

## DVD/CDピックアップ用 光集積デバイスの開発

Development of an optical integrated device for a DVD/CD pick-up

伊澤 正隆, 皆川 登, 橋本 和信, 富澤 功

Masataka Izawa, Noboru Minagawa, Kazunobu Hashimoto, Isao Tomisawa

**要 旨** DVD/CDピックアップの小型化・ローコスト化を実現するため、受光素子に光学部品の一部機能が追加された光集積デバイス(=光ICデバイス)を提案した。そして、光ICデバイスの設計手法と製作手法を確立し、DVD/CDピックアップ用の光ICデバイスを試作した。評価用ピックアップに実装して評価したところ、光ICデバイスからのサ - ボ信号を使い、信号再生することができた。

**Summary** We developed a new optical integrated device with optical functions on photo-diodes to realize a low-cost and small-size DVD/CD pick-up. We call the new device "optical IC device". We developed its design and fabrication methods, then we fabricated it for a DVD/CD pick-up. As a result of this experiment, the optical IC device successfully reproduced DVD and CD with a tracking error signal and focus error signal obtained.

**キーワード** : グレーティング 導波路 光集積 DVD/CDピックアップ 受光素子

### 1. まえがき

1996年に市場導入された当初、DVDは家庭用DVDプレーヤによるDVD-Videoが主流であったが、現在ではコンピュータ用外部メディアとしても普及している。そして家庭用、コンピュータ用ともに、記録可能DVDが普及し始めている。この間、コンピュータ用外部メディアとして記録可能なCD(CD-R/RW)が急速に普及し、不可欠となりつつある。したがって、市場ニーズから見たDVD用ピックアップの仕様は僅か数年で下の(a) (d)のように移り変わっている。

- (a) DVD再生 & CD再生
- (b) DVD再生 & CD-R/RW再生
- (c) DVD再生 & CD-R/RW記録
- (d) DVD-R/RW記録 & CD-R/RW記録

このように、ピックアップの仕様は市場ニーズに応じて変化してきたが、ピックアップには常にローコスト化と小型化が要求されてきた。この要求に対して、当研究所は「光モジュール」と「光ICデバイス」という2つの技術を開発した。この「光モジュール」は、2002年春に当社カーナビ製品に搭載されている。一方「光ICデバイス」は、光学部品の一部の機能を受光素子に追加する技術であり、

- (1)OEIC用半導体プロセスの延長で光学素子を作製できる。
- (2)受光素子と光学素子の位置調整が不要となる。

というメリットがある。このため「光ICデバイス」は、部品点数と調整工数を大幅に削減することが可能となる。

本稿では上述の(b)の再生用の光ICデバイスについて述べる。

## 2. 光ICデバイスとは

### 2.1 光ICデバイスの基本技術

光ICデバイスは、半導体プロセスを用いて受光素子上にグレーティングと導波路を作製したものである。導波路は、図1のように高屈折率の薄膜を低屈折率の薄膜で挟みこむことにより形成される。高屈折率の膜を導波層、低屈折率の膜をクラッド層と呼ぶ。

導波層の上に形成されたグレーティングに角度で平面波が入射するとき、レーザー波長・入射角・グレーティング周期・各層の屈折率などの間で一定の条件を満たせば、入射光の一部が導波光に変換される。このようなグレーティングは導波

光の励振や外部への取り出しのための入出力結合器として用いられている<sup>(1)</sup>。

### 2.2 光ICデバイスのピックアップへの応用

2.1章のグレーティングと導波路を受光素子上に作製した光ICデバイスをピックアップへ応用する。その際、グレーティングを曲線で設計することによりレンズの効果も併せもつことができる。

このレンズの効果は無調整で受光素子上に作製できることが光ICデバイスの特徴の1つである。光ICデバイスを用いたピックアップの構成を図2で示す。ただし、図2はレーザーからのディスク面までの往路は省略している。

ディスクからの反射光が受光素子上に作製されたグレーティング+導波路に入射すると、前述の通り透過光と導波光に分岐される。ここで、透過

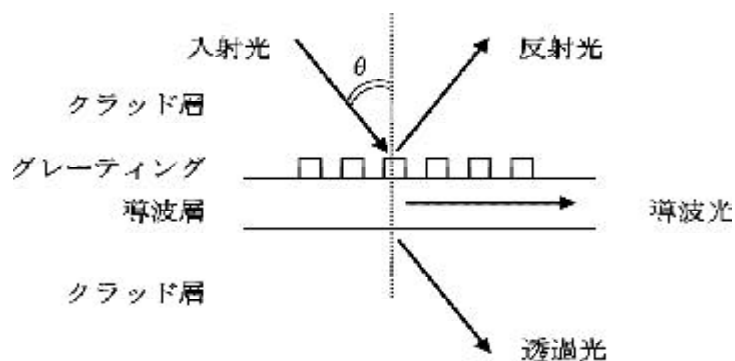


図1 グレーティング入力結合(断面図)

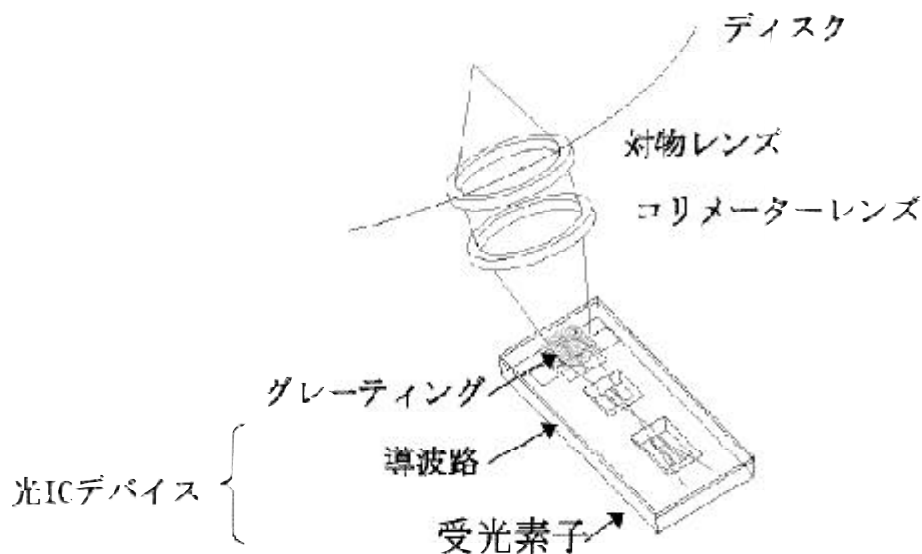


図2 光ICデバイスのピックアップへの応用

光をRF信号とTE(Tracking Error)信号に使用し、導波光をFE(Focusing Error)信号に使用する。一般的にはFE信号を作成するために光学部品が必要であるが、ここでは光ICデバイスにその効果が集積されている。

### 2.3 光ICデバイスの動作原理

本章では光ICデバイスをピックアップに応用した場合の基本構成や信号検出などについて述べる。

#### 2.3.1 基本構成

光ICデバイスの基本構成を説明するため、図3に上面図と断面図を示す。まず、受光素子にはRF信号とTE信号とFE信号を検出する受光部がある。おのこの、RF受光部はB1～B4、3ビームTE受光部はAとC、FE受光部はF1～F3、R1～R3である。この上に導波路を形成するため、クラッド層+導波層+クラッド層を積層する。ただし、F1～F3、R1～R3の真上に位置するクラッド層を薄くし、導波光が受光部で検出できるようにする。また、B1～B4の真上に位置する導波層上にはグ

レーティングを形成する。

#### 2.3.2 信号検出

光ICデバイスをピックアップに応用した場合のRF信号と制御信号の演算方法について述べる。

DVDの演算

(1) RF 信号 :  $B1 + B2 + B3 + B4$

(2) FE信号 - スポットサイズ法:

$$(F1 + R2 + F3) - (R1 + F2 + R3)$$

(3) TE信号 - 位相差法:

$$(B1 + B3) - (B2 + B4)$$

ここで、( )は位相量を表すものとする。

CDの演算

(1) RF 信号 :  $B1 + B2 + B3 + B4$

(2) FE信号 - スポットサイズ法:

$$(F1 + R2 + F3) - (R1 + F2 + R3)$$

(3) TE信号 - 3ビーム法 : A-C

ここで、スポットサイズ法の動作原理は図4の通りである。なお、FE受光部パターンを設計するため、計算による手法を独自に開発した<sup>(2)</sup>。一方、

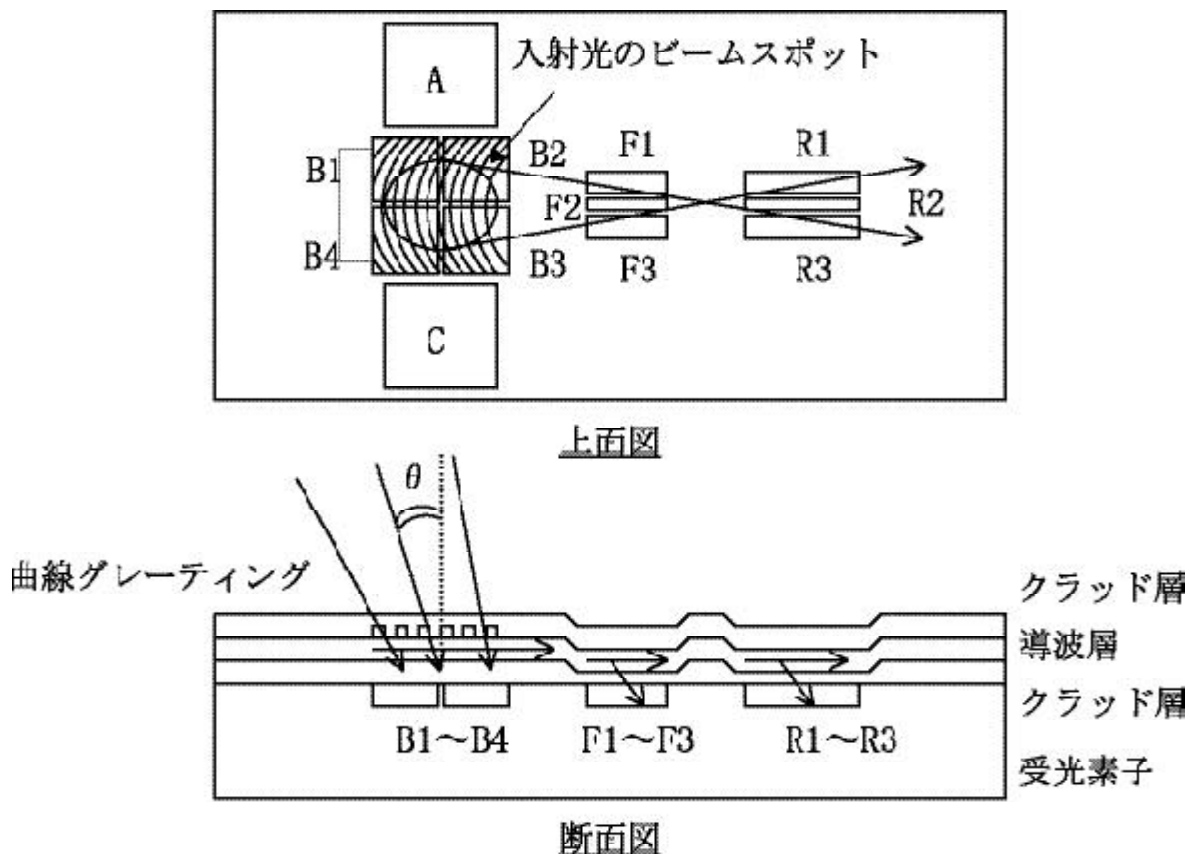


図3 光ICデバイスの基本構成

DVDの位相差法やCDの3ビーム法は当社製品では一般的に用いられているので、その動作原理は省略する。

### 2.3.3 曲線グレーティングの短冊化

光ICデバイスに角度で入射した収束光を導波路内の一点に集光させるために、グレーティングを曲線状にし、その周期を0.6~0.8 μmの間でなだらかに変化させている。

また 2.1章で述べたようにグレーティングの周期と波長の間には一定の条件を満たす必要があるため、1種類のグレーティングでDVDとCDの2波長を共用させることは不可能である。そこで、今回はDVDの波長に対応したグレーティングとCD

の波長に対応したグレーティングを短冊状にレイアウトして共用化を図った。(図5)

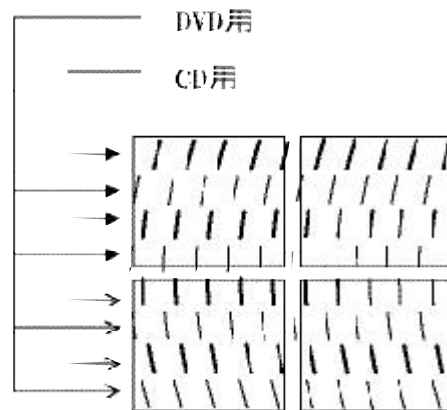


図5 グレーティングの短冊化

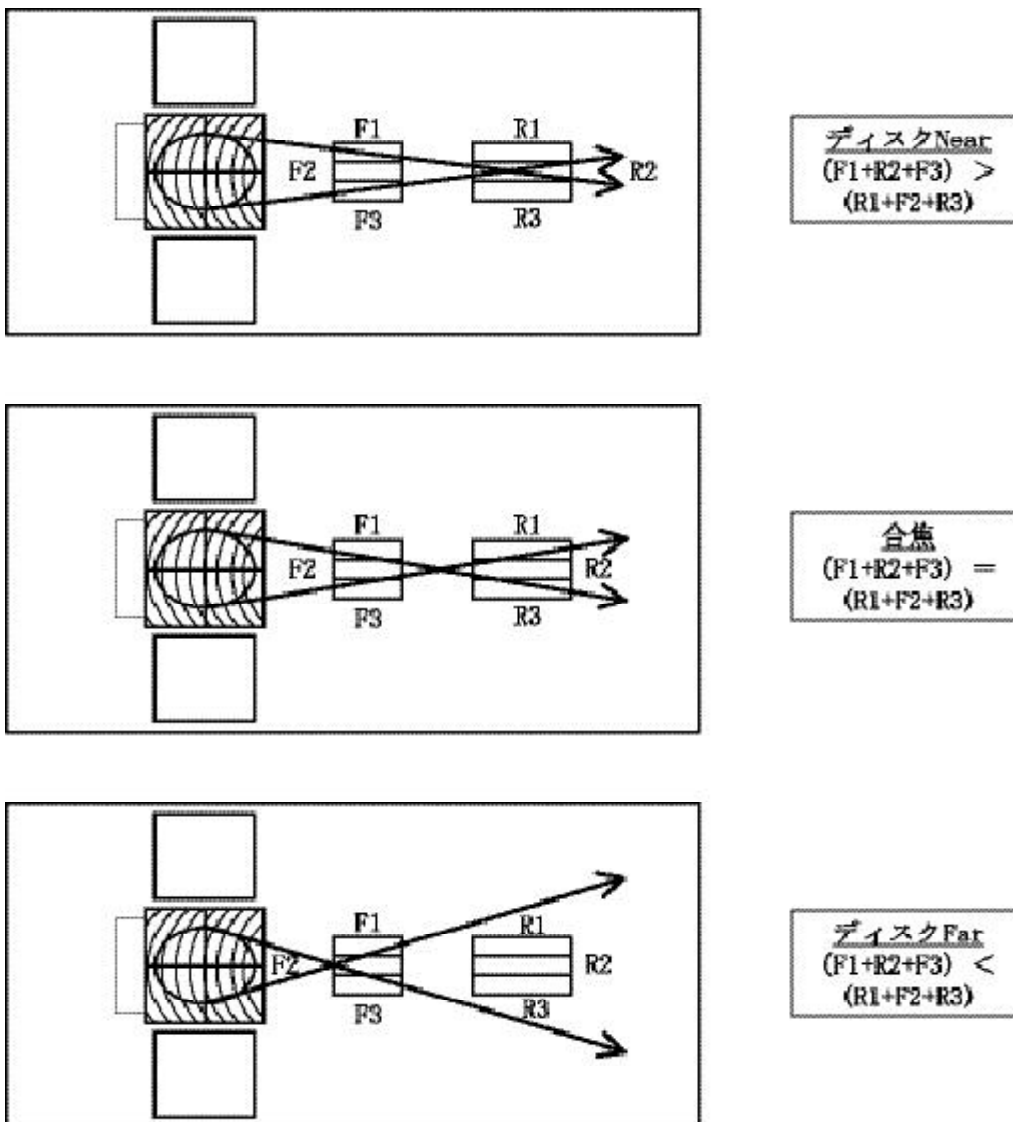


図4 スポットサイズ法の原理

## 2.4 光ICデバイスの構成

光ICデバイスは受光素子上に光学素子を作製したものである。したがって、その膜構成の設計には下地の受光素子と上側の光学素子の双方を考慮する必要がある。

今回、下地の受光素子にはOEIC(アンプ内蔵フォトダイオード)ではなくPD(フォトダイオード)を用いた。その断面図を図6に示す。図7にそのPD基板を用いた光ICデバイスの断面図を示す。

図7の構成の詳細を示すため、A-A'の膜構成を表1にB-B'の膜構成を表2に示す。

ここで、SOGとはSpin On Glassの略称で、半導体の分野では主に絶縁膜として用いられている

物質である。また AN635とは旭硝子株式会社製の無アルカリガラスである。

### 2.4.1 コンタクト導波路

光ICデバイスは導波光を効率良く受光部で検出するために、図7のようにFE受光部の上では下部クラッド層が薄くなっている。受光部以外の領域で下部クラッド層が薄いと導波光に損失が生じるので、受光部の直前で緩やかな傾斜を作り、受光部の上だけ下部クラッド層を薄くした。この形状の導波路を筆者らはコンタクト導波路と呼んでいる。

### 2.5 光ICデバイスの作製手順

光ICデバイスの基本的な作製手順を図8に示



図6 PD基板の断面図

表1 A-A'の膜構成

	材料	屈折率 (λ=550nm)	膜厚 [nm]
空気	Air	1.000	
上部クラッド層	SiO <sub>2</sub>	1.410	0.70
ブレーキング層	TiO <sub>2</sub>	2.397	0.10
導波層	AN635	1.520	0.70
下部クラッド層	SiO <sub>2</sub>	1.410	1.00
SiO <sub>2</sub> 酸化膜	SiO <sub>2</sub>	1.447	0.40
有機酸化膜	SiO <sub>2</sub>	1.451	0.50
基板	Si		

表2 B-B'の膜構成

	材料	屈折率 (λ=550nm)	膜厚 [nm]
空気	Air	1.000	
上部フォトマスク遮光層	Al		1.00
上部クラッド層	SiO <sub>2</sub>	1.410	0.50
導波層	AN635	1.520	0.70
下部クラッド層	SiO <sub>2</sub>	1.410	1.00
SiO <sub>2</sub> 酸化膜	SiO <sub>2</sub>	1.447	0.40
下部フォトマスク遮光膜	Al		1.00
有機酸化膜	SiO <sub>2</sub>	1.451	0.50
基板	Si		

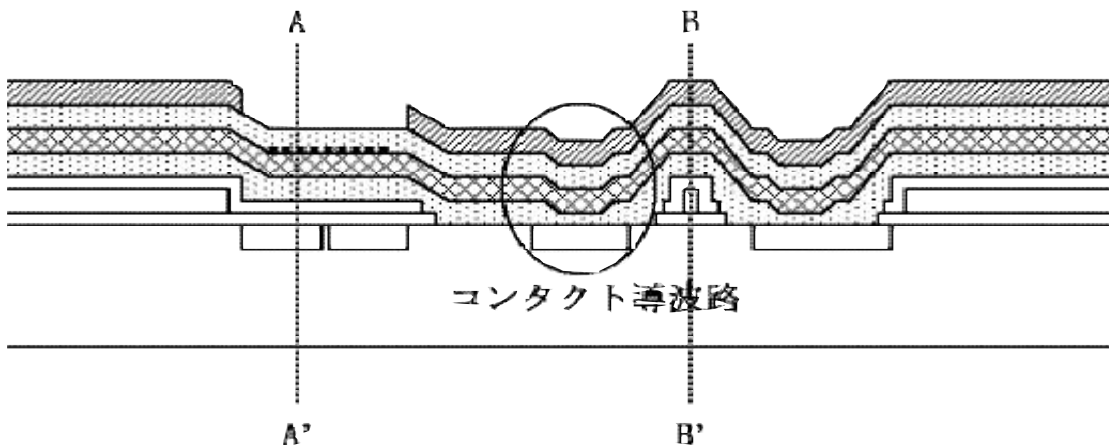


図7 光ICデバイスの断面図

す。作製プロセスに関する部分は図中BとCの工程である。その中でもBが本デバイスの本質的な工程であり、Cは後工程に相当する。また、Aの基板設計は本グループ内で行ったが、基板作製についてはPVCに依頼した。Dについては、次章で述べる。

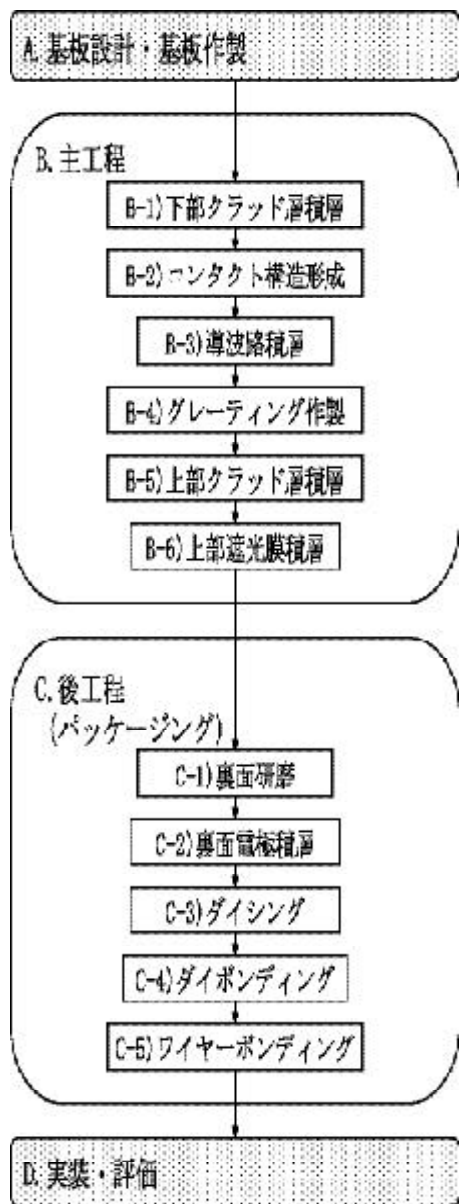


図8 光ICデバイスの基本的な作製手順

### 3. 評価実験

#### 3.1 評価方法

光ICデバイスの実装評価を図9の系で行った。DVDプレーヤ(SD-525)のピックアップ(99SD)の立ち上げミラーをハーフミラーに交換して、この下

側に光ICデバイスを配置し、光ICデバイスによるRF再生信号とサーボ信号(FE信号とTE信号)を評価した。ここで、

- (1)ハーフミラーによる光量低下を補うためレーザー出力を高めた。
- (2)ハーフミラーによる収差を低減するためハーフミラーの形状を楔形とした。
- (3)光ICデバイスの再生信号を増幅してからDVDプレーヤに供給した。

といった対策を施した。

この評価系では、ディスクで反射した光がハーフミラーで分離され、半分は製品ピックアップのOEICに戻り、もう半分は下側に透過して光ICデバイスに角度θで入射する。このため製品ピックアップのOEICでも光ICデバイスでも信号再生が可能となっており、この2つの信号を比較しながら実装信号の評価を行った。

以降では、製品のOEICによる信号を「製品」と記述し、光ICデバイスによる信号を「光IC」と記述する。

なお、この評価系において光ICデバイスはタンジェンシャル方向に角度θの傾斜を持たせるような設計を行っているため、入射光の偏光方向はCDではP偏光となっており、DVDではP偏光から45deg回転した偏光(以降A45deg偏光と呼ぶ)となっている。

#### 3.2 評価結果

光ICデバイスの受光部パターン設計においては、前側FE受光部と後側FE受光部の光量は等しいと仮定した。しかし、実際にデバイス試作を行い検証したところ、この前後の光量比は入射光の偏光方向によって変化することが分かった。実装評価系では、DVDの場合は45deg偏光が入射するため後側FE受光部の検出光量の方が小さく、CDの場合はP偏光が入射するため後側FE受光部の検出光量は微小である。この状態でのFE信号を計算にて検証した。図10は前側FE受光部と後側FE受光部の光量比が一定の場合であり、図11は後側FE受光部の光量が無い場合である。図11からFE信号が非対称となり、DVDとCDの合焦点も異なっ

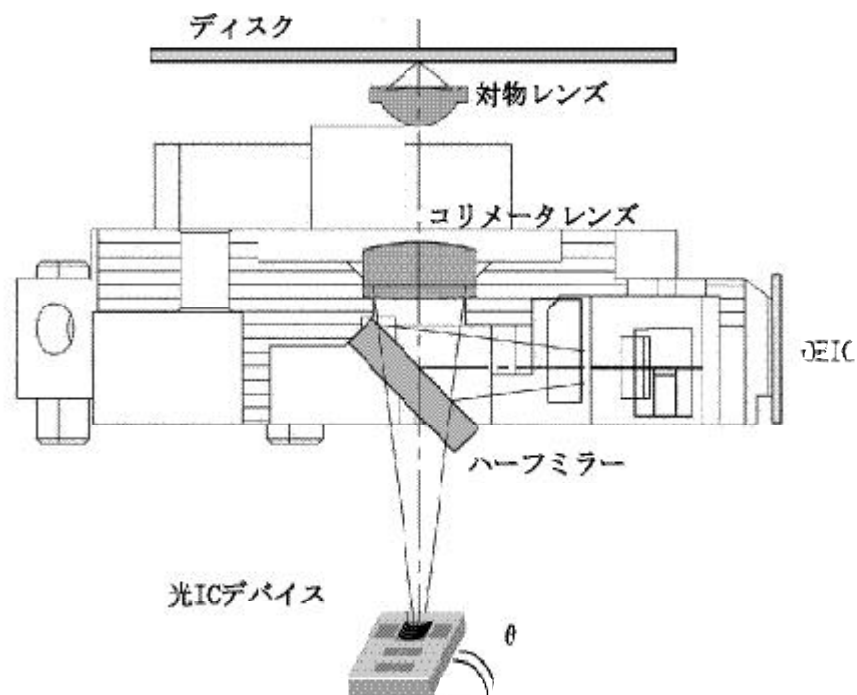


図9 実装評価系

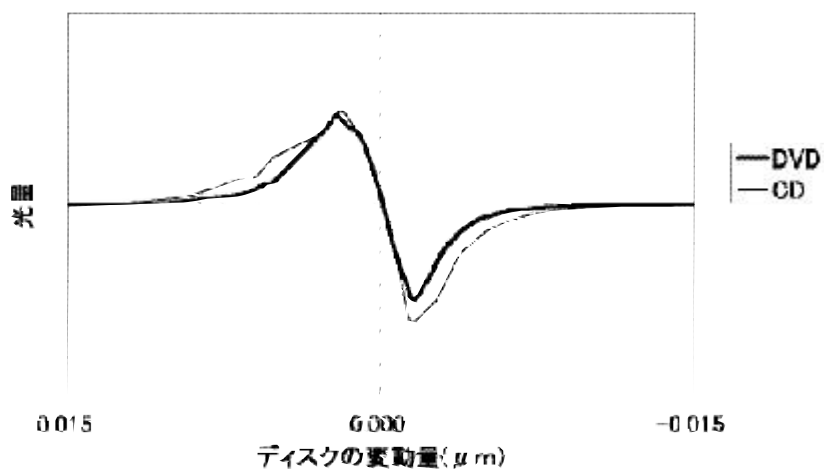


図10 前後比が均等な場合

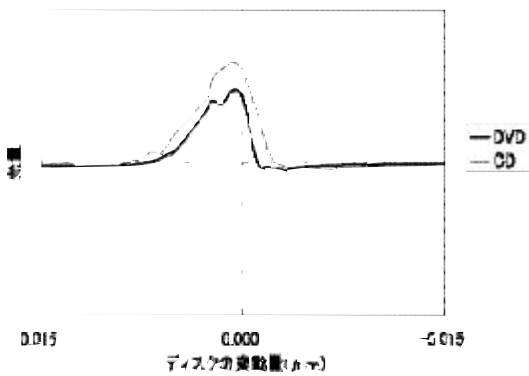


図11 前側FE受光部のみの場合

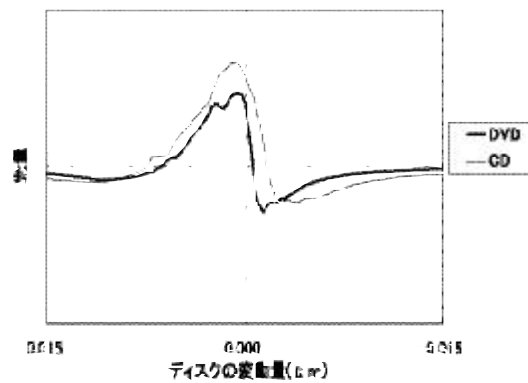


図12 前側FE受光部の両側を2.56倍した場合

てしまうことが分かる。そこで、前側FE受光部の両側(F1, F3)を2.56倍にしたところ、図12のような対称性がやや改善したFE信号が得られた。

今回の光ICデバイスの実装評価では特別に、図12の値で電氣的補正をかけて調整と評価を行った。合焦点の違いについては、光ICデバイスの実装評価位置をDVDとCDの中間位置に追い込むことで対処した。その結果、DVDとCD共に同一調整位置で、光ICデバイスからのサ - ボ信号(FE・TE)を使い、信号を再生することができた。

図13にDVDのFE信号の評価結果を示し、図14にCDのFE信号の評価結果を示す。図15にDVDのRF信号の評価結果を示し、図16にCDのRF信号の評価結果を示す。

DVDの製品ジッター値は8.4%で、光ICは9.1%となっている。CDの製品ジッター値は6.5%で、光ICも6.5%となっている。

DVDのジッター値に製品と光ICで差が生じているのは、実装評価位置をDVDとCDの中間位置に追い込んだためと判断している。

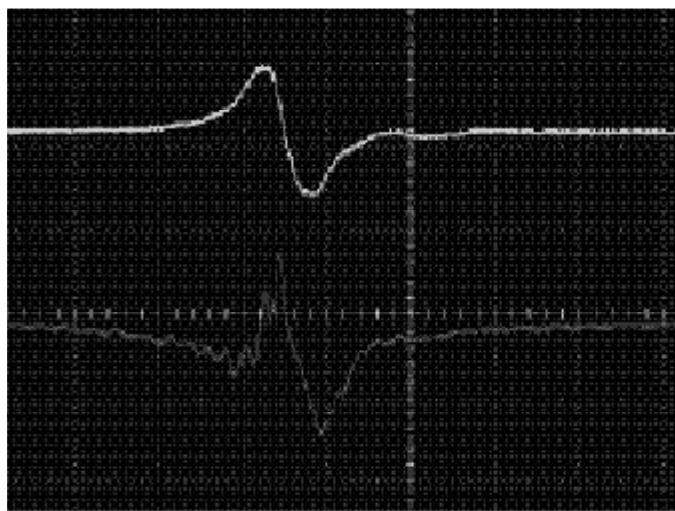


図13 FE信号評価結果(DVD)

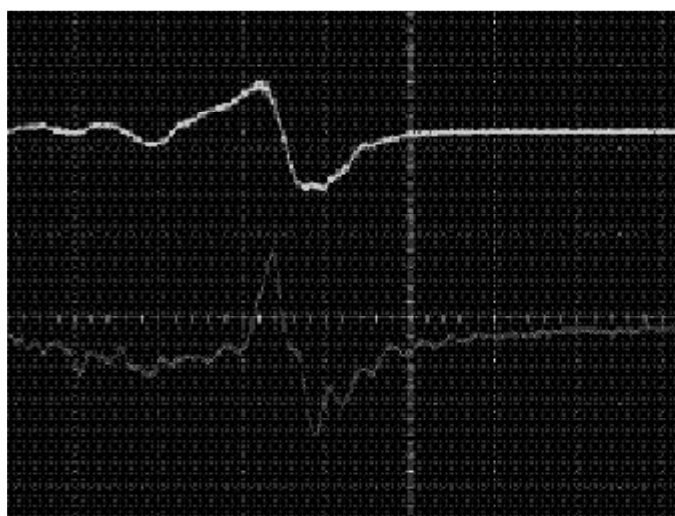
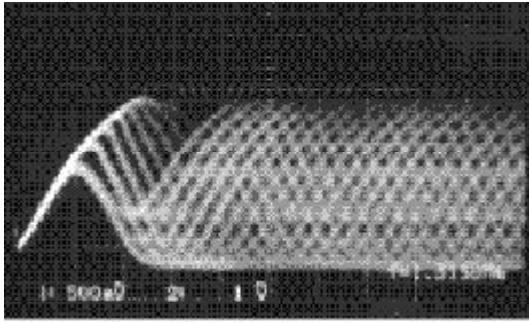
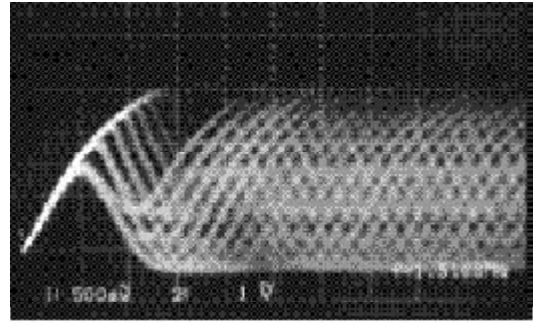


図14 FE信号評価結果(CD)



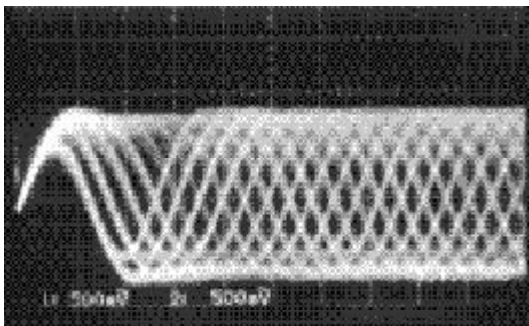


製品 (DVD)

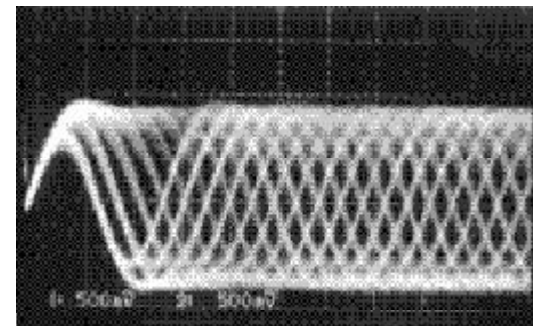


光IC (DVD)

図15 RF信号評価結果(DVD)



製品 (CD)



光IC (CD)

図16 RF信号評価結果(CD)

#### 4.まとめ

今回 DVD/CDピックアップの小型化・ローコスト化を実現するため 光学部品の一部機能が追加された受光素子である光ICデバイスを提案した。そして、光ICデバイスの設計手法と製作手法を確立し DVD/CD ピックアップ用の光ICデバイスを試作した。評価用ピックアップに実装して評価したところ、DVD/CD共に同一調整位置で、光ICデバイスからのサ - ボ信号(FE・TE)を使い信号を再生することができた。

なお、FE信号については後側FE受光部光量の問題から、今回は特別に電気的な補正をかけて対処した。しかし、現在の記録用光ICデバイスで

は、受光部パターンを変更して問題の解決を図っている。

現在、筆者らは1章で述べた(d : DVD-R/RW記録 & CD-R/RW記録)の記録用の光ICデバイスを開発するとともに、光ICデバイス、レーザー光源、光学部品をコンパクトに一体化した「光ICモジュール」を開発している。次の機会にはこの結果について述べたいと思っている。

#### 5.謝辞

本研究にあたり協力していただいたパイオニアビデオ株式会社半導体技術部 および所沢工場ビデオ第二開発部の関係各位に感謝します。

## 参考文献

- (1) 西原 春名 栖原:「光集積回路」, オーム社, 第2章, 1993
- (2) T.Tamir and S.Peng: "Analysis and design of grating couplers", Appl.Phys., 14, p.235, 1977

## 筆者

伊澤 正隆 (いざわ まさたか)

- a. 研究開発本部 総合研究所研究統括部システムイズ研究グループ
- b. 1989年4月
- c. 投射型ディスプレイの光路開発立体ディスプレイの素子開発を経て現在ピックアップの研究開発に従事
- d. 趣味は昼休みのピンポン

皆川 登 (みながわ のぼる)

- a. 研究開発本部 総合研究所研究統括部システムイズ研究グループ
- b. 1980年4月
- c. 光ディスク解析や電磁界理論の研究を経て現在信号処理のシミュレーションに従事
- d. シミュレーション全般

橋本 和信 (はしもと かずのぶ)

- a. 研究開発本部 総合研究所研究統括部システムイズ研究グループ
- b. 1992年4月
- c. 半導体物性計算を経て現在ピックアップの研究開発に従事
- d. 経済学と統計学に興味が増えつつある

富澤 功 (とみさわ いさお)

- a. 研究開発本部 総合研究所研究統括部システムイズ研究グループ
- b. 1992年4月
- c. 投射型ディスプレイの開発製品化を経て現在ピックアップの研究開発に従事