



## 3.5 インチ光磁気ディスクの新機軸—その1

米澤 成二

(株)日立製作所中央研究所 〒180 国分寺市東恋ヶ窪 1-280

光磁気 (magneto-optics ; MO) ディスクが製品化されて約8年を経たが、この時点で現状の技術を冷静に見てこの先に何が見えるかを考えたい。すなわち、これまでの光磁気ディスクでベースとなってきた、光変調方式の技術課題を、高密度化とパーシャル ROM (光磁気記録領域と再生専用領域が1枚のディスクに混在している媒体) の観点から整理し、この壁を打ち破る方式として、レーザーパルスアシストの磁界変調方式を提案し、今後ますます重要になる3.5インチ小型光磁気ディスクの将来に対する問題提起を行いたい。なお本稿は'94年春の応用物理学会で発表したものである。

### 1. HD と MO ドライブ容量の技術格差

光磁気ディスクが初めて製品になったのは1986年の両面容量600MBの5.25インチであった。当時の磁気ディスクは12インチといった大型の時代であり、小型では3.5インチHDの容量は僅か40MBで、これからは、光の時代であると言われたのがその時期である。1988年には単盤で容量120MBの3.5インチ光磁気

ドライブが標準化されて量産され始めた。しかしパソコン時代の到来によって磁気ディスクはダウンサイジング化が米国の技術主導で一気に加速し、現在では3.5インチHDは3GBになり、2.5インチでも500MBの時代になった。価格も100MBあたり1万円程度になって、3.5インチ磁気ディスクの総生産台数は年間3000万台に迫っている。一方、容量650MBのCD-ROMも年間1500万台の規模で普及し、現在では大方のパソコンに内蔵される時代になってきた。図1に磁気ディスクと光磁気ディスクそして半導体メモリの過去10年の技術推移を示すが、光磁気ディスクは磁気ディスクに比べて、高密度化の勾配が非常に緩慢であることが一つの大きな問題点である。小型磁気ディスクは圧倒的に米国が技術主導をしており、小型光磁気ディスクは日本が主導していることを考えると日本でそれに携わっている我々の責任は大きい。

### 2. HD と MO ドライブの高密度化技術

磁気ディスクと光磁気ディスクの今後の高密度化を考

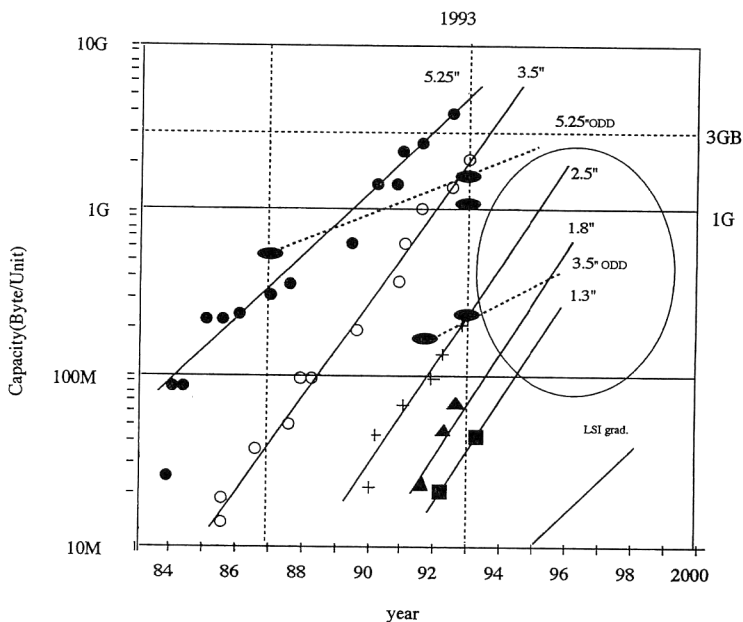


図1 磁気ディスクと光磁気ディスクの容量の年代推移とダウンサイジング

表1 高密度記録化要素技術

磁気ディスク ヘッド ディスク	超感度 MR ヘッド 極薄高密度媒体構造 レプリカ媒体構造 PCMCIA 対応
トライポロジ	極狭スペーシング (~25 nm)
R/Wチャンネル	PRML
光磁気ディスク ヘッド	高 NA レンズ (0.55) 短波長 LD (680 nm) 筆先記録
ディスク R/Wチャンネル	磁気超解像対応媒体構造 PRML

えた場合どのような技術があるのであろうか。この高密度化の技術要素を表1に示す。磁気ディスクは原理的には記録密度限界はないのと同じで、高感度 MR 磁気ヘッド、極狭スペーシング技術、さらに PRML 信号処理技術といった多くの記録再生技術の組合せによって年ごとに容量向上がなされている。一方の光磁気ディスクはどうであろうか。光の物理的記録分解能は  $\lambda/NA$  (レンズ開口数 NA, 波長  $\lambda$ ) で決まり、記録密度を上げるには開口数を上げて波長を短くしなければならない。これは光ディスクだけでなくリソグラフィ装置等の応用光学装置の基本である。しかし光ディスクでは開口数を上げるとディスクの傾き等諸々の収差許容量が厳しくなり装置として成立しなくなるので、光磁気ディスクでは NA/0.55 が上限とされている。一方光源の短波長化については夢は多くあるが現実には 680 nm がいいところである。このように光ディスクでは記録密度を上げる手段はないのである。そこで R/W (read/write) 屋さんは筆先記録と言う「かるわざ」をもちだしている。筆先記録というのは図2に示すように集光スポット強度分布の記録スライスレベルを高くして微小マークを形成しようとするものである。次の3節で筆先記録の問題点、そして4節でパーシャル ROM ディスクの問題点について述べる。

### 3. 筆先記録

光記録でいかに微小記録を達成するかは光ディスクばかりでなく半導体リソグラフィの分野においても重大な課題である。最小記録寸法は  $d=K(\lambda/NA)$  で与えられる。ここで、 $K$  は光スポット分布のスライスレベルによって決まる定数で、記録プロセスの信頼性、歩留りを

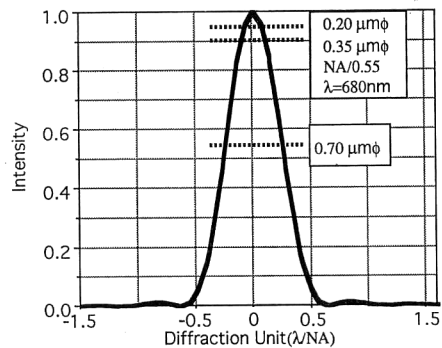


図2 光集光強度分布と高密度化の筆先記録手法

考えて一般的には  $K=0.5\sim 0.7$  である。リソグラフィ装置ではスライスレベル 50% ( $K=0.5$  に相当)、即ち半値全幅を最小ラインおよびスペース幅としている。例えばエキシマレーザーおよび波長  $\lambda=248$  nm, レンズ NA=0.45 の場合では  $d=0.27$   $\mu\text{m}$  となる。しかし孤立ホールのみの場合にはスライスレベル 70% くらいまで使うことがある。これをさらに小さくするために位相シフト技術を用いて最終的には  $d=0.15$   $\mu\text{m}$  を達成しようとしている。

光ディスクの原盤フォトレジストの Ar レーザーカッティング装置ではスライスレベルは 14% ( $K=1.0$  に相当) で行っており、レーザーの波長  $\lambda=458$  nm, レンズ NA=0.92 の場合では最小ピットサイズは  $d=0.50$   $\mu\text{m}$  である。光磁気ディスクドライブでは記録時の信頼性を考えて、スライスレベル 50% ( $K=0.5$  に相当) の考え方をベースに行われてきており、レーザー波長  $\lambda=780$  nm, レンズ開口数 NA=0.55 とすると  $d=0.71$   $\mu\text{m}$  が妥当な最小記録ドメインである。これをスライスレベルを高くして 90% での筆先記録を行うと  $d=0.35$   $\mu\text{m}$  の微小マーク記録ができ、さらに 95% にすると 0.2  $\mu\text{m}$  と原理的にはいくらかでも小さなスポットの記録ができることになる。しかしスライスレベルをどんどん高くしていくとレーザーパワーの少しの変動で記録ドメイン長が敏感に変動する。図3はこれを熱計算したものである。さらにスポット中心強度は収差によっても敏感に影響を受ける。波面収差によるスポット強度中心値の劣化

$$I(0,0)=1-(2\pi/\lambda)^2(\Delta\phi)^2$$

を計算した結果を図4に示す。ここに  $\Delta\phi$  は波面収差  $\phi$  の標準偏差である。このように筆先記録は原理的には 90%, あるいは 95% といった高いスライスレベルで微小記録できるように思えるが、実際は外乱によって 5~10% はすぐに変動することを考えると、この筆先記

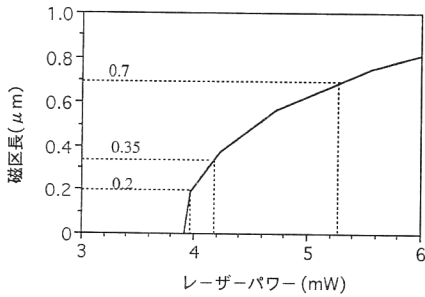


図 3 レーザーパワーマージンと磁区長の変動

録は信頼性に欠け実用になるとは考えられない。これが実用になるならば、半導体リソグラフィー装置にとって、これほどありがたい話はないことになる。

#### 4. パーシャル ROM ディスク

光ディスクはそもそも凹凸で情報(音声, ビデオ)をディスクに形成した大容量配付型媒体としてスタートしたがこの特長は現在 CD-ROM として情報分野に使われて、ほとんどのパソコンに内蔵されるようになっていく。3.5 インチ光磁気ディスクにおいてもユーザーが記

録するだけでなく、ROM 情報(システムソフト等)も混在した光磁気ディスクすなわちパーシャル ROM ディスクができるように配慮していた。しかし実際は現在の 3.5 インチ光磁気ディスクはこのような使い方が極めて難しいことがわかり、光磁気ディスクは単なるデータストリーマ的な使い方しかできなくなってしまった。これが光磁気ディスクを面白くなくしてしまっている。パーシャル ROM が可能になれば、光磁気ディスクの応用範囲が広がり、CD-ROM 以上の発展が期待できる。例えば、教育、ゲーム応用での途中経過の記録、アプリケーションソフトにおける種々のユーザー固有情報の記録、あるいは、限られた作業 RAM を持つアプリケーションディスク、さらには、課金情報などのソフト使用状況の記録が可能となれば流通にも影響を与える。このように現在多くのシステムユーザーからパーシャル ROM の要求があるにもかかわらず現在の光磁気ディスクではそれができない。その理由は図 5 に示すようにディスクの成型時に ROM ピットとグルーブ溝の共存にて構成することが生産技術的に困難を極めるからであ

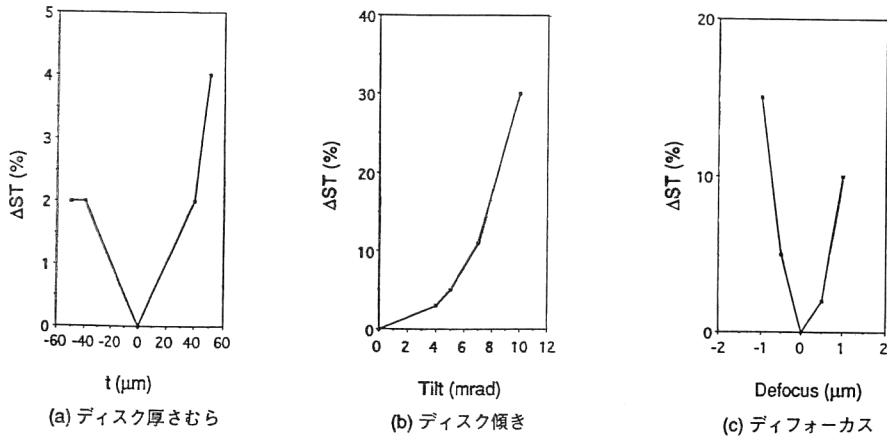


図 4 各種収差によるスポット中心強度の劣化

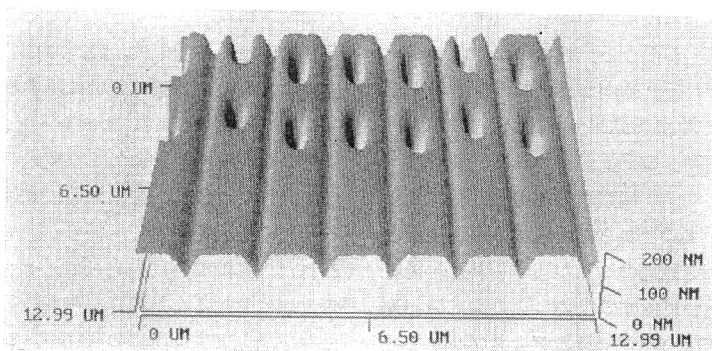


図 5 現在の 3.5 インチ光磁気ディスク媒体

る。この技術予測は大きな誤算であった。

以上述べた現在の3.5インチ光磁気ディスク技術の問題点をまとめると次のようになる。

(1) 筆先記録で  $0.35 \mu\text{m}$  の磁区長記録をするには90%、 $0.25 \mu\text{m}$  では95%のスライスレベルが必要で、光学的マージン(パワー、収差)が非常に少なくなり装置がますます大掛かりになる。これは今後の高密度記

録、 $0.2\sim 0.4 \mu\text{m}$  磁区長記録、すなわち  $6\times, 8\times, 10\times$  化の大きな技術的障害となる。

(2) ROMディスクの実用化が実質的に不可能で、3.5インチMOドライブの付加価値はなくなりつつある。そこで(1)、(2)を解決する方法として以下の方式を我々は研究してきた。(以下次号)

(1994年5月12日受理)

## 日本視覚学会 1994年冬期研究会参加報告

氏 家 弘 裕

東京工業大学大学院総合理工学研究科 〒227 横浜市緑区長津田町 4259

1994年2月7日から10日にかけて日本視覚学会1994年冬期研究会(日本視覚学会, 日本光学会視覚研究グループ共催)が, 興和株式会社東京支店11階大ホールにて開催された。この冬期研究会は, 合宿形式で研究者間の交流を深め討論し合うことを主眼とする夏期研究会に対し, 各研究の動向を理解し合うことに意義がおかれている。今回も, 参加者162名を数えいつも通りの活発な研究会となった。プログラムは11のセッションから成り, 一般講演31件, 特別講演2件, 研究動向3件, およびポスター講演14件であった。さらに「カラーアピアランスとカラーマネージメント」と題したシンポジウムも組み込まれ, 3件の講演とパネルディスカッションによる討論が行われた。ここでは全体の内容について概観するとともに, 今後に向けての感想についても一言触れてみたい。

まず1日目は, 奥行き知覚や運動視に関するもの(セッション1), 運動視に付随する知覚現象に関するもの(セッション2), 両眼立体視に関わるもの(セッション3)の三つが扱われた。このうち, 初めの二つのセッションの冒頭にはそれぞれ研究動向が生まれ, 筆者の「運動視差の奥行き知覚に対する効果」, 鷺見氏(慶応大)の「視知覚体制化と運動」の講演が行われた。前者は, 運動視差による奥行き知覚が観察者の運動速度により二つの異なる様相を示すことから考えられる運動視差と運動視との関係について最近の知見が述べられた。後者は, 動きの対象の違いに対する鳥のヒナの反応の相違を例に引き, また興味深い視覚刺激のディスプレイを行いながら, 視知覚の体制化に果たす運動の役割が述べら

れ, 視覚現象を細分化することなく現象全体としてとらえ考察する方法の大切さが話された。

この他, セッション1では奥行き運動知覚での運動情報や視差情報の有効性を検討した表木氏ら(千葉大)の研究の他, 大塚氏(東大)らの周辺視野における運動視差, 金子氏(千葉大)らの相対運動と単純運動, 三澤氏(金沢工大)らのshort-range 仮現運動知覚, 柳氏(東大)らの空間周波数ごとの運動視機構に関して, またセッション2では盲点における運動の充填のメカニズムを反対眼の盲点对応部位に生じる運動残効によって調べた村上氏(東大)の研究の他, 高瀬氏(防衛大)らの視覚と姿勢制御, 竹市氏(理研)の窓枠問題, 蘆田氏(京大)のフリッカー運動残効に関しての発表があった。セッション3では, 時間周波数特性の点から両眼立体視の形成過程を考察した木村氏ら(千葉大)の研究や, 村田氏ら(金沢工大)の立体視マスキング, 佐藤氏, 西田氏(共にNTT基礎研)らの両眼立体視における二次機構の研究が発表された。

2日目は, 午前中に, 最近注目を集めている視覚現象に関するものや, 眼球運動に関するものが扱われた(セッション4および5)。セッション5の冒頭には, 「視覚探索の数理解析」と題して喜多氏(東大)による研究動向の発表が行われ, 探索課題における非対称性の問題をベイズの推論を用いて解析する手法についての説明が行われた。またこれに先立って, セッション4では視覚探索課題における有効視野を刺激特徴の違いによって調べた熊田氏ら(生命研)の研究や, 刺激特徴の違いによるテクスチャー分離を周辺視野で研究した関根氏ら(筑波