

# 青紫 LD、NA0.85 ピックアップ用の新しい光学系

New Optical System for Blue Optical Pick-up at NA0.85

森 伸 芳\* 木 村 徹\*  
Mori, Nobuyoshi Kimura, Tohru

We have designed and fabricated a two-element plastic aspherical objective lens for blue optical pick-up at NA0.85, with WD of 0.24 mm. And we propose spherical aberration correctors made of plastic. They can also compensate the chromatic aberration of the objective lens caused by wavelength shift of LD, including diffractive surfaces.

## 1 はじめに

DVD に続く大容量光ディスクシステムとして、青紫色レーザーと NA0.85 の対物レンズを用いる光ピックアップが各社から提案された。<sup>1) 2)</sup> これらのシステムでは基板厚 0.1mm の光ディスクを使用し、基板厚変動で発生する球面収差を補正する機能を備えている。容量は片面で 20GB 以上が可能であり、次世代の光ディスクシステムの一つと期待されている。

我々はこれらのシステムのための作動距離が長いプラスチック対物レンズの検討を行い、球面収差補正光学系もプラスチックレンズのみで構成することを試みたのでここに報告する。

## 2 レンズ設計

### 2.1 対物レンズ

対物レンズの形状を Fig. 1 に示す。非球面プラスチックレンズ 2 枚構成である。入射瞳  $\phi 3$  に対し、作動距離は 0.24mm と長くした。

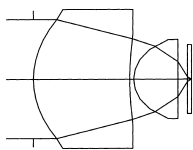


Fig. 1 Two-element plastic aspherical objective

Table 1 Specifications of objective

Source Wavelength	405nm
Focal Length	1.76mm
Numerical Aperture	0.85
Entrance Pupil Diameter	$\phi 3$
Working Distance	0.24mm
Cover Glass	0.1mm(n=1.62)

\*OPT カンパニー 光学開発センター

対物レンズの仕様を Table 1 に示す。また基準波長におけるレンズの像高特性の設計値を Fig. 2 に示す。

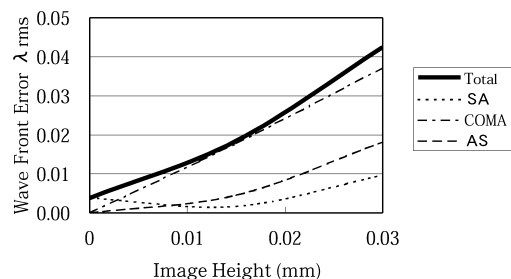


Fig. 2 Image height performance

光源の短波長化に伴って微小な波長変動による屈折率変化は大きくなり、色収差の影響は無視できなくなる。

特に瞬間的に発生し、フォーカサーボがかからないモードホップでは軸上色収差によるデフォーカス成分で波面収差が劣化する。使用したレンズ材料のアッベ数  $v_d$  は 56 で低分散ガラスに比べやや分散が大きく、波長が 1 nm 変動すると軸上色収差は  $0.28 \mu\text{m}$  発生し、波面収差は  $0.087 \lambda \text{ rms}$  となる。

温度変化の影響は 30 度温度変化した状態でもフォーカシング後は、軸上で  $0.017 \lambda \text{ rms}$  に留まる。球面収差補正光学系を用いれば、さらに補正することができる。

### 2.2 補正光学系の設計

我々は、球面収差の補正光学系をプラスチックレンズのみで構成し、対物レンズの色収差を補正する機能を持たせた。Fig. 3 はビームエキスパンダー型の補正光学系をプラ化した例で、コリメータを省略して描いた。非球面を用いた負レンズと両面に正の回折パワーを持たせた正レンズからビームエキスパンダーを構成し、基板厚誤差などによる球面収差はどちらかのレンズを移動させることで補正される。レンズ材料は短波長での透過率が最良となる材料を選択し、対物レンズを含めた色収差は回折面により補正される。エキスパンダーの倍率は

1.25倍で基準状態でのレンズ間隔は、補正のための移動量とレンズの偏芯感度を考慮して2.0mmとしている。Fig. 4はコリメータ可動型の補正光学系の設計例で、プラコリメータの両面に回折面を設け対物レンズを含めて色収差を補正している。コリメータの焦点距離は18.75mmである。

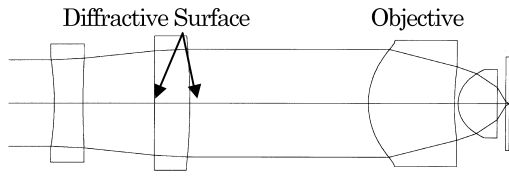


Fig. 3 Objective with adjustable beam expander

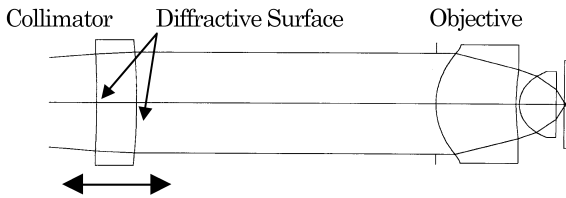


Fig. 4 Objective with adjustable collimator

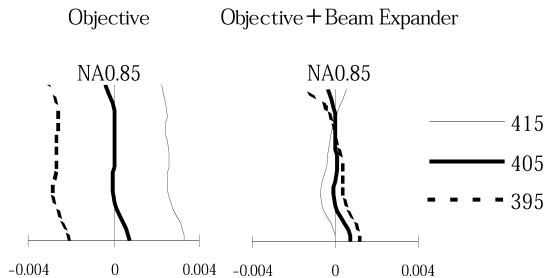


Fig. 5 Axial chromatic aberration

Fig. 5に±10nmの波長差に対する色収差を対物レンズ単体と、Fig. 3の補正光学系と対物レンズを組合せた場合について比較する。近軸の軸上色収差を補正過剰とし色の球面収差を残すようにすることで各波長のベストフォーカス位置の差を小さく、かつ回折面の最小輪帯ピッチが小さくなり過ぎないようにすることができる。輪帯ピッチが小さいとブレードの加工誤差やシェーディングによる回折効率の低下が懸念される。Fig. 3, Fig. 4の設計例ではレンズ有効径内での最小輪帯ピッチは1次回折を用いる場合で13μm程度である。

これらの光学系では回折面をどの面に配置してもほぼ同様に色収差を補正できるが、マージナル光線高が大きい面を選ぶと最小輪帯ピッチを大きくすることができ、また屈折による光線の傾角が小さい面を選ぶとシェーディ

ングによる回折効率の低下を軽減できる。

Fig. 3の光学系における球面収差の補正結果をTable 2に示す。波長変化10nmでは対物レンズによるフォーカシングを考慮しており、モードホップではフォーカシングしないと仮定した。

Table 2 Result of correction with beam expander

Fluctuations	Objective	Obj.+Beam expander
Cover Glass +20μm [Movement*]	0.192λ	0.012λ [0.65mm]
Wavelength +10nm [Movement*]	0.008λ	0.005λ [0.2mm]
Mode hopping +1nm	0.087λ	0.004λ
Temperature +30deg [Movement*]	0.017λ	0.013λ [0.03mm]

\*: Movement of adjustable lens for correcting

### 3 試作結果

対物レンズの試作を行い干渉計で波面収差を評価した。透過波面の干渉縞写真をFig. 6に示す。

λ=405nm	R M S
T O T A L	0.034λ
S A	0.002λ
C O M A	0.015λ
A S	0.029λ

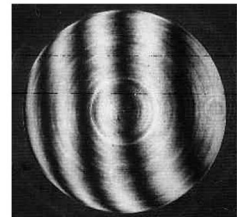


Fig. 6 Interferogram and wave front error of objective

### 4 まとめ

プラスチックレンズ2枚の構成でNA0.85の対物レンズを設計および試作評価し、HD-DVDにおけるプラスチックレンズの可能性を確認した。またプラスチックレンズに回折面を用いた補正光学系を設計し、短波長領域でも波長特性が優れた次世代光ピックアップ用の光学系を提案した。

#### ●参考文献

- 1) Kiyoshi Osato et al.: Conference Digest of ODS2000, Canada, 15-17 (2000)
- 2) Benno H. W. Hendriks et al.: Proc. of ODF2000, Tokyo, Japan, 317-319 (2000)

※第26回光学シンポジウム(2001.6.22~23)講演予稿集より転載