

DVD-R/RW (R 5)ピックアップ開発

Development of the optical pickup for DVDV-R/RW(R5) drives

永原 信一, 佐藤 僚, 石井 耕

Shinichi Nagahara, Ryo Sato, Ko Ishii

宇佐美 快弥, 藤ノ木 慎一

Yoshiya Usami, Shinichi Fujinoki

要 旨 第5世代となるDVD-R/RW, CD-R/RW用ピックアップ(R5)を開発した。R5ピックアップは整形プリズムの削除や、ディスクチルト補正のための液晶素子の採用など、根本的な設計の見直しを図り、従来の記録系ピックアップに対して大幅な小型軽量化、コストダウンを達成した。また、FPC上の回路を高精度な信号伝送が行えるように最適化し、従来の性能を更に改善した高感度アクチュエータの設計などにより、DVD-R4倍速記録、DVD-RW2倍速記録を可能とした。

Summary The 5th generation pickup for DVD-R/RW and CD-R/RW, the "R5" was developed. The R5 pickup attained the large reduction of weight, and cost, compared to the conventional recording system pickup, by reexamination of the fundamental design and deletion of the anamorphic prism, adoption of a liquid crystal element, etc.

Moreover, the circuit on FPC is optimized so that highly precise signal transmission can be performed, and a high sensitivity actuator which has improved the conventional performance further was designed. As a result, 4X DVD-R recording and 2X DVD-RW recording were enabled.

キーワード : DVD-R/RW, 4倍速DVD-R, 液晶素子, Strategy内蔵レーザドライバ, FRAM搭載, 2回路フロントモニタ, 3層FPC, 高感度アクチュエータ, 偏光グレーティング

1. まえがき

現在、光ディスクの業界は再生型から記録型ディスクへとその主流を移しつつある。その中で当社の推進するDVD-R/RWは再生専用ディスクとの互換性に優れているため、PC用途や民生用レコーダーといった分野でその地位を築い

てきた。DVD-R/RWドライブの開発も既に第5世代となり、DVD-Rは4倍速記録、DVD-RWは2倍速記録を実現し、PC用DVDライターのDVR-105系、DVDレコーダーのDVR-77Hなどが市場導入され好評を得ている。

今回、筆者らはこれらの製品に搭載した

DVD-R/RW, CD-R/RW 用ピックアップの開発を行った。記録の高速化技術開発だけでなく、従来から積み上げてきた再生用ピックアップの量産化技術の応用、当社独自の技術である液晶チルト補正方式の記録系への展開など、新規開発要素の多い内容であったが、関係部門の協力により無事量産導入できたのでこれを報告する。

2. ピックアップの構成

表1にピックアップの主な仕様を、図1にピックアップの外観を示す。

光学系は整形プリズムを削除し、再生用のピックアップと同様な構成となっている。ディスクチルトの補正手段として、従来のトラバースメカでのチルトサーボ方式を止め、液晶素子

表1 ピックアップの主要仕様

		DVD	CD
対物レンズ	焦点距離	3.22 mm	3.24 mm
	開口数	0.65	0.5
	作動距離	1.71 mm	1.35 mm
レーザダイオード	発振波長	658 nm	784 nm
	出力	100 mW	180 mW
	動作温度	70 °C	75 °C
記録時最大出射光量		23 mW	36 mW
サーボ検出方式	フォーカス	非点収差法	
	トラッキング	位相差法	
		差動プッシュプル法	
外形寸法	幅	57.3 mm	
	奥行	41.4 mm	
	高さ	19.3 mm(ディスク表面まで)	
重量			29.6 g

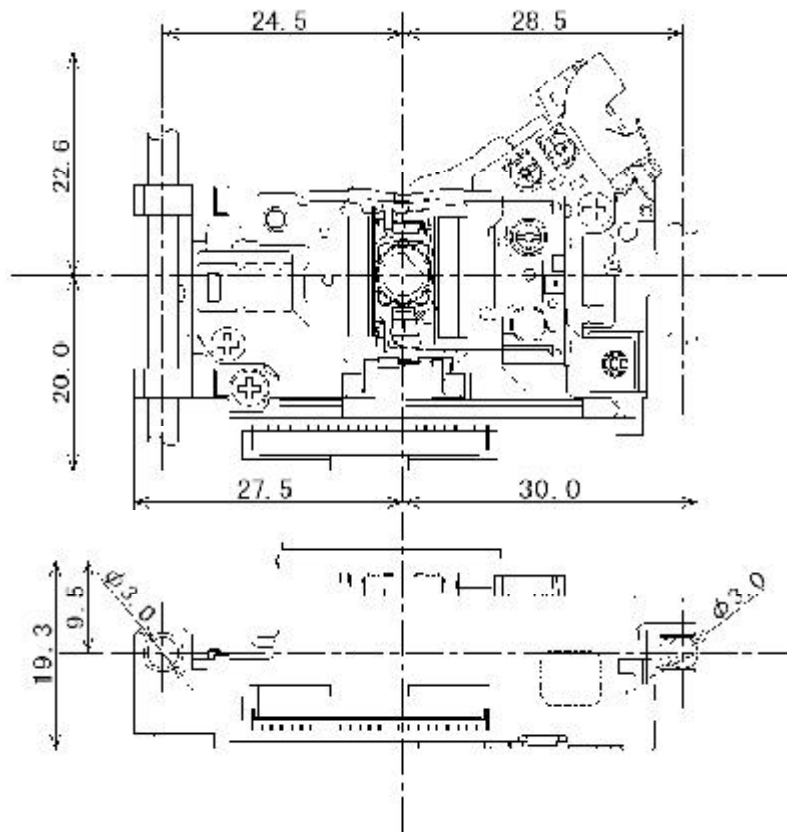


図1 ピックアップの外観

によるチルト補正方式を採用した。

回路は、Strategy 回路内蔵 2CH レーザドライバを搭載し、高倍速記録時の信号精度を向上させた。PU Control Chip には液晶チルト補正素子の駆動や OEIC のゲイン切り替えなどの機能を持たせることにより信号線の本数を削減し、さらに FRAM (不揮発性強誘電体メモリ) を搭載してピックアップの個体情報や、調整検査時の情報などを格納できるようになっている。また、FPC には 3 層 FPC を採用することにより、限られたスペースにこれらの回路を構成することを可能とした。

外形寸法的には、他社のドライブを調査した結果、主軸と対物レンズ中心の距離、主軸からディスク表面までの高さにある程度の規則性があることが判明し、トラバースメカの互換性を考慮しそれに合わせた設計を行った。

3. 光学系構成

図2にピックアップの光路図を示す。DVDの光源は レーザダイオード (波長 660nm) であり、

ここから発せられたレーザ光は グレーティングを通過して 合成プリズムに入射する。

は通常のグレーティングと偏光グレーティングから構成されており、これはある偏光方向の光だけを 1 次光に回折する効果をもつ (0 次光はほとんど発生しない)。広帯域 1/4 板との組み合わせによりレーザダイオードへの戻り光量を低減している。

CD についても同様に レーザダイオード (波長 785nm) グレーティング (こちらは通常のグレーティングのみで偏光に依存しない) が配置されに入射する。

はダイクロイックの効果があり DVD 側は透過、CD 側は反射する性質をもっているのを通過後 DVD と CD の光路は共通になる。

のハーフミラーは入射光を透過、反射に分ける特性がある (透過 : 反射 = 15 : 85)。そのうち透過光は フロントモニタ OEIC に入射する。

は、レーザダイオードを APC 駆動させ、DVD、CD 両方の記録を達成するためゲイン切替付きの 2 回路構成をしている。一方 から

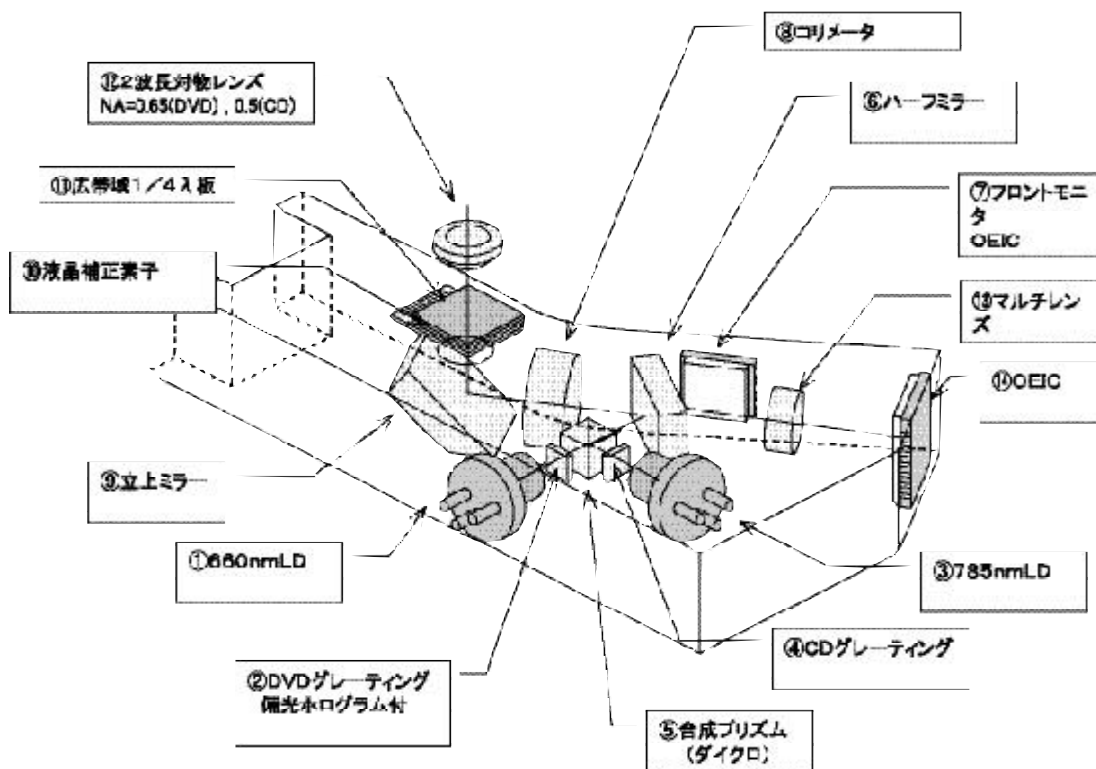


図 2 光学系の構成

反射した光 コリメータで平行光となり、立ち上げミラーで垂直に曲げられる。液晶補正素子（詳細は別途説明）を通過、広帯域1/4板で直線偏光から円偏光に変換したのち、対物レンズでDisc上に集光される。

Discで反射した光は まで往路と同じ経路をたどり を透過して マルチレンズ透過後、OEICに入射し、ここで光信号から電気信号に変換される。

4. 回路構成

図3にピックアップのFPC回路構成を示す。R5では、DVD-Rの4倍速記録を実現させるために、対物レンズ出射波形の立ち上がり(Tr)、立ち下がり(Tf)特性が重要な要素となる。

従来は、Strategy回路は本体基板側に搭載されていたが、今回のピックアップではStrategy回路内蔵のLDドライバを採用した。さらに、記録データおよびクロックという高周波信号の伝送特性を向上させるためにLVDS(Low Voltage Differential Signaling)方式を用

いた。そのため、ピックアップ側にはLVDSレシーバICが、本体基板側にはLVDSドライバICが搭載されている。さらに、パターンや定数など細部にわたり最適化を行い、図4に示す通り対物出射波形が従来のピックアップに対し大幅に改善された。

PU Control Chipには主に、

液晶チルト補正素子の駆動

LDドライバの制御

OEICゲイン切り替え

FM OEICチャンネル切り替え

デジタル温度センサのデータ取り込み

FRAMによる個体情報の管理

などの機能が盛り込まれている。特に ~ は通常本体基板からの信号がそれぞれ必要となるが、今回はすべてピックアップのFPC上でPU Control Chipを介するため、本体基板とピックアップの信号のやりとりはシリアルデータラインのみで済み、FPCのピン数削減に大きく寄与している。

FRAMには、ピックアップのシリアルナン

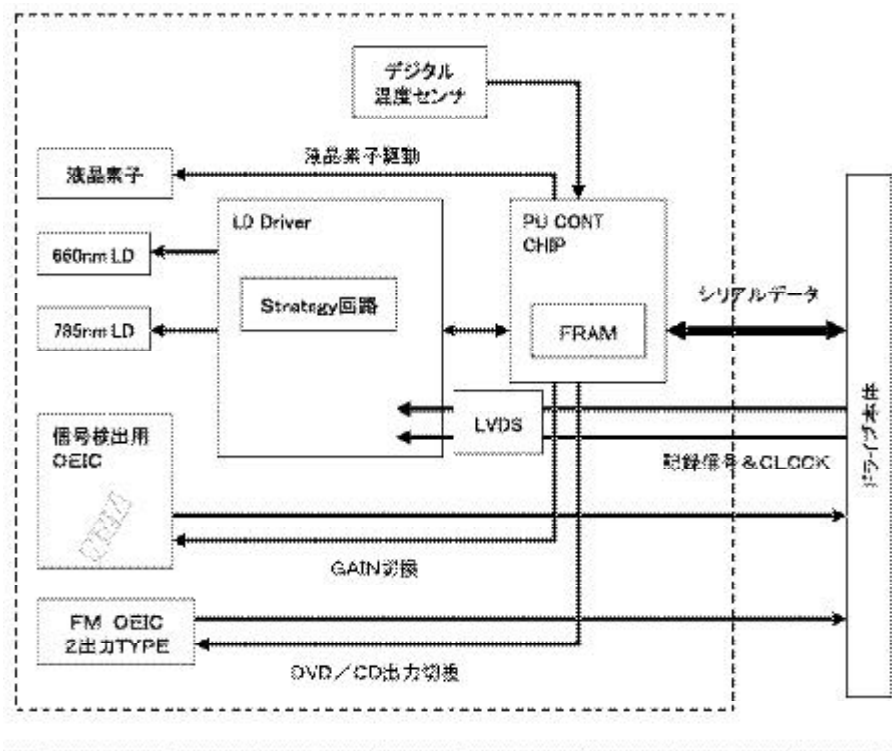


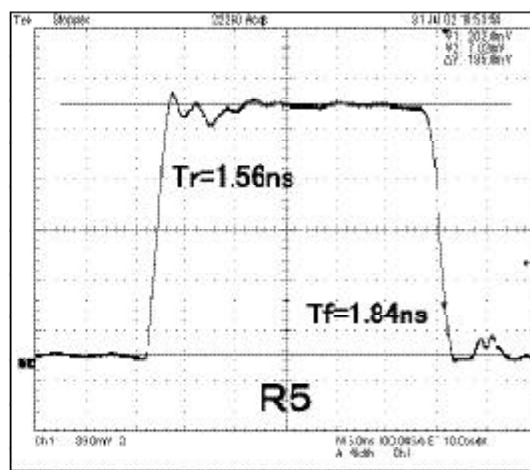
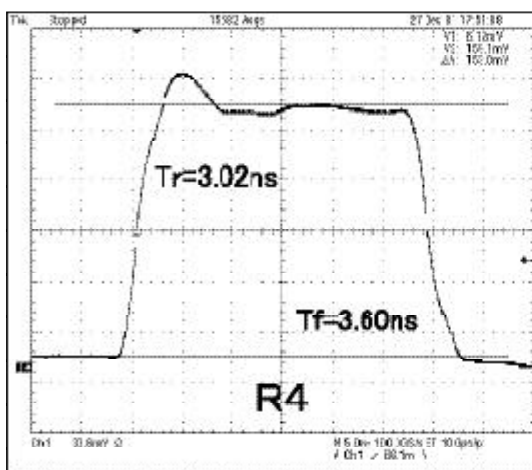
図3 FPCの回路構成

バー、生産拠点、部品情報、調整データ、履歴などを記憶させており、次工程にデータシート付きでピックアップを渡す手間が省け、ドライブ状態でも蓋を開けることなくピックアップの情報を取り出すことが可能である。

将来的にはピックアップの調整値をすべて記憶しておき、本体の電気調整はメモリからデータを読み込むだけということも可能となるかも知れない。

図5に3層FPCの基板部の写真を示す。3層基板部は、通常のプリント基板と同様にスルーホールが形成でき、両面実装ができるため、通常のFPCに比べ高密度実装が可能となる。また、ガラエポを使用しているために補強板の裏打ちは不要である。

この3層FPCを採用することにより、大規模な回路をピックアップ上の小さなスペースに構成することができた。



(a) R4 の3Tマーク

(b) R5 の3Tマーク

図4 対物出射波形比較(DVD-R2倍速3Tマーク)

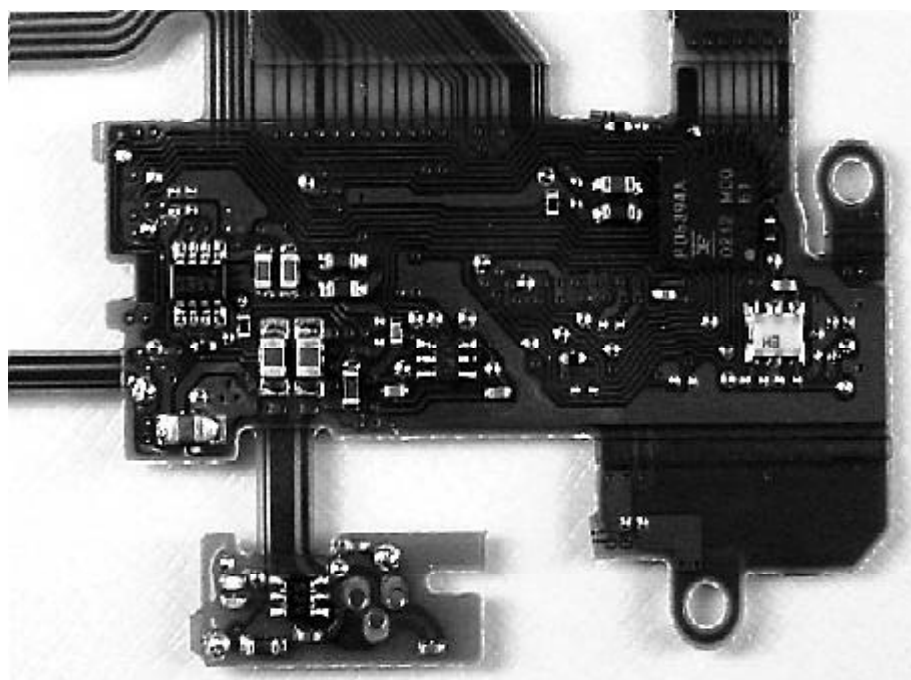


図5 3層FPC基板部の写真

5. 液晶収差補正素子

液晶は誘電率と屈折率に異方性を持つため、印加する電圧により屈折率が変化する。この物性を利用することによって、収差が発生したピックアップ中の光路を操作し収差補正を行う。R5ピックアップに搭載されている液晶素子は、ディスクの反りなどで生じるコマ収差とディスクの厚みばらつきなどで生じる球面収差を補正する機能を持つ。今回の液晶素子はDVDの収差補正が主たる目的となっており、パターンはDVD用に最適化している。

ディスクの反りで生じるコマ収差を補正するパターンを図6に、図7にコマ収差による波面の変化を示す。ディスクが傾いて図7(a)のような収差が発生した場合、その収差を補正するためにパターンを基準にしてとがシーソー状態となる電圧を加える。それによりとの屈折率がの基準に対してそれぞれプラスマイナスに変化し、図7(b)のように位相差が生まれる。発生したコマ収差に補正をかけることによって(図7(a)に図7(b)を加える)、実際の波面収差は図7(c)のようになる。

ディスクチルト1degのとき、チルト1degを液晶素子で補正したときのビームスポット形状、RF波形を図8に示す。図8(a)がスポット形状、図8(b)がRF波形である。液晶補正OFF時のスポット形状とRF波形を図9に示す。図9(a)スポット形状、図9(b)がRF波形である。この補正により測定不能な再生ジッタが9.2%まで改善されており、液晶素子の効果が良好であることがわかる。また、図10に示すようにディスクチルト ± 1 deg以上の範囲で再生ジッタがほぼフラットになっており、良好なチルトマージン特性が得られていることも確認した。

ディスクサブストレートの厚みばらつきや、ピックアップ使用環境温度で発生するピックアップ自身の球面収差を補正する今回の球面収差補正パターンは、図11である。ここでは基準電圧がなく、ある仮想基準電圧*を基準にしてとをシーソーのように駆動させる。

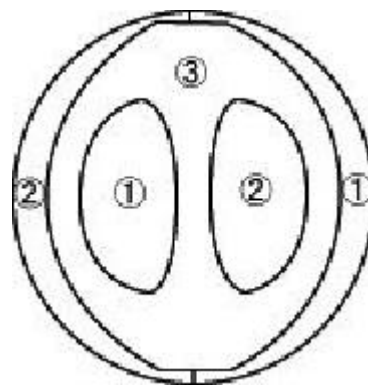
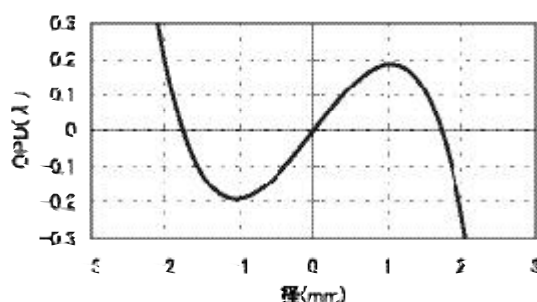
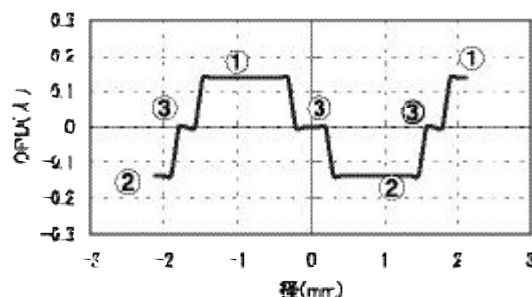


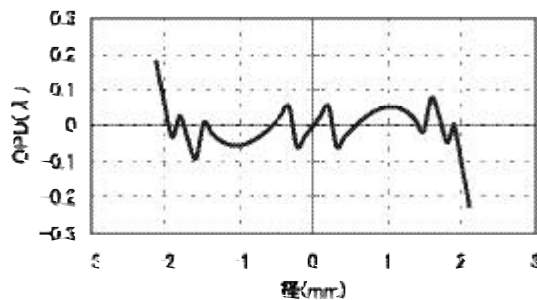
図6 コマ収差補正パターン



(a) チルトによる収差の発生

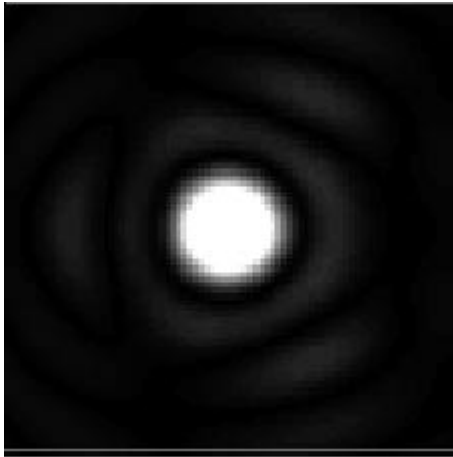


(b) 補正による位相差の変化

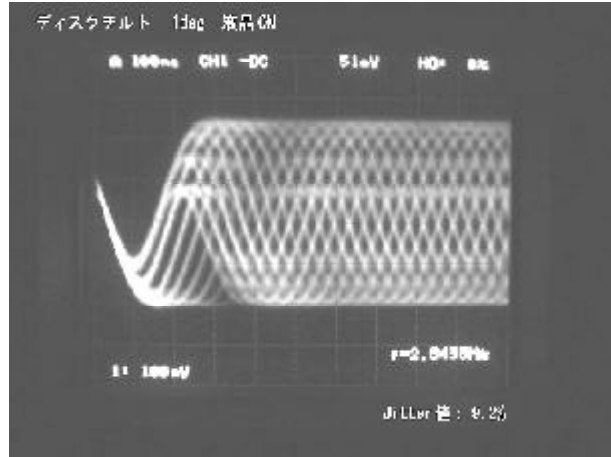


(c) 補正後の波面

図7 コマ収差補正による波面の変化

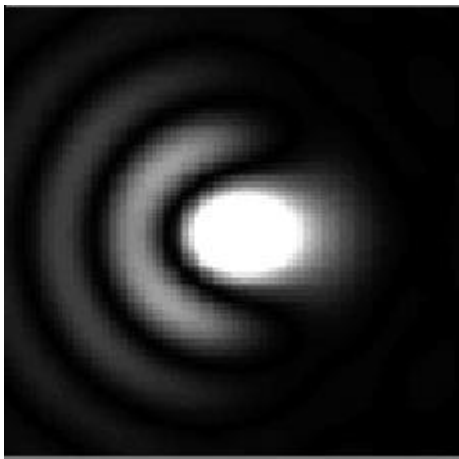


(a) ビームスポット形状

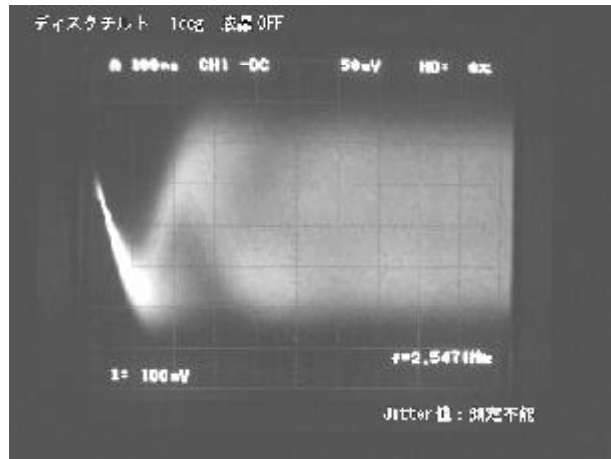


(b) RF 波形

図 8 液晶補正 ON でのスポット形状と RF 波形



(a) ビームスポット形状



(b) RF 波形

図 9 液晶補正 OFF でのスポット形状と RF 波形

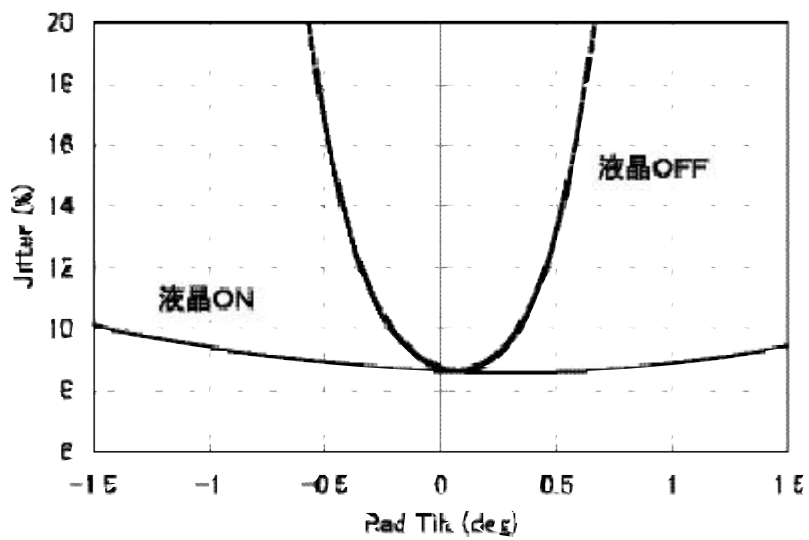


図 10 DVD-R 再生チルトマージン

図12に示すように補正の方法は、コマ収差の場合と同様である。このときの再生RF波形を図13に示す。

サブストレート厚みが0.55mmのDVD-ROM Dualディスクを液晶駆動FLAT(図11の電極とが同電位)で再生した際(図13(a))の再生ジッタが10%であるのに対して、液晶で補正(図13(b))することによってその値は6.8%程度にまで改善されており、液晶素子の効果が確認できる。

DVD-Rの記録において、ディスクの反りが生じると記録パワーを大きくする必要がある。これに対しても液晶は有効であり、ディスク盤面上でのビーム形状を整えることで最適記録パワーを下げるができる。実際にディスクチルトが変化した際の最適記録パワー(アシンメトリ5%)が液晶素子駆動FLAT(図6の電極～が同電位)からONにすることでどれだけ変わるかを図14に示す。

従来の記録ピックアップはディスクの反りを検知するチルトセンサを搭載し、その信号を元にトラバースメカのチルトを制御している。R5ピックアップにはチルトセンサがなくコマ収差補正を駆動するのに他の信号を使う必要がある。図15は、ディスクチルト1degにおいて液晶のコマ収差補正を動作させたときの信号変化を測定したものである。横軸は液晶が補正し得る角度である。このグラフから判るように信号レベルの感度は、未記録状態のLPP信号が一番高く、次いでRF信号、メインプッシュプル信号の順となっている。そこで今回は、記録済みディスクおよびROMディスクに対してはRF信号を、また未記録ディスクにたいしてはLPP信号をモニタして、それぞれの信号の振幅が最大となるように液晶コマ収差補正を動作させている。ただし、LPP信号とRF信号が最大となるポイントは若干ずれているため、ずれ分を加算した補正量を与えている。

なお、一般的には、液晶素子は故障・劣化を防ぐためにAC電圧印加で駆動する。今回の液

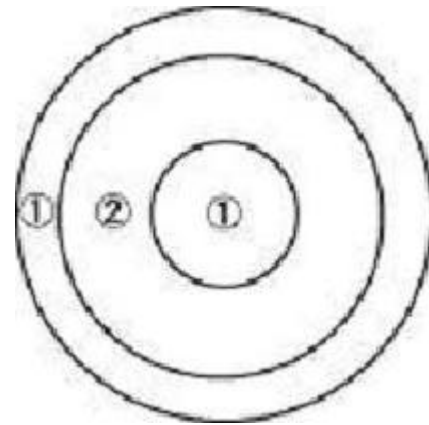
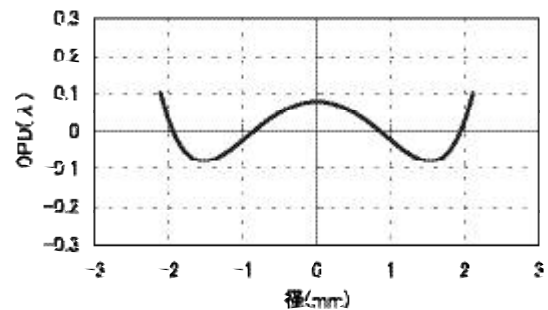
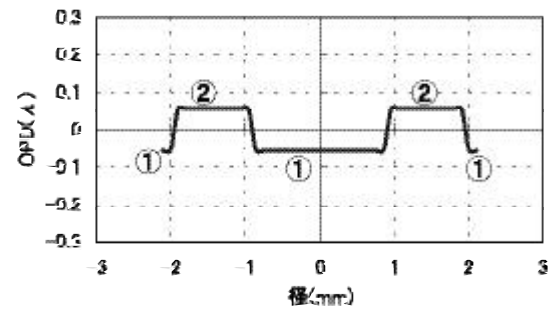


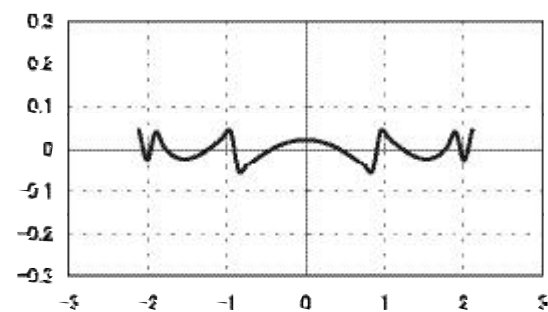
図11 球面収差補正パターン



(a) 球面収差の発生

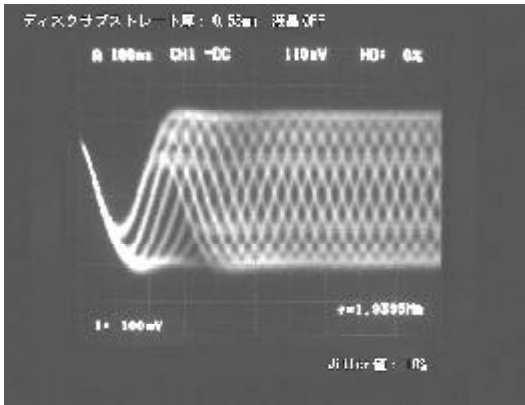


(b) 補正方法

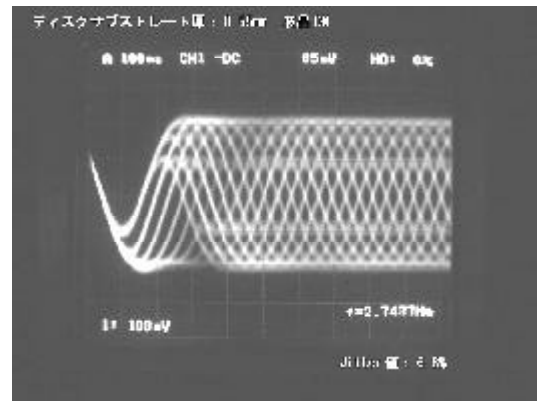


(c) 補正後の波面

図12 球面収差補正による波面の変化



(a) 収差補正 OFF 時の RF 波形



(b) 収差補正 ON 時の RF 波形

図 13 球面収差補正 ON/OFF での RF 波形

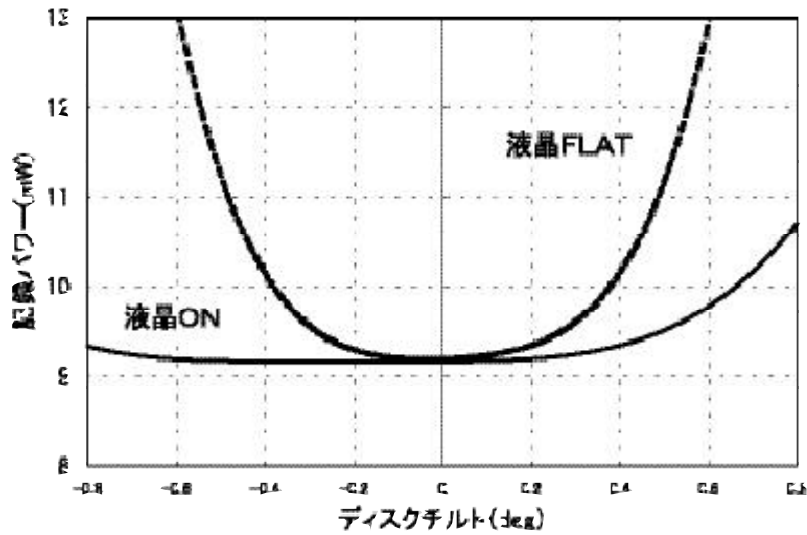


図 14 アシンメトリ 5% の記録パワー

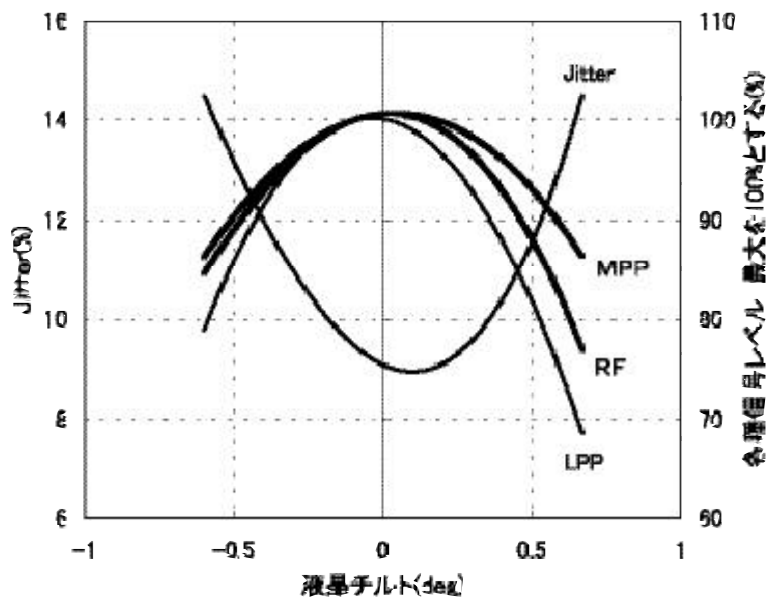


図 15 液晶素子動作と信号レベル変化

晶素子では、コマ収差補正パターン電極に、ある AC 電圧をかけて球面収差補正パターン電極に逆位相・同周期の AC 電圧を印加する方式をとっているが、この仮想電圧は、コマ収差補正パターンの基準 AC 電圧に対して逆位相、同周期、同振幅 AC 電圧である。

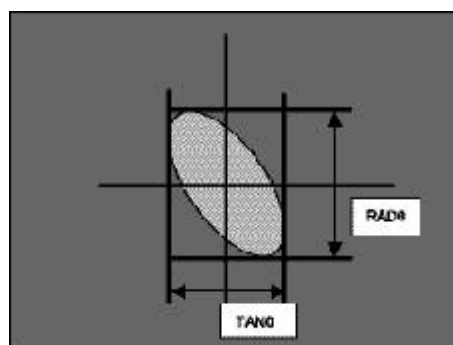
6. BP 調整

従来から DVD 記録用ピックアップでは収差について積極的に調整する必要があることが分かっている。R5 ピックアップでは前世代の R4 ピックアップと同様に DVD についてビームプロファイルを観察しながら収差を調整している。コマ収差はアクチュエータを動かしてレンズを傾けさせ、サイドローブの対称性を数値化して調整する。非点収差は対物レンズに対して像高を振ることでピックアップのトータル収差を所望の範囲に納めている。

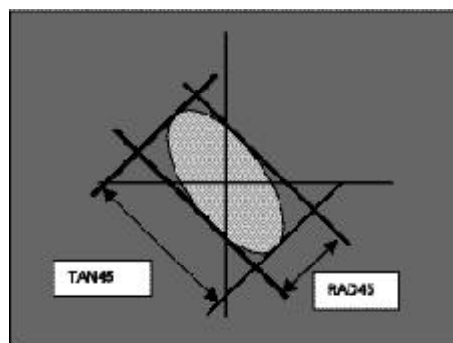
ビームプロファイルから非点収差への変換方法について説明する。R5 は当社の DVD-R ピックアップとしてはビーム整形をしていない最初のものである。したがってビームプロファイルは図 16 のように楕円形状になる。例えばピークに対して 20% の強度でのビームプロファイルを観察する。これを 45deg おき(ここでは RAD0, TAN0, RAD45, TAN45 と定義)の方向からみてそれぞれのビーム径を測定する。0.5 μm ずつデフォーカスさせるとそれに応じてビーム形状が変化していく。図 17 に横軸にデフォーカス量、縦軸にビーム径をとり近似曲線を描かせたグラフを示す。これら 4 本の近似曲線からビーム径最小値でのデフォーカス位置をもとめ、(RAD0 TAN0)、(RAD45 TAN45) のふたつのデフォーカス差をもとめる。このように測定したピックアップを今度は干渉計で収差測定する。収差の 0deg 方向と、45deg とのをグラフにするとそれぞれ図 18 のグラフになり相関関係が取れることが確認された。

7. 高感度アクチュエータ

図 19 にアクチュエータ可動部を示す。R5 では、DVD-R4 倍速記録を実現させるために、高感度(16 倍再生用同等)ローリング(可動部のねじれ共振)の低減広域(およそ 0 ~ 50 kHz)での共振低減が要求される。特に記録用アクチュエータは再生専用のもので(図 20)よりも、大幅なローリングの低減が要求される。ローリングは、その発生原因はトラッキング方向の駆動点と可動部重心の高さズレがあることにより、その駆動力が可動部の回転力としても作用することであり、対物レンズがディスクに対して傾いてしまう。その場合、偏芯ディスクに記録したときに RF 信号が乱れる不具合となる。これまでの 2 倍速記録用のアクチュエータ(図 21)はプリントコイルに対し、対物レンズを高い位置にすることで、駆動点と重心を一致し、かつマグネットの



(a) RAD0, TAN0 の場合



(b) RAD45, TAN45 の場合

図 16 ビームプロファイルとビーム径測定方法

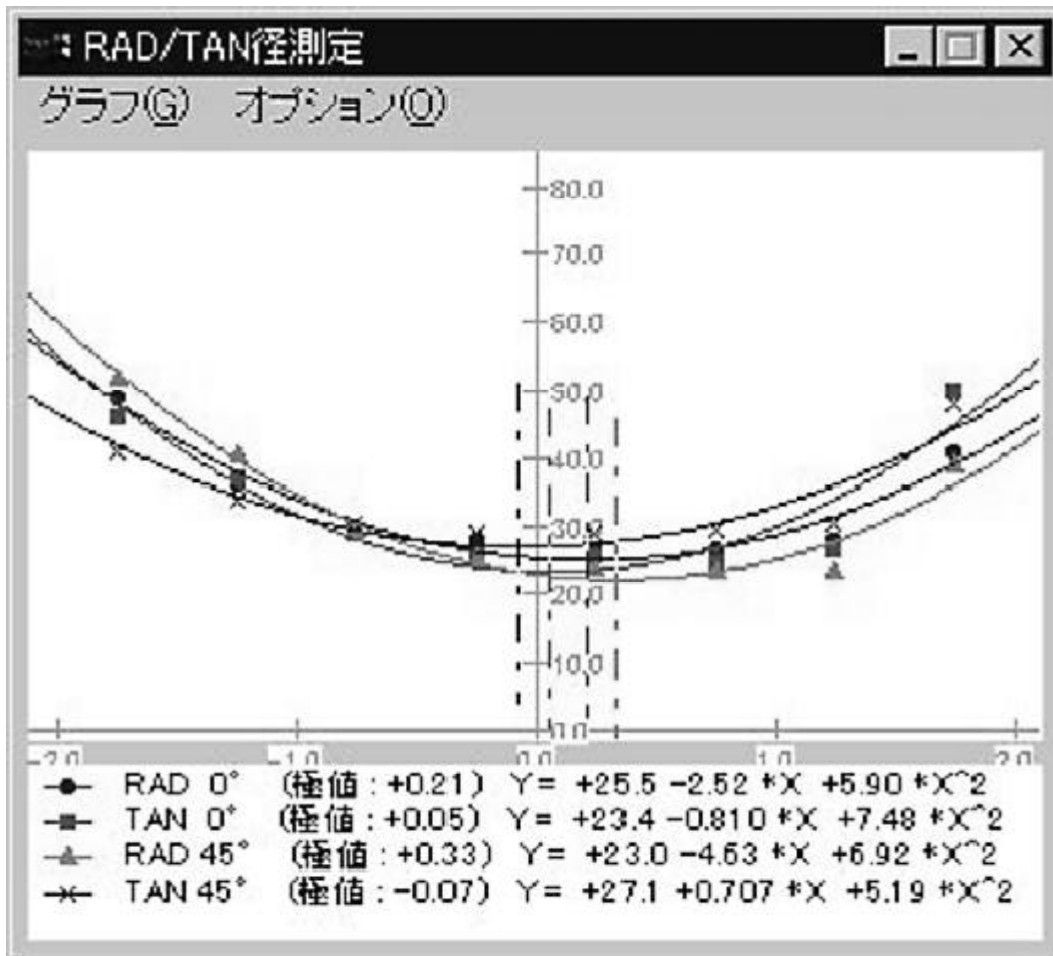
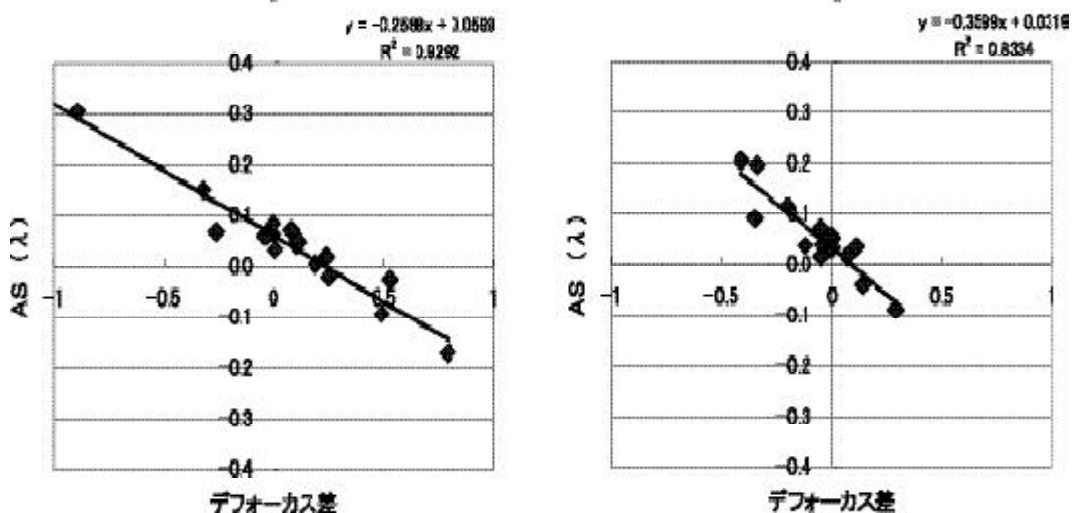


図17 デフォーカス vs ビーム径 (4方向)



(a) BP フォーカス差 vs 干渉計収差 AS 0deg 成分

(b) BP フォーカス差 vs 干渉計収差 AS 45deg 成分

図18 BP ビーム径測定によるデフォーカス差 vs 干渉計測定による非点収差

フォーカス方向駆動部を再生用の約半分の大
きさにすることで、トラッキングコイルへの
不要な駆動力を除去し、可動部の回転方向の
駆動力を低減し、自らローリングを発生しに
くい構造とした。

このアクチュエータが4倍記録用としては
使えない理由として、

重量増、フォーカス駆動力低下による感
度不足

要求される寸法（高さ）に入らない

強度不足による共振

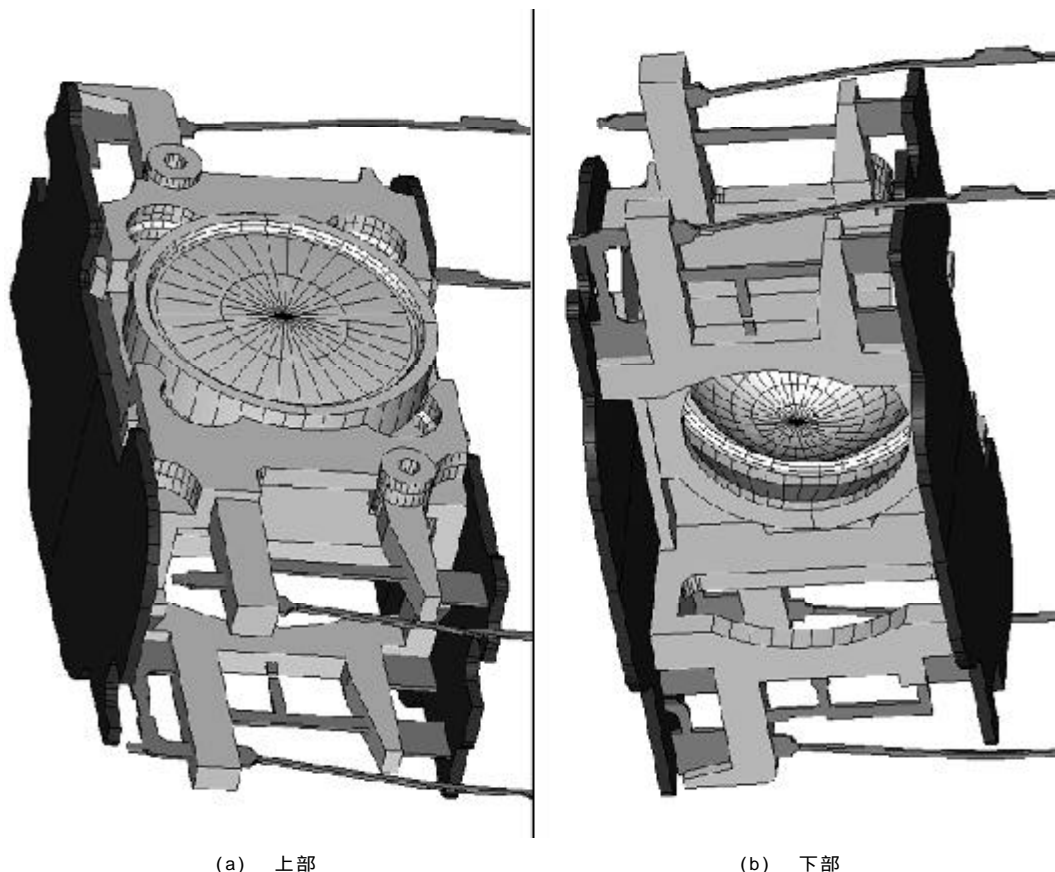
が挙げられる。そこで、R5ではこれらの対策と
して重量を再生系アクチュエータ同等とし、
マグネットはコンボ用に設計された着磁パター
ンを使用することで高感度を維持　ローリン
グについては、プリントコイルにダミーパター
ンを付加することで重心位置をコントロール
し、可動部全体の高さも再生用のものに合わせ
た　共振の低減としてはCAE技術を用いて軽

量かつ高強度のレンズホルダー形状を求め、更
に対物レンズ、プリントコイルの接着力を強化
することで、可動部全体を強化した。

8.まとめ

R5ピックアップでは、整形プリズムを削除
するなど、光学系の構成を根本的に見直した。
また、信頼性向上のために液晶チルト補正素子
を記録系ピックアップで初めて採用するなど大
幅な設計の見直しを図った。その結果、従来の
記録系ピックアップ（R4）に比べ、約30%の部
品点数削減と、約35%の軽量化、約35%のコス
トダウンが達成された。

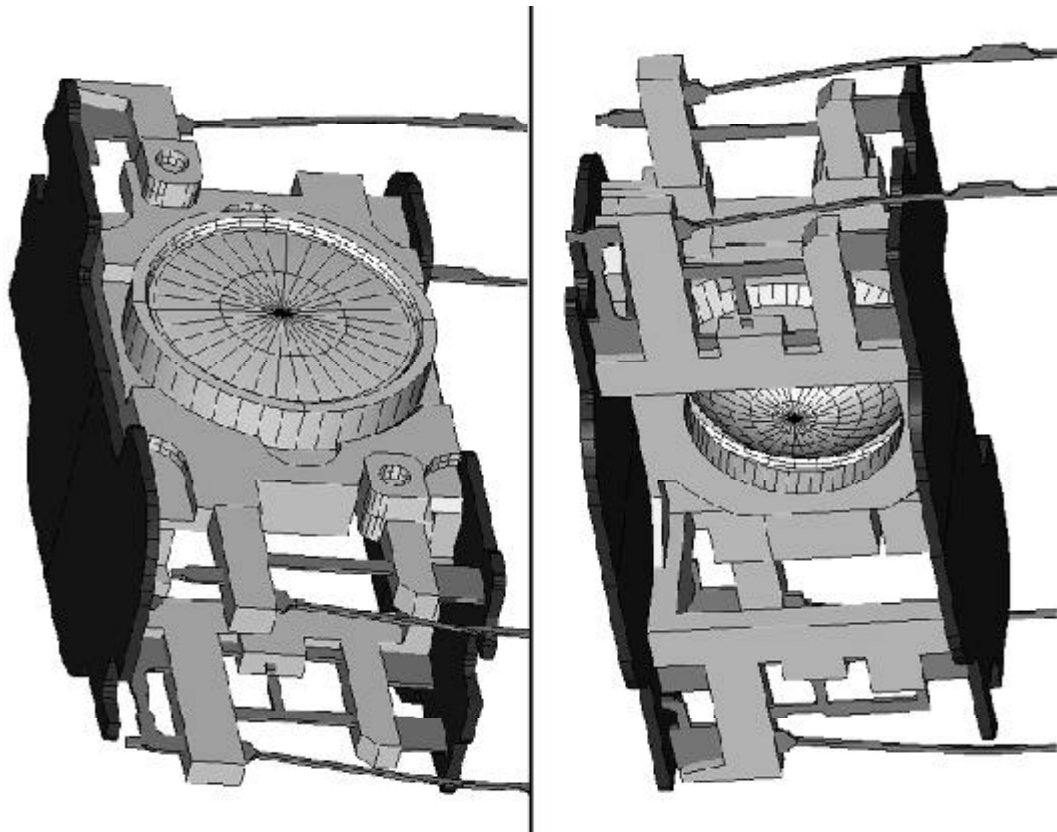
さらに回路系はStrategy内蔵レーザドライ
バ、LVDSの採用など、高速記録へ向けての様々
な最適化を行い、アクチュエータも従来モデル
の性能を更に改善した高感度アクチュエータを
設計することにより、DVD-R4倍速記録、DVD-
RW2倍速記録を可能とした。



(a) 上部

(b) 下部

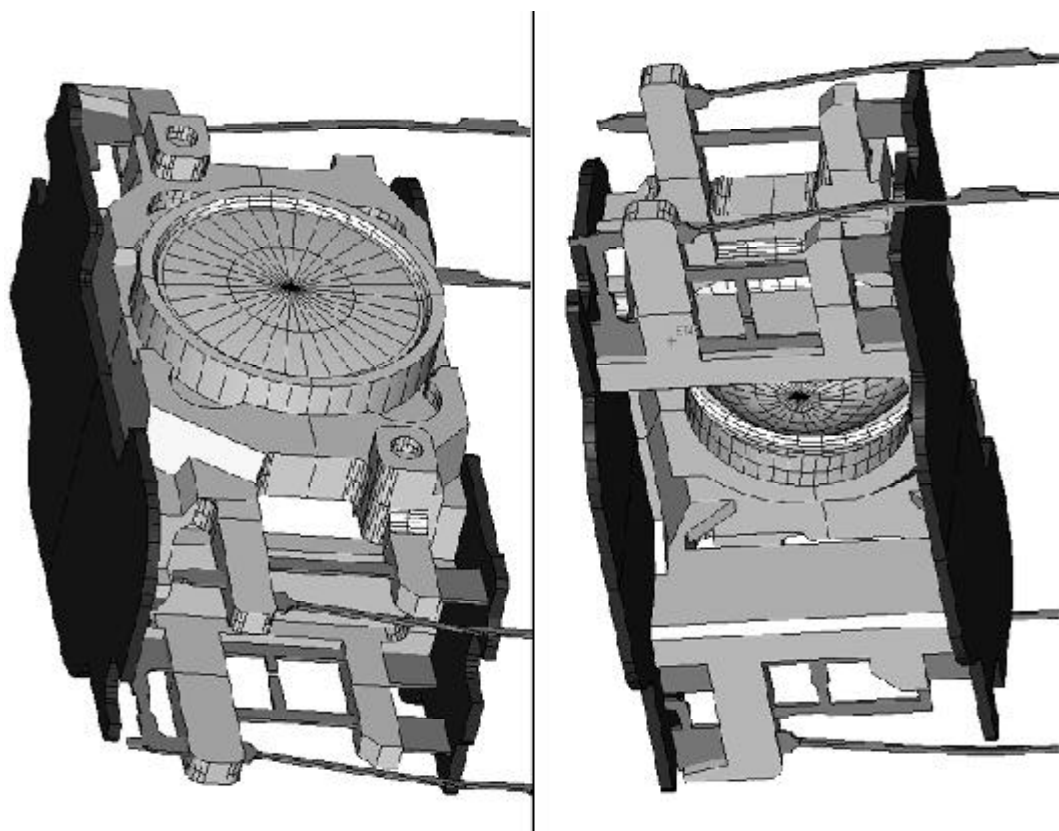
図 19 DVD-R4 4倍記録対応アクチュエータ



(a) 上部

(b) 下部

図20 再生専用アクチュエータ



(a) 上部

(b) 下部

図21 DVD-R2 倍記録対応アクチュエータ

今後の課題としては、競合製品に見劣りしないためのCD記録スピードの向上、他社製品に対する優位性を保つための更なるコストダウン、規格化が始まるDVD-R8倍速記録対応を行う必要がある。

9. 謝辞

本開発にあたり、FPCの回路設計やピックアップ評価で協力をいただいたコンポーネンツ(事)第二技術部の関係各位、またBP調整機をはじめとする治具関係で協力をいただいた同生産技術部の関係各位、量産導入に向けて尽力頂いた社内外の関係者の方々に感謝致します。

筆者

永原 信一(ながはら しんいち)

- a. コンポーネンツ(事)第一技術部
- b. 1979年4月
- c. Audio, 8mmVTRなど磁気ヘッド, CD-R, DVD-R記録系ピックアップの開発に従事

佐藤 僚(さとう りょう)

- a. コンポーネンツ(事)第一技術部
- b. 1986年4月
- c. OMDD, VDR, DVD-Rなど記録系ピックアップの開発に従事

石井 耕(いしい こう)

- a. コンポーネンツ(事)第一技術部
- b. 1992年4月
- c. レーザーディスク, DVD再生系, 記録系のピックアップ開発・設計に従事。

宇佐美 快弥(うさみ よしや)

- a. コンポーネンツ(事)第一技術部
- b. 1993年4月
- c. CAE技術開発, 後に再生用, 記録用ピックアップ設計に従事

藤ノ木 慎一(ふじのき しんいち)

- a. コンポーネンツ(事)第一技術部
- b. 1993年4月
- c. OMDD, CD-ROM, 再生系DVD, DVD-Rなどのピックアップ開発に従事