

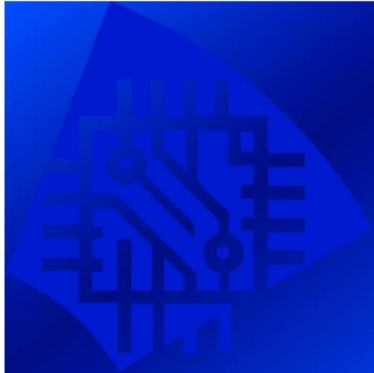
”МАТЕРИАЛЫ И ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ”

Модуль №5

Тема 5.2 Магнитомягкие и магнитотвердые материалы

Лекция 5.2

Магнитомягкие и магнитотвердые материалы

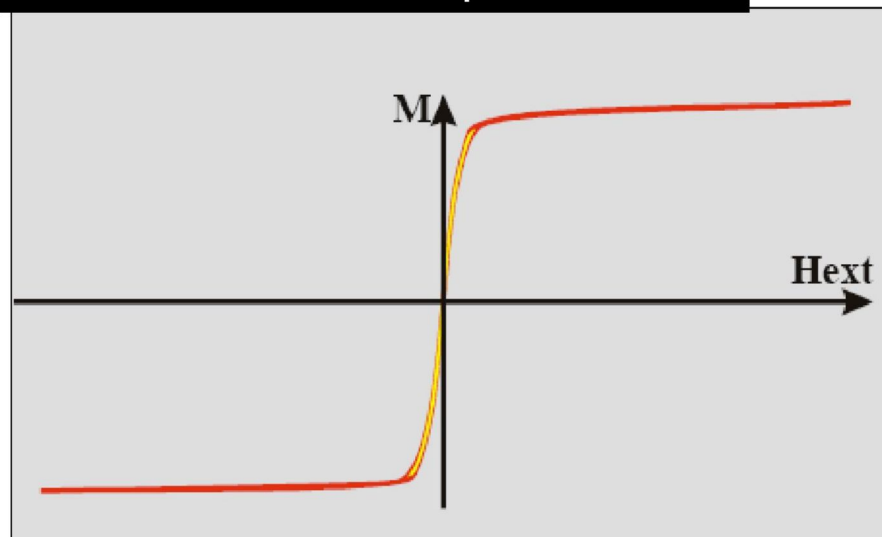


План лекции

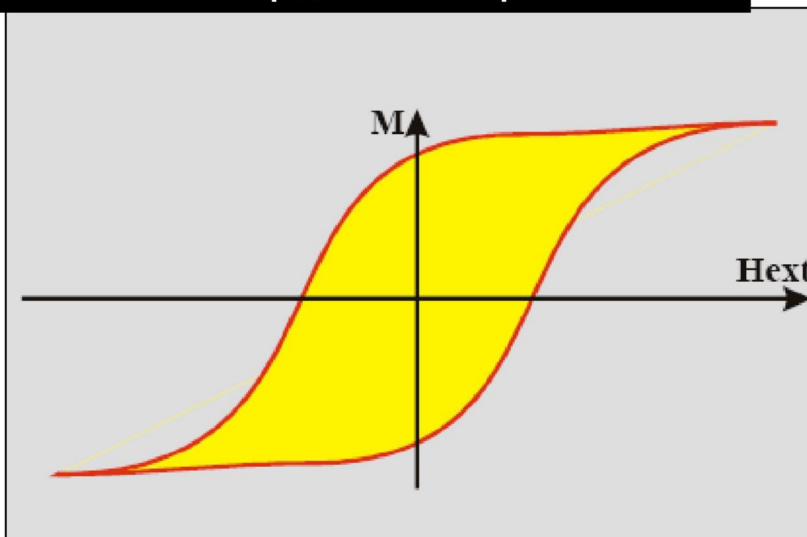
1. Классификация магнитных материалов по свойствам и техническому назначению.
2. Магнитно-мягкие материалы.
3. Магнитострикционные материалы.
4. Магнитно-твёрдые материалы.
5. Термомагнитные сплавы
6. Материалы для магнитной записи.

Классификация магнитных материалов по свойствам

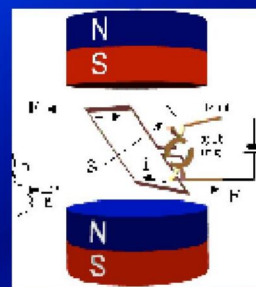
Магнитомягкие материалы



Магнитотвердые материалы

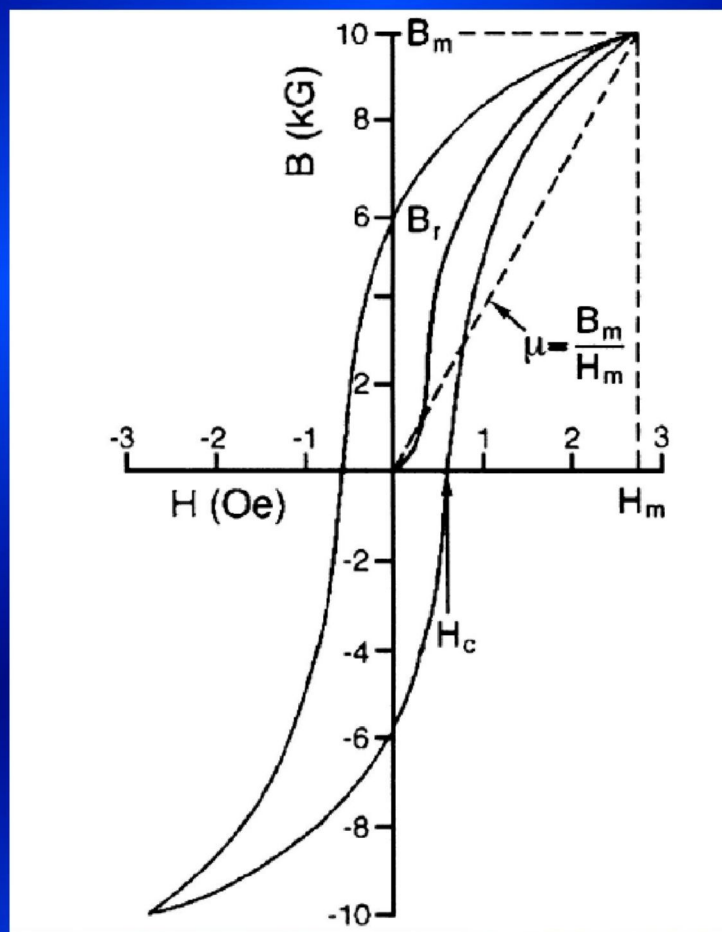


Трансформаторы
Электромагниты
Магнитные экраны



Постоянные магниты
Электромоторы
Магнитная память

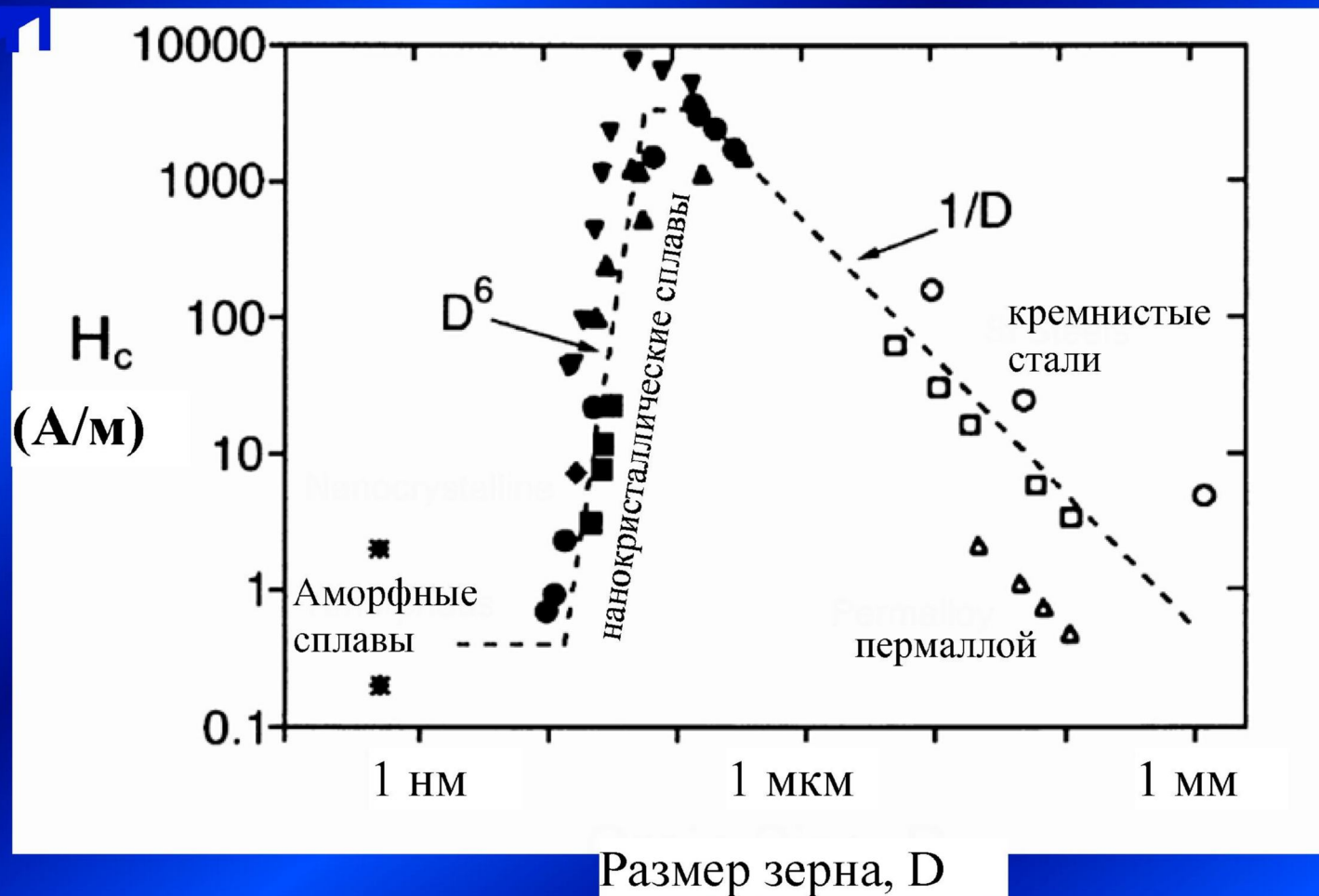
Технические параметры магнитомягкого материала



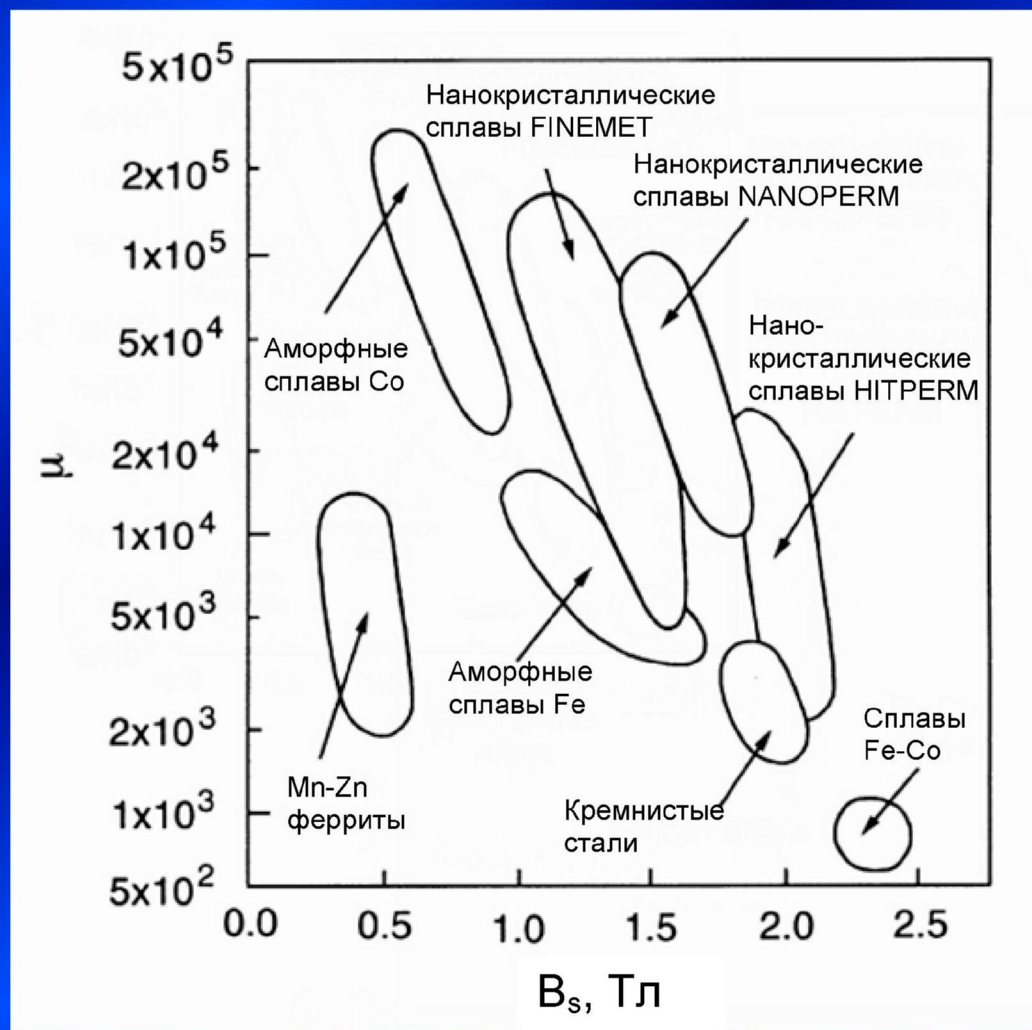
Характеристики некоторых магнитомягких материалов

Марка материала	$B_s \cdot 10^{-3},$ Гс	$T_c, ^\circ\text{C}$	$\rho \cdot 10^6,$ Ом·см	$\mu_a \cdot 10^{-3},$ Гс/Э	$\mu_{\max} \cdot 10^{-3},$ Гс/Э	$H_c, \text{Э}$	Потери на гистерезис при $B =$ 5000 Гс, эрг/см ³
80 НМ (суперпермаллой)	8	400	55	100	1000	0,005	10
79 НМ (молибденовый пермаллой)	8	450	50	40	200	0,02	70
47 НК (перминвар линейный)З	16	650	20	0,9	0,90	—	—
49 КФ–ВИ (пермендюр)	23,5	980	40	1	50	0,5	5000
Армко-железо	21,5	768	12	0,5	10	0,8	5000
Ni–Zn феррит	2–3	500–150	10^{11}	0,05–0,5	—	1,5–0,5	—
Mn–Zn феррит	3,5–4	170	10^7	1	2,5	0,6	—

Зависимость коэрцитивной силы H_c от размера зерна



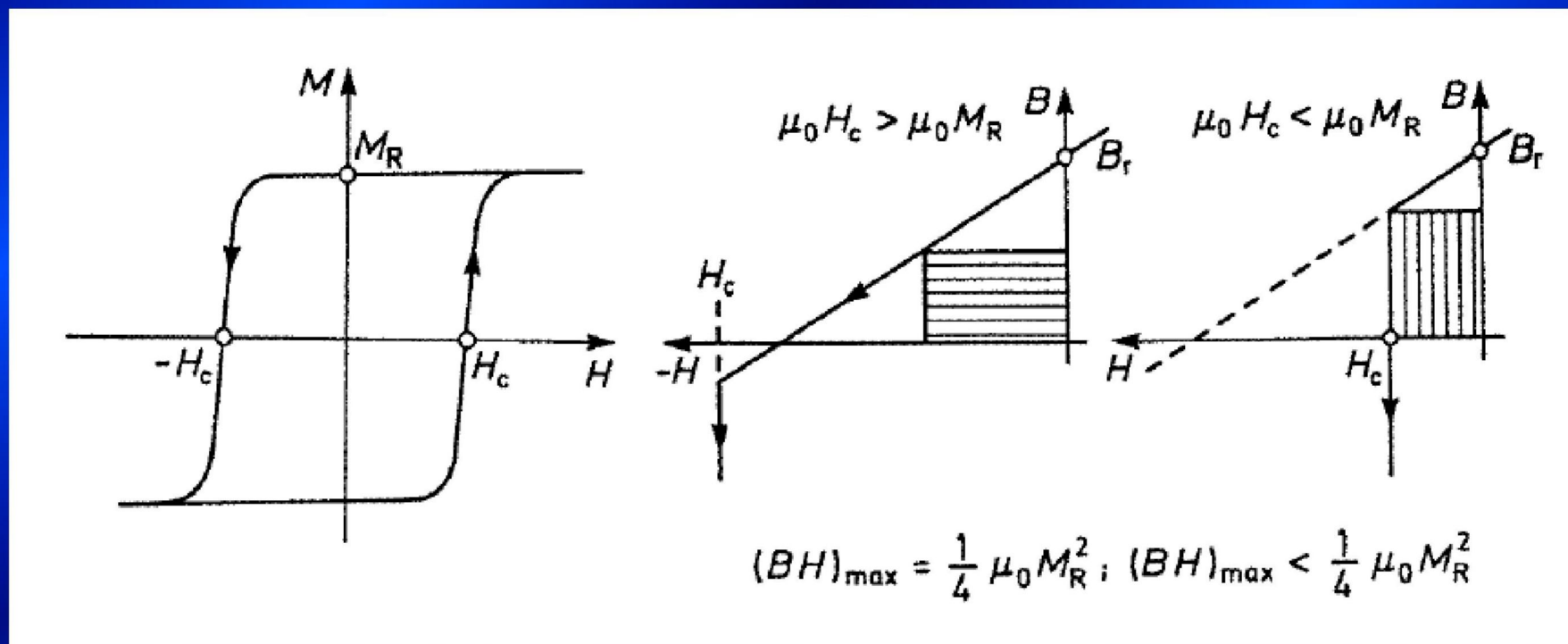
Магнитная восприимчивость и намагниченность насыщения в магнитомягких сплавах



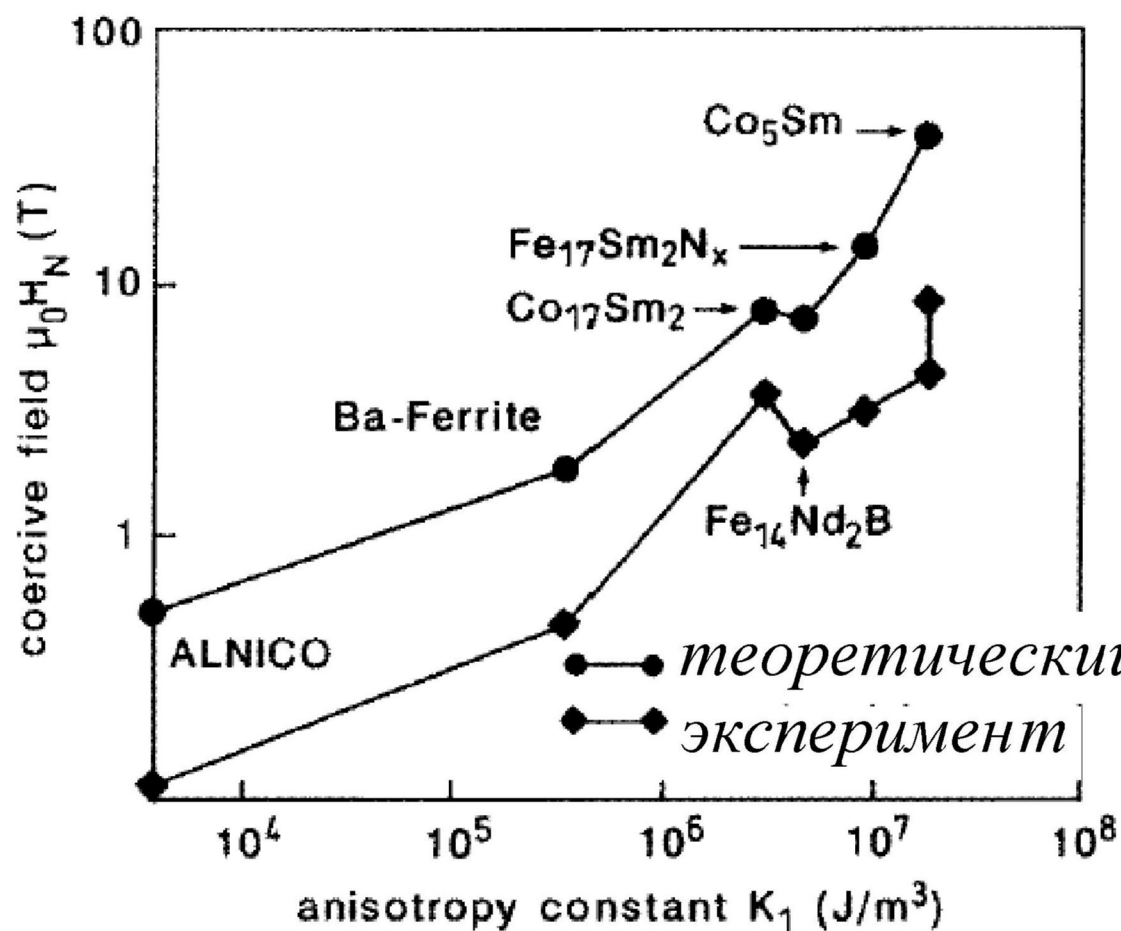
Основные характеристики важнейших магнитострикционных материалов

Марка материала	μ_a	μ_r	$\lambda_s \cdot 10^6$
Никель	200	50	-35
Co-Ni	1000	200	-25
Пермендюр	600	80	65
Ю14 (алфер)	1000	250	50
Ni-Co феррит	70	70	-25

Технические параметры магнитожесткого материала



Коэрцитивное поле лучших магнитожестких материалов



теоретический предел
эксперимент

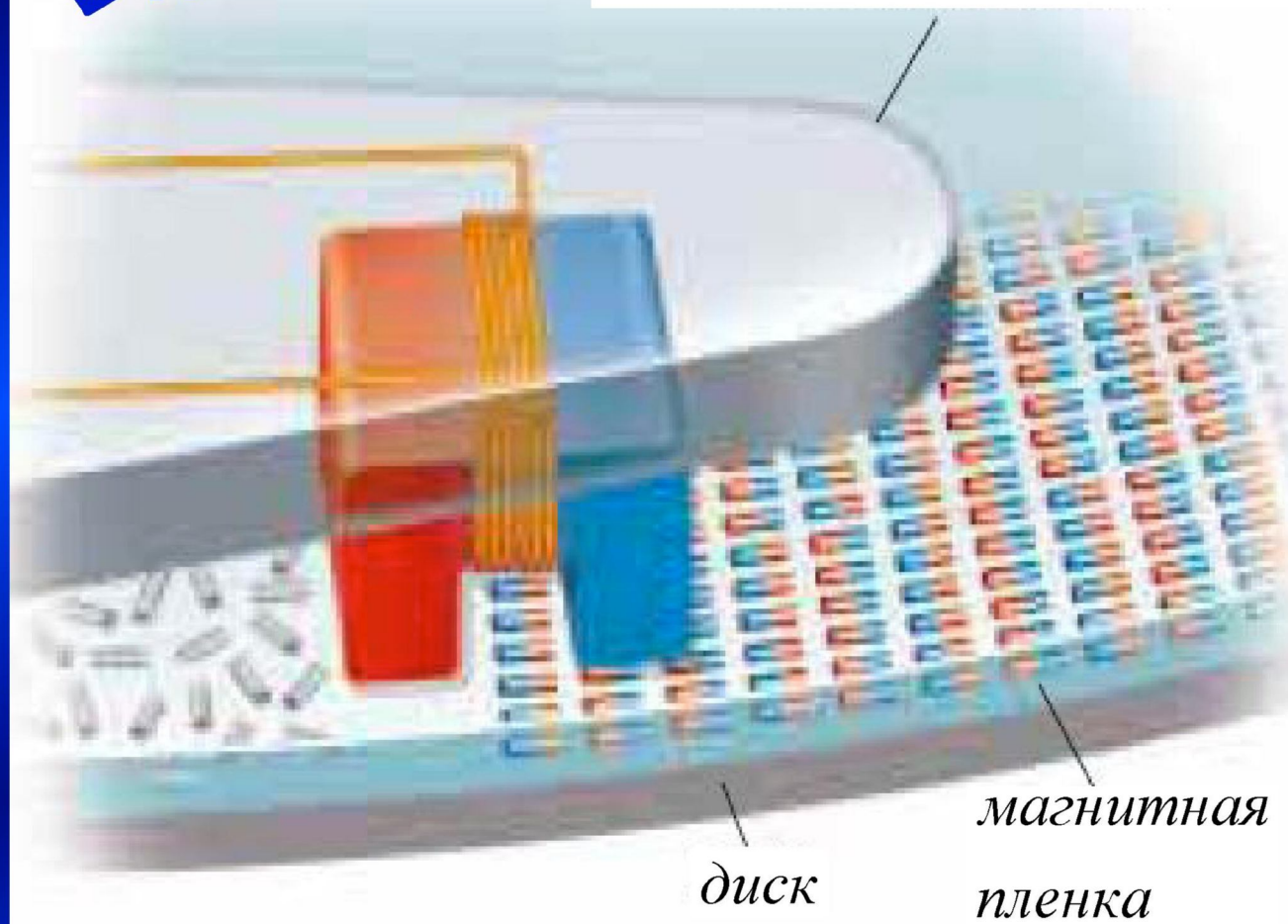
наиболее известных магнитотвердых материалов

Материал	$(BH)_{\max},$ МГс*Э	$B_r, \text{ Гс}$	$H_c, \text{ Э}$	Цена, \$ за 1 кг на Российском рынке	Цена, \$ на единицу $(BH)_{\max}$
Гибкие магнитные материалы	1.6	1725	1325	5-10	3.1- 6.2
Керамика	3	4000	2400	1-2.5	0.3-0.85
Альнико	9	13500	1400	44.1	4.3
Sm-Co	20	10500	9200	250 -500	12.5
Спеченные Nd-Fe-B	50	14200	12500	70-150	1.4-3.7

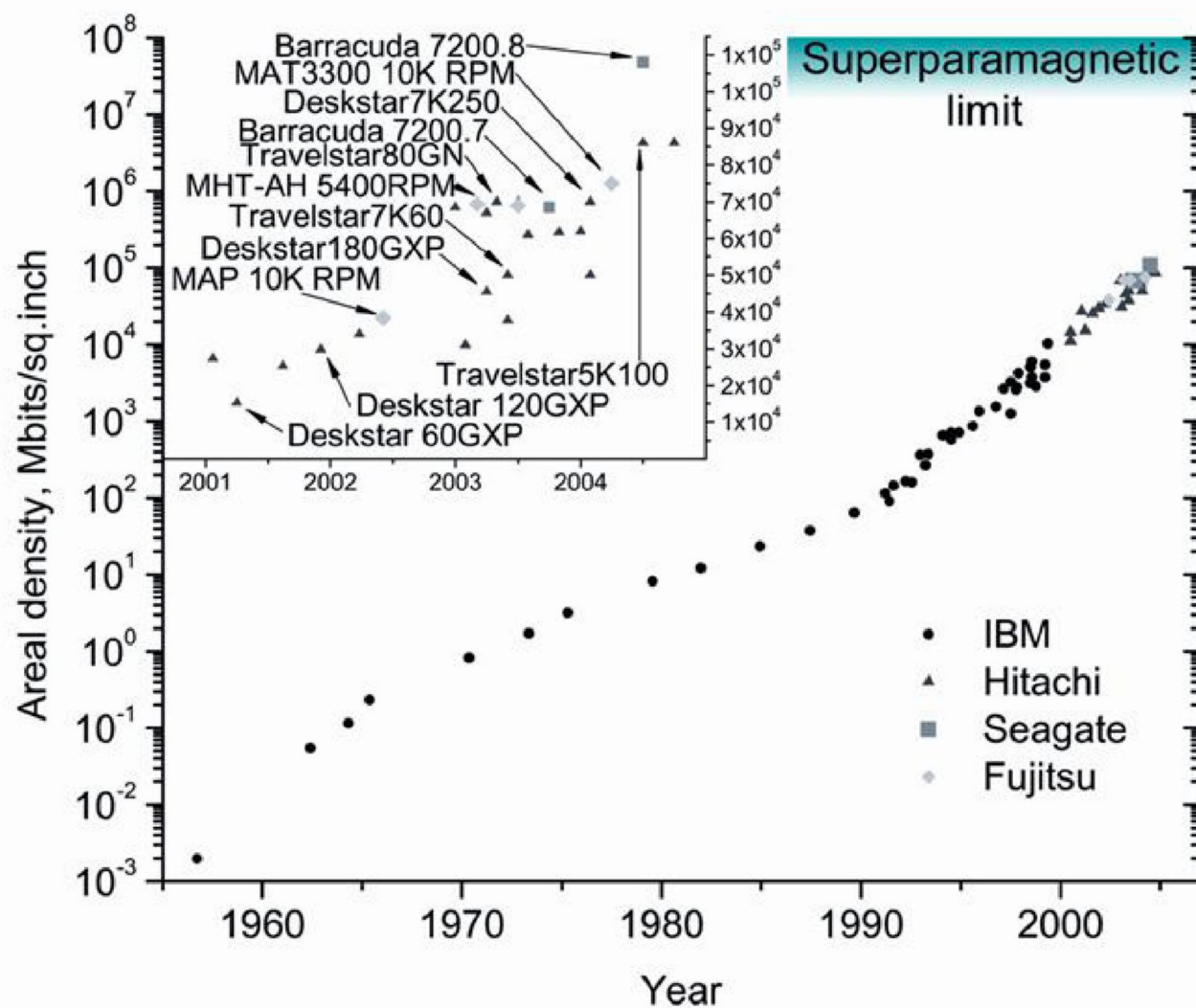
Магнитная

запись

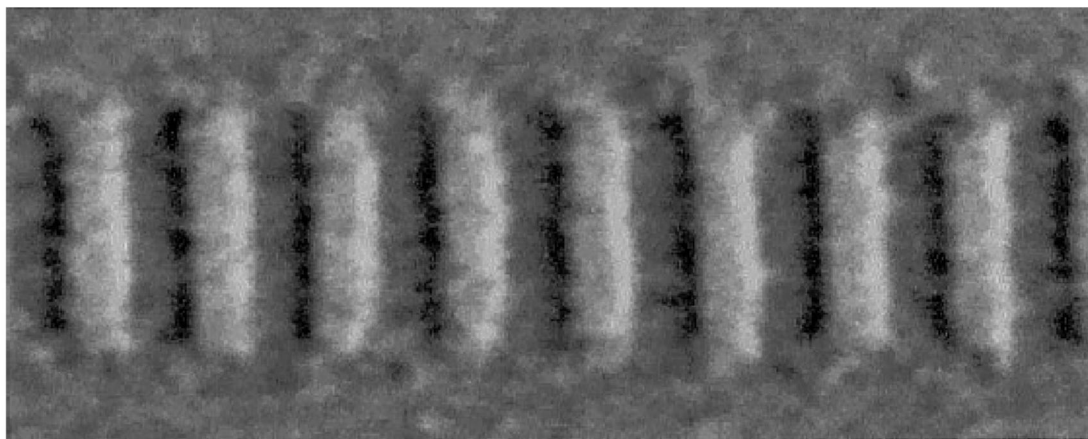
Головка записи и считывания



Плотность записи в магнитных носителях

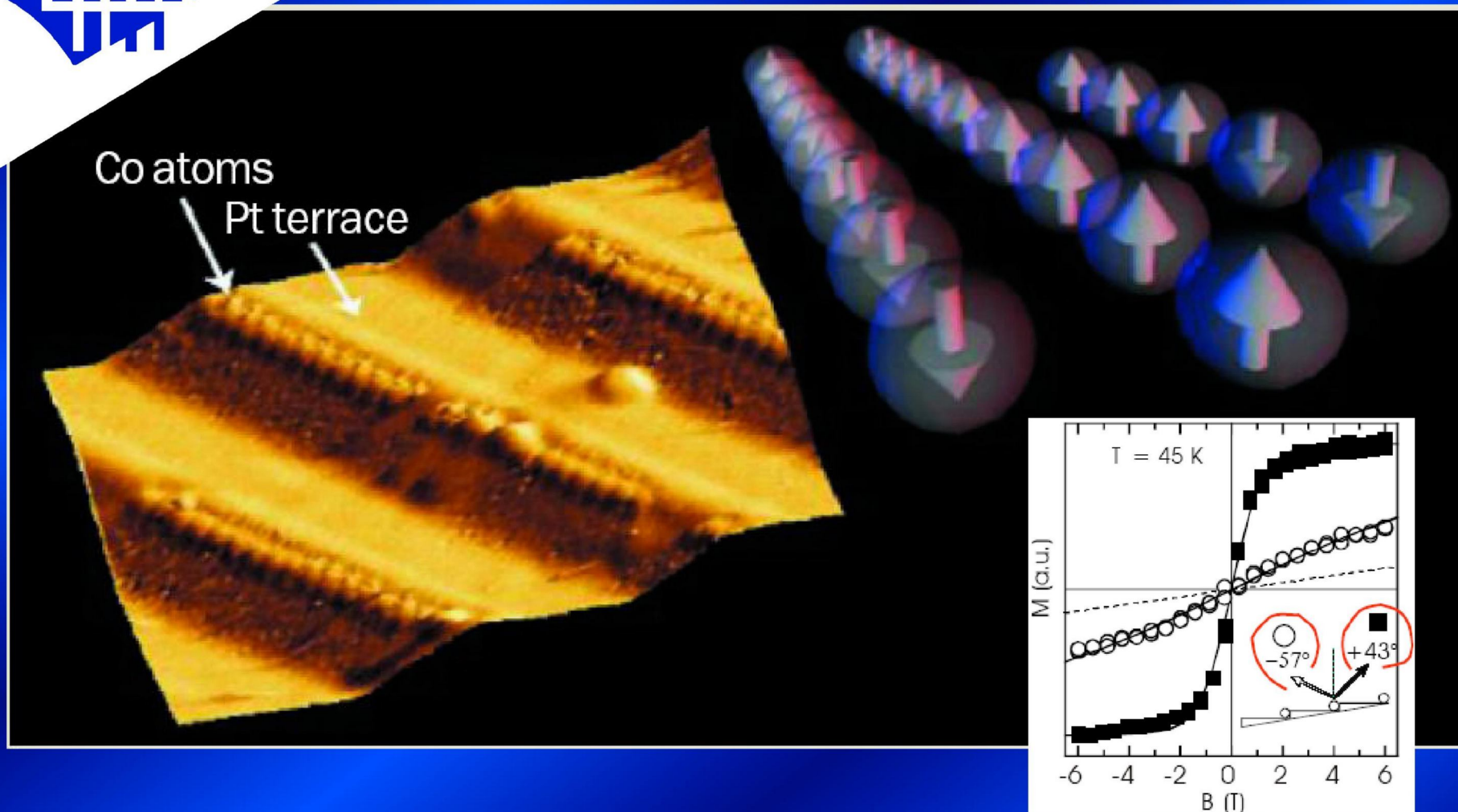


**Изображение дорожки магнитной записи
на жестком диске полученное на
магнитном силовом микроскопе**



Среда записи – $H_c = 7000$ Э,
Ширина дорожки 1 мкм

Самоупорядочение атомов Co на ступенчатой поверхности монокристалла Pt (РЭМ)



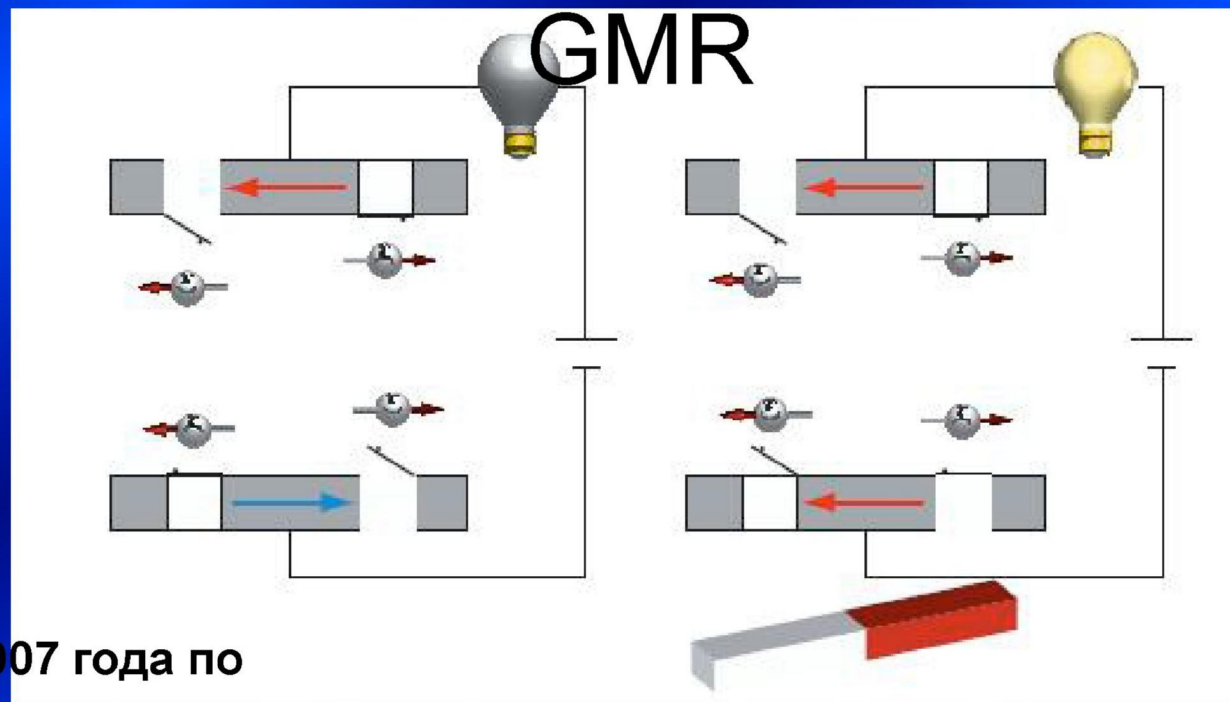
Гигантское магнетосопротивление



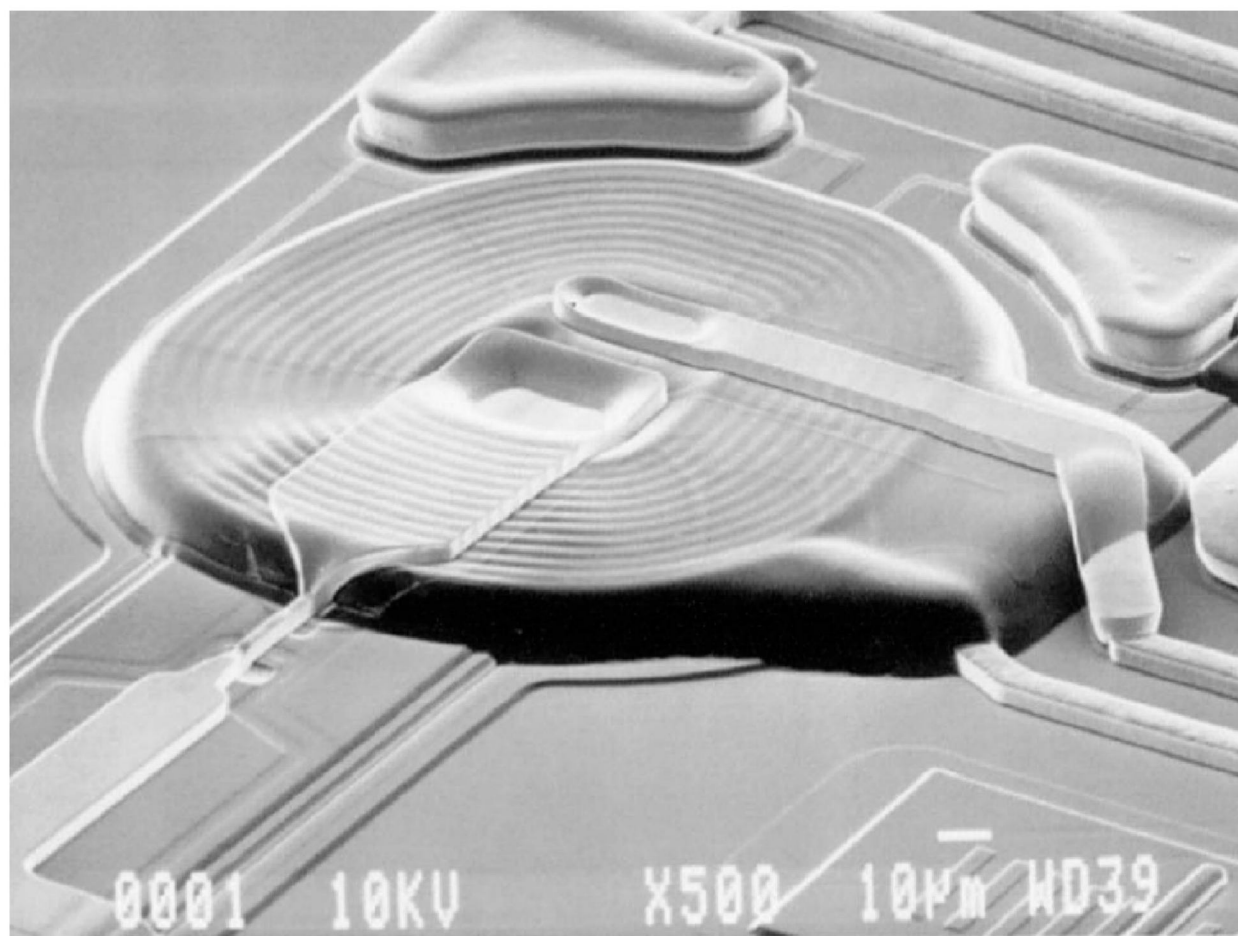
Нобелевская премия 2007 года по физике

присуждена Альберту Ферту и Петеру Грюнбергу за открытие

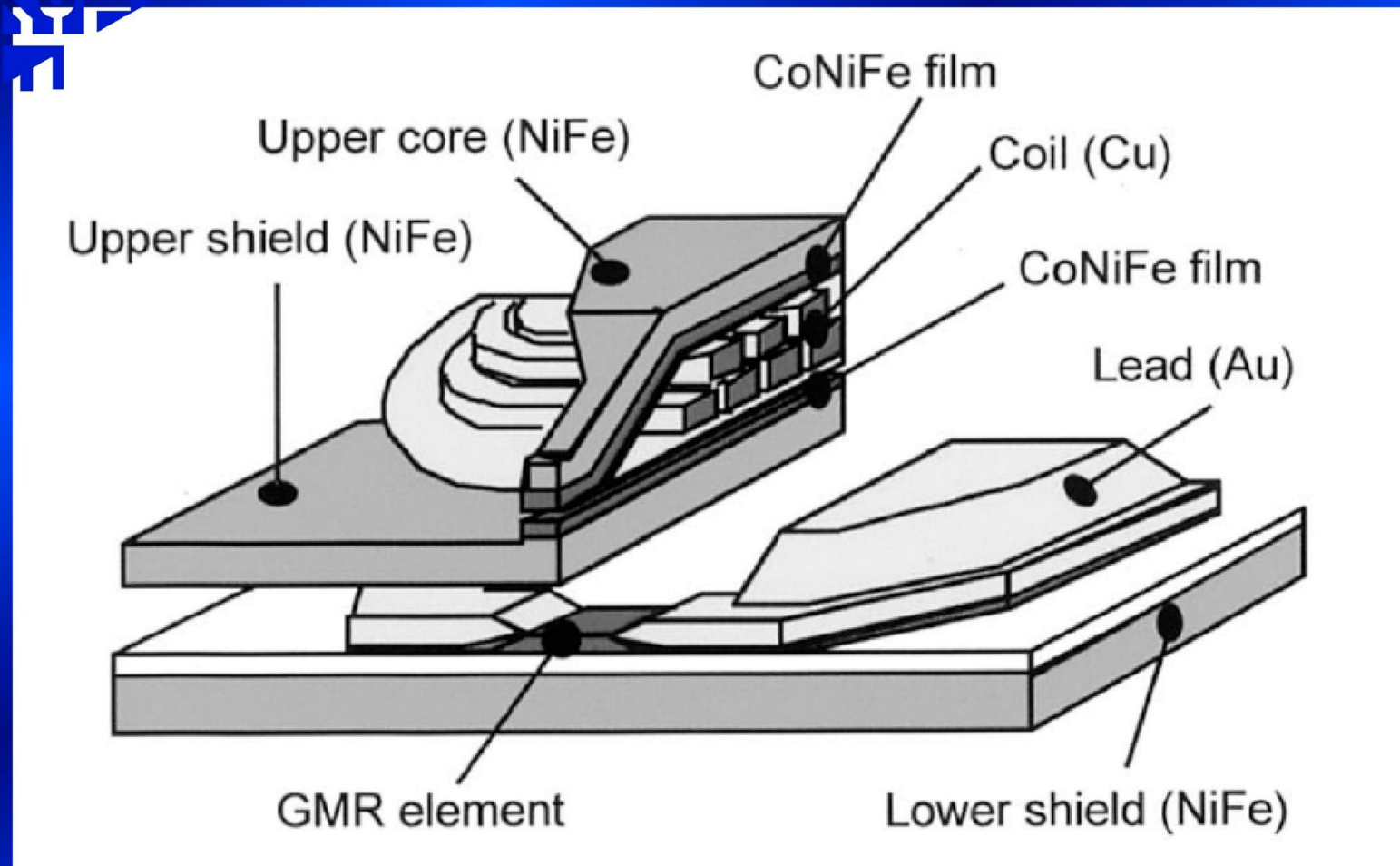
гигантского магниторезистивного эффекта



Считывающая GMR



Схематическая структура GMR

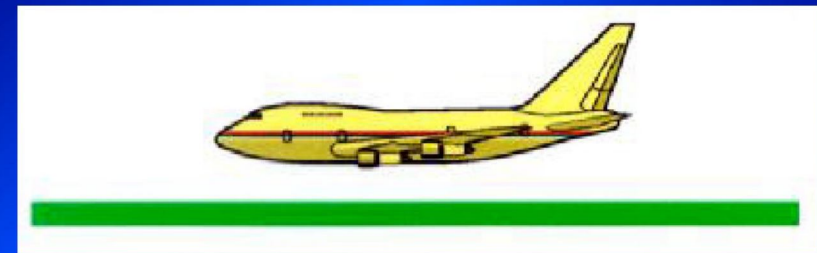
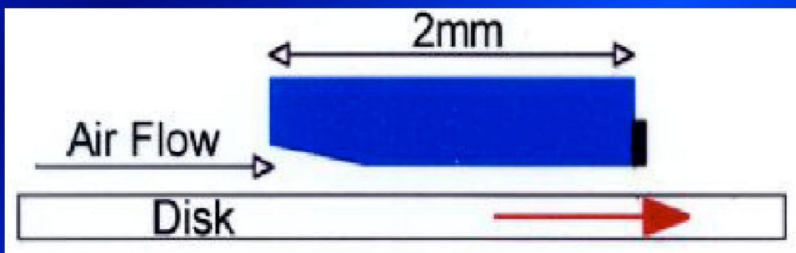


Динамика ползунка считывающей головки жесткого диска против Boeing 747

Оценка для плотности записи 1 Терабит/кв. дюйм

Ползунок считывающей головки

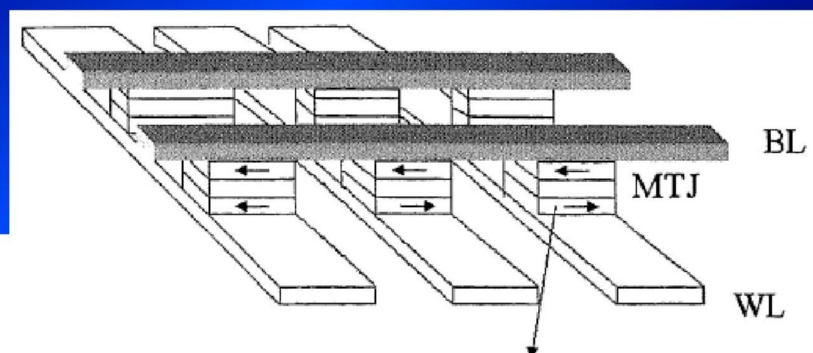
Длина	2 mm
Высота полета	6.5 nm
Длина бита	11 nm
	(2,310,000 bits/in)
Ширина бита	29 nm
	(870,000 tracks/in)
Линейная скорость	41 m/s
	(1,030,000,000 bits/s)



Boeing 747

Длина	70 m
Высота полета	0.91 mm
Длина бита	1.54 mm
Ширина бита	4.1 mm
Линейная скорость	1464 km/s
	(3,270,000 mph)

Магнитная память с произвольным доступом (MRAM)



Более компактна чем память на полупроводниках (Flash memory)

