



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Факультет физики

Базовая кафедра физики конденсированных сред
ИФТТ РАН, лаборатория структурных исследований

ПРОЕКТ

«ИЗУЧЕНИЕ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ АМОРФНЫХ МИКРОПРОВОДОВ С ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ МАГНИТОСТРИКЦИЕЙ»

Выполнил: студент Фукс А.А., группа МФ3191

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Аронин А.С.

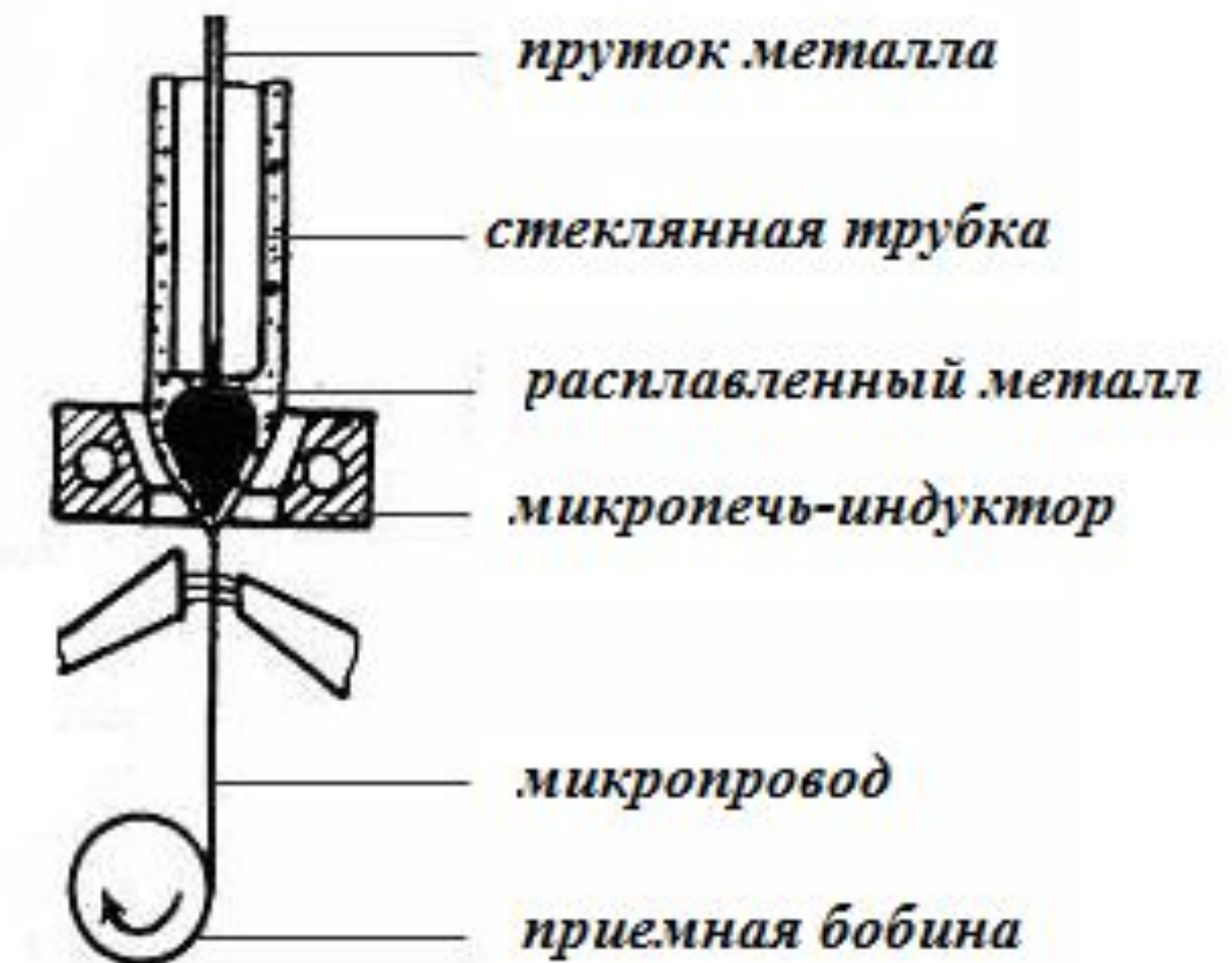
Москва, 2019

АМОΡФНЫЕ МИКРОПРОВОДА

Получение, ферромагнетизм, магнитная анизотропия

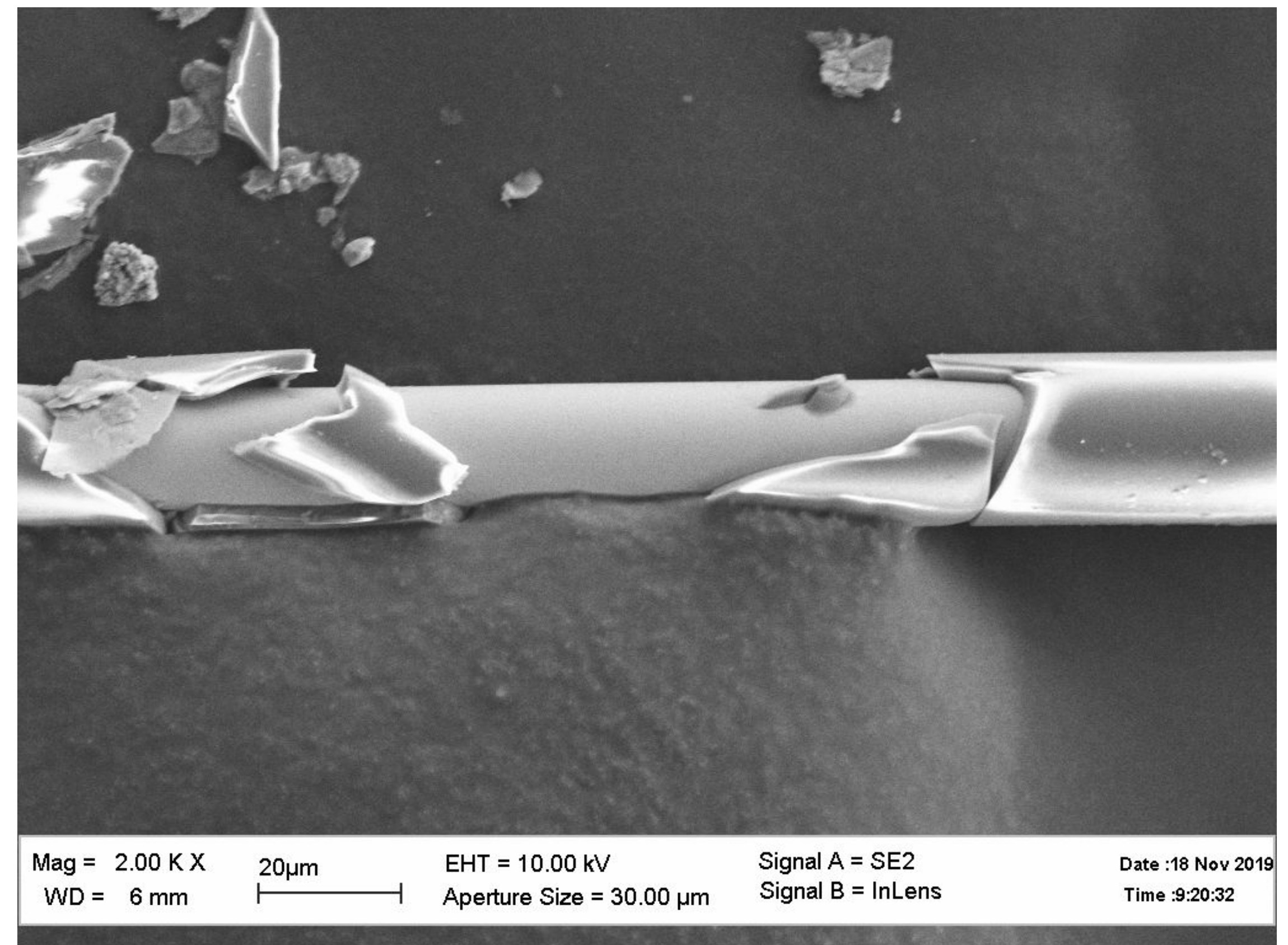
FINEMET – сплав на основе Fe, Si и B с добавлением Cu и Nb

- Получение микропроводов осуществляется методом Улитовского – Тейлора
- Ферромагнетизм обусловлен наличием железа – типичного ферромагнетика
- Основной вклад в магнитную анизотропию вносит магнитоупругая анизотропия, обусловленная внутренними напряжениями, возникающими в процессе закалки, вытягивания и смотки микропровода, а также при охлаждении за счёт разницы коэффициентов термического расширения стеклянной оболочки и аморфной сердцевины



СВОЙСТВА АМОРФНЫХ МИКРОПРОВОДОВ

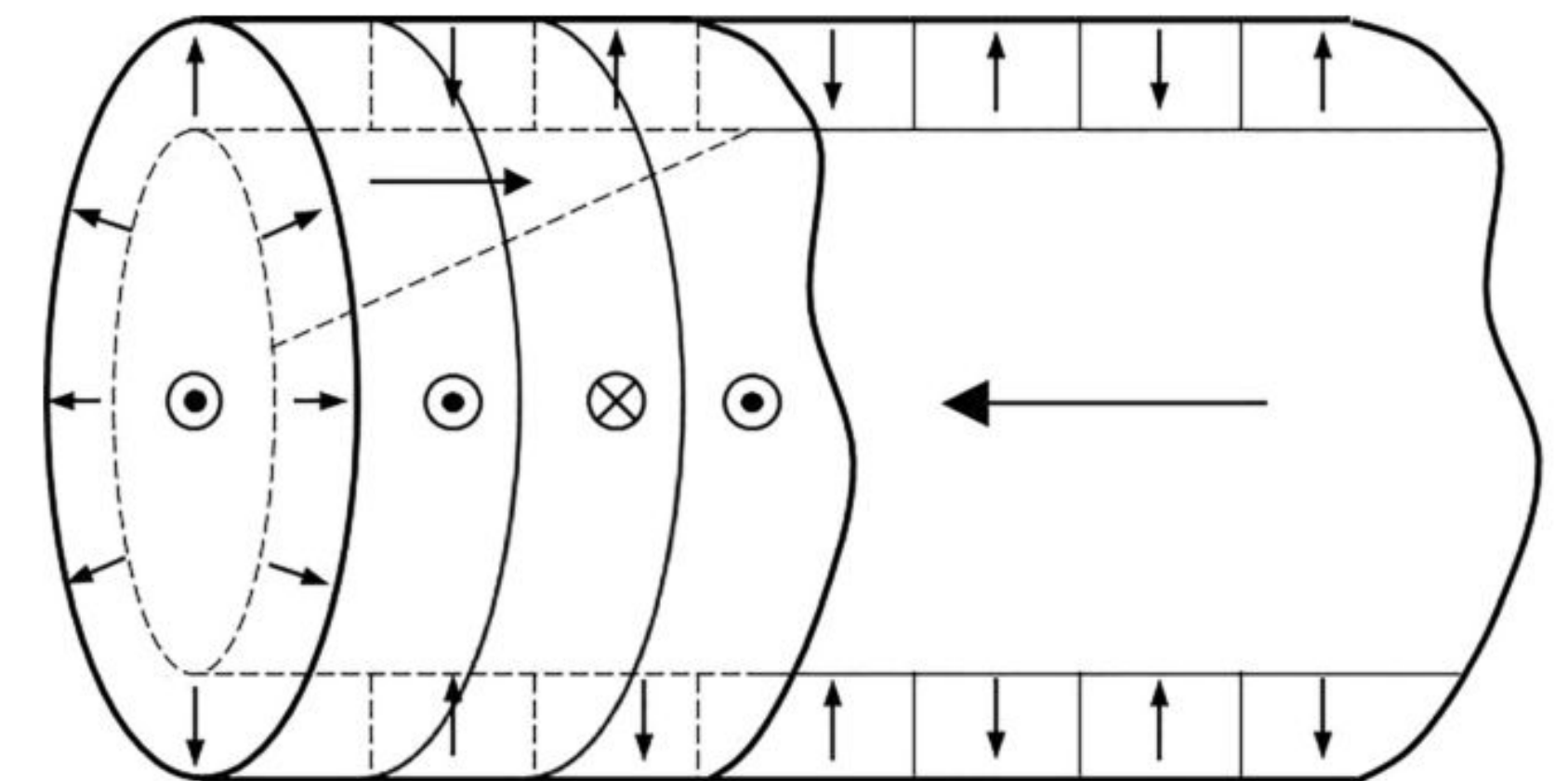
- Магнитомягкость (низкая коэрцитивная сила)
- Магнитная бистабильность
- Эффект гигантского магнетоимпеданса
- Присутствует естественный ферромагнитный резонанс в области сверхвысоких частот



ДОМЕННАЯ СТРУКТУРА

Особенности микропроводов с положительной магнитострикцией

- Доменная структура представляет собой совокупность поверхностных доменов с магнитными моментами, направленными к оси провода и от неё и доменов сердцевины (“core”), их магнитный момент ориентирован вдоль оси провода
- В процессе производства возможно получение микропроводов с различным соотношением толщины сердцевины и стекла, от чего зависит величина и распределение механических напряжений в проводе.
- Различие в уровне внутренних напряжений вместе с магнитострикционным эффектом приводят к появлению сильной магнитной анизотропии, формирующей неоднородную магнитную структуру провода, определяющую его магнитные свойства



$$\frac{r_{core}}{R_{metal}} = \sqrt{\frac{M_r}{M_s}}$$



ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Влияние внутренних напряжений и магнитострикции на магнитную структуру и свойства аморфных микропроводов с положительной магнитострикцией

- Изучение тематической литературы и основных методик исследования
- Исследование магнитных свойств микропроводов с помощью метода вибрационной магнитометрии
- Исследование изменения магнитных свойств микропроводов при их растяжении *in situ* с помощью индукционной магнитометрии после термической обработки, удаления стеклянной оболочки и воздействия внешних напряжений



РЕЗУЛЬТАТЫ

Тип	Намагниченность, J (emu/cm ³)	Коэрцитивная сила, H _c (Oe)	Радиус сердцевины, мкм	Толщина стекла, мкм	Радиус сердцевины/толщина стекла
V1.6 covered	~1300	2,3	3,9755	4,4095	0,9016
V1.7 covered	~1200	1,8	4,665	3,89	1,20
MW 3.2 covered	~1108	0,93	7,69	3,63	2,12
V1.2 covered	~1000	0,9	6,31	2,42	2,61

- С увеличением соотношения «радиус жилы/толщина стекла» коэрцитивная сила понижается, поскольку уменьшается величина внутренних напряжений
- Геометрические параметры проводов измерены с помощью сканирующей электронной микроскопии

Состав – Fe_{70.8}Cu₁Nb_{3.1}B_{9.1}Si₁₆

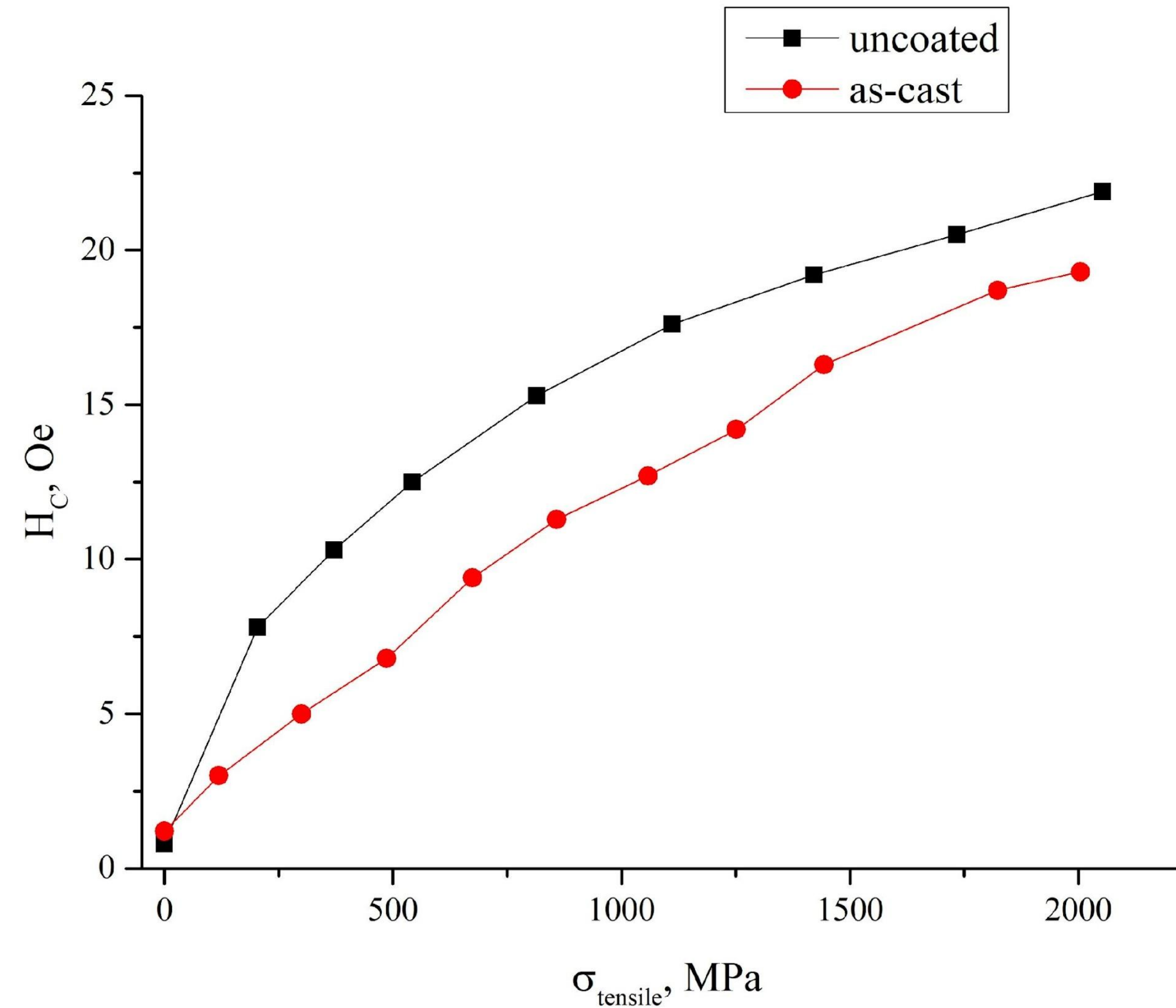
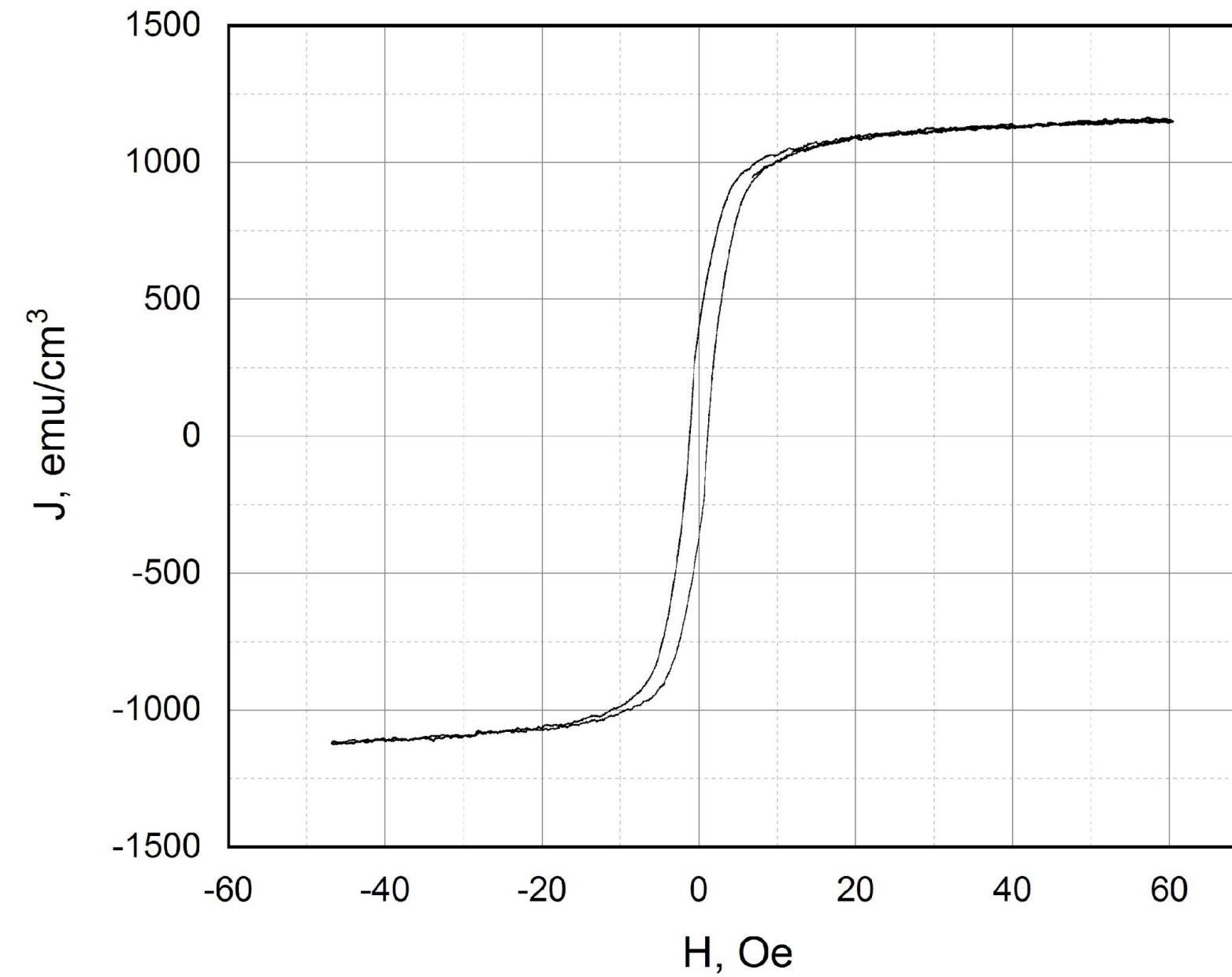
Типы:

- V1.6 – $\rho = 0,506$
- V1.7 – $\rho = 0,45$
- MW 3.2 – $\rho = 0,72$
- V1.2 – $\rho = 0,79$

ρ – отношение диаметра аморфной сердцевины к диаметру провода

РЕЗУЛЬТАТЫ

Состав – $\text{Fe}_{70.8}\text{Cu}_1\text{Nb}_{3.1}\text{B}_{9.1}\text{Si}_{16}$



Кривые зависимости коэрцитивной силы от величины внешних растягивающих напряжений



ПЛАНЫ

- Исследование микропроводов с различными значениями магнитострикции
- Исследование микропроводов с различной величиной начальных внутренних напряжений
- Исследование влияния нанокристаллизации, сопровождающейся изменением магнитострикции, на магнитные и механические свойства



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

www.hse.ru

Телефон.: +7 (996) 937 9300

Адрес: aafuks@edu.hse.ru