

# 研究

## 橿円偏光検出方式を用いた光磁気信号の位相差補正法

松林宣秀

オリンパス光学工業(株) OM 事業プロジェクト 〒192 八王子市石川町 2951

(1989年10月28日受理)

### Compensation Method of Phase Difference for Magneto-Optical Readout System

Nobuhide MATSUBAYASHI

Optical Memory Division, Olympus Optical Co. Ltd.,  
2951, Ishikawa-cho, Hachioji 192

It is well known that phase difference in readout light caused by magneto-optical disk or optical elements has an unfavorable influence on readout signal. When phase difference exists, Kerr rotation angle practically decreases because linear polarized light becomes elliptically polarized light. So, in conventional readout method, carrier level of readout signal decreases and carrier to noise ratio degrades. This paper presents a new method for magneto-optical readout system. Using this method, carrier to noise ratio does not degrade whether phase difference exists or does not exist, because it is possible to compensate phase difference.

### 1. はじめに

光磁気信号検出において、ディスクや再生光学系によって再生光の二つの直交する直線偏光間に位相差が生じた場合、カーブ回転を受けた直線偏光が橿円偏光になるとにより実質的にカーブ回転角が減少し、再生信号に悪影響を及ぼす。ディスクによって生じる位相差は一般的にカーブ円やプラスチック基板の複屈折によるものと考えられる<sup>1,2)</sup>。また、光学系によるものとしてはビームスプリッタ(BS)やミラーでの反射等によってP, S偏光間に生じるものと考えられる。したがって、これらの光学部品は反射率のほかに位相差に対しても厳密な管理が必要とされている。再生信号の品質にはこれらの位相差のトータルが寄与するが、従来は位相差の補正や測定を行うにはバビネ-ソレイユ(Babinet-Soleil)の位相補償板等を用いた特殊な再生光学系が必要であった。

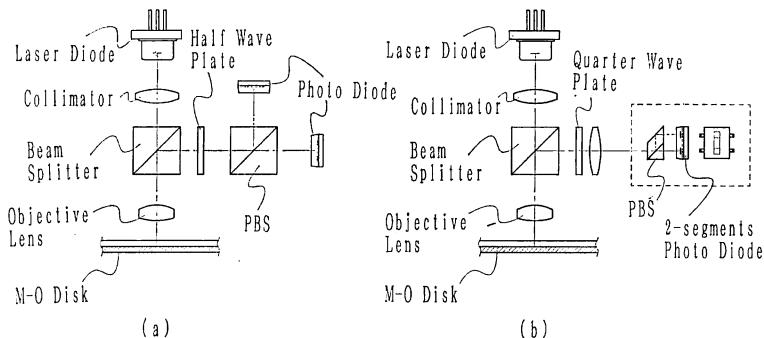
筆者らは、従来の差動方式を用いた光磁気信号検出とは違い、位相差の補正が容易に行える橿円偏光検出方式を提案したが<sup>3)</sup>、本稿では詳細な原理説明、さらにシミュレーション、実験結果についても報告する。

### 2. 原理

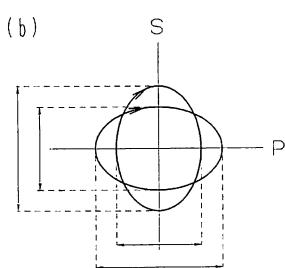
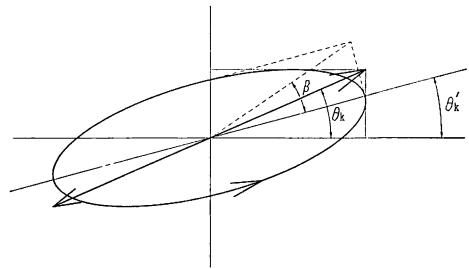
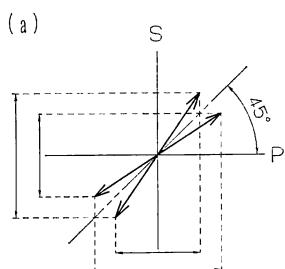
**Fig. 1(a)**に従来方式、(b)に橿円偏光方式を用いた光学系の概念図を示す。従来方式では、入射直線偏光に対し検光子である偏光ビームスプリッタ(PBS)の方位が45°になるようにλ/2板等を用いて偏光面を回転させてPBSに入射させ、二つの光検出器(PD)により透過光と反射光による差動検出を行う[**Fig. 2(a)**]。それに対し橿円偏光方式では、検光子に入射する直前に方位45°のλ/4板を設置する。入射直線偏光から±θ<sub>k</sub>カーブ回転したディスクからの反射光は、このλ/4板により**Fig. 2(b)**に示すように、長軸の方位が直交する二つの橿円偏光となる。PBSのP軸およびS軸を橿円の長軸および短軸に合わせることにより、従来と同様に差動検出が可能となる。

次に、ディスクあるいは再生光学系によって位相差が生じた場合について考える。位相差をδとするときδに応じて橿円化が生じ、θ<sub>k</sub>は**Fig. 3**および次式に示すようにθ<sub>k'</sub>となり実質的にカーブ回転角は減少する。

$$\begin{aligned}\tan(2\theta_{k'}) &= \tan(2\theta_k) \cos(\delta) \\ \sin(2\beta) &= \sin(2\theta_k) \sin(\delta)\end{aligned}\quad (1)$$



**Fig. 1** Block diagram of optical head for magneto-optical disk; (a) is the conventional method, and (b) is the new method by detecting elliptically polarized light. The dashed line indicate the part which is constructed to be able to rotate around the optical axis.



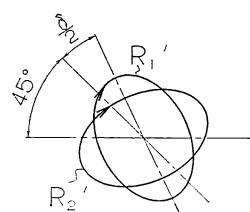
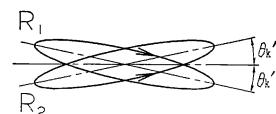
**Fig. 3** Elliptically polarized light caused by phase difference.

**Fig. 2** Detection system for magneto-optical readout signal; (a) is the conventional method and (b) is the new method.

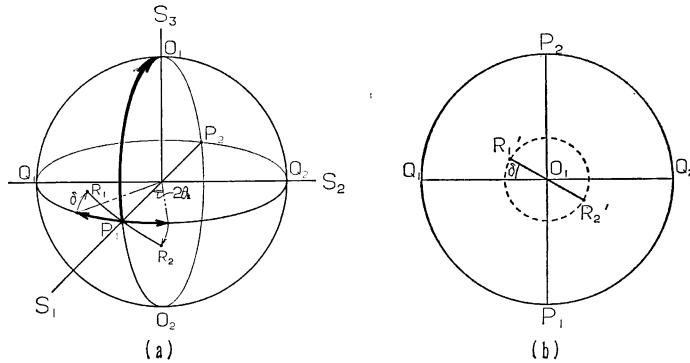
$\beta$ : 楕円率角

ここで  $\lambda/4$  板の作用について考える。椭円化を伴って  $\pm\theta_k'$  回転した光は、 $\lambda/4$  板によって Fig. 4 に示すように、位相差  $\delta$  に応じて方位が  $45^\circ$  からさらに  $\delta/2$  だけ回転した二つの椭円偏光となる。これはポアンカレ球 (Fig. 5) によって以下のように説明される。水平方向の直線偏光で入射した光は球の赤道上の  $S_1$  軸と交差する点  $P_1$  に対応し、ディスク反射光はカーポジションにより点  $R_1$ ,  $R_2$  に移動する。つまり、点  $P_1$  を中心に経度  $\pm 2\theta_k$  (方位  $\pm\theta_k$ ) だけ離れ、さらに  $S_1$  軸を回転中心に位相差分  $\delta$  だけ回転した 2 点となる (実際は BS 等の光学部品による変化も加わる)。次に方位  $45^\circ$  に設定された  $\lambda/4$  板を通

$P_1 \leftarrow \rightarrow$



**Fig. 4** Polarization of the beam in optical system;  $P_1$  shows the polarization of the incident beam on the disk,  $R_1$  and  $R_2$  correspond to the reflected beam (reflected from the beam splitter),  $R_1'$  and  $R_2'$  correspond to the beam passed through the quarter wave plate.



**Fig. 5** State of polarization represented by Poincaré sphere. (a) Poincaré sphere, (b) view from the direction of \$S\_3\$.

ことにより、\$R\_1\$, \$R\_2\$ は \$S\_2\$ 軸を回転中心に \$90^\circ\$ 緯度が回転される。その結果 Fig. 5(b) に示すように、北極点 \$O\_1\$ を中心に等距離で経度が \$\delta\$ 回転した 2 点 \$R\_1'\$, \$R\_2'\$ に移る。\$R\_1'\$, \$R\_2'\$ は図から読み取れるように長軸の方位が互いに直交し、その方位が水平方向に対し \$45^\circ\$ から \$\delta/2\$ だけ回転した橿円偏光である。したがって Fig. 1 (b) に示すように、光軸を中心回転できる PBS と 2 分割 PD を用い、橿円の長軸と短軸の方位に PBS の P 軸と S 軸を合わせることによりつねに一定の大きさの信号検出が可能となる。

### 3. シミュレーション

ジョーンズベクトルを用いてシミュレーションにより確認する。\$E = (E\_x, E\_y)\$ を PD に入射する光とすると、従来方式では

$$\begin{bmatrix} E_x \\ E_y \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & \pm 1 \\ \pm 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_p \exp(i\delta_1) & 0 \\ 0 & r_s \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} r \cos(\theta_k) \exp(i\delta_2) & \mp r \sin(\theta_k) \\ \pm r \sin(\theta_k) & r \cos(\theta_k) \exp(i\delta_2) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

\$r\_p\$: BS P 偏光振幅反射率, \$r\_s\$: BS S 偏光振幅反射率, \$\delta\_1\$: BS による位相差, \$r\$: ディスク振幅反射率, \$\theta\_k\$: カー回転角, \$\delta\_2\$: ディスクによる位相差

ただし、右から順に入射直線偏光、ディスク、ビームスプリッタ (BS), PBS (\$45^\circ\$ に設定、符号は透過と反射に対応) を掛け合わせた。

光量は \$I = E \cdot E^\*\$ で表され、差動検出によりショットノイズリミットの再生が行われているとすると、ノイズは \$\sqrt{I}\$ に比例し、再生 \$C/N\$ は

$$C/N \propto \sqrt{R} \sqrt{R_s} \sin(2\theta_k) \cos(\delta_1 + \delta_2) \quad (3)$$

(\$R = r^2\$, \$R\_s = r\_s^2\$: エネルギー反射率)

となる。したがってディスクと光学系による位相差は等価に作用し、トータルの位相差 \$\delta (= \delta\_1 + \delta\_2)\$ によって \$\cos \delta\$ だけ \$C/N\$ が劣化することがわかる。

これに対し橿円偏光方式では

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} E_x \\ E_y \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \sin^2(\alpha) & \pm \sin(\alpha) \cos(\alpha) \\ \pm \sin(\alpha) \cos(\alpha) & \cos^2(\alpha) \end{bmatrix} \\ &\times \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & i \\ i & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_p \exp(i\delta_1) & 0 \\ 0 & r_s \end{bmatrix} \\ &\times \begin{bmatrix} r \cos(\theta_k) \exp(i\delta_2) & \mp r \sin(\theta_k) \\ \pm r \sin(\theta_k) & r \cos(\theta_k) \exp(i\delta_2) \end{bmatrix} \\ &\times \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

となる。ただし BS 反射後、\$\lambda/4\$ 板 (方位 \$45^\circ\$), PBS (方位 \$\alpha\$) を掛け合わせた。

この結果

$$C/N \propto \sqrt{R} \sqrt{R_s} \sin(2\theta_k) \sin(2\alpha - \delta_1 - \delta_2) \quad (5)$$

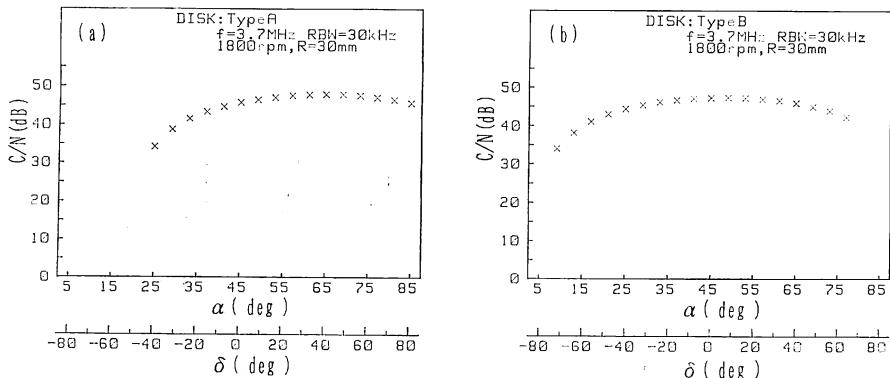
となる。したがって、\$\sin(2\alpha - \delta) = 1\$ つまり、

$$\alpha = 45^\circ + \delta/2 \quad (6)$$

となるように PBS の方位角を設定することにより、この再生系においては \$C/N\$ の劣化が生じないことがわかる。

### 4. 実験結果

**Fig. 6** は 2 種類のディスクにおける再生実験の結果を示す。横軸は PBS の回転角、つまり再生光学系によって補正される位相差に対応する。光学部品で発生する位相差は 0 に押さえているため、PBS の方位 \$45^\circ\$ が光学系で発生する位相差が実質上 0 の点となる。縦軸は再生 \$C/N\$ を表す。Type A および Type B はともにポリカーボネートを基板として用いているが、記録膜の組成や保護膜等の構成が異なるため発生する位相差が異なる。\$C/N\$ の最良となる PBS の方位角は Type A で



**Fig. 6** The result of readout experiment. Carrier to noise ratio vs.  $\alpha$  which represents the orientation of the axis of PBS. Phase difference  $\delta$  is related with  $\alpha$ , when  $\alpha=45^\circ$ ,  $\delta=0$  [ $\delta=(\alpha-45^\circ)\times 2$ ]. (a) Type A disk, (b) Type B disk.

は約  $65^\circ$ , Type B ではほぼ  $45^\circ$  である。したがって Type A では約  $40^\circ$  の位相差が生じ, Type B では位相差が生じていないことがわかる。また、従来の光学系では再生  $C/N$  は Type A では  $45$  dB, Type B では  $47$  dB であったが、本方式で最適角度に PBS を設定し、位相差を補正することにより両 Type ともに  $47$  dB 以上を得ることができた。

## 5. まとめ

以上述べてきたように、今回新たに考案した橜円偏光検出方式によりディスクや光学系によって発生する位相差を補正し、その影響を受けない再生が可能であることを理論計算、実験により確認した。

これにより、光学系によって発生する位相差を最終的に PBS の回転によって調整することができる。したがって、従来厳密な管理が必要だった光学部品の位相差特性を抑える必要がなくなり、設計の自由度が大幅に向上

した。

さらに、PBS の最適設定角を求めるこことによりバビネ-ソレイユの位相補償板等を用いなくても容易にディスク基板の複屈折やカーポネルにより発生する位相差の測定ができるようになった。

## 文 献

- 1) K. Egashira and T. Yamada: "Kerr-effect enhancement and improvement of readout characteristics in MnBi film memory," Appl. Phys., 45 (1974) 3643-3649.
- 2) 吉沢昭彦, 松林宣秀: "光磁気記録用ポリカーボネート基板の光学異方性と  $C/N$  に与える影響の解析", 電気学会マグネチックス研究会資料, MAG-86-92 (1986) pp. 27-37.
- 3) 松林宣秀, 古宮正章, 中野治, 宮崎靖浩, 穂坂洋一, 石川和正: "光磁気ディスクにおける橜円偏光検出方式", 第50回応用物理学会学術講演会講演予稿集, 30 a-PB-10 (1989).