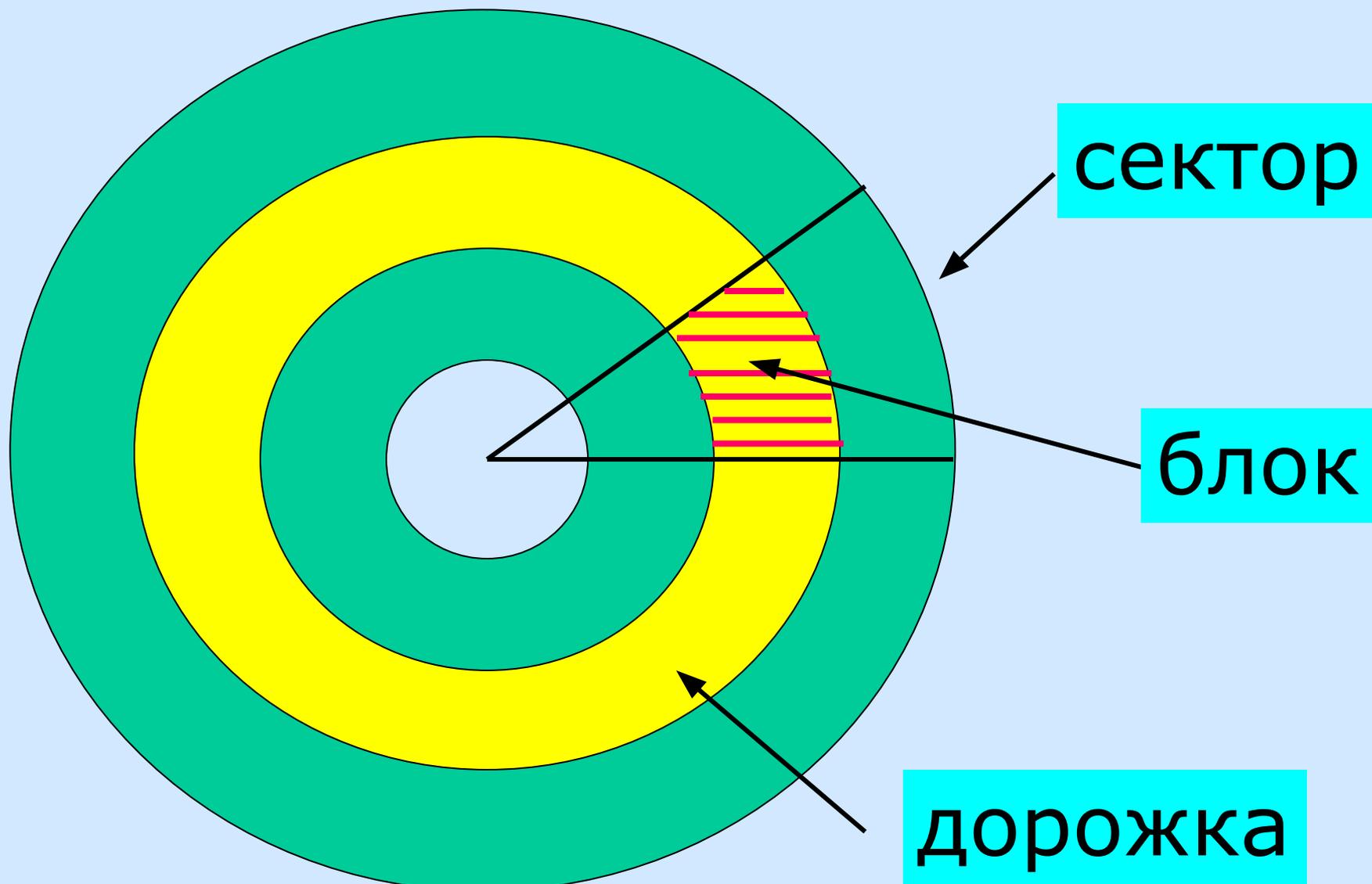


## §2 Накопители на магнитных дисках

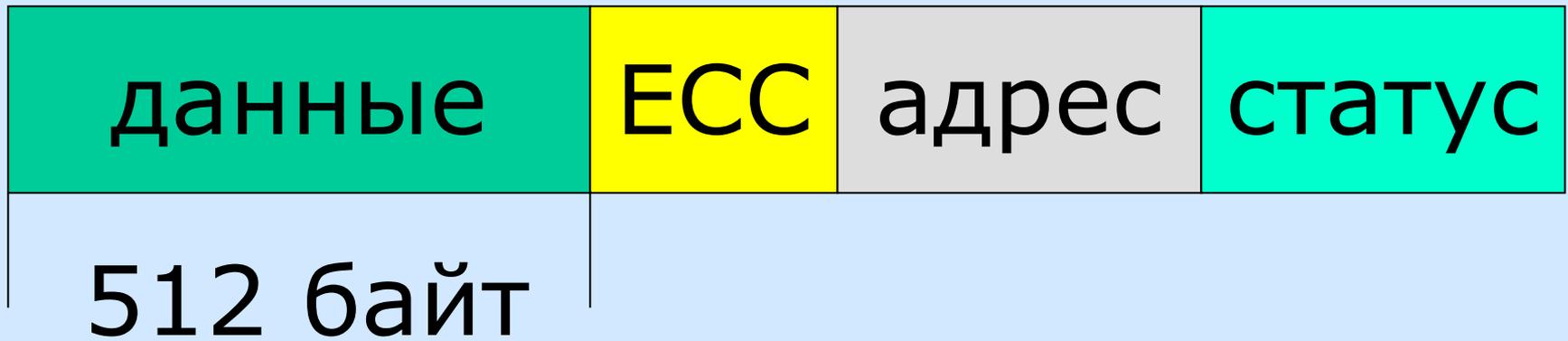


1. Относятся к ПЗУ: десятки лет хранения при соблюдении условий

## 2. Организация



Блок состоит обычно из 4 частей:



Цилиндр – дорожки, лежащие друг над другом в стопке ДИСКОВ

Seagate  
Cheetah73



Число дорожек

FDD: 80 (high density=HD)

HDD: 5-20 тысяч

Число секторов

FDD: 18 (на 1.44 МБ)

HDD: 200-600

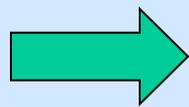
# Все диски двусторонние



FD:  
1.44 МБ

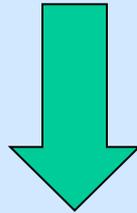
HD: сотни ГБ

HDD содержат до 5 дисков



до 1 ТБ

Для каждой поверхности –  
своя головка чтения-записи.  
Нумеруются с 0



Адрес блока данных – номер  
цилиндра, головки, сектора

CHS

Низкоуровневое  
форматирование диска –  
запись адреса и статуса (bad  
block!) для каждого сектора

### 3. Основные характеристики

- Размеры
- Ёмкость
- Время доступа  $t_a$ : поиск дорожки + ожидание сектора
- Скорость записи или считывания, Б/с (с учётом  $t_a$ )
- Стоимость 1 МБ или ГБ
- Цена

**"Mikey" – самый маленький  
Microdrive**

- 6 - 8 ГБ

**Microdrive**

- 4 - 6 ГБ

**Travelstar 1.8" Slim**

- 20 - 60 ГБ
- 4200 об/мин

**Travelstar 1.8"**

- 20 - 60 ГБ
- 4200 об/мин

**CinemaStar**

- 80 - 500 ГБ
- 7200 об/мин

**Travelstar 2.5"**

- 20 - 160 ГБ
- От 4200 до 7200 об/мин

**Endurastar 2.5"**

- 20 - 30 ГБ
- Широкий диапазон рабочих температур

**Deskstar**

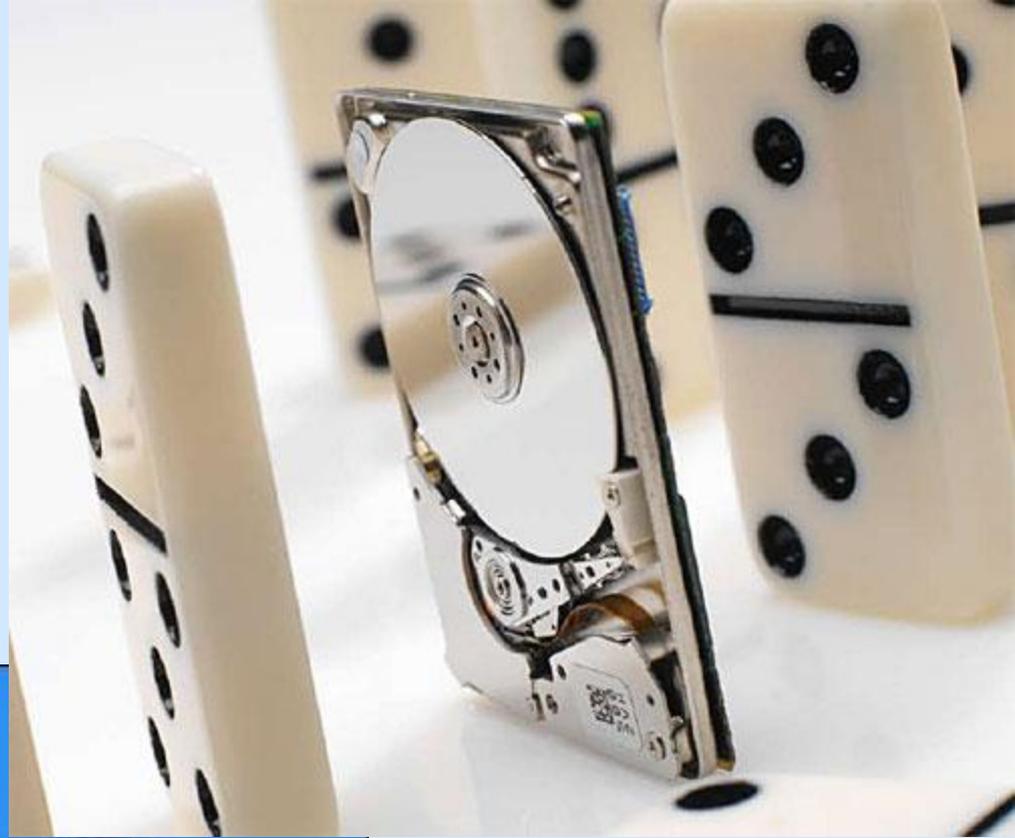
- 80 - 500 ГБ
- 7200 об/мин

**Ultrastar**

- 36 - 300 ГБ, 10К об/мин
- 36 - 147 ГБ, 15К об/мин



# Миниатюрные



# Примеры:

Тип	Ёмкость, байт	$t_a$ , мс	Скорость, МБ/с	\$/ГБ
HDD	1 Т	3	300	0.3
FDD	1.44 М	100	0.06	300
Zip250	250 М	29	2.4	70

# Внешние HDD 40 GB с интерфейсом USB



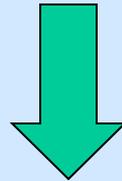
2.5" на 320 ГБ, 7200 об/мин



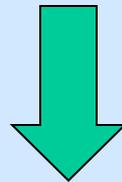
70x100x9.5 мм

## 4. Механика HDD

- Все диски – на одном шпинделе

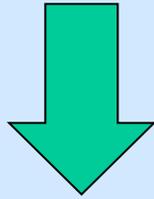


Большая инерция

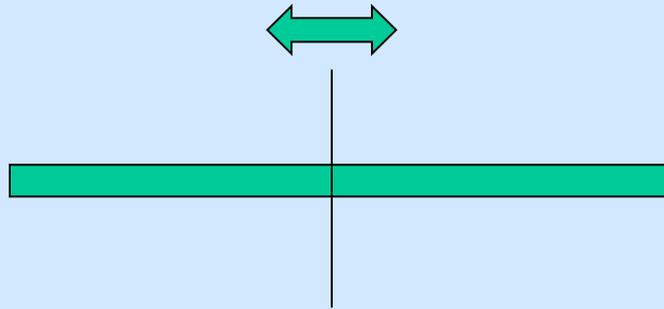


Время разгона (1 с)  $\gg t_a$

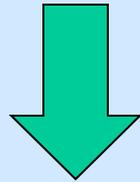
- При быстром вращении замечен гироскопический эффект



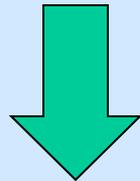
Не меняйте резко ориентацию!



- на полных оборотах  
скорость движения головки  
относительно диска до 100  
км/ч

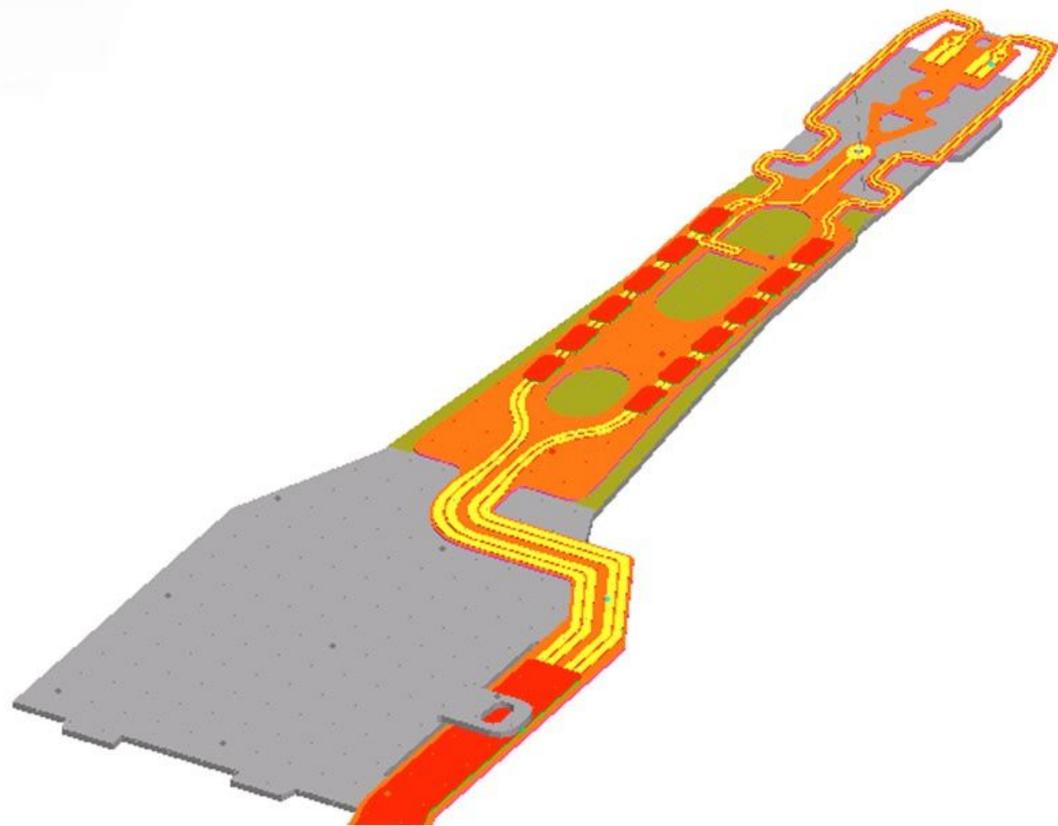
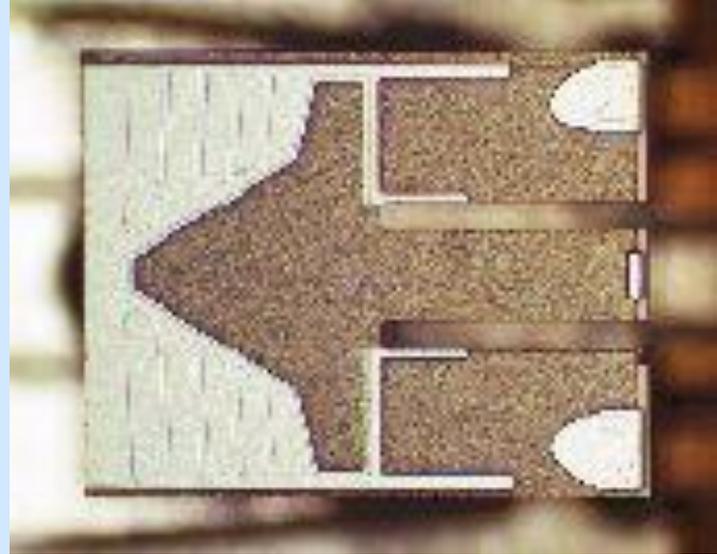


Касание запрещено



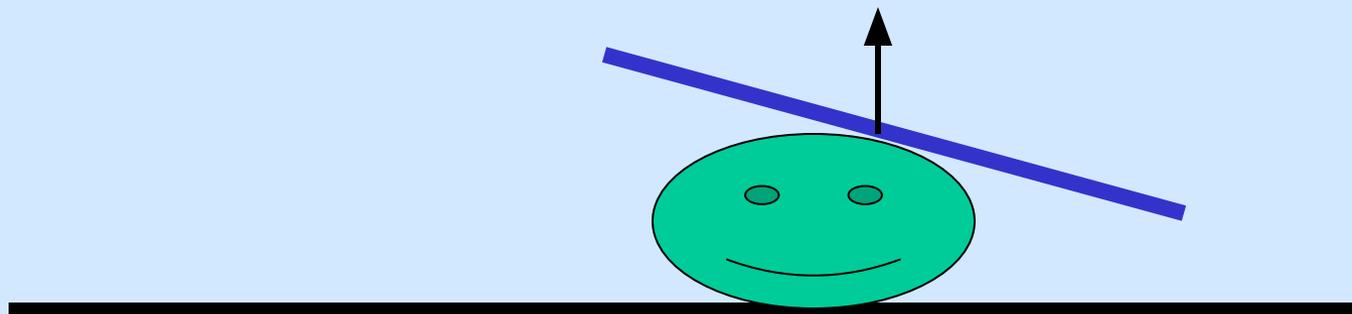
Головка летит, как парашют

# Блок головок

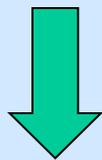
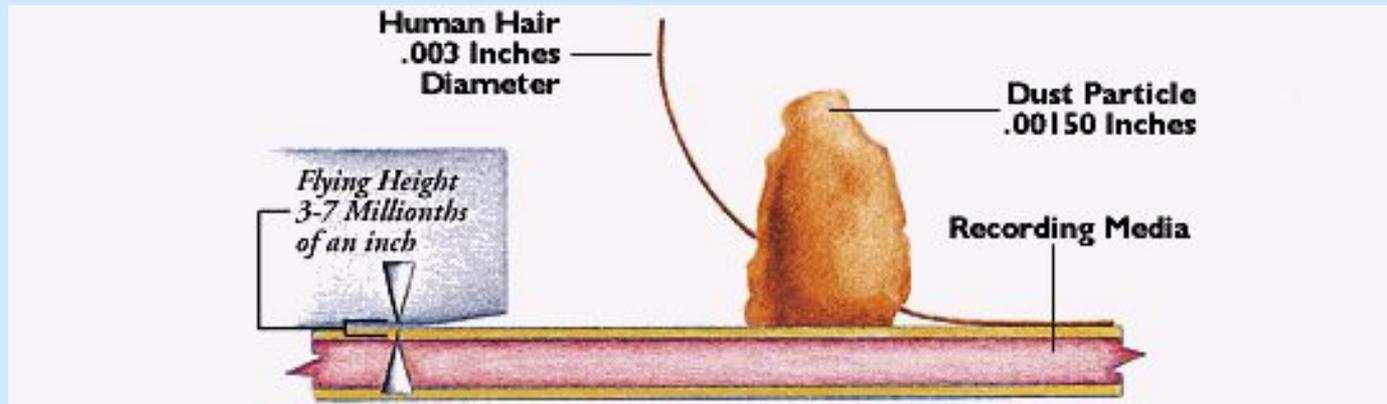


Параплан – это самолёт,  
летающий вблизи ровной  
поверхности

Подъёмная сила больше из-  
за сдвливания воздуха



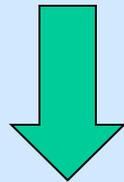
# Волосы и пылинки в 1000 раз толще зазора



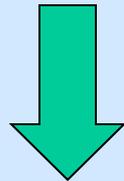
Ремонт в  
ЧИСТОЙ  
КОМНАТЕ



При низком атмосферном давлении (в горах) головка взлетает плохо



Часто задевает и нарушает ДИСК

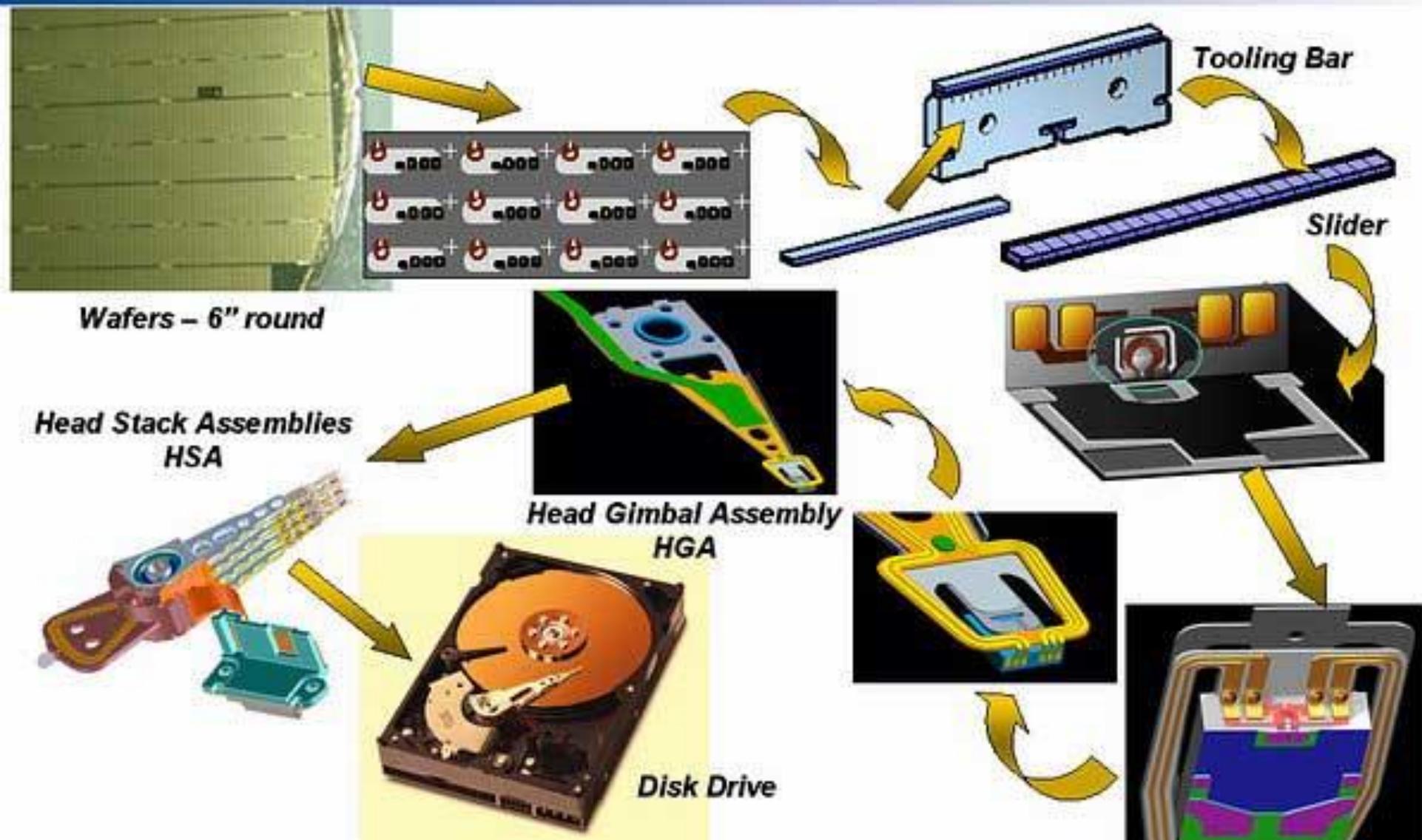


Нужен герметичный HDD

Есть диски, которые  
паркуют головку при  
перегрузках



# 5. Производство



# КОМПОНЕНТЫ

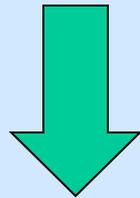




## 6. Надёжность HDD

- гарантийный срок: 1-3 года
- неисправимые ошибки чтения – раз в полгода (при постоянной работе)
- исправимые ECC – раз в час

- есть **резервные треки** ( => секторы). Контроллер сам переадресует с bad blocks на резервные



Обычные тесты показывают, что диск без дефектов!

Но есть утилиты, «видящие»  
таблицу дефектов

см. <http://www.acelab.ru>

- **SMART** – Self Monitoring, Analysis and Reporting Technology

От Seagate, Compaq, IBM

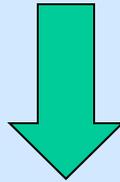
Контроллер HDD ведёт учёт отклонений от нормы и сообщает ОС о вероятных сбоях

Самые ловкие контроллеры  
сами пытаются «лечить» диск  
в свободное от запросов  
время.



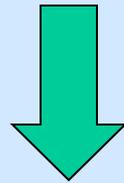
## 7. Перспективы развития

- **Зонная запись** – разбиение дорожек на группы с разным числом секторов: обычно в 2 раза больше на внешних дорожках



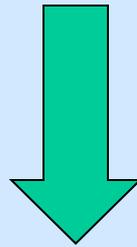
Экономия при мелких файлах

За один оборот на внешних дорожках проходит в 2 раза больше секторов



чтение/запись быстрее в 2  
раза

- Упреждающее считывание (кэширование): считывается вся дорожка, данные – в буфер



При кэш-попадании:  $t_a = 0$  !

# ● Рост плотности записи

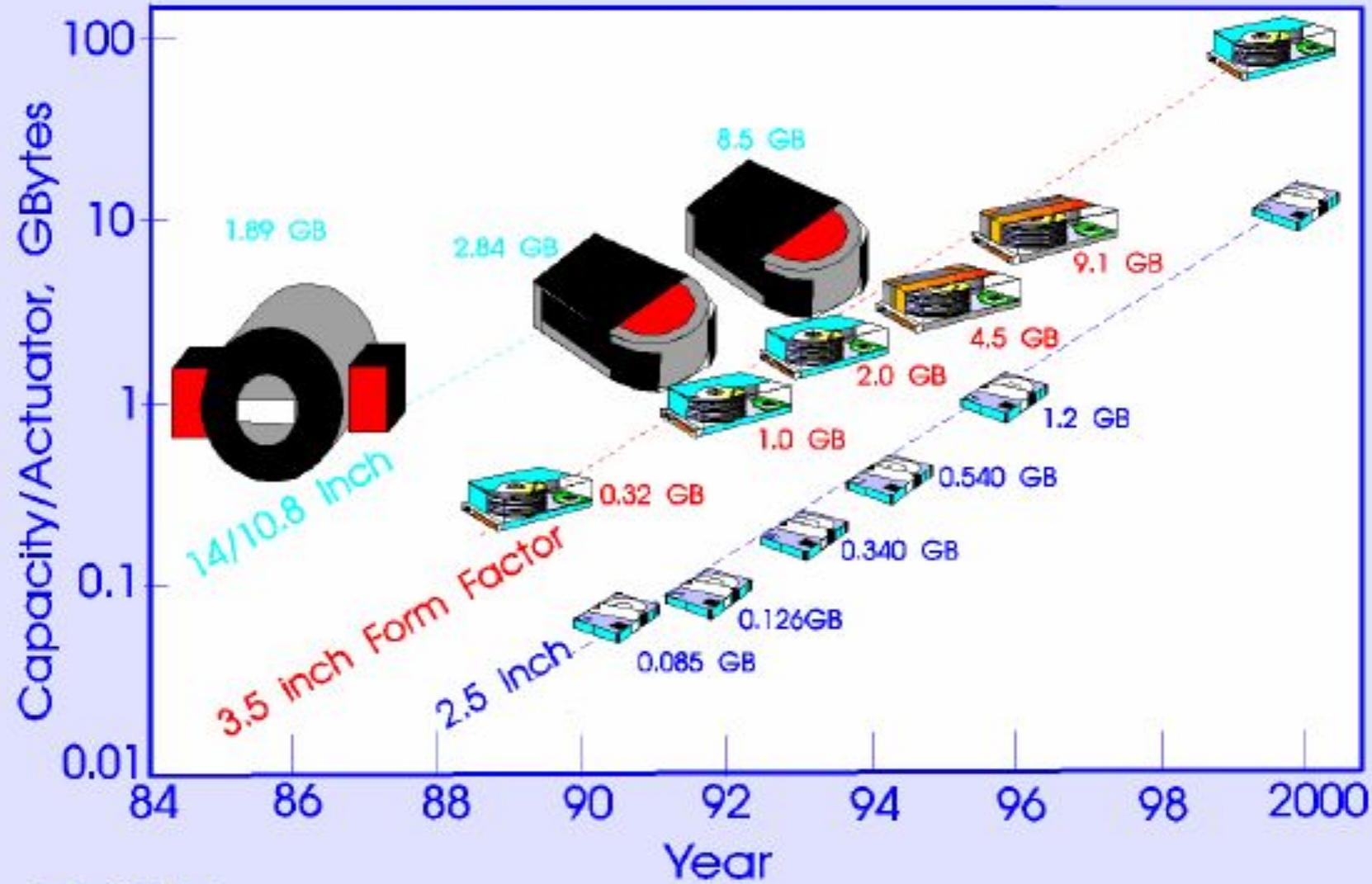


# IBM RAMAC (1956)

5 МБ на 50  
дисках

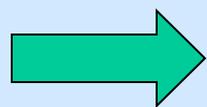
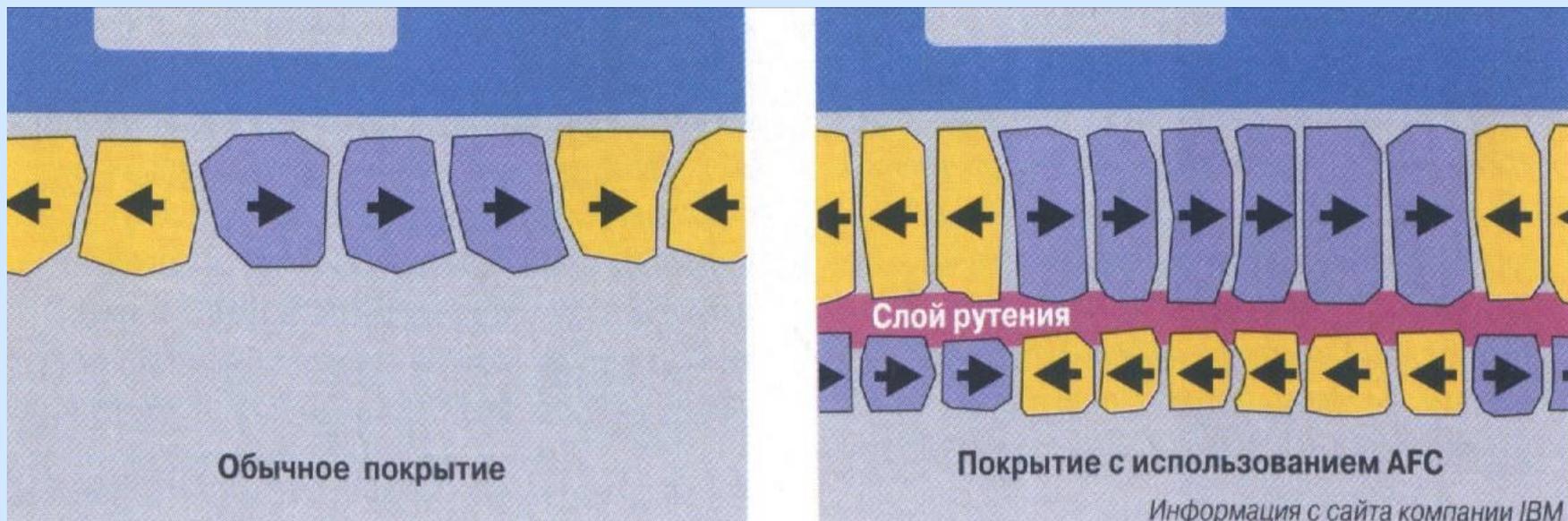


# Disk drive form factor evolution

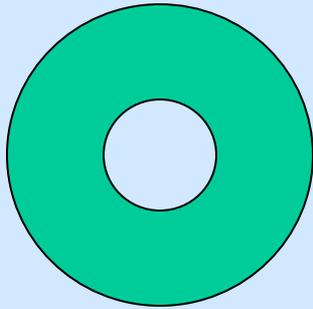


IBM Advanced Technology

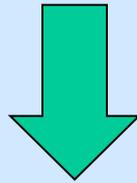
□ AFC – antiferromagnetically coupled



До 100 Гбит/дюйм<sup>2</sup>

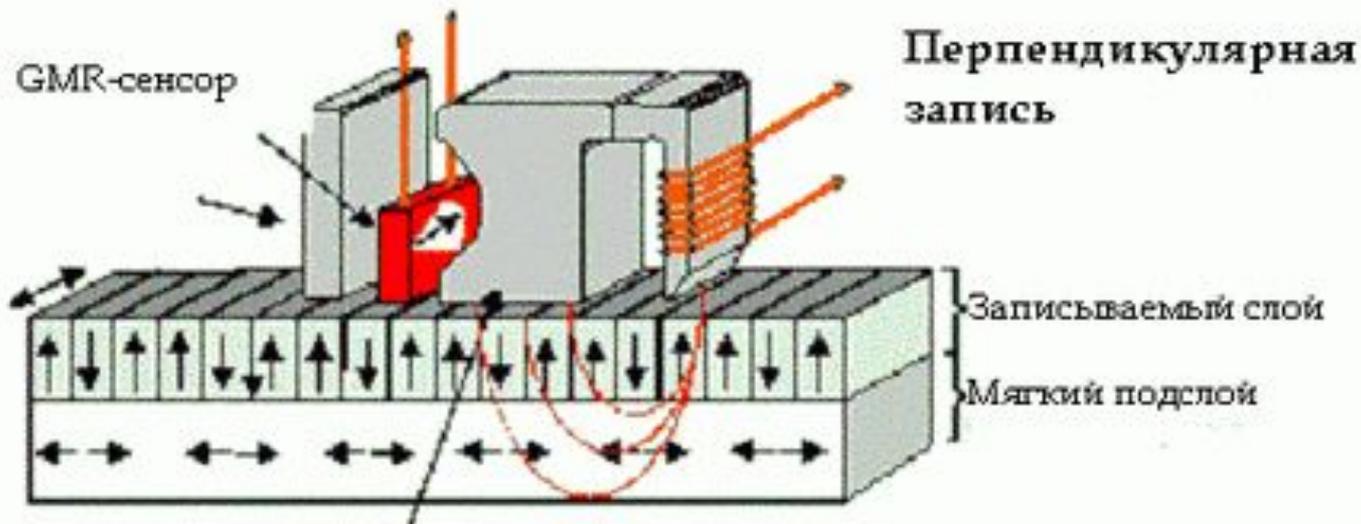
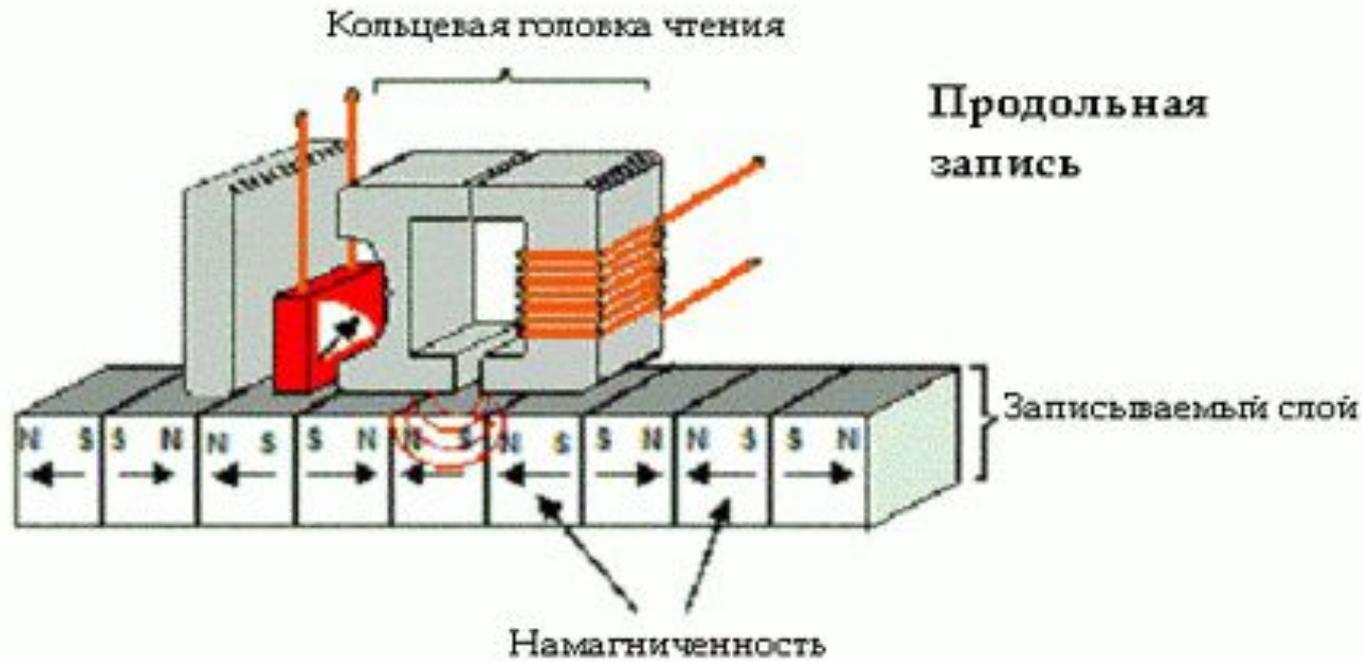


$$\left. \begin{aligned} S &= \pi(R^2 - r^2) \\ R &= 1.25 \\ r &= 0.4 \end{aligned} \right\} \Rightarrow S = 4.4$$



$4.4 * 2 * 100 / 8 = 110$  ГБайт  
на 2.5" диск

# □ Перпендикулярная запись



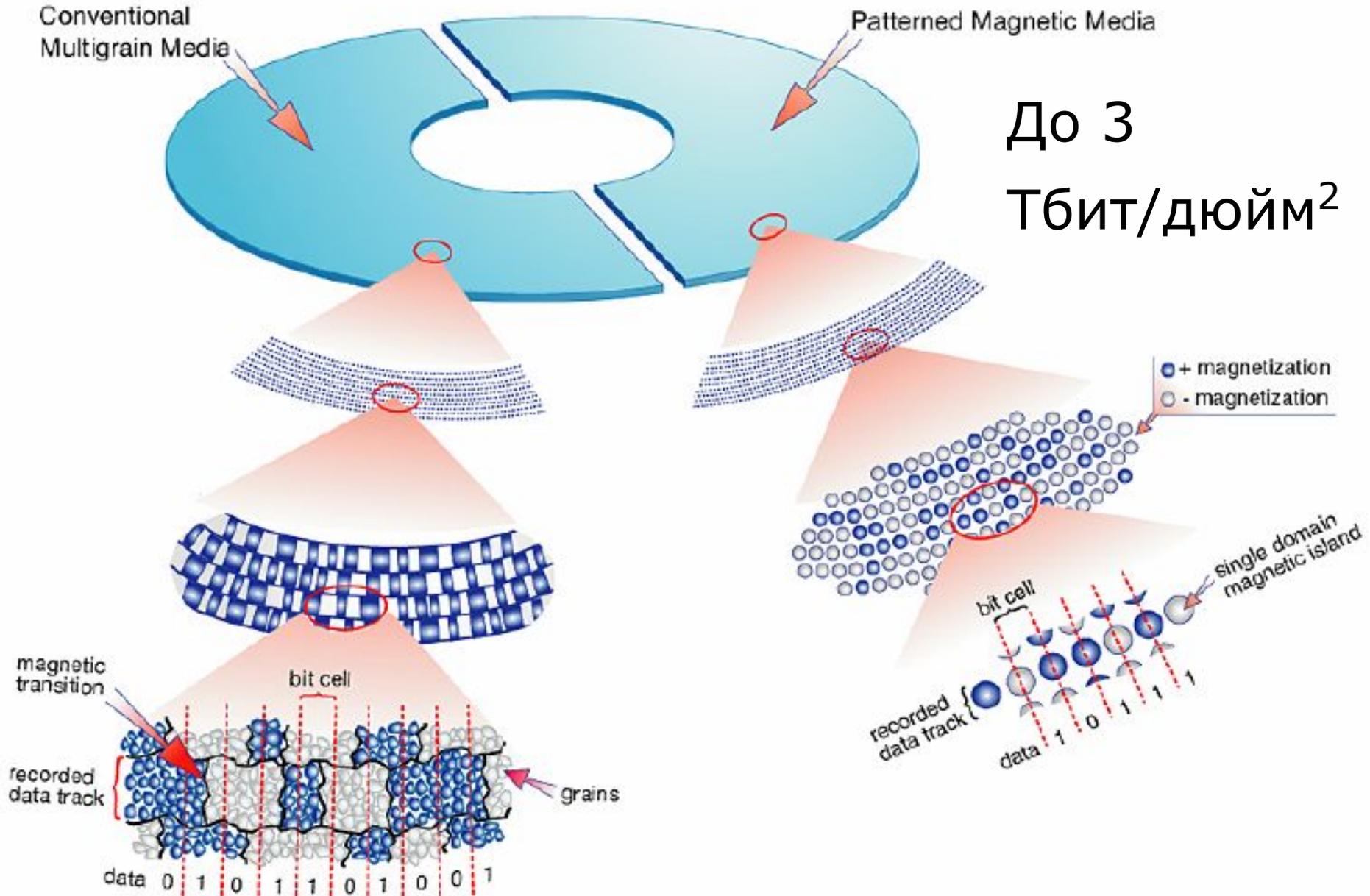
До 400  
Гбит/дюйм<sup>2</sup>

# □ Однодоменные биты

Conventional  
Multigrain Media

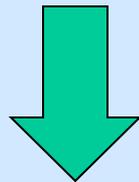
Patterned Magnetic Media

До 3  
Тбит/дюйм<sup>2</sup>

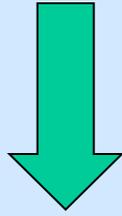


□ HAMR – heat assisted magnetic recording

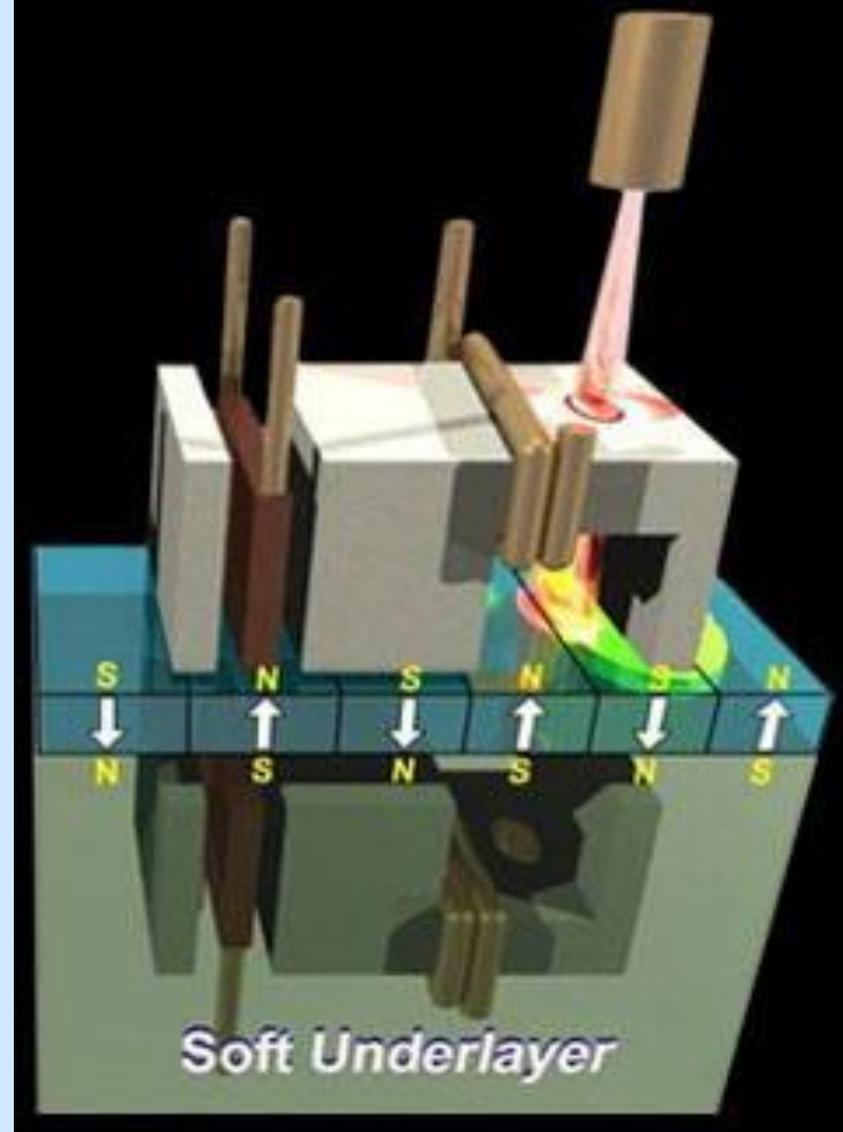
Для уменьшения доменов  
надо повысить их  
устойчивость к теплу



Нужны спец. материалы



Подогрев (лазером)  
перед  
намагничиванием



До 10 Терабит/дюйм<sup>2</sup>

# Прогноз

Technology changes coming in the next 10 years will be as radical as the changes that have occurred over the past 50 years.

