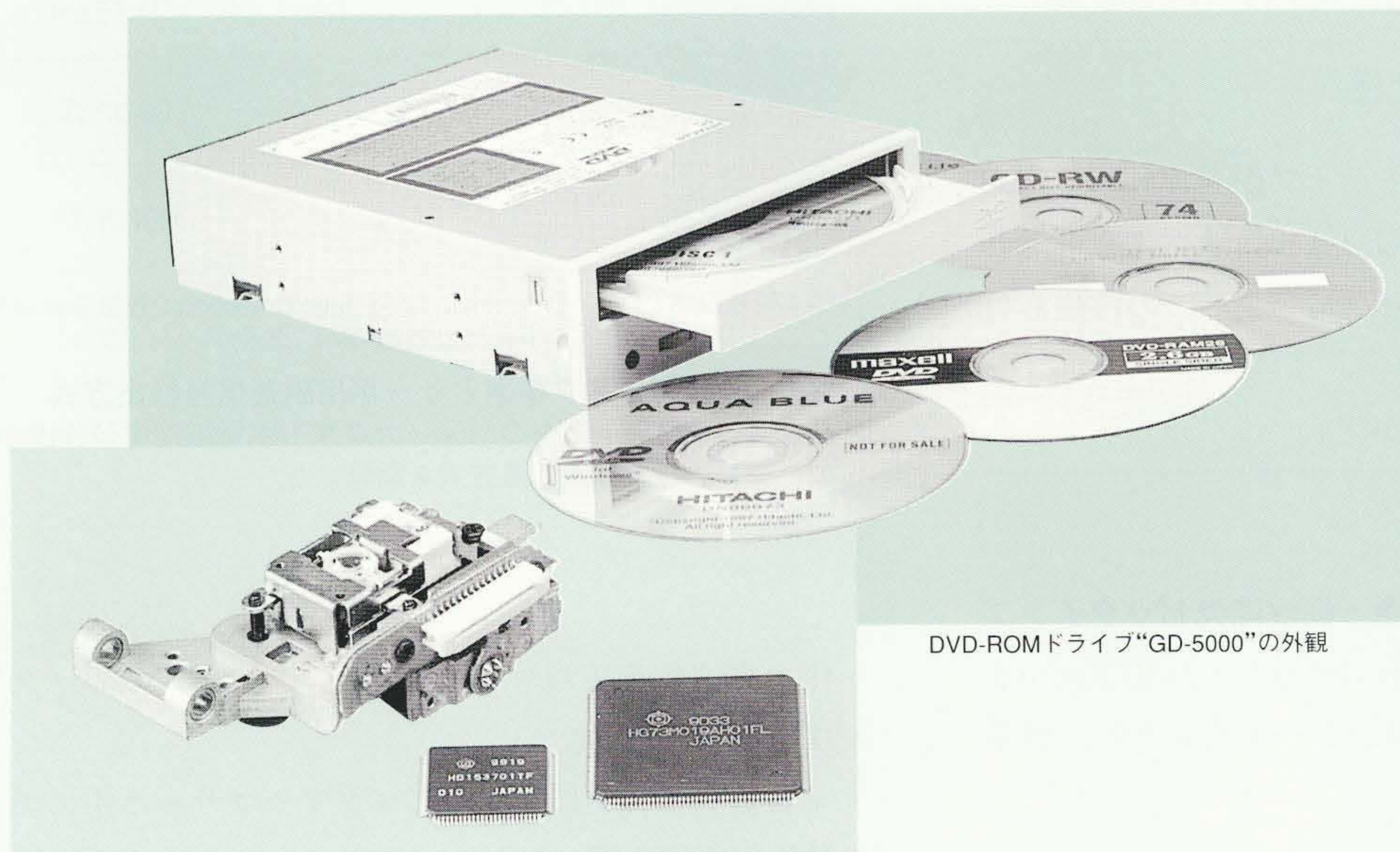


高速・高機能DVD-ROMドライブ

High-Speed DVD-ROM Drive with DVD-RAM Disc Read

中垣春重 Harushige Nakagaki
平田知己 Tomoki Hirata

竹内敏文 Toshifumi Takeuchi
井上雅之 Masayuki Inoue



DVD-ROMドライブ“GD-5000”の外観

新開発の光ピックアップとアナログフロントエンドおよびデジタル信号処理LSIの外観

高速DVD-ROMドライブ “GD-5000”

DVD-ROM(Digital Versatile Disc Read-Only Memory)の8倍速再生ができ、さらに、DVD-RAM(Random Access Memory)、およびCD-R(Compact Disc Recordable)とCD-RW(Rewritable)を含むCD系の再生も可能な、マルチリードタイプの高速DVD-ROMドライブである。

パソコンの周辺記憶装置として、DVD(Digital Versatile Disc)8倍速再生が可能な高速、ビルトインタイプのDVD-ROM(Read-Only Memory)ドライブ“GD-5000”を業界に先駆けて製品化した。GD-5000では、市場に広く普及しているCD-ROM(Compact Disc ROM)ディスクの40倍の高速再生が可能で、かつCD-R(Recordable)とCD-RW(Rewritable)ディスクを読み取る互換性に加え、さらにDVD-RAM(Random Access Memory)ディスクの再生も可能とし、高性能・高機能化を実現した。高速再生で問題となるドライブの振動と騒音に対しては、前者にはディスクの偏重心(重心バランスずれ)をキャンセルするオートバランス機構内蔵ディスクモータの適用、後者にはディスク風切り音を低減する新トレイ構造を開発してそれぞれ対応を図った。また、ピックアップの送り機構には新たにステッピングモータを採用したダイレクト駆動メカニズムを採用することにより、静音かつ高速アクセスを実現した。

このDVD-ROMドライブでは、(1) DVD-RAM再生を実現したマルチリード対応の高機能光ピックアップ、(2) 高速化を可能としたアナログフロントエンドLSI、(3) サーボ回路、(4) CD/DVDの復調・訂正回路、(5) パソコンとのインターフェース回路などを高集積化したデジタル信号処理LSIのキーデバイスを新たに開発し、日立製作所のドライブ開発の姿勢を強くアピールした製品である。

1 はじめに

パソコンの周辺記憶装置としてCD-ROM(Compact Disc Read-Only Memory)が本格普及しはじめてから約5年が経過した。低価格化や高速化と相まってパソコンへの標準搭載が進み、今やその需要は年間約8,000万台の規模に成長し、パソコン周辺記憶装置の中心的存在として定着している。速度競争もしれつを極め、最近では40倍速程度まで高速化されてきた。

一方、CDの約7倍の情報容量を持つDVD(Digital

Versatile Disc)の規格が統一されて以来、ポストCD-ROMとしてDVD-ROMドライブが脚光を浴び、その実用化がスタートした。また、書き換え可能なDVD-RAM(Random Access Memory)も1999年6月に「4.7 GDVD-RAM規格」が統一され、DVD-RAMドライブも本格普及期を迎えようとしている。

日立製作所は、1996年にいち早くDVD-ROMドライブを開発し、DVDのコンピュータ応用展開への道を開くとともに、業界をリードしてきた。今回、CD-ROM40倍速再生の高速化を図りながら、DVD-RAMディスク再生も

可能とした、次世代マルチリードタイプのDVD8倍速再生DVD-ROMドライブを開発した。

ここでは、日立製作所が開発したDVD-ROMドライブ“GD-5000”とその高速化、およびDVD-RAM再生を支える光ピックアップなどの主要開発技術について述べる。

2 ドライブの特徴と仕様

GD-5000では、DVD-ROMドライブが業界初のDVD8倍速再生を実現し、かつCD-ROMは40倍速再生を可能とした。また、記録されたDVD-RAMディスクの再生も可能である。

GD-5000の主な仕様を表1に示す。

3 主要開発技術

3.1 DVD-RAM再生対応高機能・高性能光ピックアップ

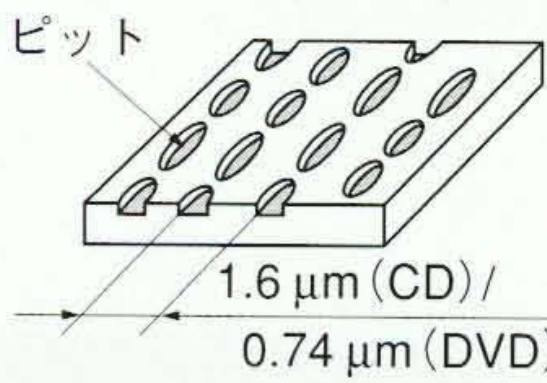
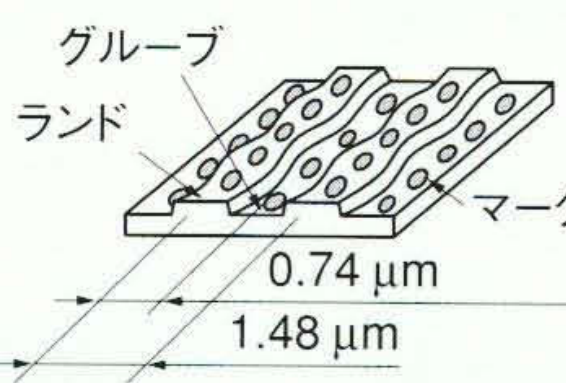
GD-5000では、特に波長依存性の強いCD-R(Recordable)ディスクを再生するために2レーザ方式とし、軽量

表1 DVD-ROMドライブ“GD-5000”の主な仕様

DVD-RAMディスクの再生を実現したマルチリードタイプのドライブであり、DVD-ROM8倍速、CD-ROMは40倍速の高速再生が可能である。

項 目		仕 様
連続データ 転送速度	DVD-ROM (1層ディスク)	8倍速：11.08 Mバイト/s
	DVD-RAM	1倍速：1.385 Mバイト/s
	CD-ROM	40倍速：6 Mバイト/s
平均アクセス 時間	DVD-ROM	120 ms
	DVD-RAM	250 ms
	CD-ROM	90 ms
インタフェースタイプ		ATAPI
バーストデータ転送速度		PIOモード4：16.6 Mバイト/s
		DMAモード2：16.6 Mバイト/s
バッファメモリ		512 kバイト
消費電力	待機時	0.5 W(標準)
	フル動作時	6.5 W(標準) (DVD8倍速) 9.5 W(標準) (DVD40倍速)
騒 音		47 dBA以下(前面50 cm)
振 動		1 m/s ² rms以下
外形寸法(幅×奥行き×高さ)		146×180×41.3(mm)
再生可能な ディスク	DVD-ROM, DVD-VIDEO, DVD-R DVD-RAM (1面当たり2.6 Gバイト)	
	CD-ROM, CD-ROM XA, CD-I, CD-DA Photo CD, CD-Extra, CD-TEXT CD-R, CD-RW	

注：略語説明
XA(Extended Architechture), CD-I(CD Interactive)
CD-DA(CD Digital Audio), ATAPI(Advanced Technology Attachment Packet Interface), PIO(Programmed Input/Output)
DMA(Direct Memory Access), rms(Root-Mean-Square)

	CD-ROM/DVD-ROM	DVD-RAM
ディスク構造		
フォーカス 検出方式	非点収差方式	DAD方式
トラッキング 検出方式	DVD：位相差検出方式 CD：3スポット方式	DPP方式 ³⁾

注：略語説明 DAD (Differential Astigmatic Detection；差動非点収差)
DPP (Differential Push-Pull；差動プッシュプル)

図1 各種ディスク構造とサーボ用誤差信号検出方式
DVD-RAMディスクのフォーカスサーボ用誤差信号検出のために、独自の差動非点収差方式を開発した。

化・高速化を実現するために1レンズ方式のピックアップを開発した。

各種ディスクに対するピックアップサーボ用の誤差信号検出方式を図1に示す。

DVD-ROMとCD-ROMディスクがピット記録方式であるのに対し、DVD-RAMディスクはランドグルーブ記録方式^{1), 2)}である。ランドグルーブ記録方式の場合、従来の非点収差方式ではトラッククロス信号がフォーカス誤差信号に漏れ込み、安定なフォーカス誤差信号を得ることが難しい。この課題に対して、独自の差動非点収差フォーカス誤差信号検出方式を開発し、DVD-RAMディスクの再生を可能とした。その検出原理を図2に示す。

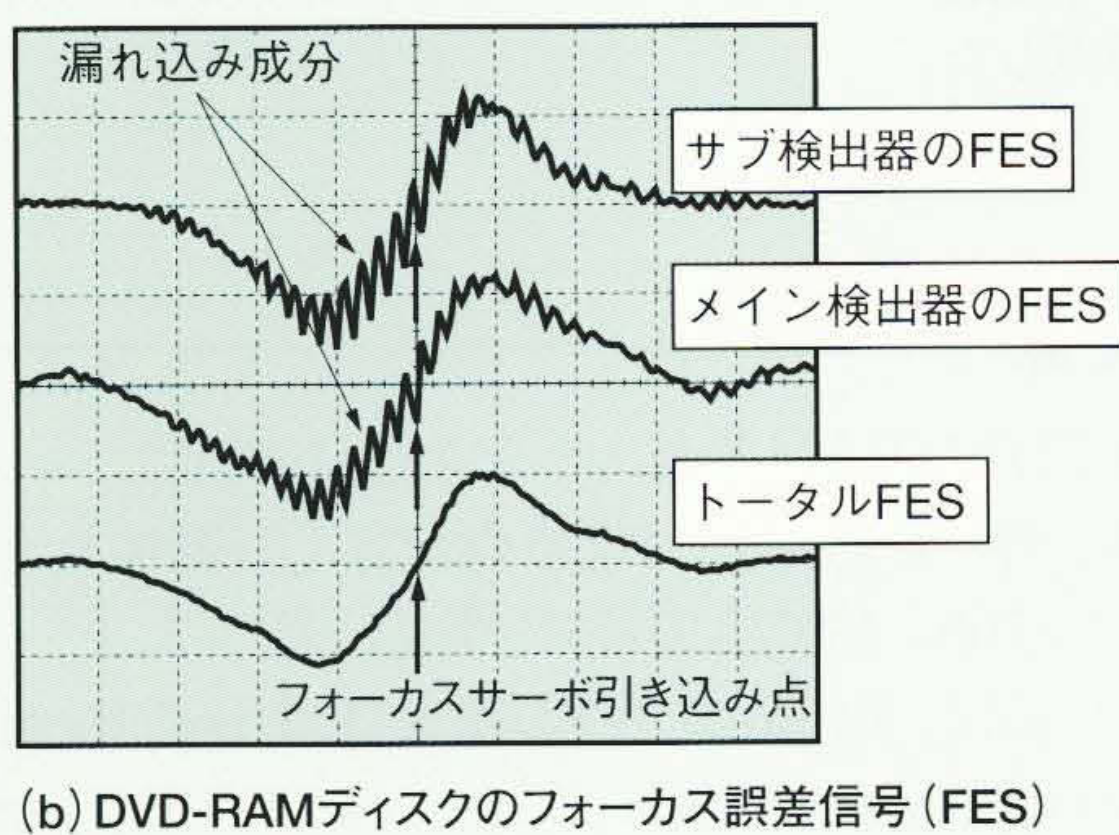
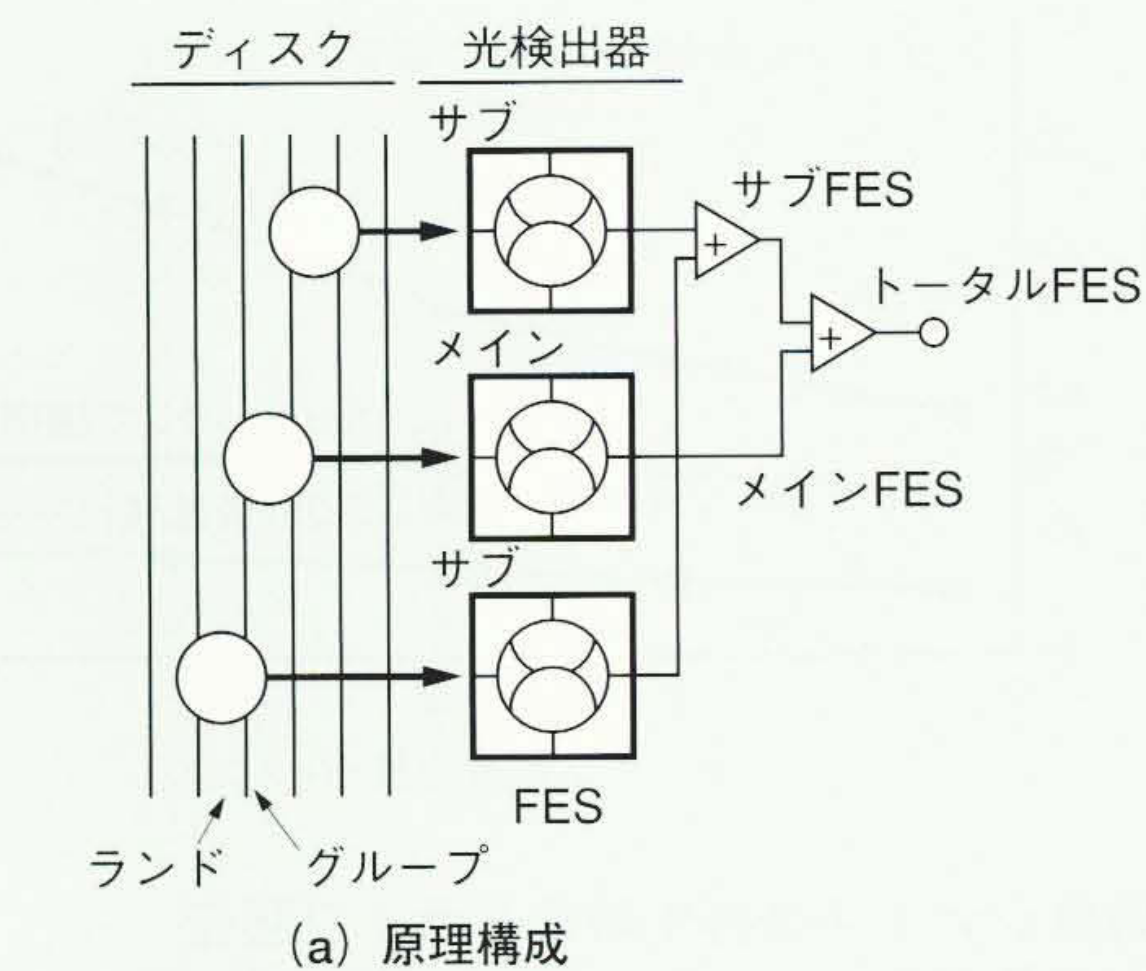
ディスク上には、回折格子によって分割された3個の光スポットが、ディスクの半径方向にそれぞれ1/2トラックピッチずつ離れて照射される。さらに、これら各光スポットのディスク反射光は12分割光検出器に入射し、従来の非点収差方式と同様のフォーカス誤差信号が各スポットごとに検出される。

このとき、中央のメインスポットから得られる誤差信号内の漏れ込み成分と前後のサブスポットから得られる誤差信号内の漏れ込み成分は互いに逆位相であることから、両方の誤差信号を加算することによって漏れ込み成分がキャンセルされ、外乱成分のない安定なフォーカス誤差信号を検出することができる〔図2(b)参照〕。

3.2 8倍速DVD対応LSI

DVD8倍速、CD40倍速の高速再生とDVD-RAMディスク再生を実現するため、2種類のLSIを開発した。

これらLSIの特徴は以下のとおりである。概略仕様を



注：略語説明 FES (Focus Error Signal；フォーカス誤差信号)

図2 差動非点収差方式によるフォーカス誤差信号検出

差動非点収差方式により、外乱のない安定なフォーカス誤差信号検出が可能となり、DVD-RAMディスクの再生を実現した。

表2に示す。

(1) アナログフロントエンドLSI

DVD-ROMの安定再生を行ううえで、主情報信号の波形等化の適切化と同期クロック生成の高速化を図った。波形等化回路は、ブースト周波数とブースト量を多段階に可変できる構成とすることにより、ディスク回転をCAV (Constant Angular Velocity) 制御しても安定な波形等化制御ができるようにした。

また、図2に示す新開発の光ピックアップに対応して、図1に示す各種ディスクのトラッキングとフォーカスサーボ用の誤差信号検出回路を内蔵した。

DVD/CD用の2系統のレーザAPC (Automatic Power Control)、主情報信号のAGC (Automatic Gain Control)、および各部のゲインやオフセット切替機能の内蔵により、仕様の異なる各種ディスクの安定再生が可能である。

(2) デジタル信号処理LSI

DVD8倍速再生を実現するには復調回路を210 MHzで処理する必要があるが、現状のLSIプロセスでは、ゲー

表2 開発LSIの概略仕様

2種のLSI開発により、DVD8倍速、CD40倍速の高速再生、およびDVD-RAMディスクの再生を実現した。

LSI	アナログフロントエンド	デジタル信号処理
品名	HD153701	HG73M019
プロセス	0.7 μ Bi-CMOS	0.35 μ CMOS
パッケージ	TQFP100	LQFP176
内蔵機能	主情報信号 AGC 波形変化 周波数設定: 4.5 M~36 MHz ブースト量設定: -3~+9 dB データ同期クロック生成 クロック周波数 ~210 MHz	DVD処理 復調 (8・16復調) DVD訂正 内符号: 5バイト訂正 外符号: 16バイト訂正
	トラッキングサーボ検出 3スポット方式 (CD-ROM) 位相差検出方式 (DVD-ROM) 差動プッシュプル方式 (DVD-RAM)	CD処理 復調 (EFM復調) CD訂正 内符号: 2バイト訂正 外符号: 4バイト訂正
	フォーカスサーボ検出 非点収差方式 (CD, DVD-ROM) 差動非点収差方式 (DVD-RAM)	デジタルサーボ ・ ディスクモータ ・ フォーカス ・ トラック ・ 光ピックアップ送り
	RAM読取り機能 ウォブル・ID検出 同期クロック生成	パソコンインタフェース (ATAPI)

注：略語説明

Bi-CMOS (Bipolar Complementary Metal-Oxide Semiconductor)
TQFP100 (Thin Quad Flat Package 100ピン)
LQFP176 (Low Profile Quad Flat Package 176ピン)
EFM (Eight to Fourteen Modulation)
ID (Identification)

ト遅延の関係から容易に実現することは難しい。そのため、アナログフロントエンド部で4ビット並列処理を行うことによってデジタル信号処理LSIへの転送速度を53 MHzまで落とし、復調処理速度を低減した。

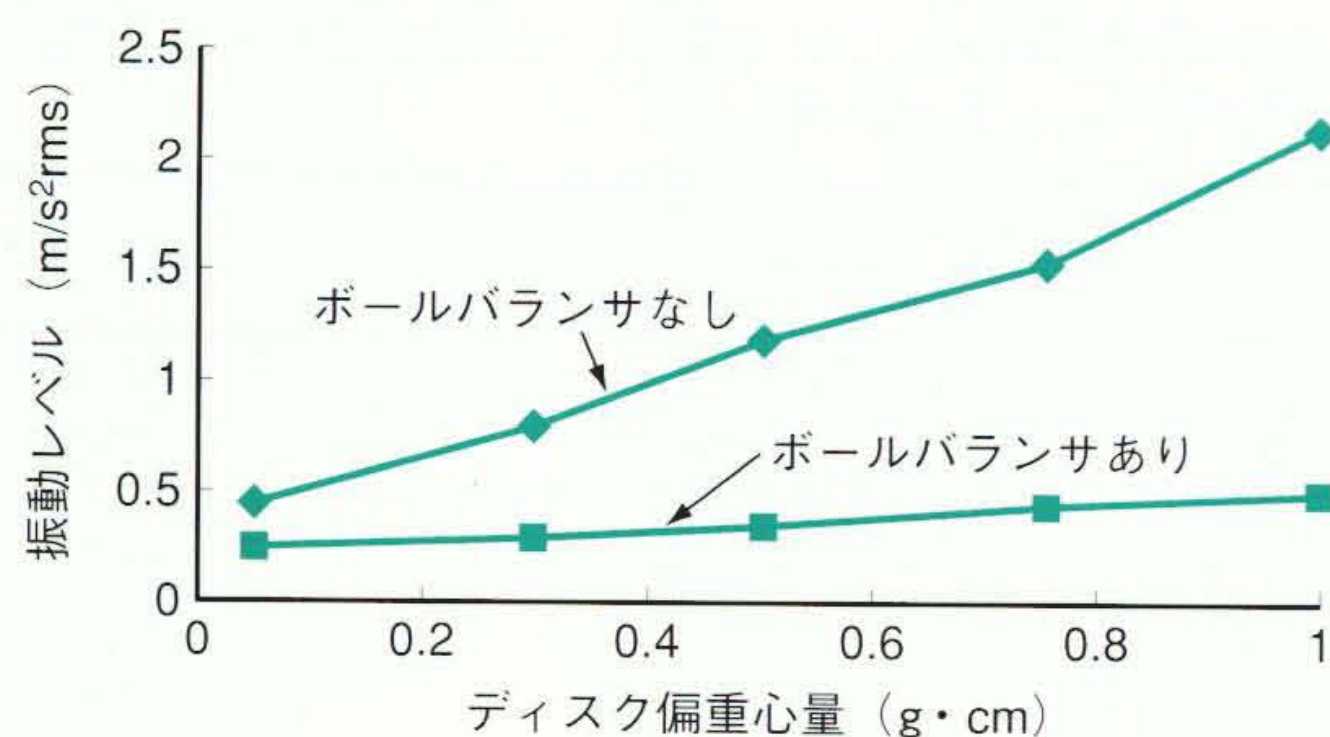
また、訂正処理に必要なデータを記憶するメモリを内蔵し、パイプライン処理¹⁾を行うことにより、8倍速の高速訂正処理を実現した。

3.3 低振動・低騒音メカニズム

3.3.1 ボールバランス機構

偏重心を持つディスクを高速で再生した場合、ディスクの回転によって生じる回転周期の力により、ドライブに自励振動が発生する。この振動がドライブを内蔵しているパソコンに伝達され、不快な振動や騒音が発生する。特にGD-5000ではCD-ROMディスクの再生速度が40倍速であることから、ディスク回転が約140 Hzにも及び、偏重心ディスクに対する振動の低減が不可欠である。

この対応策として、ディスクモータ内にボール バランス メカニズムを内蔵した。構成は、ディスクターンテーブルに円周状の溝を設け、鋼製のボールを複数個封入し



注：略語説明 rms (Root-Mean-Square)

図3 偏重心ディスク再生時のドライブ振動

ボールバランサの効果により、ドライブ振動を大幅に低減した。

たものであり、ボールがディスクの偏重心とは反対方向に集まる性質を利用することにより、偏重心量をキャンセルするものである。

ボールバランサ機構による振動低減効果(CD-ROM40倍速再生時)を図3に示す。

3.3.2 ディスク風切り音低減トレー

CD-ROMの40倍速再生ではディスク最外周速度は54 m/s=194 km/hにもなり、ディスクの風切り音が問題となる。回転するディスクが周囲の空気を切り裂くことによって発生する音⁵⁾のほかに、ディスク回転によって発生した空気の流れがディスク周囲の構造物に接触して発生する音も大きな騒音要因である。

GD-5000では、これら流体音(風切り音)の対策として、ディスクトレーの形状を適切化した。騒音低減効果(CD-ROM40倍速再生時)を図4に示す。

4 おわりに

ここでは、DVD-RAMディスクの再生が可能なマルチリードタイプのDVD8倍速、CD40倍速対応の高速DVD-ROMドライブ“GD-5000”，およびこれを支える新開発光ピックアップ、デジタル信号処理LSIなどについて述べた。

DVD-ROMドライブには、映像をキーとしてマルチメディア応用の重要な役割が期待されている。今後は、CD-ROMと同様いっそうの高速化が予想される。また、市場を活性化し、CD-ROMドライブからの置き換えを実現するためには、低価格化の要求が強い。

今回の開発技術と成果をベースにして、これからは、低コストな光ピックアップや高集積・高速信号処理LSIなどの開発を推進していく考えである。

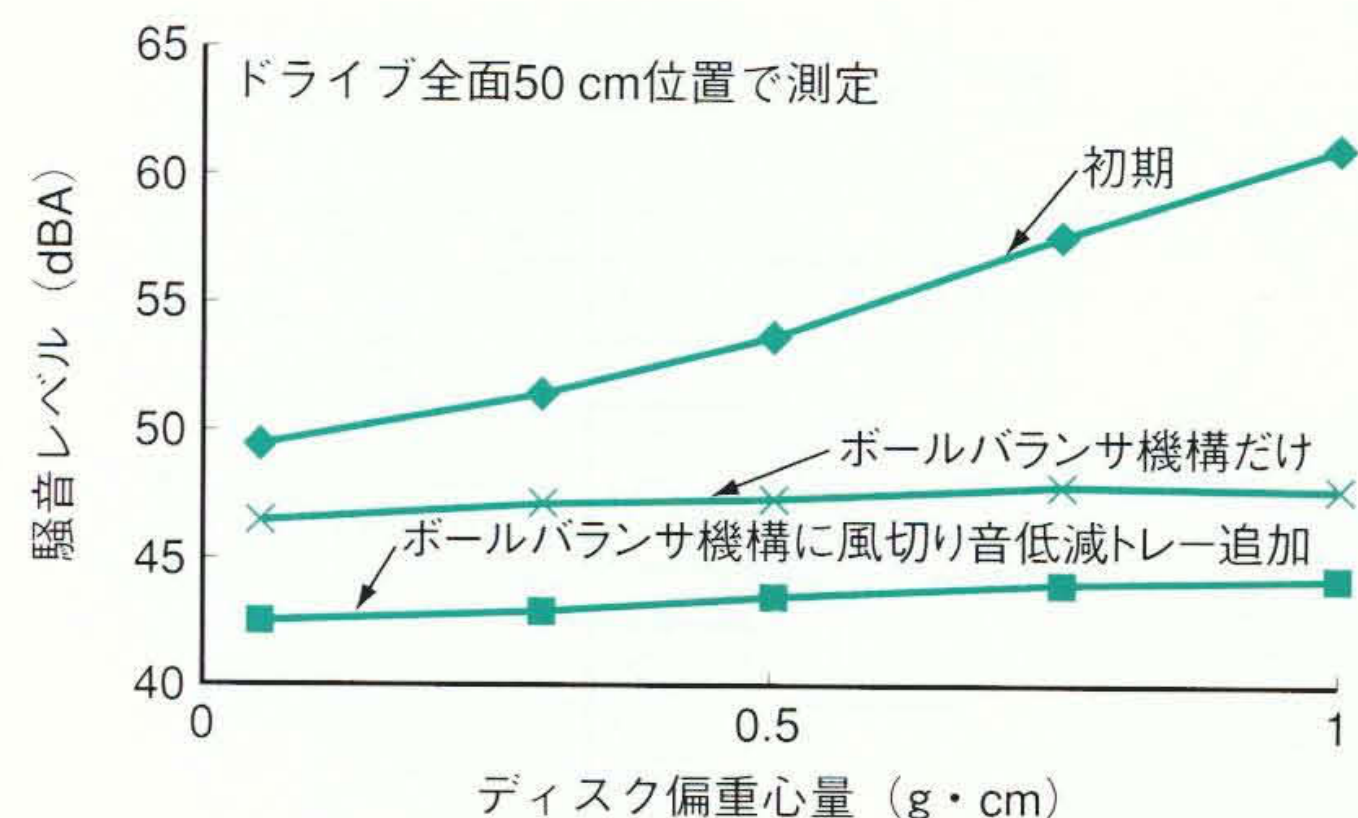


図4 偏重心ディスク再生時のドライブ騒音

風切り音低減トレーとボールバランサの効果により、ドライブ騒音を低減した。

参考文献

- 1) 麻倉：DVD-RAM革命，オーム社(1999年)
- 2) 角田，外：DVD-RAM規格の全容，日経エレクトロニクス，No.700，1997年10月6日号
- 3) K. Izumi, et al.: DVD-RAM Disc Reproducing Techniques for DVD-ROM Drives, ICCE (June 1999)
- 4) T. Takeuchi, et al.: 2x Speed for DVD-ROM Playback System, Proceedings of 1997 IEEE ISCE (Dec. 1997)
- 5) 島，外：水力学，丸善(1980年)

執筆者紹介



中垣春重

1970年日立製作所入社，デジタルメディアグループ デジタルメディア製品事業部 光ストレージ本部 光ストレージ設計部 所属
現在，DVD-ROMドライブの開発に従事
E-mail: harunaka @ cm. tookai. hitachi. co. jp



平田知己

1972年日立製作所入社，デジタルメディアグループ デジタルメディア製品事業部 光ストレージ本部 光ストレージ設計部 所属
現在，DVD-ROMドライブの機構開発に従事
E-mail: hirata @ cm. tookai. hitachi. co. jp



竹内敏文

1977年日立製作所入社，デジタルメディアグループ デジタルメディア開発本部 第3部 所属
現在，信号処理LSIの開発に従事
E-mail: taketo @ msrd. hitachi. co. jp



井上雅之

1976年日立製作所入社，デジタルメディアグループ デジタルメディア開発本部 第3部 所属
現在，光ピックアップの開発に従事
E-mail: inoue @ msrd. hitachi. co. jp