

ハードディスクドライブの市場、技術動向と研究開発

城石 芳博

(株)日立グローバルストレージテクノロジーズ

本講演では、ハードディスクドライブ（以下、HDD）の市場、技術動向、及び高密度化を可能とする研究開発の最先端について概説する。

1. HDD の市場展望

磁気記録技術は 100 年を越える歴史を有する身近な技術である。中でも HDD は、RAMAC の 1956 年生誕から 2007 年までの 51 年間で記録密度は 12500 万倍と飛躍的に向上し、HDD 出荷数は年間で約 4.4 億台、売上は年間で約 300 億ドルに成長した。その産業規模はハイテク製品の中でも大きく、半導体メモリに匹敵している。現在、放送とインターネットの融合、情報のデジタル化が急速に進展しており、2006 年には 161 エクサバイト（エクサは百京、EB、 10^{18} B）のデジタル情報が生成され、毎年約 57%の割合で増加、2010 年には約 1 ゼットバイト（ゼッタは十垓、ZB、 10^{21} B）にも達すると見積もられている。このように多量のデジタル情報を保存できるものとして、2007 年には 1 テラバイト（テラは 1 兆、TB、 10^{12} B）もの超大容量 HDD が製品化され、市場から高い評価を得ている。今後 HDD は更なる大容量化が図られ、巨大なデジタル資産を保存する主役であり続けると予測されている。

2. HDD の技術動向

HDD が上記のような巨大産業に成長してきた道筋は決して平坦なものではない。高速・大容量ストレージに対する市場の強い要求に応えるべく、最先端新技術の絶え間ない開発と製品化により、競合ストレージとの激しい競争を乗り越え築いてきた結果である。現在、HDD の記録密度は現在 1 平方インチあたり 250 ギガビット（ギガは十億、Gb、 10^9 B）にも達している。これは 1977 年の東北大岩崎俊一教授（当時）の発明以来 28 年の歳月を経て 2005 年に実用化された垂直記録技術をベースに、巨大磁気抵抗効果(GMR)やトンネル磁気抵抗効果(TMR)ヘッドと言った最先端のスピン트로ニクス技術、ナノテク技術を相次いで投入、実用化してきた事による。現在更に、ナノメートル領域での磁気現象の解明、制御を通じて熱揺らぎ現象を克服、1 平方インチあたり 1 テラビット (Tb) 級の超高密度を垂直技術の延長で実現すべく、結晶磁気異方性エネルギー(以下 Hk)の高い材料と低い材料の交換結合型媒体や高電子スピンド乱材料を用いた CPP-GMR 再生ヘッド等に関する革新的技術開発が活発に行われている。

3. HDD の研究開発

2011 年頃以降の出現が想定される、1 平方インチあたり 1Tb 以上の記録密度を実現するには、垂直磁気記録技術に加え、パターン媒体、エネルギーアシスト、マイクロ波アシストと言った革新的技術の導入が必要と考えられており、現在、精力的に研究開発が行われている。また、1 平方インチあたり 5Tb 程度以上の記録密度を達成するには、アシスト技術とパターン媒体技術とを併用する必要があると考えられている。これらの革新的不連続技術はまだ不透明なため、設備投資含めたリスクは高く、産学官の連携含めた加速策が望まれている。

「シンクロトン放射光とナノテクノロジー」
シンクロトンとナノテク基盤技術



ハードディスクドライブの 市場、技術動向と研究開発

March 11, 2008

城石 芳博

Hitachi Global Storage Technologies

HITACHI
Inspire the Next

© 2008 Hitachi Global Storage Technologies

目次

HITACHI
Inspire the Next

ハードディスクドライブ(HDD)の市場、技術動向と研究開発

- (1) HDDの市場展望
 - a. HDDとは？
 - b. HDDの特徴とその市場展望
- (2) HDDの技術動向
 - a. HDDの大容量・小型化
 - b. 垂直磁気記録による更なる大容量化と展望
- (3) HDDの研究開発
 - a. HDDの高密度化を支えるナノテクノロジー
 - b. テラビット級磁気記録に向けた挑戦

ハードディスクドライブ(HDD)の市場、 技術動向と研究開発

HDDの市場展望

©Hitachi Global Storage Technologies

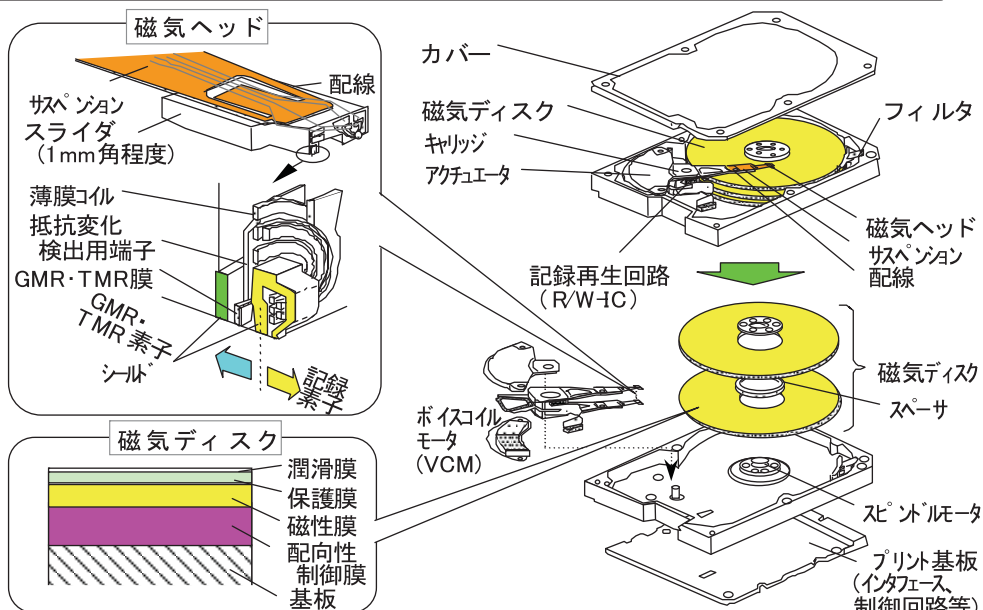
HITACHI
Inspire the Next

© 2008 Hitachi Global Storage Technologies

HDDとは？

HITACHI
Inspire the Next

HDDは、ヘッド、メディア、機構系等から構成され、材料、電気、機械、制御等の最先端総合技術の集大成。



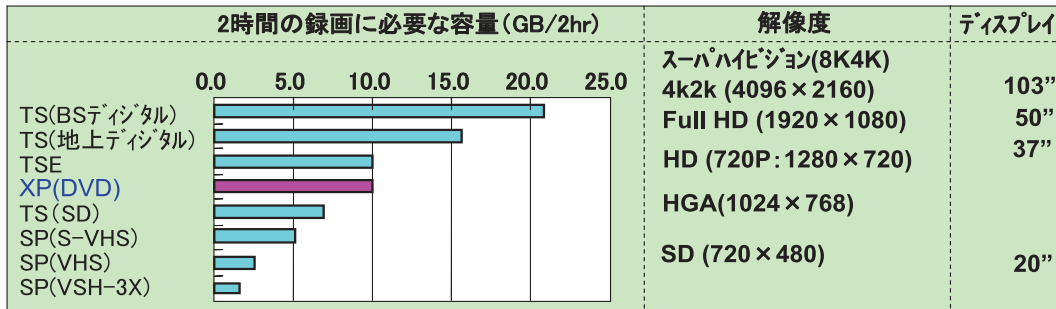
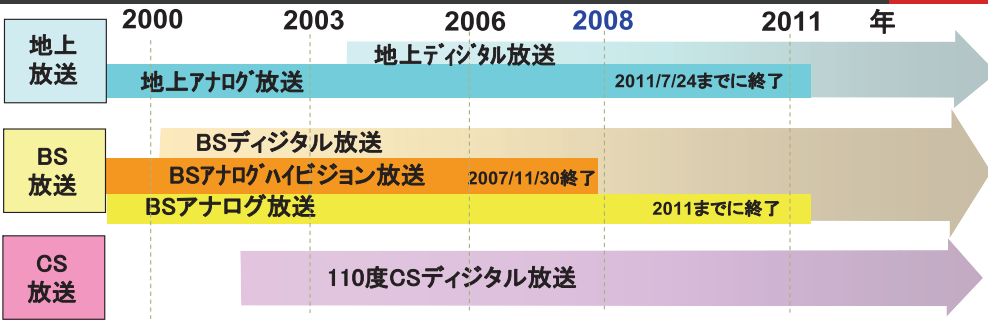
ハードディスクドライブの市場、技術動向と研究開発

© 2008 Hitachi Global Storage Technologies

4/4/2008

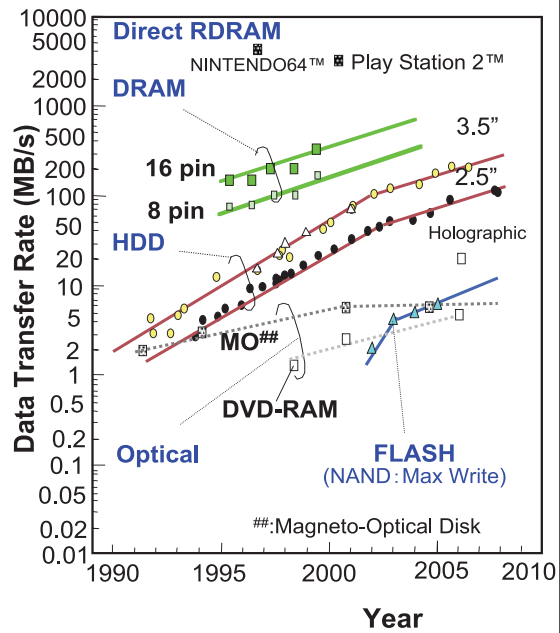
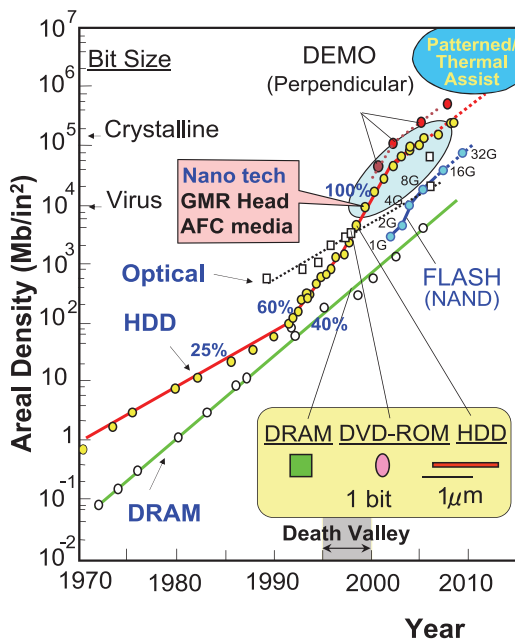
4

映像の画質、適正ディスプレイと2時間録画必要容量



*: 録画には50%弱の人がHDD・DVDレコーダに録画、その半分以上が定期的にドラマ、映画等を録画

HDD、ODD、DRAM/FLASHの記録密度と転送速度



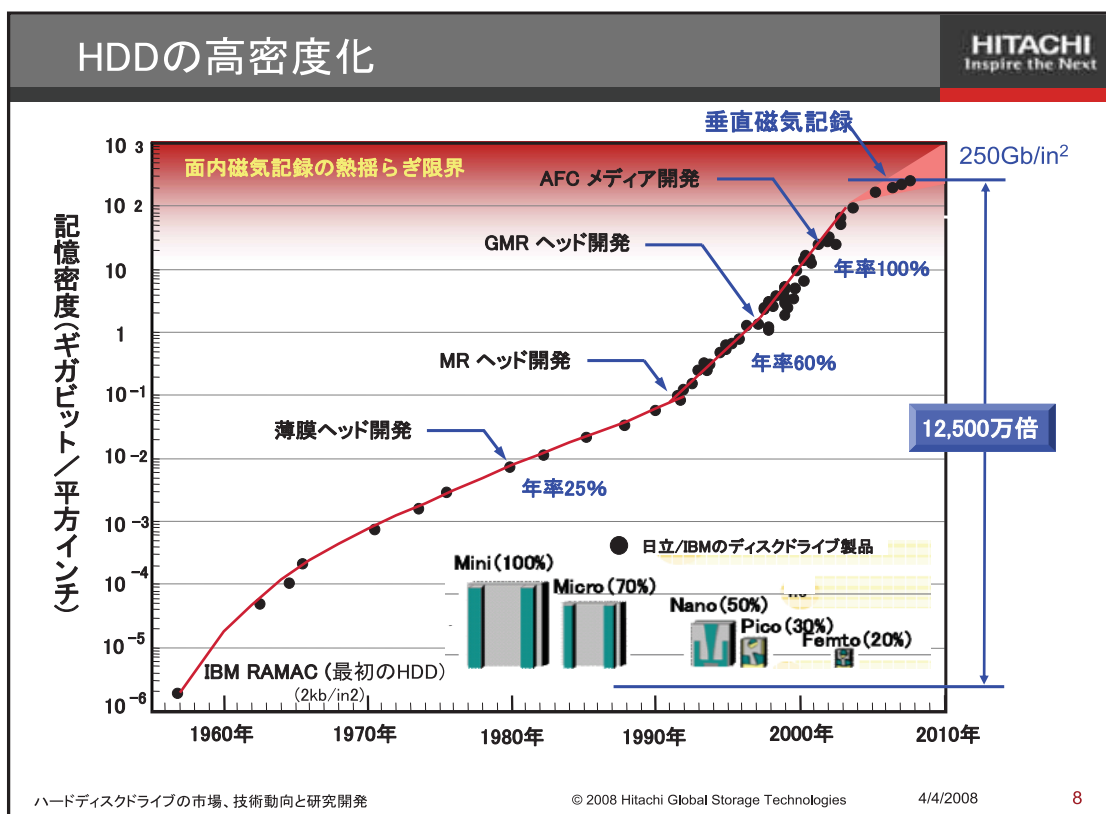
ハードディスクドライブ(HDD)の市場、 技術動向と研究開発

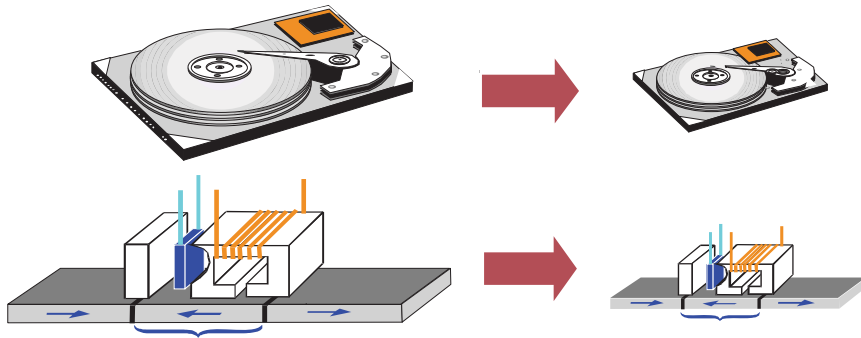
HDDの技術動向

©Hitachi Global Storage Technologies

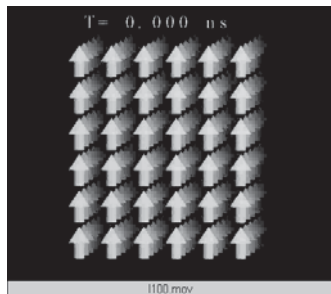
HITACHI
Inspire the Next

© 2008 Hitachi Global Storage Technologies

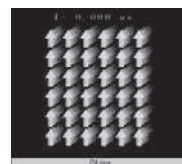




- Scaling means that everything shrinks and the system still works
 - Requires vastly improved processes
 - Higher mechanical precision
- Signal-to-noise ratio drops when things are scaled smaller
 - Requires new sensors and materials
 - Improve signal processing



- Large Grain
> Stable

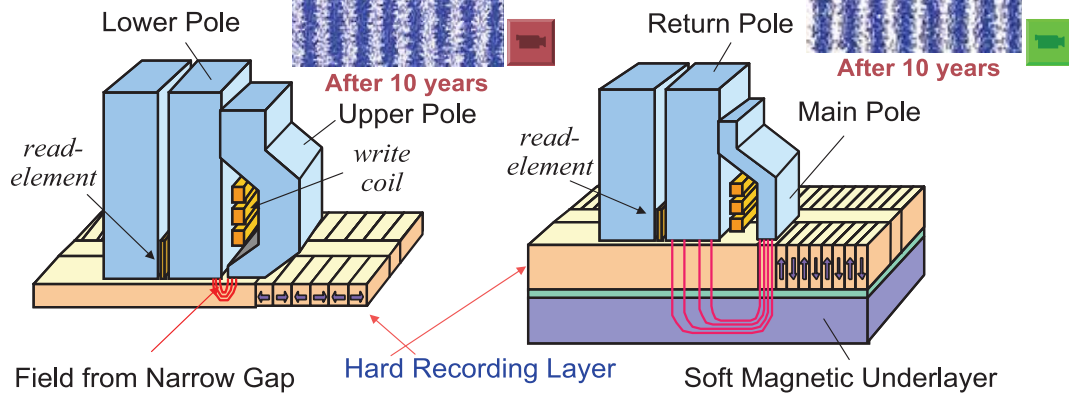


- Small Grain
> Unstable



Longitudinal

Perpendicular



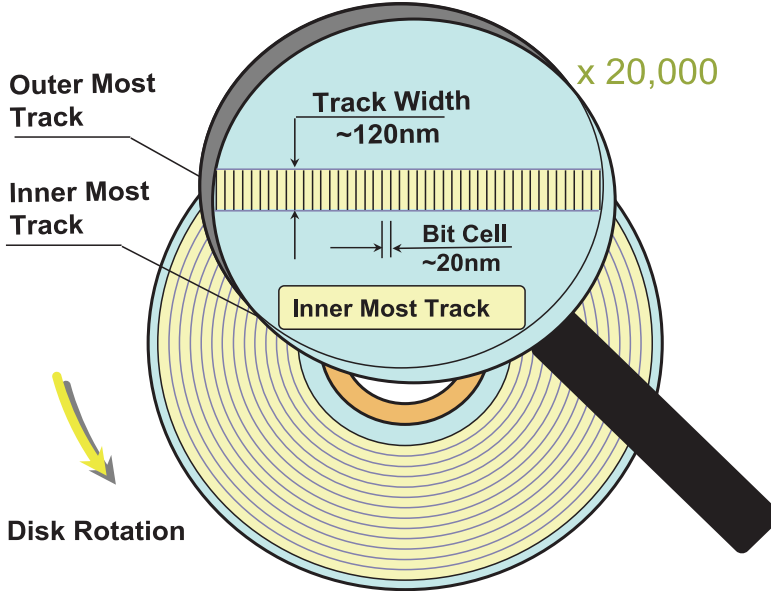
- Disk material can be thicker, which makes small grains more resilient to super paramagnetic effect
- Soft under layer allows head to provide stronger field to make it possible to write on media with higher stability
- Adjacent perpendicular bits stabilize one another

ハードディスクドライブ(HDD)の市場、
技術動向と研究開発

HDDの研究開発

Image of Recording Density

- Track Width and Bit Cell Size for $\sim 250\text{Gb}/\text{in}^2$ -



HDD位置決め技術のイメージ

— ナノメカニクス制御の世界 —

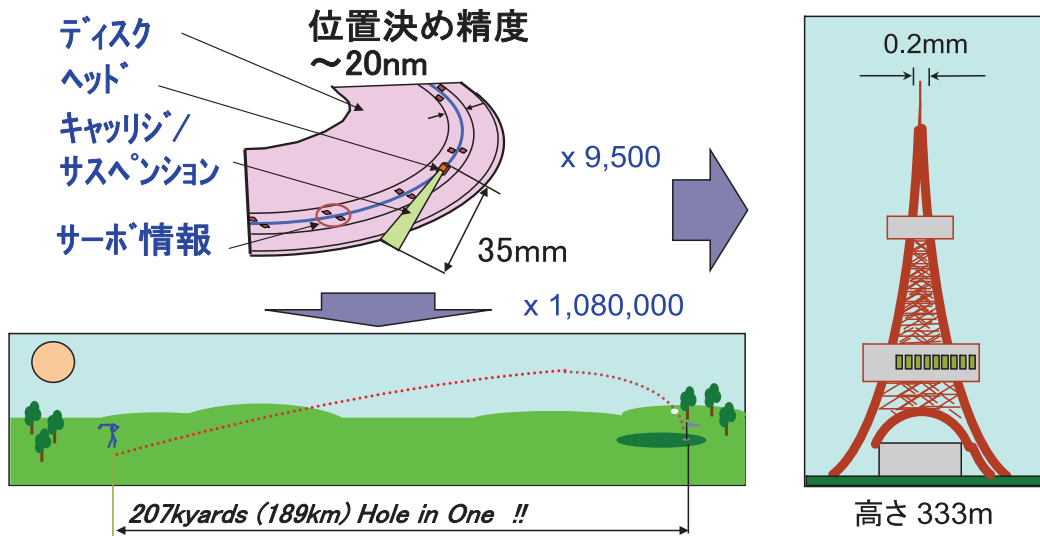
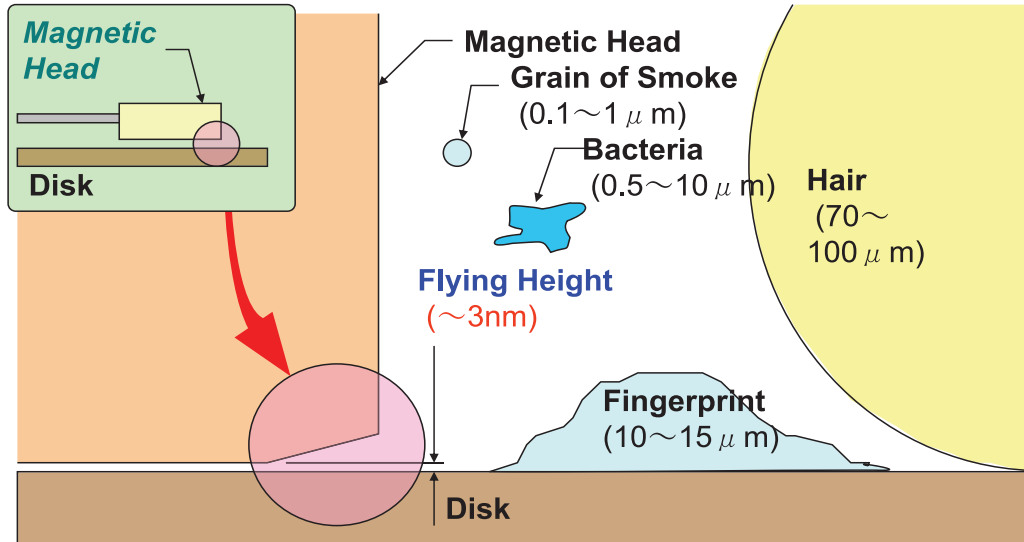
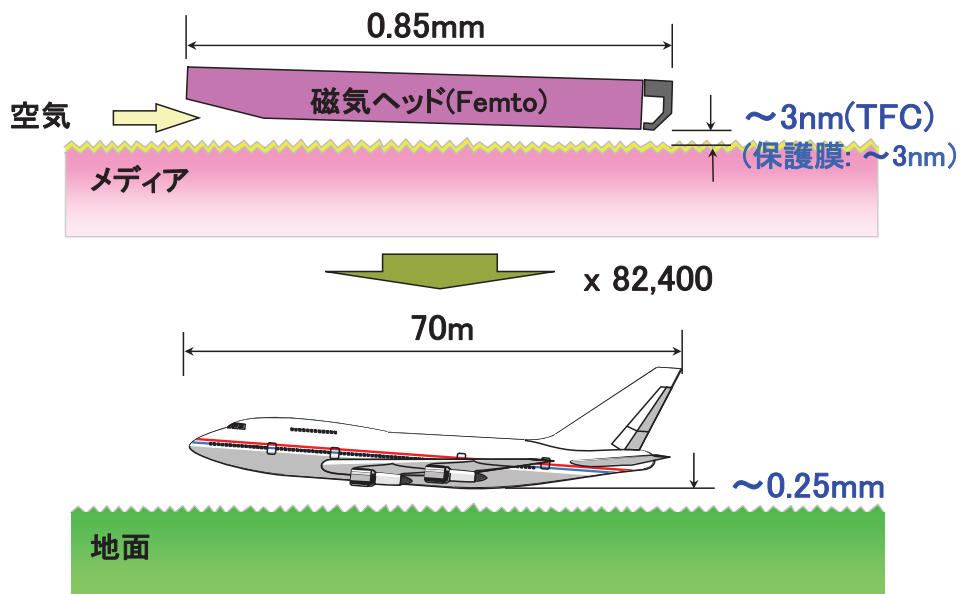
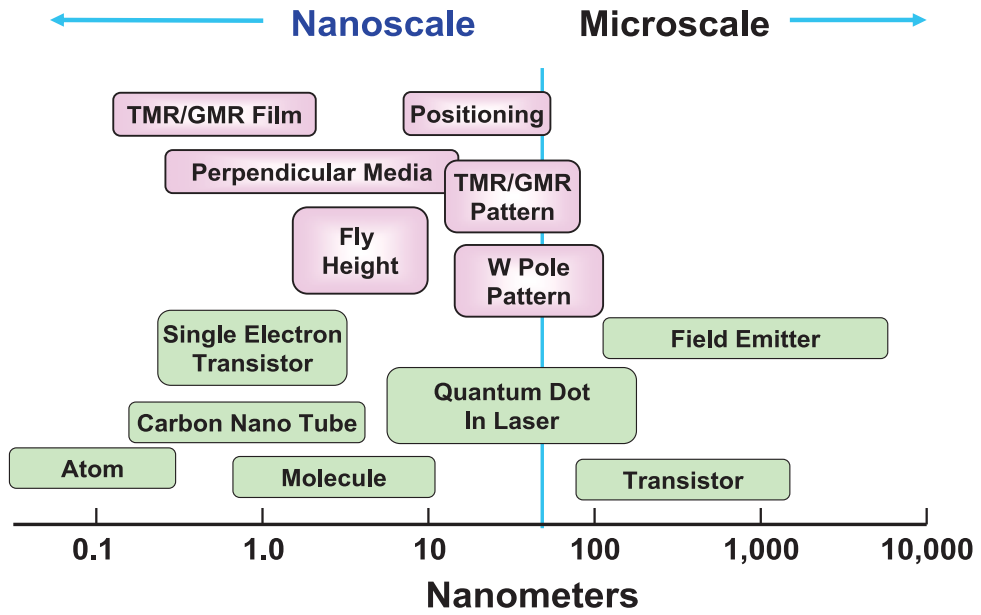


Image of Magnetic Head Flying



HDDにおける低浮上技術のイメージ





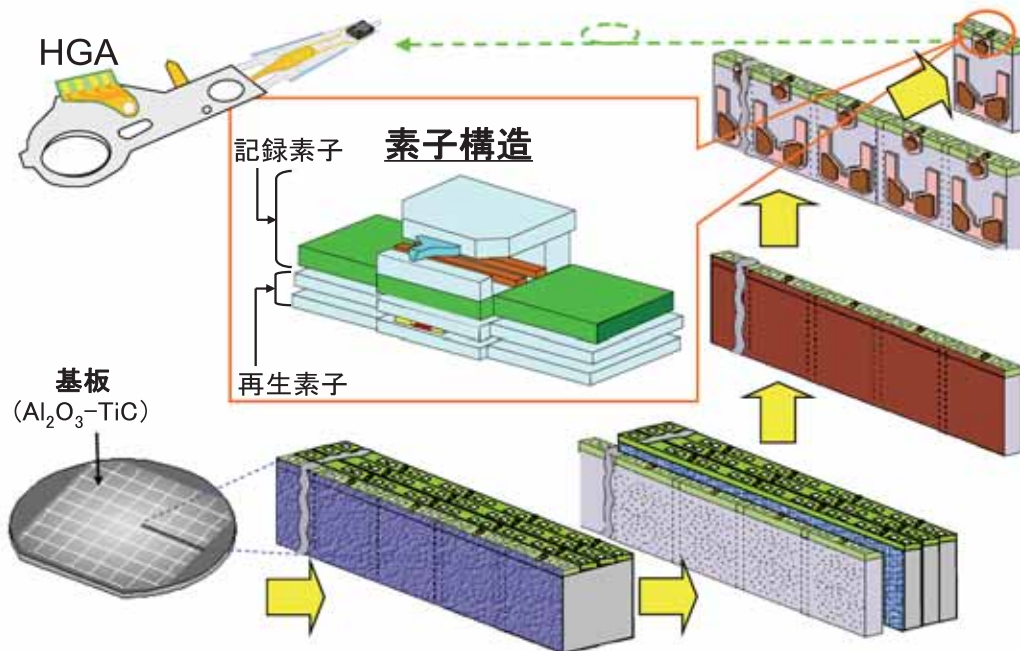
ハードディスクドライブの市場、技術動向と研究開発

© 2008 Hitachi Global Storage Technologies

4/4/2008

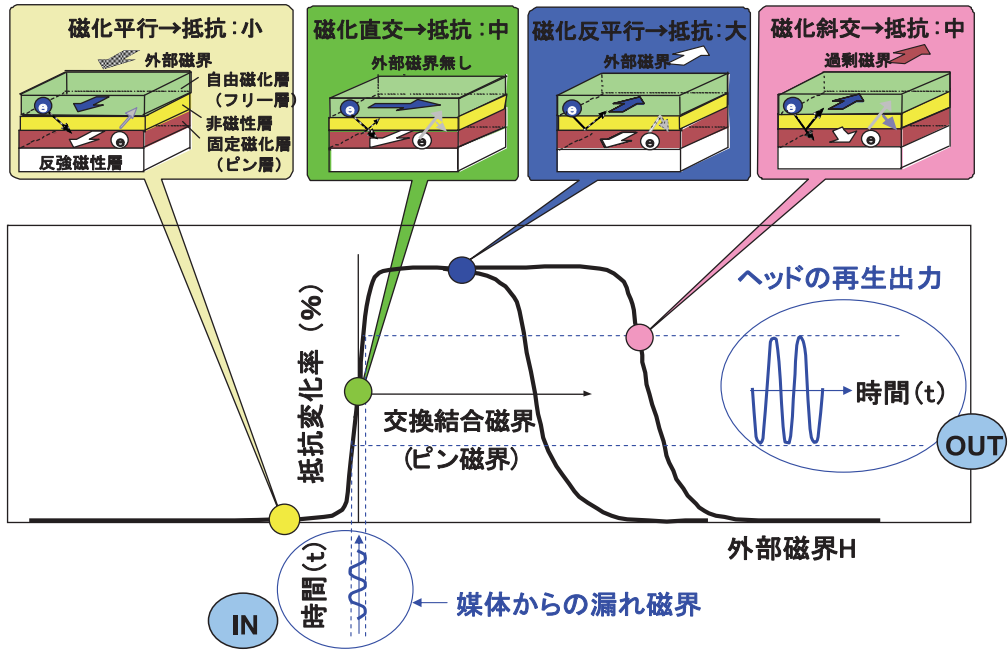
17

垂直磁気ヘッドの構造と製造工程概要



© 2008 Hitachi Global Storage Technologies

GMRヘッドの再生原理

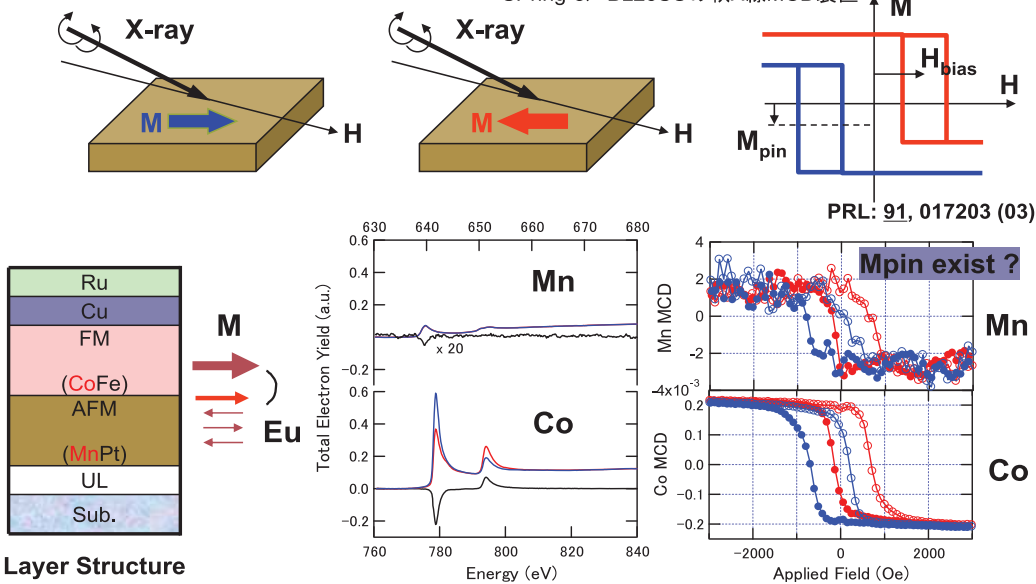


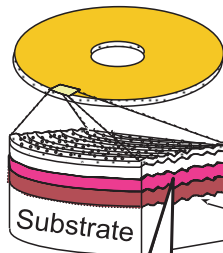
X線磁気円二色性による最先端磁気構造解析の例

XMCD (X-ray Magnetic Circular Dichroism) : X線磁気円二色性

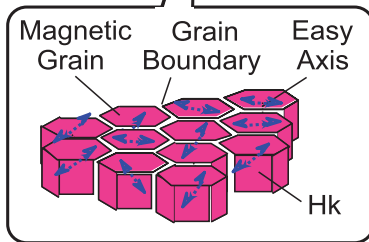
平野辰巳、西岡浩一、中村哲也、大沢仁志:第31回日本応用磁気学会(2007)

SPring-8/BL25SUの軟X線MCD装置





Challenges	
Lubricant	Low Mobility, High Coverage
Overcoat	Durability, High Coverage, Thin
Magnetic Layer*	High S/N, Easy to Write (Low Δ) Thin Mag Layer (Inter Layer)
Under layer*	Anti-Thermal Fluct., No Defect
Substrate (Texture)	Fewer Ridge&Defect, Line Density Less Micro Waviness, Low cost



High S/N Key Technology	
Control	Anisotropy, Low σ Hk
	Segregation
	Orientation (including Tilt)
	Small Grain
	Uniform (Size/Comp)

•Perpendicular Recording: Thinnest Intermediate Layer, Small Number of Layers, Noise Free Mag-underlayer, Discrete/Patterned MediaMedia

Extension of Conventional Perpendicular Technology

Head Challenges

Writer

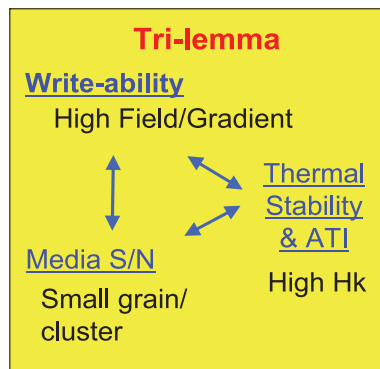
High Field/Gradient
Narrow Tww, ΔE , ΔW
Less ATI

Reader

High S/N
Narrow Twr, ΔR
High Stability
High Resolution
Low Resistance

Slider Lapping

Small SH σ
Small Recess
Thin COC



Media Challenges

R/W

High S/N
High Thermal Stability
Easy-to-write
ATI Robustness

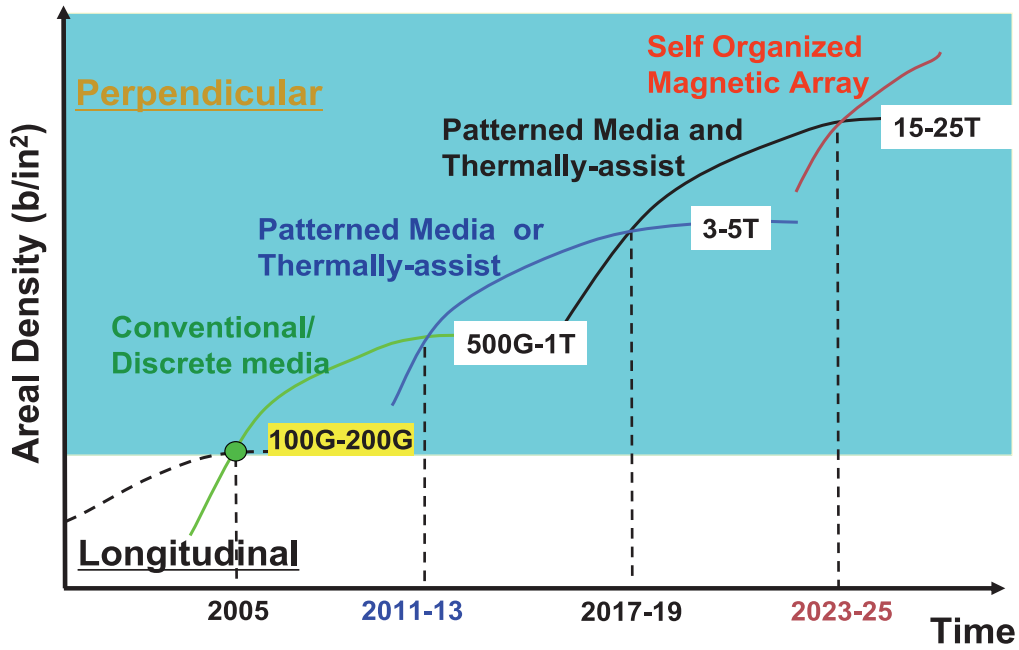
Reliability

Thin and reliable
overcoat and lub
Anti-corrosive
Smooth Substrate

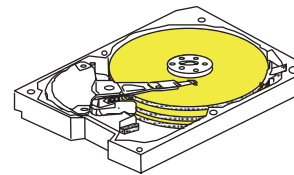
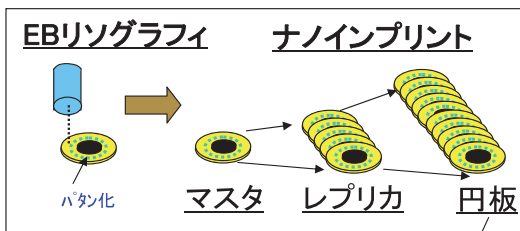
HDD Challenges

Accurate Positioning
Signal Processing, High Transfer Rate, etc
Narrow Magnetic Spacing/ H-M Clearance CTL
High Reliability

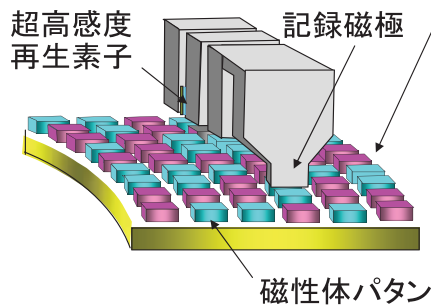
HDD高密度化の技術ロードマップ



将来技術

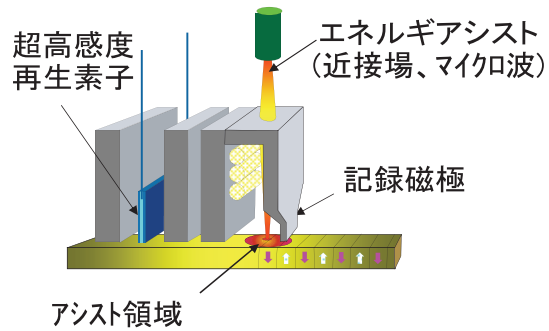


HDD

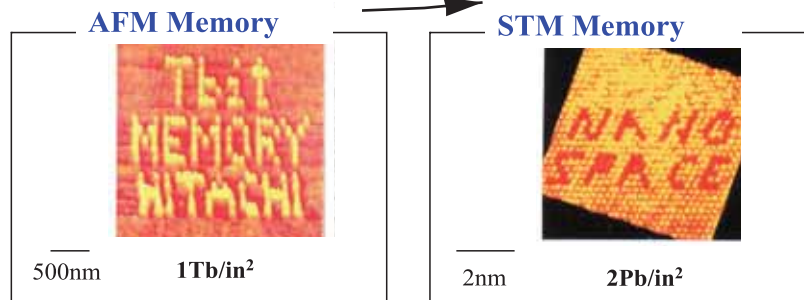
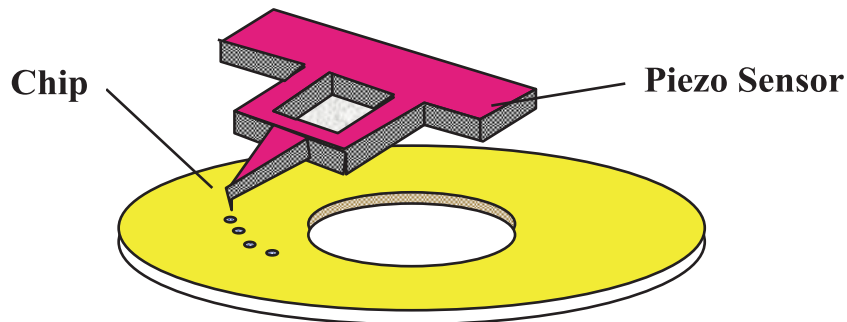


(a) パタン媒体*

*:ディスク-トラック媒体:溝のみパタン化



(b) 熱アシスト



免責条項

本資料は、将来のハードディスク需要、および、ハードディスク業界の売上げ見通し、日立の将来の製品ポートフォリオ、民生機器の将来需要に関わる文言、すなわち、米国の「連邦有価証券法」の意味する範囲内での将来予測の文言を含みます。これらの予測は、弊社の製品の需要変動の可能性、新製品の開発またはマーケティング上の遅れ、競合他社による新製品の投入、または、新しい競合相手の市場参入や法的な争いの可能性を含んでおり、これらのリスク、不確実性により、実際の業績等の結果が見通しと異なることがあります。上記以外のリスクや不確実性は、(株)日立製作所から米国証券取引委員会へ提出されている最新の資料および、報告に含まれます。(株)日立製作所と日立グローバルストレージテクノロジーズは、本資料発表の後に起きた出来事や、状況を反映するためにこの将来予測を更新するいかなる責務も負いません。

HITACHI
Inspire the Next