

## ■ 光学工房

## ホログラフィックメモリー用対物レンズ

今回は、次世代光メモリーのひとつと目されるシステムで使用される対物レンズについてご紹介します。2011年の地上波デジタル放送への完全移行に向けて、データの記録や保管用途として信頼性の確保やさらなる大容量化・転送速度の高速化が要望されています。大容量化ニーズに応える現行DVD/CD技術トレンドでのキーワードには、光源の短波長化、対物レンズの高NA化、メディアの多層化等があります。これらについては青色レーザー（波長405 nm）や、NA 0.85対物レンズ、2層ディスクといった技術が実用化されはじめています。市場ではブルーレーザーを用いた光ディスクとしてBlu-ray discが世に出されており、膨大な情報を扱うことが当たり前となりつつあるようです。大容量化の波は今後も続くと考えられ、現行の技術トレンドを打破しさらなる大容量化を目指した、さらに次世代の技術が研究開発されています。それらの技術の中で、ホログラフィックメモリーに使用される対物レンズをご紹介します。

ホログラフィックメモリーは、二次元のページデータを記録媒体にホログラム画像として記録し、再生する、三次元メモリーです。その記録・再生の原理をFig. 1に示します。

情報の記録は二次元のページデータを物体光として記録媒体に照射して行います。ページデータは一般に液晶やdigital micromirror device (DMD)等の空間光変調器 (SLM)によって作成される二次元イメージです。この二次元イメージにより変調された光を（多くの場合）レンズによって記録媒体上に集光させます。ホログラム記録を行うにはこの物体光からの光（物体光）と同時に参照光が必要となり、2つの光束を記録媒体中で干渉させ、できた干渉縞の明暗をホログラムとして記録します (Fig. 1 (a) 参照)。一方、情報の再生はFig. 1 (b)に示すように、Fig. 1 (a)の方法で記録されたデータに記録のときと同じ系を用いて参照光のみを照射することによって行います。ホログラムによって回折された参照光がレンズを介して元の二次元ページデータ画像として結像し、再生されます。

次に、対物レンズへの要求事項について説明します。ホログラフィックメモリーの二次元ページデータの表示には一般的にSLMが用いられることが多く、SLMにレーザー光が平面波として入射すると、光はSLMの各画素で回折されます。SLMの矩形像をできるだけ正確に再現するには高次の回折光が必要ということになります。高次回折光のNAまで収差補正すると、対物レンズの構成枚数が増えてしまうという問題が発生します。これらのことから構成枚数を重視して、 $\pm 2$ 次以上の高次回折光は考慮せず、0次、 $\pm 1$ 次光のみが結像に寄与する仕様で対物レンズの設計を行うこともあるようです。CDやDVDに代表される従来の光ディスク用の対物レンズは情報記録面上に微小スポットを形成するために、球面収差と正弦条件を補正した設計となっています。しかし、ホログラフィックメモリー用の対物レンズは二次元ページデータをホログラム記録媒体中に記録し、再生された光をCCDやCMOS等の二次元光検出器上の1つの像面に結像しなくてはなりません。そのため、像面性も含めた収差の補正が必要となり、従来の光ディスク用対物

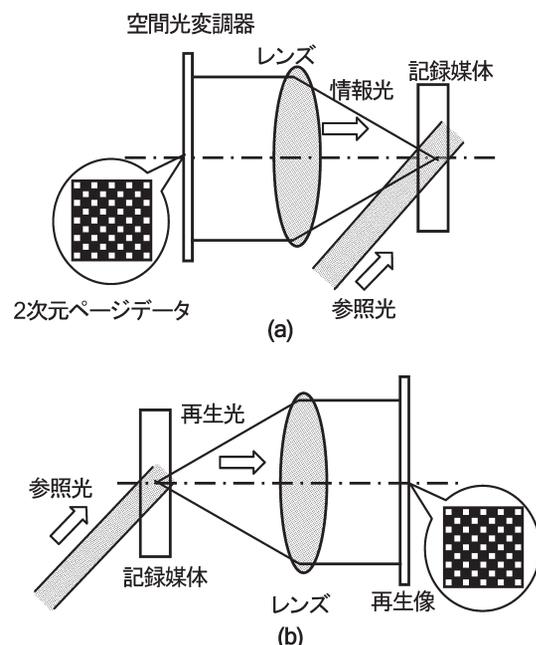


Fig. 1 ホログラフィックメモリーの原理。(a) 記録、(b) 再生。

Table 1 コリニア方式の対物レンズの仕様.

レンズ構成	3群3枚	
レンズ重量	1.8 g	
物体側テレセントリック使用時	波長	532 nm
	物体高	±2.5 mm
	物体側 NA (SLM による回折)	0.035
	焦点距離	5 mm
物体距離 $\infty$ での単体使用時	NA	0.5
サーボ用波長での単体使用時	NA	0.49
	波長	655 nm
	焦点距離	5.08 mm

レンズよりも、ステッパレンズやカメラレンズといった二次元画像を二次元の像面に投影する光学系に近い構成となります。また記録と再生を考慮して光学系を展開して対物レンズをタンデムに配置すると、レンズの像面湾曲はそれぞれのレンズがもつ像面湾曲の足し合わせとなります。通常の像面は平面である全像高で像面湾曲を補正する必要があります。さらに、像面湾曲に加え歪曲収差も補正する必要があります。SLM の画素位置とセンサー上の結像位置は1対1の関係にありますので、光学系に歪曲収差があると、本来結像すべき位置に別の画素で回折された光が結像して、それがエラーとなってしまいます。このようなエラーをなくすため、ホログラフィックメモリー用対物レンズの歪曲収差は小さくしなければならず、製造において特に厳しい精度が求められます。ただし、対物レンズをタンデムに配置した場合は、設計上の歪曲収差をレンズ同士でほとんど打ち消すことができます。

最後に、コニカミノルタオプトが設計、試作を行ったコリニア方式<sup>2-4)</sup>のホログラフィックメモリーに用いる対物レンズを紹介します。コリニア方式は参照光と物体光が同軸状に配置していることと反射型としていることが特徴で、1つの対物レンズで記録と再生を行うことができるので、システムの簡素・小型化が達成できるといわれています。

また、フォーカシング/トラッキングサーボは同じ対物レンズを用いて、異なる波長の光をディスク表面からの深さが異なるサーボ用ピット上に集光す

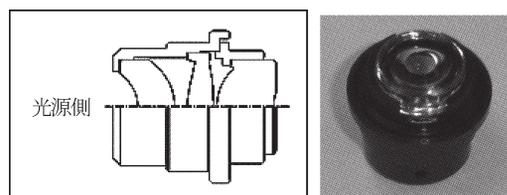


Fig. 2 対物レンズの構成図と外観図.

ることを行い、対物レンズの共役長を変えることで対応が可能です。Table 1 に対物レンズの設計仕様を示します。試作した対物レンズの構成図と外観図を Fig. 2 に示します。対物レンズを設計するにあたってレンズの製造コスト、アクチュエーターへの搭載を考慮した軽量化を意識して、レンズ構成枚数の削減、レンズのプラスチック化に重きを置きました。目標の設計特性とするために3枚構成にする必要があり、できるだけプラスチック化を考え光源側から順に第1レンズにガラス、第2第3レンズにプラスチックを採用しました。今回試作したコリニア方式のホログラフィックメモリー用対物レンズは、一次試作として十分な結果が得られました。

以上、ホログラフィックメモリー用対物レンズについてご紹介しました。構成枚数が多ければ特性がよくなるのは当然ですが、レンズ仕様や許容レベルによって最適な枚数を選択することが重要だと思います。また、業界として対物レンズの規格を決める際には正弦条件違反量や、透過波面収差などの許容量を考慮することも重要だと思います。ホログラフィックメモリーおよび対物レンズは製品化に向けてクリアすべき課題がまだまだ多いようですが、今後も各課題をクリアしながら発展することを期待しています。(コニカミノルタオプト 野口一能)

## 文 献

- 1) 志村 努監修：ホログラフィックメモリーのシステムと材料 (シーエムシー出版, 2006).
- 2) H. Horimai and X. Tan: Opt. Rev., **12** (2005) 90-92.
- 3) 堀米秀嘉, 譚 小地, 北崎信幸, 金子 和, 李 駿: 日経エレクトロニクス, 2005.1.17号 (2005) 105-114.
- 4) H. Horimai, X. Tan and J. Li: Appl. Opt., **44** (2005) 2575-2579.