高光利用効率のDVD/CD互換回折対物レンズ

A High Light Efficiency Diffractive Objective Lens for DVD/CD Compatible Use

池 中 清 乃＊　　本 田 浩 司＊
Ikenaka, Kiyono　　Honda, Koji

We have developed a plastic objective lens which is compatible with DVD infinite and CD finite conjugated systems and which does not require a dichroic filter. The diffractive surface structure is designed for optimized focus error signal and optimum temperature compensation. The difference in DVD and CD working distance is small, and higher light efficiency is attained in comparison with a conventional infinite DVD/CD compatible lens.

1 はじめに

DVD/CD互換用ピックアップ装置は各社で様々なタイプが開発されているが、その１つに「ダイクロ方式」がある。「ダイクロ方式」は、対物レンズに対し異なる波長の光がDVD側平行光、CD側発散光入射によりDVDとCDのディスク基板厚差に起因する球面収差を補正し、開口制限素子により開口数の違いを調整する。[1)] 開口制限素子はレンズより光源側にダイクロイックフィルタを置くものや、対物レンズにダイクロイックコートして対物レンズに一体化する方法等があるが、そのために組み立て工程またはコート工程が複雑となる。そこで私達は開口制限素子を必要としない回折型のプラスチック対物レンズ（周辺輪帯回折レンズ）を開発し、ピックアップ装置のコスト及びスペース削減を実現した。

Fig.1 Geometry of objective lens toward axis

2 周辺輪帯回折レンズの設計

Fig. 1に示すように、周辺輪帯回折レンズは、大別して、DVD、CD共にスポットに寄与する光が通過するDVD/CD共用領域と、その周辺に位置し、DVDのスポットにのみ寄与する光が通過するDVD専用領域がある。

⑴ DVD/CD共用領域

DVDで無限光入射において無収差の屈折面は、CDでは、主に基板厚の違いからオーバーな球面収差を生じる。しかし、CD側を発散光入射にするとCD側でも無収差にすることができる。

⑵ DVD専用領域

この領域は輪帯状回折構造を有し、波長差を利用してDVD側では集光させ、CD側では集光スポットに寄与しないフレアとする。フレアは以下の観点から最適化し、密度の薄いアンダーフレアに決定した。

① センサーに対するフレア配置

「ダイクロ方式」のピックアップ装置では、DVDとCDとで異なるセンサーが使用される。一例として、CD側でトラッキング方法に3ビーム法、フォーカス方法に非点収差法を用いる場合、センサーはメインセンサーとサブセンサーから成る。S字特性のピークレベルを開口制限素子を用いた場合と同じにするためには、フレアがメインセンサーに入らないようなフレアの内径にすることが望ましい。しかし大きくデフォーカスした場合には、フレアはメインセンサーに入り込む。フレアが集光するようなデフォーカス位置が存在すると、その位置で擬似S字信号が生じる。特に、対物レンズが光ディスクから離れるFar方向に信号が生じると、対物レンズのアクチュエータの誤動作原因になる恐れがある。よって、フレアは密度が薄く、アンダー方向に生じるのが適している。またそのようなフレアであれば、サブセンサーに入り込んでもその光量が小さく、トラッキングエラー信号においてもフレアの影響を少なくすることが可能である。（**Fig. 2**）

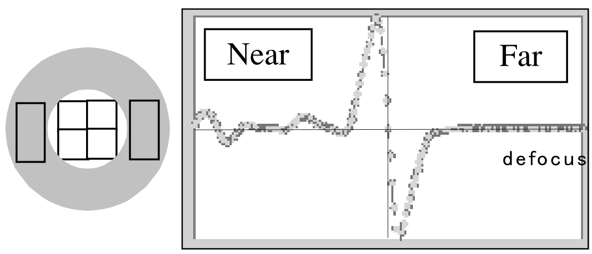

Fig.2 Flare light on the senser and focus error signal of CD

＊OPT & EMカンパニー オプト事業部 OC事業ユニット

② 温度特性

フレアのディスク上の分布は回折効果と屈折効果の両方で決まる為、フレアと集光スポットの特性とは密接な関係がある。ピックアップ装置が常に安定して情報の記録再生を行う為には、実使用環境を想定し集光スポットの性能を満たす必要がある。その重要な特性の１つが温度特性である。環境温度が上昇するとレーザーの発振波長が伸び、レンズの屈折率が変化する。特にプラスチックは温度変化に対する屈折率の変化が大きく、そのため屈折効果ではオーバー側に球面収差が生じる。CD側アンダーフレアは、DVD専用領域の回折効果が長波長の変化に対しアンダー側に球面収差を生じさせる。結果、**Fig. 3**に示すように、温度変化時のDVD専用領域の球面収差は、屈折効果と回折効果で補正されている。

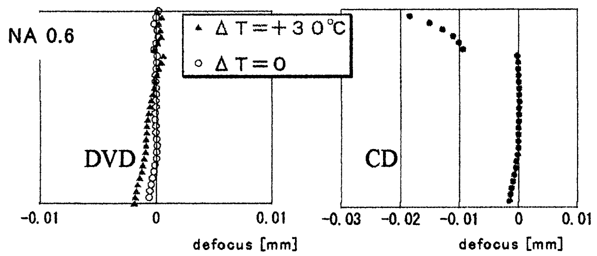

Fig.3 Longitudinal spherical aberration for DVD and CD

Table1 Specifications of lens 1 and lens 2

ＤＶＤ／ＣＤ	Lens 1	Lens 2
Source Wavelength[nm]	655/785	655/785
Numerical Aperture	0.60/0.45	0.60/0.46
Magnification for CD	-1/16.4	-1/13.7
Focal Length [mm]	3.05/3.07	2.33/2.35
Working Distance [mm]	1.71/1.53	1.28/1.08
Disk Thickness [mm]	0.6/1.2	0.6/1.2
Temperature Performance ⊿T＝＋30℃	$\delta\lambda/\delta T$[nm/℃]＝0.2 0.018λrms	0.009λrms

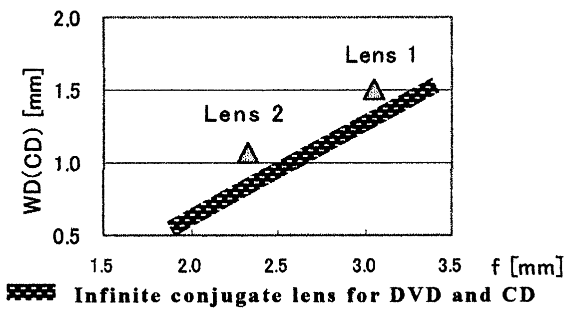

Fig.4 Change of WD by focal length at CD

3 ピックアップ装置としての特徴

⑴ WD（作動距離：対物レンズ、ディスク間距離）

このピックアップ装置の特徴として、CD側は発散光入射のため、WDが長いことが挙げられる。(**Fig. 4**) ノートパソコン等に用いる薄型ピックアップ装置は、対物レンズの焦点距離が短くWDも小さい。しかし、対物レンズと光ディスクとの接触回避のため可能な限りWDを確保したい。DVD、CD共に無限光入射の互換レンズ（以下、両無限互換レンズ）に比較すると、焦点距離に対するWDの比が大きく、薄型ピックアップ装置に適していると言える。

⑵ 高光利用効率

ここではレンズに入射する光に対して集光スポットに寄与する光の割合を光利用効率と定義する。周辺輪帯回折レンズは、両無限互換レンズに比べ光利用効率が高い。周辺輪帯回折レンズの共用領域は屈折面のため、回折効率はDVD、CD共に100%、また、専用領域はDVD波長の光が100%である。一方、両無限互換レンズは、共用領域の回折効率の理想値はDVDとCDに等分して97%であるが、小型化に伴い共用領域の回折輪帯の加工が困難となり、回折効率はそれから更に下がることになる。

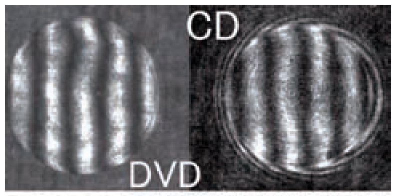

Fig.5 Interferogram of lens 2

4 試作

Table 1に試作した周辺輪帯回折レンズ(Lens1、Lens2)の仕様と温度特性シミュレーション結果を、**Fig. 5**にLens 2の干渉縞写真を示す。DVD専用領域の光がCD側でフレアになっている。

5 まとめ

「ダイクロ方式」のピックアップ装置において、開口制限素子を必要としない対物レンズを設計・試作した。対物レンズは、温度特性、フォーカシング方法、トラッキング方法の観点から最適化した。ピックアップ装置はDVDとCDとで個別のセンサーが必要であるが、WD、光利用効率の点から記録機能を備えたノートパソコン用途への応用が期待される。

●参考文献

1）笠澄研一、山本博昭、緒方大輔、西野清治、水野定夫、小林重政、"LD－PDユニットを用いたDVD用２波長光ヘッド"、第44回応用物理学関係連合講演会予稿集、30p－NF－２（1997）

※ 第27回光学シンポジウム講演予稿集より転載