

## 波長選択フィルターを用いた基板厚 0.6 mm/1.2 mm 光ディスク兼用 2 波長光ヘッド

片山 龍一

デジタルバーサタイルディスク (DVD) 等の基板厚 0.6 mm のディスクを用いた高密度光ディスクシステムにおいては、コンパクトディスク (CD) 等の基板厚 1.2 mm のディスクを用いた従来の光ディスクシステムとの互換性が強く求められる。基板厚 0.6 mm のディスクと基板厚 1.2 mm のディスクを同一の光ヘッドで再生する場合、基板厚の違いに伴う球面収差を補正する必要がある。このため、2 焦点レンズ方式<sup>1)</sup>、2 レンズ方式<sup>2)</sup>、開口制限方式<sup>3)</sup>、特殊レンズ方式<sup>4)</sup>、2 波長方式<sup>5)</sup> 等の各種の光ヘッドが提案されている。2 波長方式は、波長 780 nm の光を用いるため、波長 650 nm の光では反射率が低く再生が不可能な追記型コンパクトディスク (CD-R) の再生も可能であるという特徴を有する。

2 波長方式の光ヘッドとしては、2 つの波長に対して回折効率の異なるホログラム光学素子 (HOE) を用いて球面収差の補正と開口数 (NA) の制御を行う方式、2 つの波長に対して対物レンズを異なる倍率で用いて球面収差の補正を行い、径の異なる開口を用いて NA の制御を行う方式等が報告されている<sup>5)</sup>。前者では広い像高特性が得られるが、波長 780 nm の光に対しては HOE の回折効率が 100% に達しないため光利用率がやや劣る。後者では高い光利用率が得られるが、波長 780 nm の光に対しては対物レンズを有限光学系で用いるため、対物レンズが移動すると収差を生じ像高特性がやや劣る。

本稿では、これらの長所を組み合わせた、新規な波長選択フィルターを用いた 2 波長方式の光ヘッドについて述べる。この光ヘッドは、光利用率および像高特性にすぐれているため、再生専用型の光ディスクのみならず書き換え可能型の光ディスクへの応用にも適している。

### 1. 光ヘッドの設計

図 1 に光ヘッドの構成を示す。波長 650 nm、780 nm の光をそれぞれ基板厚 0.6 mm、1.2 mm のディスクに用い

る。2 つの波長の光の合成、分離は干渉フィルターにより行う。対物レンズは基板厚 0.6 mm 用に設計されており、対物レンズの手前には波長選択フィルターが設けられている。

図 2 に波長選択フィルターの構成を示す。波長選択フィルターは同心円状の位相フィルターパターンと干渉フィルターパターンから構成される。位相フィルターパターンは 4 レベルの階段状の断面形状を有する。位相フィルターパターンの屈折率を  $n$ 、隣接する各段の高さの差を  $h$ 、入射光の波長を  $\lambda$  とすると、隣接する各段の位相差は次式で与えられる。

$$\phi = 2\pi(n-1)h/\lambda \quad (1)$$

波長 650 nm の光に対しては透過光の位相分布を変化させないように  $\phi = 2\pi$  に設計する。このとき、波長 780 nm の

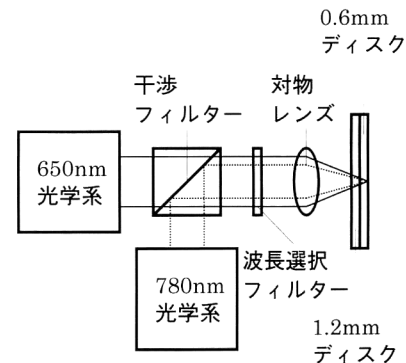


図1 光ヘッドの構成。

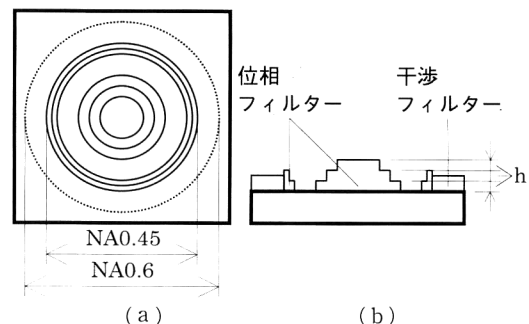


図2 波長選択フィルターの構成。(a) 平面図、(b) 断面図。

NEC 大容量光ファイル開発センター (〒216-8555 川崎市宮前区宮崎 4-1-1)  
E-mail: katayama@ortc.cl.nec.co.jp

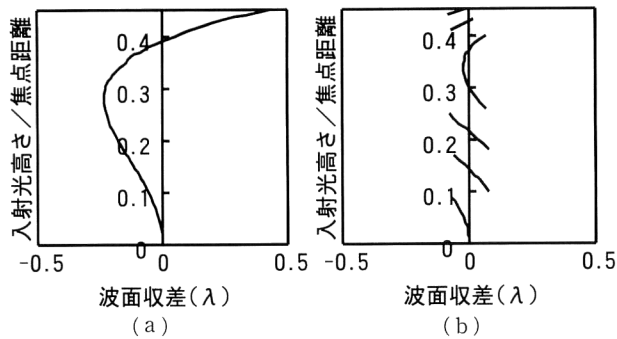


図3 入射光高さと波面収差の関係の計算結果。(a) 波長選択フィルターなし、(b) 波長選択フィルターあり。

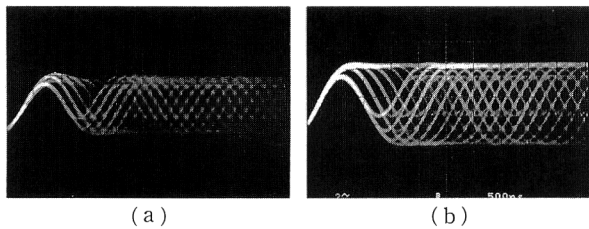


図4 再生信号のアイパターン。(a) 波長 650 nm, DVD, (b) 波長 780 nm, CD.

光に対しては  $\phi = 1.67\pi$  となり、透過光の位相分布は位相フィルターパターンに従って変化する。

一方、干渉フィルターパターンは波長 650 nm の光を透過させ、波長 780 nm の光を反射させる。位相フィルターパターンと干渉フィルターパターンは、対物レンズの有効径よりも小さい直径の円形領域の内側のみ、外側のみそれぞれ形成されている。この場合、波長 650 nm の光に対する NA は 0.6、波長 780 nm の光に対する NA は 0.45 となる。円形領域の内側と外側を通る波長 650 nm の光の位相差は、集光スポットへの超解像効果やアポダイゼーション効果を避けるためにゼロに設計されている。

位相フィルターパターンは以下のようにして設計される。対物レンズへの入射光の光軸からの高さを  $r$ 、対物レンズの焦点距離を  $f$ 、像点移動量を  $\Delta z$ 、縦の球面収差を  $\Delta S(r)$ 、位相フィルターパターンのレベルを  $L(r)$  とすると、波長 780 nm の光に対する最良像点における波面収差  $W(r)$  は次式で与えられる。

$$W(r) = \int_{r' < r} \Delta S(r') r' dr' / f^2 - r^2 \Delta z / 2 f^2 + (\phi - 2\pi) \{L(r) - 3\} \lambda / 2\pi \quad (2)$$

このとき、RMS (root mean square) 波面収差  $W_{\text{RMS}}$  は次式で与えられる。

$$W_{\text{RMS}} = \left\{ \int_{r < \text{NA}f} W(r)^2 r dr / \int_{r < \text{NA}f} r dr \right\}^{1/2} \quad (3)$$

$W_{\text{RMS}}$  が最小になるように  $L(r)$ 、 $\Delta z$  を定めた。位相フィルターパターンのレベル数は、2枚のフォトマスクを用いて形成できるという作製の容易性を考慮して4とした。図3に波長 780 nm の光に対する入射光の高さ(対物レンズの焦点距離で規格化)と最良像点における波面収差の関係の計算結果を示す。RMS 波面収差は波長選択フィルターを用いない場合は  $0.19\lambda$  であるが、波長選択フィルターを用いた場合は  $0.04\lambda$  に低減される。

この構成によれば、波長選択フィルターにおいて光量の損失を生じないため、高い光利用率が得られる。また、波長選択フィルターと対物レンズをアクチュエーターにより一体で駆動した場合、対物レンズが移動しても収差を生じないため、広い像高特性が得られる。

## 2. 実験結果

波長選択フィルターにおける位相フィルターパターン、干渉フィルターパターンはそれぞれ2枚、1枚のフォトマスクを用いて作製される。各フォトマスク上のパターンは密着露光法によりガラス基板上のフォトリソに転写され、このフォトリソを用いて  $\text{SiO}_2$  膜または多層膜が真空蒸着とリフトオフにより堆積される。

波長 650 nm、780 nm の光に対する集光スポット径の実測値 ( $1/e^2$  全幅) は、それぞれ  $0.90 \mu\text{m} \times 0.99 \mu\text{m}$ 、 $1.41 \mu\text{m} \times 1.50 \mu\text{m}$  といずれも回折限界であった。

波長 650 nm の光に対しては基板厚 0.6 mm の DVD、波長 780 nm の光に対しては基板厚 1.2 mm の CD を用いて再生実験を行った。図4に再生信号のアイパターンを示す。DVD、CD における 3 T 信号のジッターとして、それぞれ検出窓の 9.3%、7.9% と実用上十分な値が得られ、本光ヘッドの基本性能を実証した。

## 文 献

- 1) Y. Komma, *et al.*: "Dual focus optical head with a hologram-integrated lens," *Jpn. J. Appl. Phys.*, **36** (1997) 474-480.
- 2) N. Takahashi, *et al.*: "Digital video disk/compact disk (DVD/CD)-compatible pickup head with dual lens rotating actuator," *Jpn. J. Appl. Phys.*, **36** (1997) 467-473.
- 3) Y. Tsuchiya, *et al.*: "Digital video disc/compact disc compatible pick-up with liquid crystal shutter," *Jpn. J. Appl. Phys.*, **36** (1997) 481-485.
- 4) C. W. Lee, *et al.*: "A compact-disc-compatible digital versatile disc pickup using annular mask," *Jpn. J. Appl. Phys.*, **36** (1997) 486-490.
- 5) R. Katayama, *et al.*: "Dual wavelength optical head for 0.6 mm and 1.2 mm substrate thicknesses," *Jpn. J. Appl. Phys.*, **36** (1997) 460-466.

(1998年10月13日受理)