

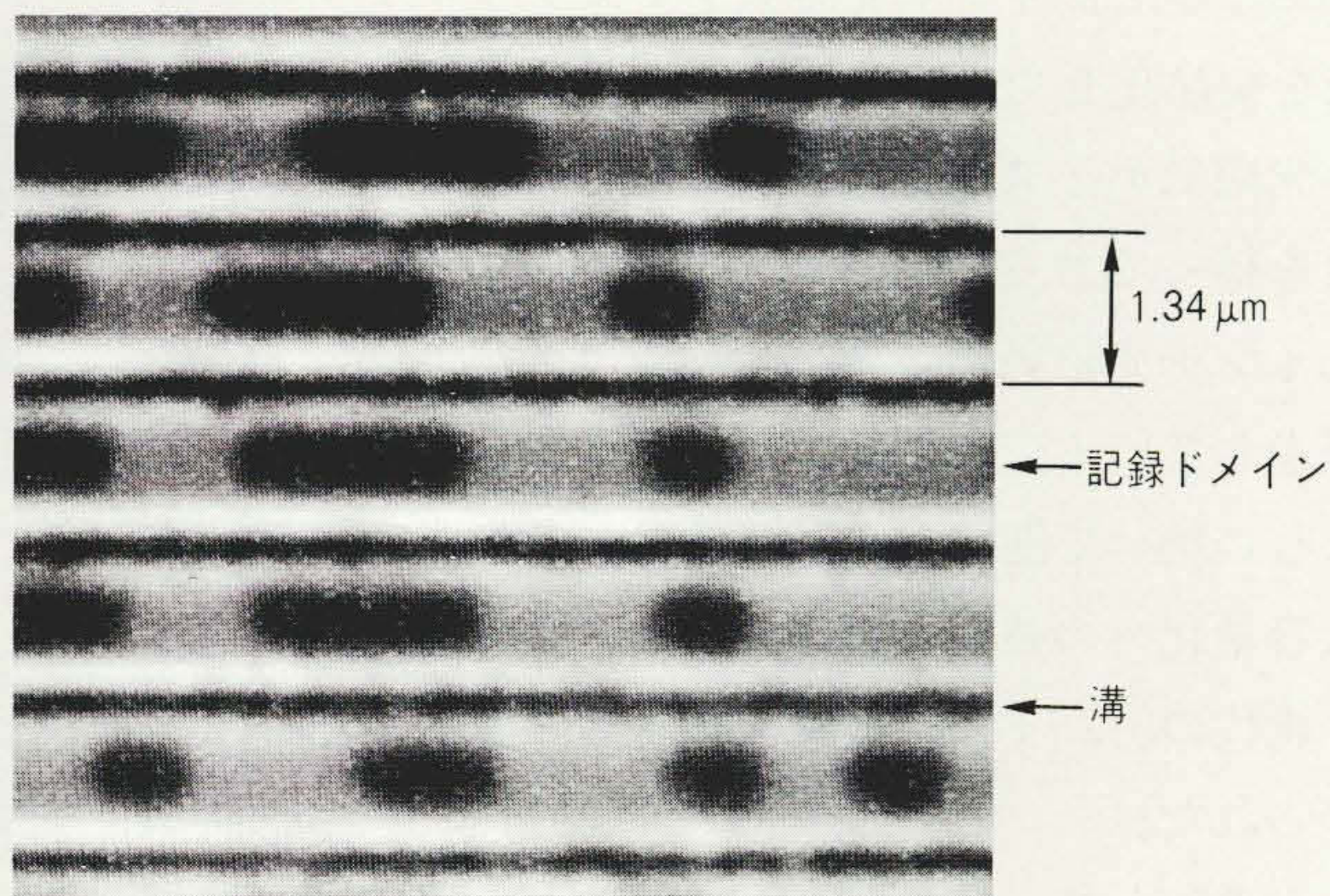
5.25インチで2 Gバイトを実現した 大容量光磁気ディスク装置とライブラリ装置

5.25inch Magneto-Optical Disk Drive That Realizes 2GB Storage Capacity and Library Unit

重松和男* Kazuo Shigematsu

横井千和** Chikazu Yokoi

前田武志*** Takeshi Maeda



(b)

(a)

円板1枚の記憶容量2 Gバイト/枚を達成するための2大要素であるZCAV方式とマークエッジ方式 2 Gバイト/枚を実現したZCAV方式の光磁気ディスクと光磁気ディスク装置を(a)に、マークエッジ記録された光磁気ディスク記録面の拡大写真を(b)に示す。

円板1枚の記録容量が650 Mバイトの第1世代光磁気ディスクが製品化されてから、すでに5年以上経過している。この間、磁気ディスクの大容量化が目覚ましい勢いで進行し、これに対して、光磁気ディスクの大容量化が強く求められている。

日立製作所はこの要求にこたえ、'93年末に円板1枚の記録容量が第1世代の3倍の2 Gバイトの第2世代光磁気ディスク装置OD152(以下、OD152と略す。)と、これを利用した最大388 Gバイトの光磁気ディスクライブラリ装置OL152(以下、OL152と略す。)を世界に先駆けて製品化した。

第1世代の光磁気ディスクがISO(国際標準化機

構)で規格化されたように、第2世代の光磁気ディスクもISOで規格案が審議されており、'93年末には実質的なISO規格であるCD(Committee Draft)が登録されている。同年末には、ヨーロッパのECMA(European Computer Manufacturers Association)規格が成立している。

OD152は、上記規格に準拠したもので、容量だけでなく、データ転送速度が平均3 Mバイト/sと第1世代の3倍以上あり、かつ装置の高さがハーフハイト(41.3 mm)という大きな特長を持っている。今後、世界最大容量のOL152とともに、これらを利用した応用システムなどの分野で発展が期待されている。

* 日立製作所 ストレージシステム事業部 理学博士 ** 日立製作所 ストレージシステム事業部 *** 日立製作所 中央研究所

1 はじめに

光磁気ディスクは、磁気ディスクのように大容量であり、かつフロッピーディスクのように交換可能な書換え型光ディスクで、ワークステーションやパーソナルコンピュータの画像編集用やバックアップ用のメモリとして使用されている。さらに、可換性を生かして、数十枚の円板を自動的にアクセスできるライブラリ装置が開発されており、各種ファイリングシステムやLANなどのサーバとして使用されている。

日立製作所は、'89年に5.25インチ光磁気ディスク装置OD112および5.25インチ光磁気ディスクライブラリ装置OL112を製品化した。

この光磁気ディスクは、円板1枚に650 Mバイトの記録容量を持っており、ISO(国際標準化機構)で第1世代の5.25インチ光磁気ディスクとして標準化され、すでに5年経過している。この間、磁気ディスクの大容量化が目覚ましい勢いで進行し、これに対して、光磁気ディスクの大容量化への強い要望があり、世界各社で数年前から第2世代の5.25インチ光磁気ディスクの製品化の検討が始められた。

これと並行して、ISOやECMA(European Computer Manufacturers Association)の場合でも第2世代の5.25インチ光磁気ディスクの標準化の議論が活発に行われ、紆(う)余曲折はあったが、第1世代の3倍容量(円板1枚に2 Gバイト)の光磁気ディスクを第2世代として標準化することになり、1993年10月には、ECMA規格が成立した。一方ISOのほうでも、同じ時期にCD(Committee Draft)登録が行われ、ほぼ1年後に正式のISO規格になる予定である。

日立製作所は、このECMA規格およびISO規格のCDに準拠した第2世代5.25インチ光磁気ディスク装置OD152(以下、OD152と略す。)と、これを使用した5.25インチ光磁気ディスクライブラリ装置OL152(以下、OL152と略す。)を、世界に先駆けて製品化した。

ここでは、上記OD152の概要、第1世代の3倍容量を可能にした光磁気ディスクの高密度化技術、および標準化の動向、さらにOL152の概要について述べる。

2 OD152の概要

OD152は、従来の5.25インチ光磁気ディスク装置OD112と比べて、大容量、高速、薄型という大きな特長を持っている。以下、それらを成り立たせている主要技

術の概要について述べる。

2.1 大容量化の技術

OD152は従来のOD112の3倍容量を達成している。光ディスクを大容量化するには、光スポットの小径化が近道であり、そのためには、レーザの短波長化が必要である。しかし、レーザの短波長化は技術的に難しく、5年前に830 nmであったものが、現在780 nmになったに過ぎない。したがって、レーザの短波長化に大きく期待せず、記録再生方式などの変革で大容量化する道を探さなければならない。OD152の大容量化技術は、この論文の核であり章を改めて詳しく述べる。

2.2 データ転送速度およびアクセスの高速化技術

OD152のデータ転送速度は、円板の内周で2 Mバイト/s、外周で4 Mバイト/sで、OD112の920 kバイト/sに比べ、平均で3倍以上の高速化を実現した。これは、円板回転数を2,400 r/minから3,000 r/minに向上させたことも一因であるが、主に前記大容量化のために線記録密度を向上させたことによって達成した。

OD152の平均アクセス時間は50 msで、OD112の75 msに対して約1.5倍の高速化を実現した。OD152は、装置を薄型化したためにOD112に比べてコースアクチュエータの力が小さく、一般的にはアクセス時間の短縮は困難である。これに対してOD152では、分離型光ヘッドを採用し、ヘッド可動部の質量をOD112の $\frac{1}{3}$ 以下に軽量化した。シーク方法やトラッキング引込性能の改善などと合わせて、上記アクセス時間の短縮を達成した。

2.3 装置の薄型化技術

OD152は、SCSI(Small Computer System Interface)内蔵であるが、装置の高さがハーフハイト(41.3 mm)であり、OD112と比べて $\frac{1}{2}$ 以下になっている。

このため、まず二次元アクチュエータの採用によって光ヘッドを薄型化し、さらに、従来、光ヘッドと円板を挟んだ反対側でかなりのスペースをとっていた外部磁界発生部を、小型の回転磁石として光ヘッドの可動部に搭載し、見掛け上、外部磁界発生部の占めるスペースをゼロとした。また、従来3枚あった回路基板を、回路系のLSI化を精力的に推進し、SCSI内蔵で1枚化した。信号再生用のアナログLSI、データ処理・SCSI制御用の論理LSI、サーボ用LSIなど回路系の主要部はほとんどLSI化した。

2.4 サポート機能の充実

OD152では、1,024バイト、512バイトの両セクタサイズをサポート、第1世代の旧円板の再生機能のサポート、

表 1 OD152の性能・機能と他社比較 OD152は、OD112や他社装置に比較して大容量、高速、薄型という大きな特長を持っている。

項 目	日 立 製 作 所		A社	B社	C社
装 置 型 名	OD152	OD112	—	—	—
記 録 容 量(Gバイト)	2	0.65	1.3	1.3	1.3
セクタサイズ(バイト)	1,024・512	1,024	1,024・512	1,024・512	1,024・512
転送速度(Mバイト/s)	2.1~4.2	0.92	1.4~2.6	1.1~2.1	1.1~2.1
平均アクセス時間(ms)	50	75	50	67.5	36
平均シーク時間(ms)	40	62.5	40	55	23.5
平均回転待ち時間(ms)	10	12.5	10	12.5	12.5
円板回転数(r/min)	3,000	2,400	3,000	2,400	2,400
装 置 サ イ ズ	ハーフハイト	フルハイト	ハーフハイト	フルハイト	フルハイト
イ ン タ フ ェ ー ス	SCSI-I・2	SCSI-I	SCSI-2	SCSI-2	SCSI-2
製 品 化 時 期	'93/4Q	'89/2Q	'93/3Q	'93/2Q	'93/2Q

注：略語説明 SCSI(Small Computer System Interface)

さらにSCSI-1、2のサポート、およびSCSIのシングルエンデッド、ディフェレンシャルのサポートなど、機能面での充実も図った。

OD152の主要性能・機能を、OD112および他社の新製品と比較して表1に示す。

3 OD152の大容量化を達成した記録再生技術

3.1 マークエッジ記録方式の適用

第1世代の光磁気ディスクでは、記録した磁区の中心位置を情報の“1”に対応させて記録する。この方式はマークポジション記録方式と言われ、ISO規格で標準化されている。

これに対し第2世代光磁気ディスクでは、記録した磁区の両端のエッジ位置に情報の“1”を対応させて記録する。この方式はマークエッジ記録方式と言われ、日立製作所は、12インチの追記型光ディスクOD321ですでに採用している。この方式は、図1に示すように前記マークポジション記録と比較して、原理的には約2倍の高密度化が可能である。

しかし、記録膜の熱伝導率の高い光磁気ディスクに単純にこの方式を適用すると、種々の不具合が発生する。このため、マークエッジ記録方式の光磁気ディスクへの適用は实际的でないと思われていた。日立製作所は、この不具合を解決するために、記録波形制御技術、試し書き制御技術および再生補正技術を開発し、これらの技術を基にOD152を製品化した。

3.2 記録波形制御技術高精度磁区形状の形成

マークエッジ記録方式では、長さの異なる磁区を正確に記録する必要がある。光磁気ディスクは、記録膜の熱伝導率が大きいため、単純な矩(く)形の記録パルスで照

射すると、磁区形状は後方が膨らんだ涙滴型になって、所望の長さの磁区が記録できない。また隣合う磁区の間隔が狭い場合には、前の磁区を記録した熱の影響で、記録しようとする磁区のエッジ位置をシフトさせてしまう熱干渉とも言うべき不具合が発生する。

この不具合を防ぐため、図2に示すような記録波形を用いる。単純な矩形の代わりに分割パルスによって磁区幅を一定に制御し、あらかじめ一定の光を照射しておき記録パルス直後に熱を遮断する短パルス部を設けて、熱干渉を防ぐようにしている。

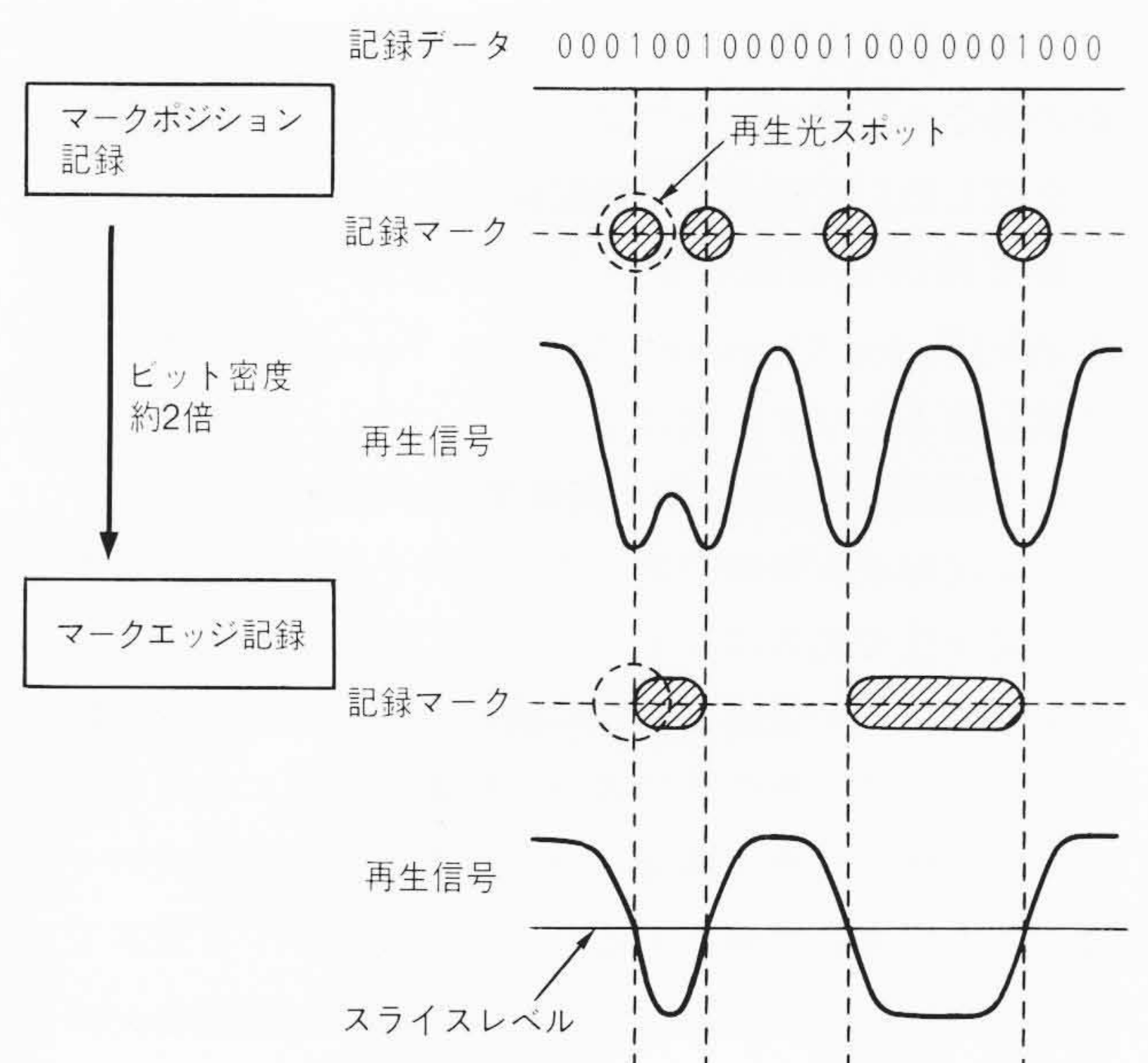


図1 マークエッジ記録による大容量化 マークポジションは、記録マークの中心に記録データの1を対応させているが、マークエッジは記録マークのエッジに1を対応させているため、同じ大きさのマークの場合、マークポジションはデータ1個に対しマークエッジはデータを2個記録できるので、理論上は2倍のビット密度が可能となる。

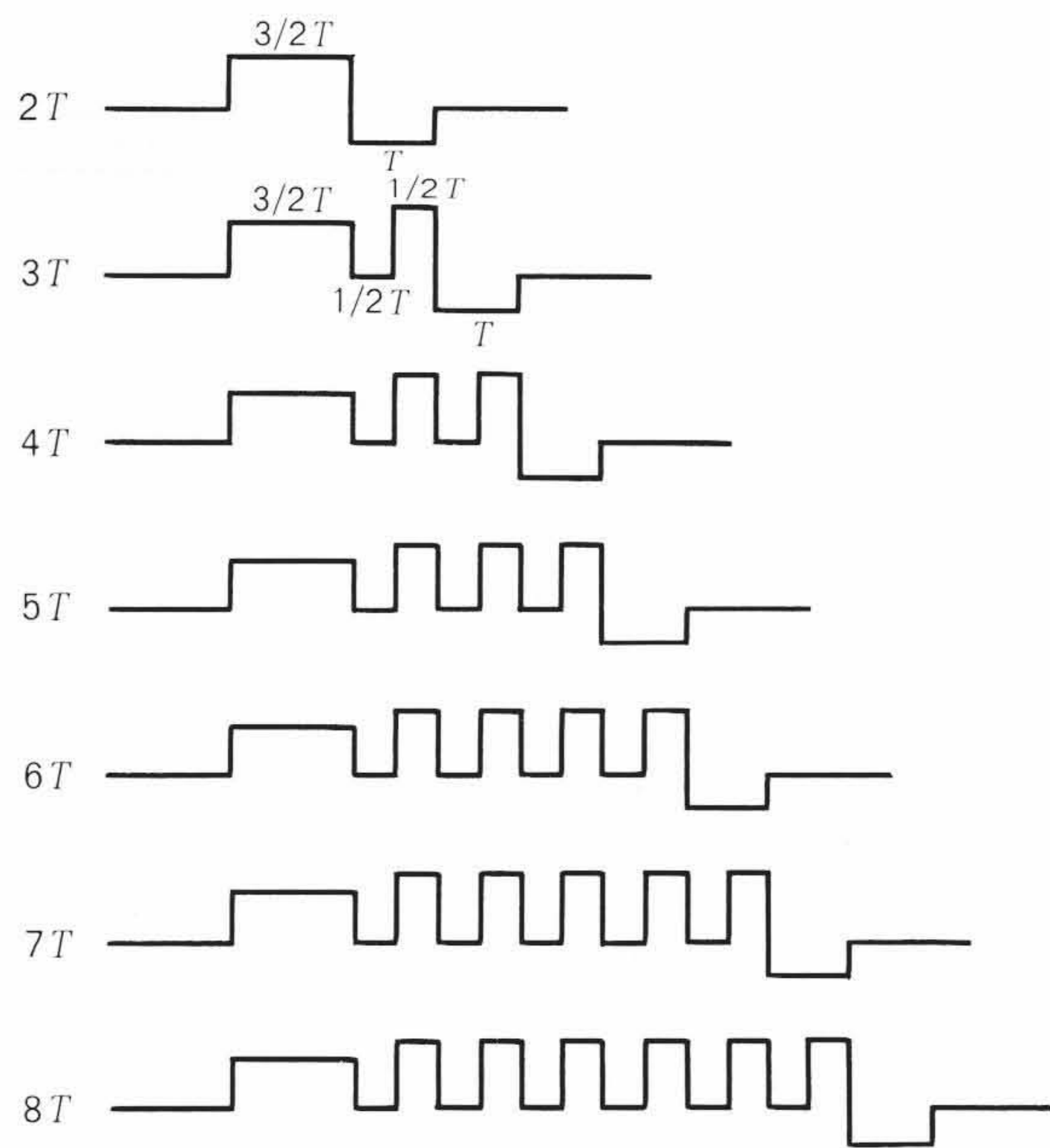


図2 マークエッジ記録用の記録波形 T は記録クロックの周期である。円板への記録は、1-7変調されるので、 $2T$, $3T$, ..., $8T$ の7通りの記録波形が必要になる。

3.3 試し書きによる最適記録パワーの設定

光磁気ディスクは記録温度が 200°C 程度なので、一定のパワーで記録すると環境温度によって記録される磁区の大きさが異なり、高密度のマークエッジ記録ではこれが致命的になる。これは円板の記録感度や光スポットの大きさなどが異なる場合にも当てはまる。

この不具合を防ぐために、情報を記録する前に、幾つかの異なる記録パワーで試し書きを行い、最適記録パワーを探し出してから情報の記録を行うようにした。

第2世代光磁気ディスクの標準化では、後述するZCAV (Zoned Constant Angular Velocity)の各ゾーンに試し書きエリアを設けている。

3.4 再生補正技術による高精度エッジ検出

上記記録波形制御や試し書き制御を行っても、なおその不完全性や光スポットのひずみ、円板の不均一性などによってエッジ位置が正確に検出できないという問題がある。そこで、再生時にエッジ位置を正確に検出するための再生補正技術を開発した。第1は、記録磁区の一様な大きさの変化を補正するために、前エッジと後エッジを別々に同期検出する二重PLL (Phase Locked Loop)方式、第2は、記録状態に合わせて再生のスライスレベルを決めるスライスレベル補正方式、第3は、光スポットのひずみや解像度の低下を補正する波形等化方式である。

これらの補正方式はすべてOD152に適用されており、製品の信頼性確保に役立っている。

3.5 ZCAV方式による大容量化

OD112は、円板の最内周が最大密度になるCAV (Constant Angular Velocity)方式を採用していたが、OD152では、円板の内外周でほぼ記録密度が一定になるZCAV方式を採用し、この方式だけで1.5倍化を達成している。

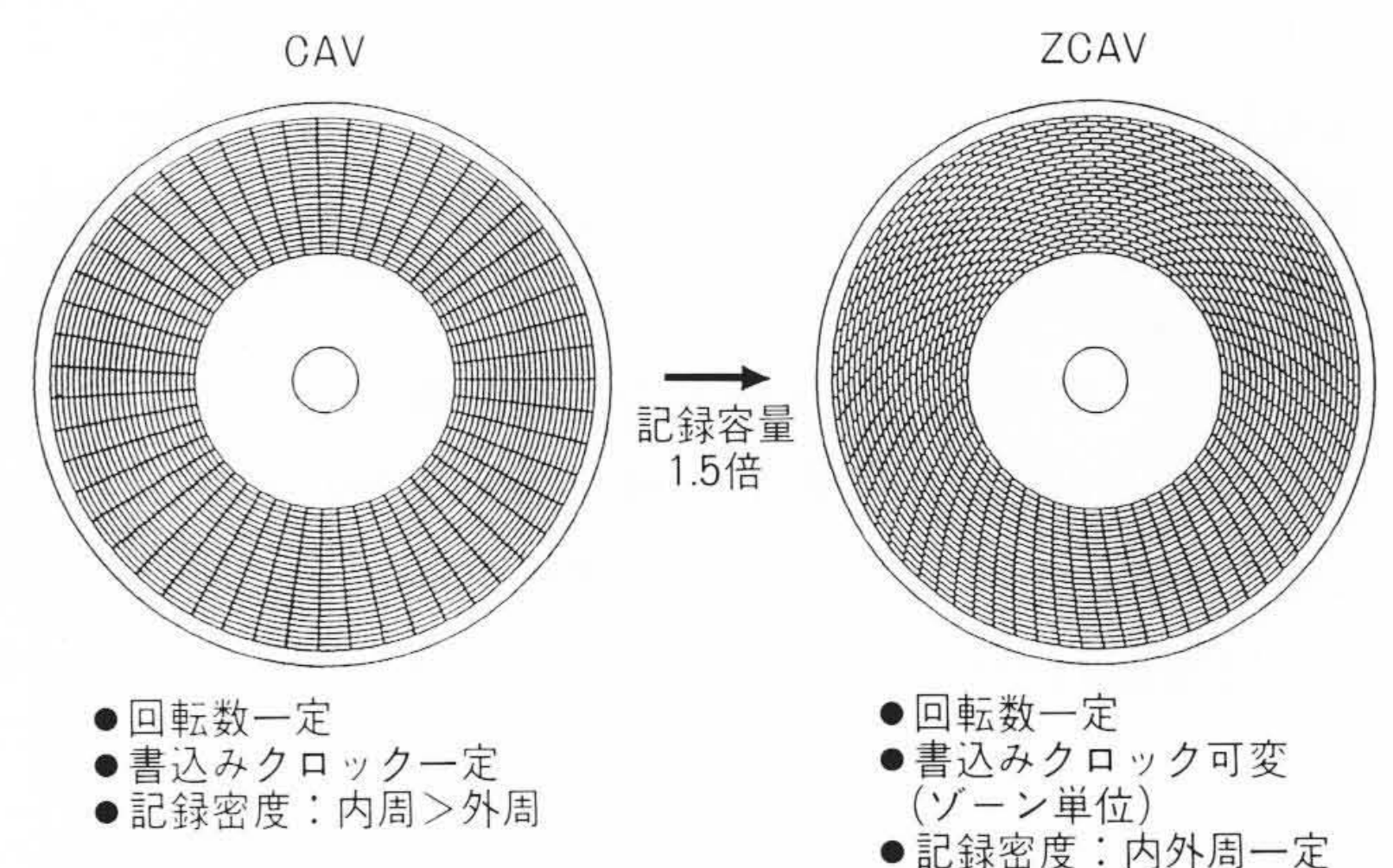
ZCAV方式では、図3に示すように、ゾーンごとに1トラック当たりのセクタ数が異なり、したがって、ゾーンごとに記録再生クロックが異なっている。この複数の異なった記録再生クロックは、シンセサイザによって一つの水晶発振器の出力から生成するようにしている。

4 標準化の動向

第2世代5.25インチ光磁気ディスクの標準化は、国際標準化機構であるISO、およびヨーロッパの標準化機構であるECMAの両方で、'91年から始められた。当初第2世代として、ユーザー記録容量を第1世代と比べ何倍にするかという議論があったが、結局、ISOでは3倍案を、ECMAでは3倍案と2倍案を並行して審議することになった。

2倍案のほうは、第1世代のエンハンスということで、'92年12月にECMA規格が成立した。現在、ファーストトラックという制度によってISOで投票が行われており、いずれISO規格になる予定である。

一方、3倍案のほうは、ピットエッジ記録や試し書きなど新しい技術が導入され、この点に技術論議が集中した後、'93年10月にECMA規格が成立した。またISOのほうも、CD登録になり、ほぼ1年後に正式のISO規格にな



注：略語説明
CAV (Constant Angular Velocity)
ZCAV (Zoned Constant Angular Velocity)

図3 ZCAV方式による大容量化 CAV方式は、円板の外周へいくほど記録密度が下がる。これに対して、円板のどの円周上でもほぼ記録密度を同じにしたものがZCAV方式であり、このため記録密度を約1.5倍に拡大できる。

表 2 光磁気ディスクの規格の主要項目比較 第 1 世代は ISO, ECMA規格になっている。2 倍案, 3 倍案は ECMA規格になっており, 両者とも'94年中には ISO規格になる予定である。

項 目	第 1 世代	2 倍案	3 倍案
容 量 (Gバイト)	0.65	1.3	2.0
ビットピッチ (μm)	1.02	0.86	0.56
トラックピッチ (μm)	1.60	1.39	1.34
変 調 方 式	2 - 7	2 - 7	1 - 7
デ ー タ 検 出 方 式	マークポジション	マークポジション	マークエッジ
C A V / Z C A V	CAV	ZCAV	ZCAV
レ ー ザ 波 長 (nm)	825	780	780
対 物 レ ン ズ NA	0.53	0.55	0.55

る予定である。
従来の第 1 世代光磁気ディスクと上記 2 倍案, 3 倍案の規格の主要項目の比較を表 2 に示す。

5 OL152の概要

5.1 概 要

光磁気ディスクライブラリ装置は、複数枚の光ディスクカートリッジを保管棚に収納し、その光ディスクカートリッジを保管棚から ODD (光磁気ディスク駆動装置) に自動的に搬送する機構を持ったサブシステムであり、数十ギガバイト以上のデータを扱うファイリングシステムやデータサーバシステムなどに利用されている。
「低価格で、より大容量のライブラリ装置」を望むユーザーの声にこたえるため、前章までに紹介した 2 Gバイトの光磁気ディスク駆動装置を搭載した OL152を開発した。OL152シリーズでは、筐(きょう)体サイズを 2 タイプ用意し、使われるシステムの規模の大小に対応できるようにした。

5.2 システム接続性

OL152のインタフェースは、国際標準の SCSI-1, 2 を採用し、システムへの接続を容易にしている。また、最

近ではシステムの分散化, オープン化が進み、装置の接続先も大型コンピュータからネットワークシステムへと変わってきているので、これらに容易に接続するため各種デバイスドライバにもサポートされている。

5.3 ハードウェア、性能および他社比較

ハードウェアは、前述の光ディスクカートリッジの保管棚と光磁気ディスク駆動装置、それらの間で光ディスクカートリッジを搬送するアクセッサ機構、アクセッサ機構の制御基板、電源などで構成している。ライブラリ装置の性能として求められるものは、省スペース、光ディスクカートリッジの高速搬送である。OL152では、省スペース化のため光ディスクカートリッジの保管棚を縦に 2 列の配置とした。この配置により、床面積当たりの記憶容量は最大 853 Gバイト/m²を達成している。

上記構成により、アクセッサ機構の機能として、上下、左右、光ディスクの面反転と挿入引き抜き、および光ディスクの保持と開放、の五つの動作が必要である。OL152では、これらの動作を三つの電動機によって実現している。三つの電動機はそれぞれ上下動作用、左右動作用、光ディスクの面反転と挿入引き抜き、および光ディスクの保持と開放動作用とし、三つの電動機を同時に制御することにより、アクセス時間の短縮を図った。

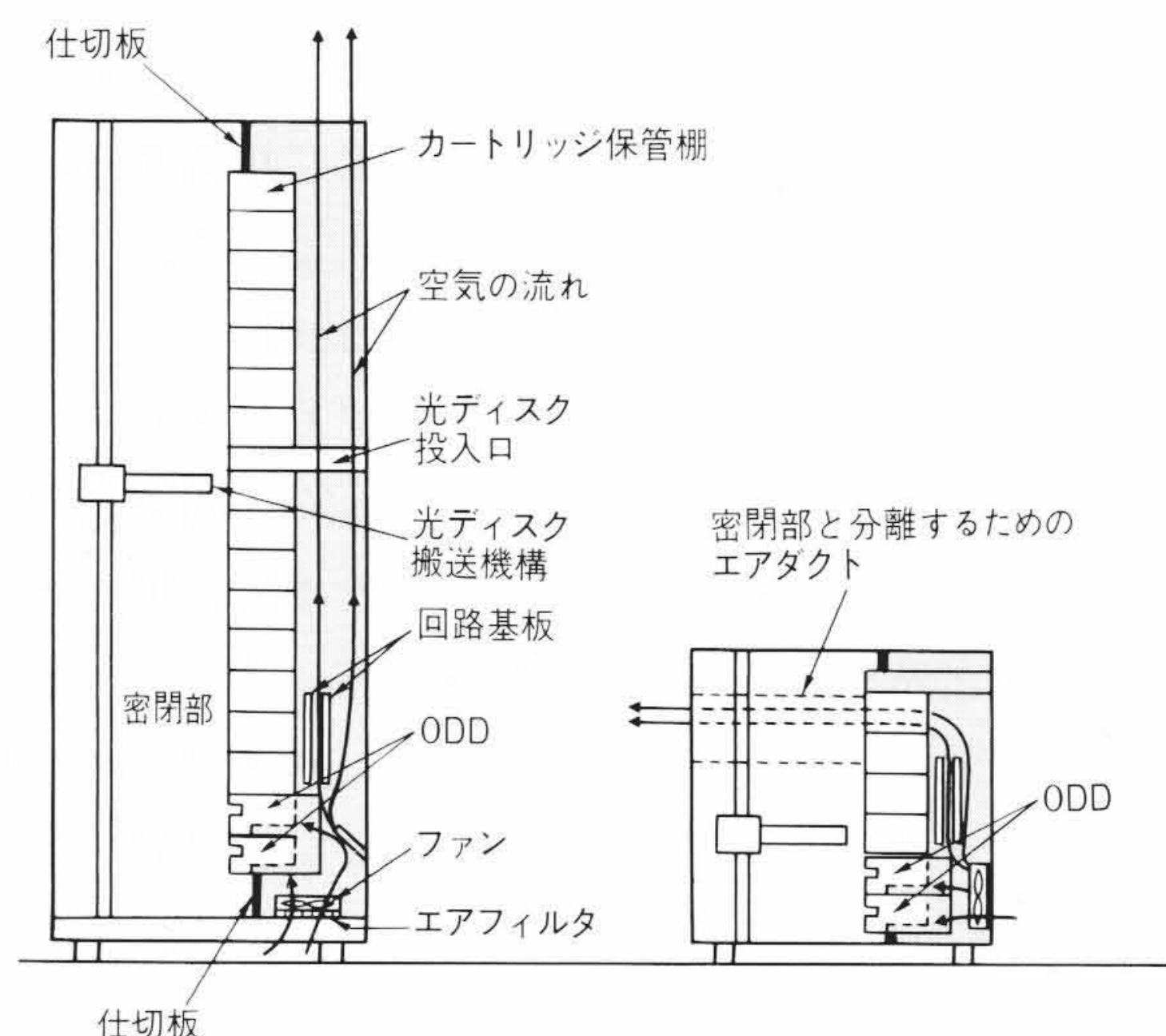
従来機と上記 OL152、および他社の仕様比較を表 3 に示す。

5.4 信 頼 性

光ディスク装置は光学系および光ディスクに、あるレベル以上の塵埃(じんあい)が付着するとリード・ライトエラーの原因となる。そこで、OL152では図 4 に示すように空冷の必要な回路基板、電源部と、ODDの光学系、光ディスク保管棚、アクセッサ機構部分を分離し、後者を密閉した構造とし外部からの塵埃の侵入を低減させ、信頼性を向上している。

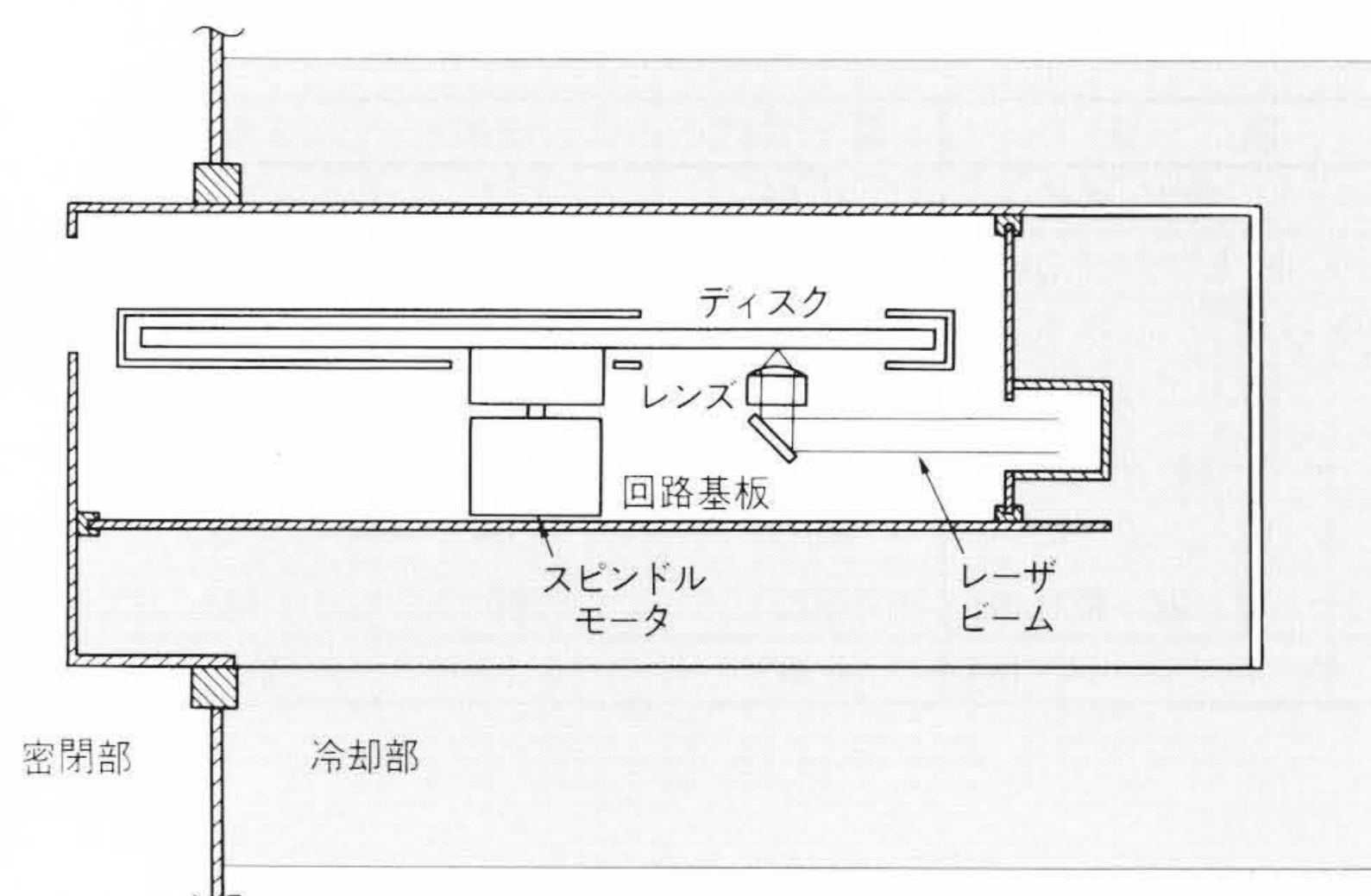
表 3 5.25 インチ書換型光ディスクライブラリ装置の競合比較 この装置は従来装置比で約 10 倍、また他社比較でも約 2 倍の容量を、0.46 m²という狭い床面積で実現した。

メーカ	日立製作所		日立製作所(従来機)		A 社	
型 名	OL152-48	OL152-180	OL112-X1	OL112-X2	—	—
円板最大収納枚数(枚)	60	192	24	48	88	144
最大記憶容量(Gバイト)	121	388	15	30	114.4	187.2
ODD 最大搭載台数(台)	4	4	2	4	4	4
インタフェース	SCSI-2・SCSI-1	SCSI-2・SCSI-1	SCSI-1	SCSI-1	SCSI-2	SCSI-2
平均アクセス時間(s)	約 7	約 7	9	9.5	8	8
筐(きょう)体サイズ(幅×奥行き×高さ)(mm)	490×700×700	650×700×1,850	430×600×700	500×600×1,300	651×971×1,847	651×971×1,847



(a) OL152-180側面図

(b) OL152-48側面図



(c) OD152搭載部 側面図 [(a), (b)のODD部詳細]

注：略語説明 ODD (光磁気ディスク駆動装置)

図4 OL152防塵構造概略図 この装置は塵埃(じんあい)を嫌うOD152の光学系と光ディスクを塵埃の多い外部および冷却部から分離密閉している。

搭載するOD152は、ライブラリ装置の頻繁なアクセスに対応するため、ローディング時間およびローディング耐久回数を向上したライブラリ専用の装置としている。また、OD152とライブラリ装置の制御部はRS-232Cインタフェースで接続しており、ライブラリ装置の制御部からもODDの状態を監視できるようにしている。このため、ローディング、アンローディング時のエラーリカバリ、統計情報の採取などが自動的に行え、サブシステムとしての信頼性を向上している。さらに、この統計情報および機構系の動作回数、ODDのローディング回数は、不揮発メモリに蓄積しており、この情報をホストまたはオフラインパネルで読み出すことによって有効な予防保

守を可能としている。

6 おわりに

円板1枚に2 Gバイトの情報が記録できる第2世代の光磁気ディスク装置OD152と、それを使用した光磁気ディスクライブラリ装置OL152について、光磁気ディスクの高密度化技術を中心に述べた。

これらの装置が、ランダムアクセス可能な大容量の可換媒体として新たな応用展開を開き、光磁気ディスク装置および光磁気ディスクライブラリ装置がコンピュータの周辺機器として確固とした地歩を築くことを期待している。

参考文献

- 1) T. Maeda, et al.: Write Control Method for High Density Magneto-optical Disk System, Digest of INTERMAG '93, DD-06(1993)
- 2) H. Sukeda, et al.: High Density Magneto-optical Disk Using Highly-Controlled Pit-Edge Redording, J. J.A.P.Vol. 26 Supplement 26-4, p.243(1987)
- 3) 前田, 外: 光磁気ディスクの記録再生特性(マーク長記録方式の記録制御技術), 電子情報通信学会技術報告, MR 92-62(1992)
- 4) 井手, 外: 高密度光磁気ディスクにおける記録磁区形状の制御方式, 光メモリシンポジウム'92論文集, p. 63(1992)
- 5) T. Maeda, et al.: Read Channel and Format for High Density Magneto-Optical Disk System, Digest of ISOM/ODS '93, Th 2.4(1993)