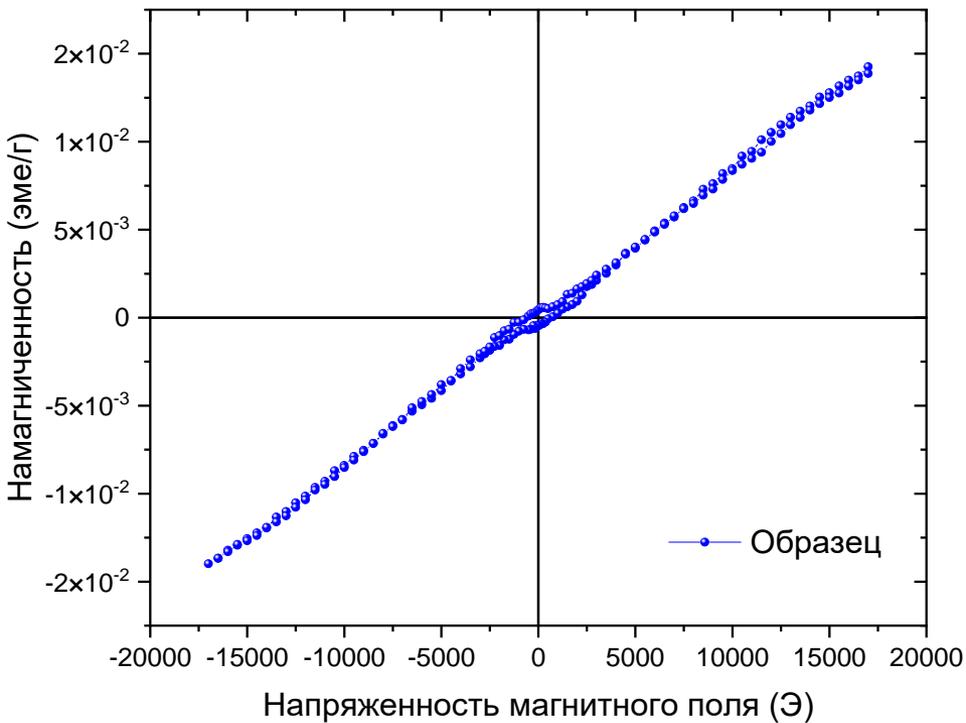
Кривая зависимости намагниченности от напряженности магнитного поля синтезированного монокристалла  $\alpha-Fe_2O_3$ , измеренная при комнатной температуре. Приложенное поле параллельно плоскости (111).

## Сложность выделения сигнала от плёнки

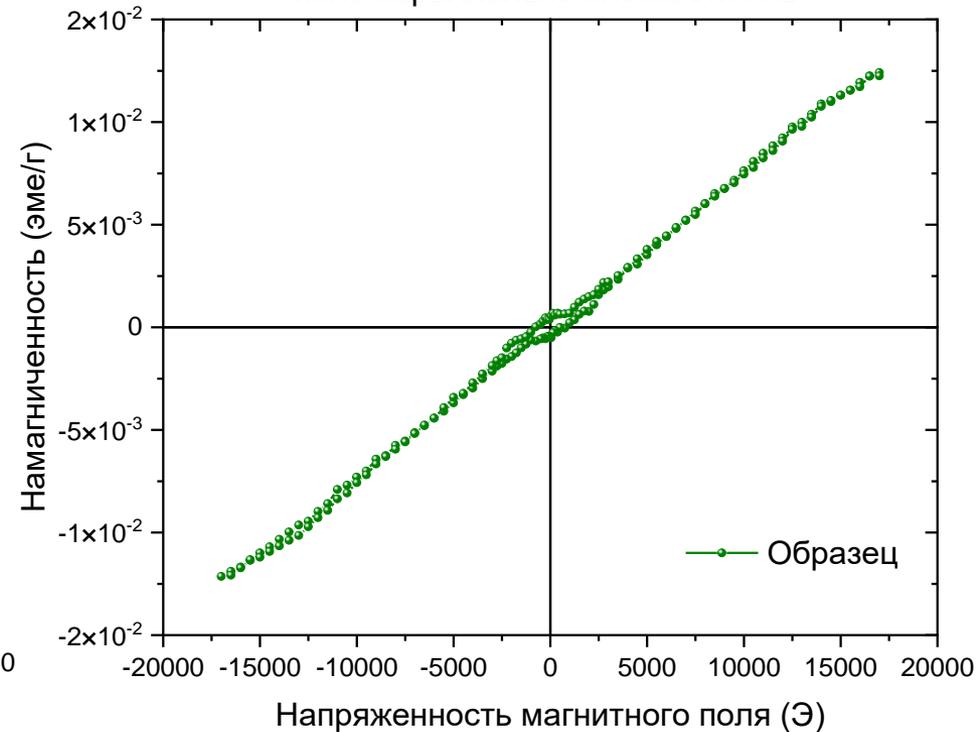
Масса	мг	г
Плёнки ( $Fe_2O_3$ )	0,024	$2,47e-5$
Подложки ( $Al_2O_3$ )	34,370	$3,34e-2$
Плёнки с подложкой ( $Fe_2O_3/Al_2O_3$ )	32,814	$3,28e-2$

# Магнитные свойства системы плёнка + подложка

400°C, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, m=32,81 мг,  
поле параллельно плоскости №1

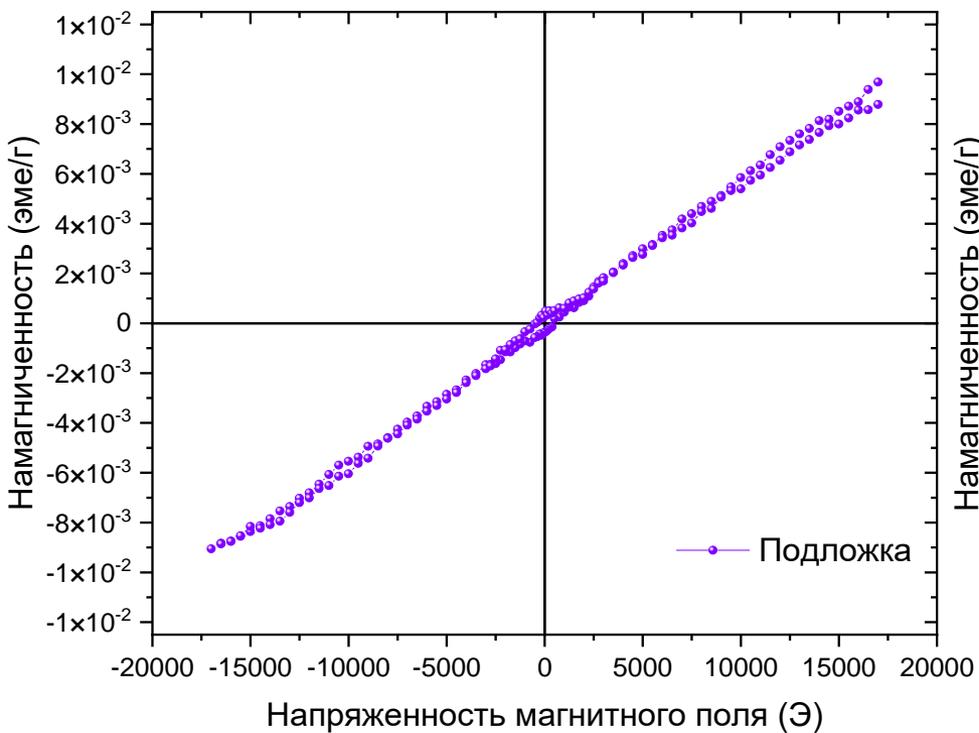


400°C, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, m=32,81 мг,  
поле параллельно плоскости №2

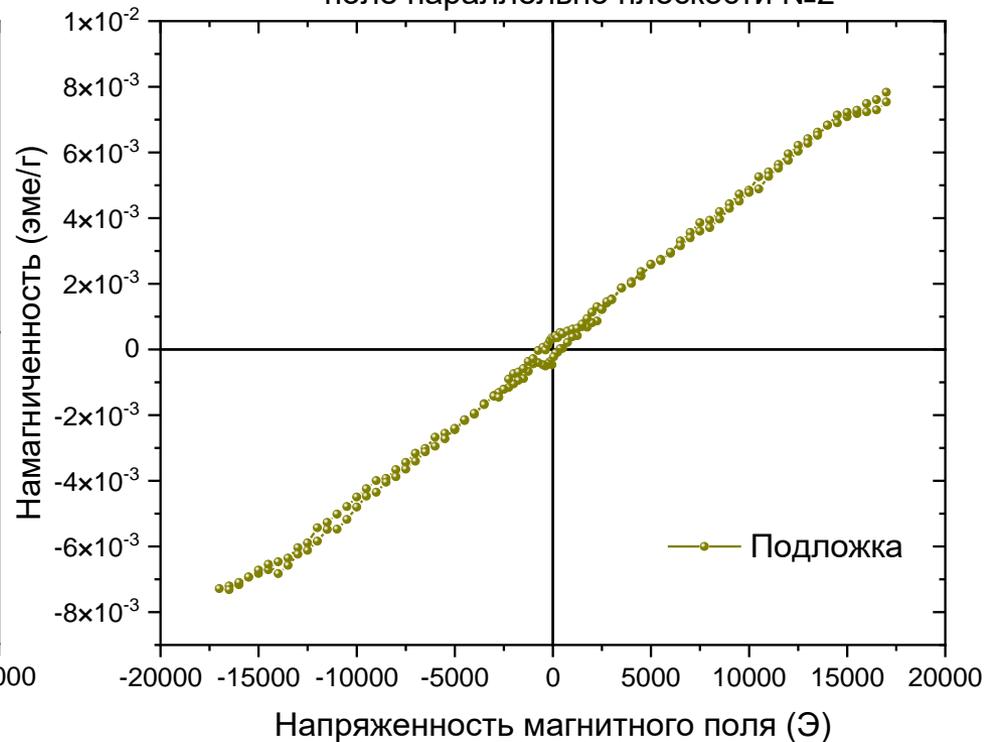


# Магнитные свойства подложки

$\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $m=34,37$  мг,  
поле параллельно плоскости №1

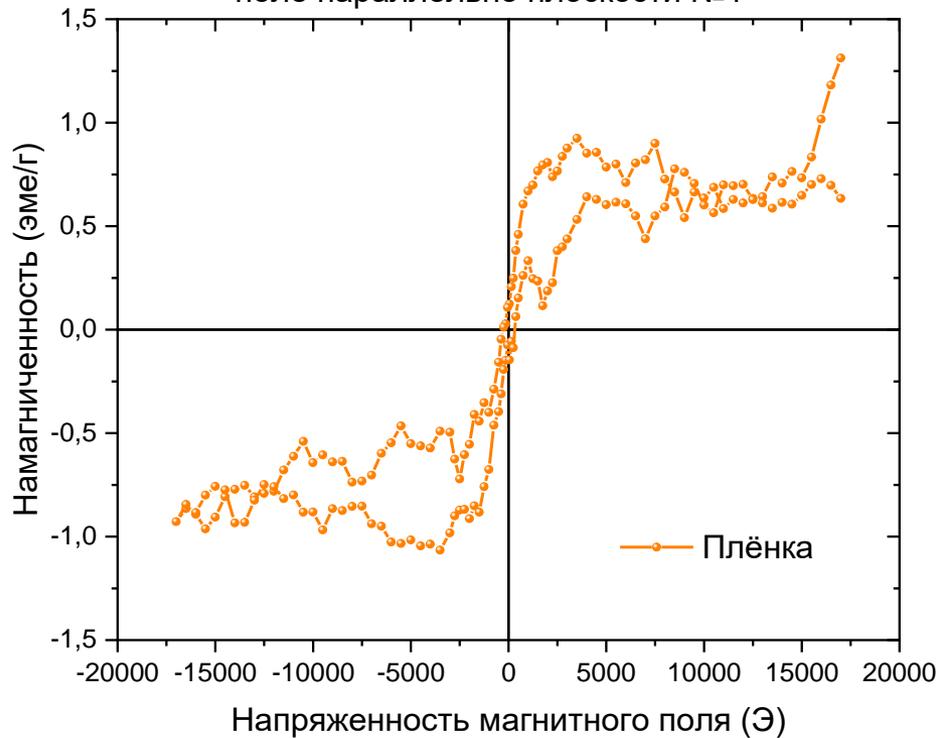


$\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $m=34,37$  мг,  
поле параллельно плоскости №2

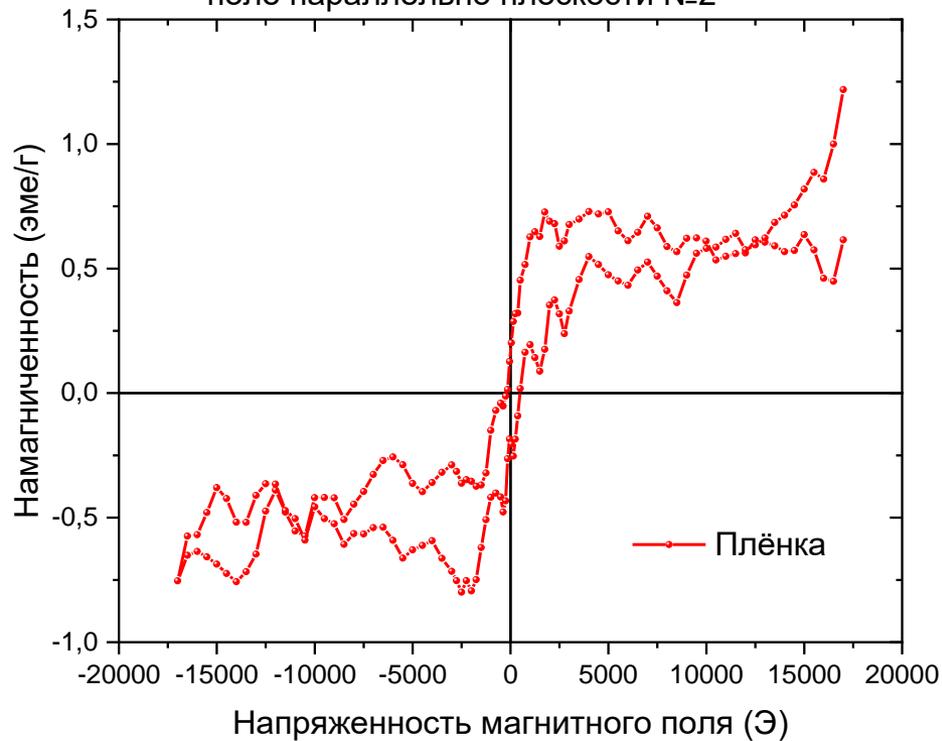


# Магнитные свойства плёнки

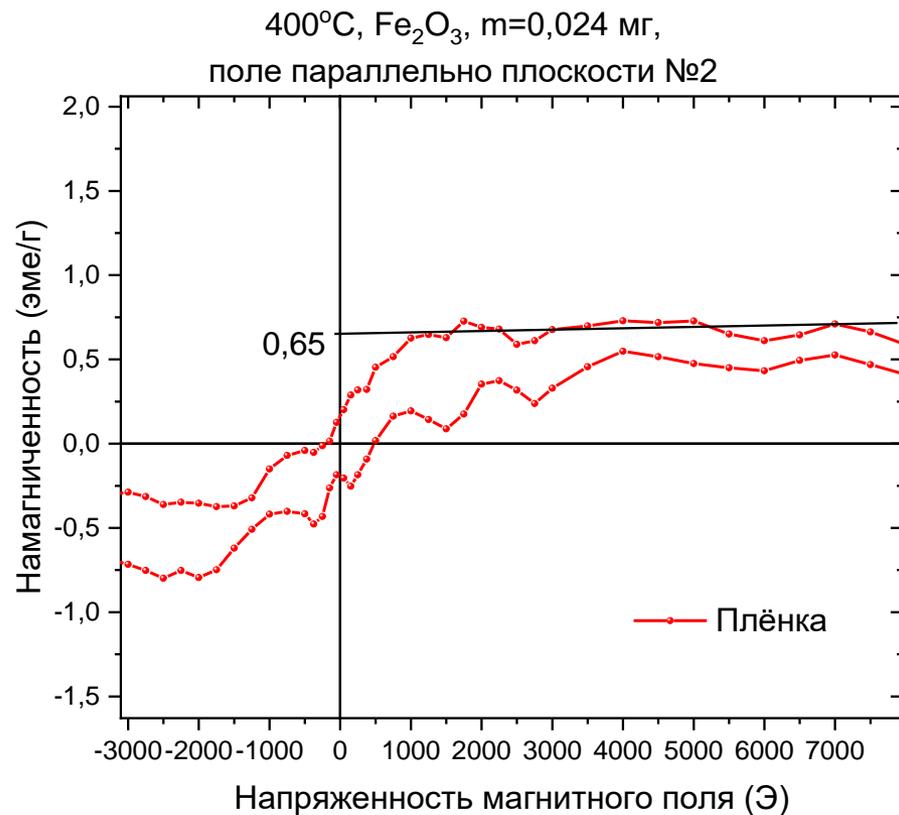
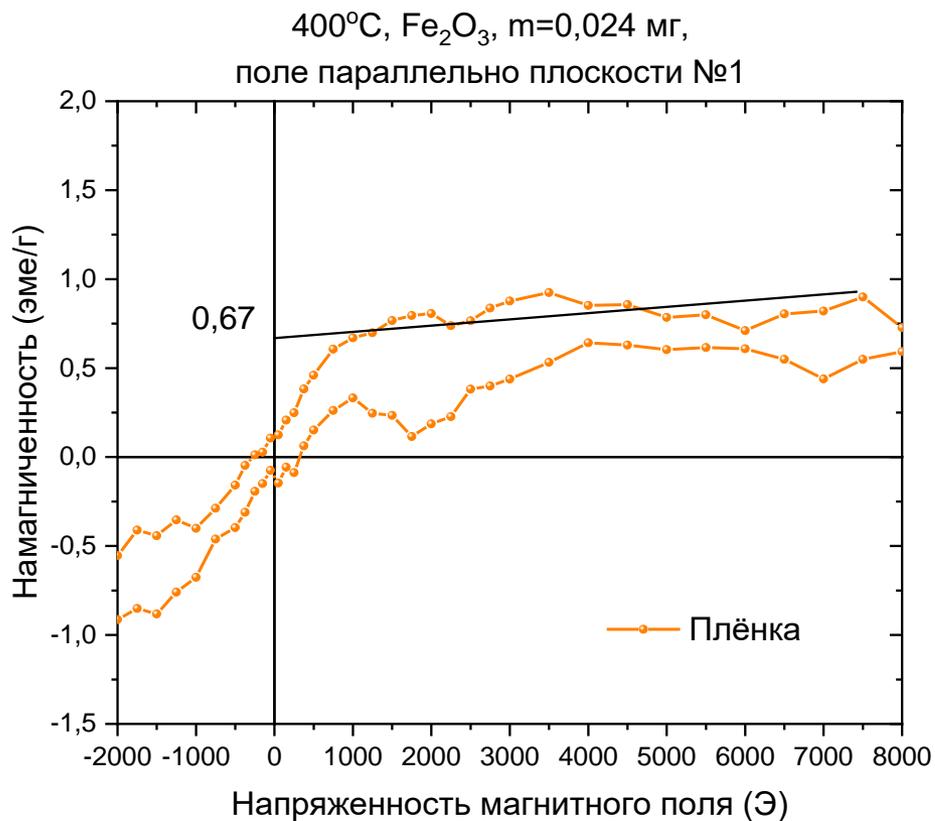
400°C, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, m=0,024 мг,  
поле параллельно плоскости №1



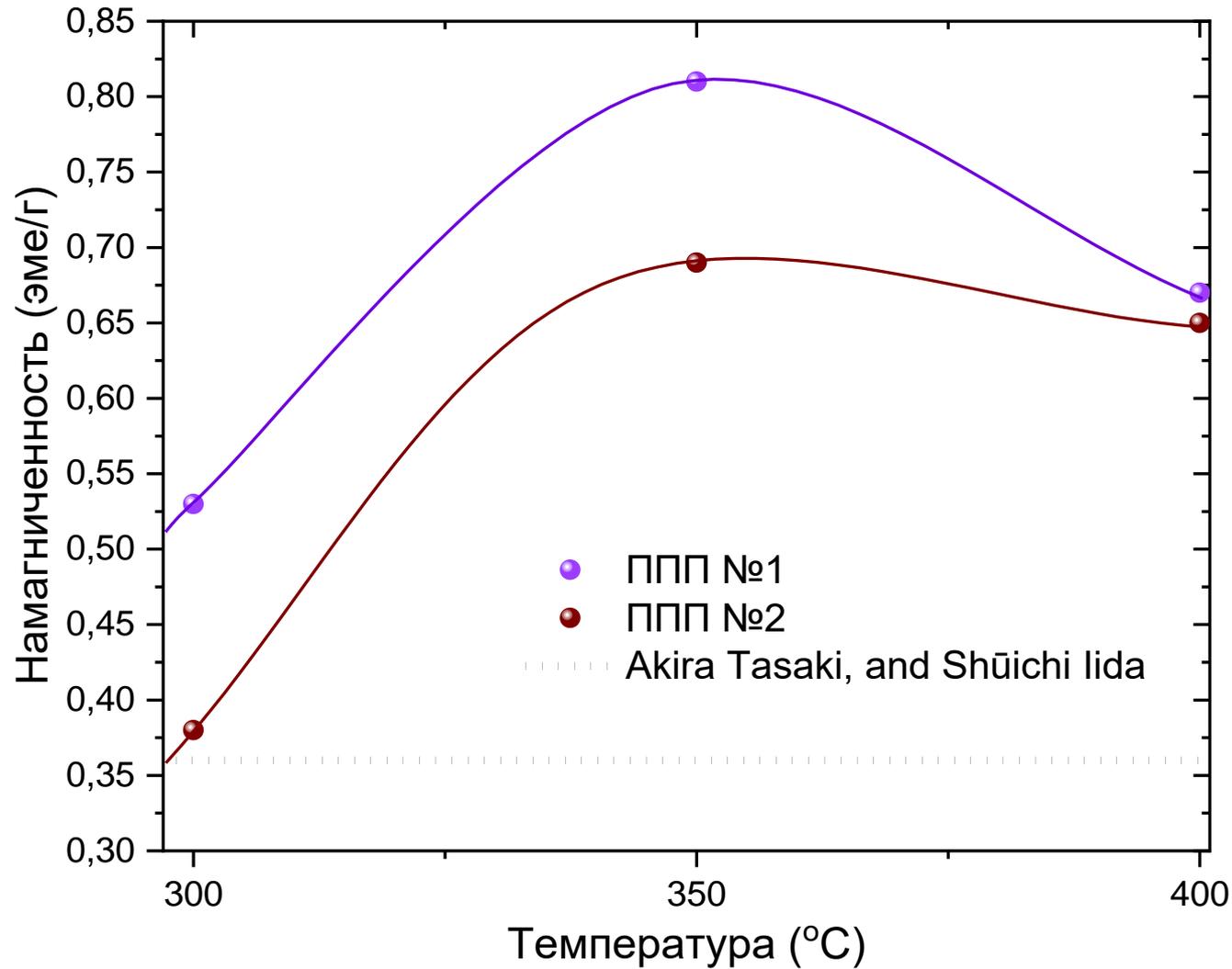
400°C, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, m=0,024 мг,  
поле параллельно плоскости №2



# Магнитные свойства системы плёнка



# Магнитные свойства системы плёнка



\*ППП - Поле Параллельно Плоскости

## Выводы:

Исследованы структурные и магнитные характеристики в зависимости от температуры отжига.

Показано что оптимальной температурой отжига является  $350^{\circ}\text{C}$  (при этой температуре величина намагниченности насыщения является оптимальной)