

青色レーザ対応 OPIC 受光素子

Optical IC Light Detector for the Next Generation DVD Using Blue Laser

中村 弘規*¹ 大塚 芳廣*² 進藤 弘文*³
Hiroki Nakamura Yoshihiro Ohtsuka Hirofumi Shindoh

要 旨

地上波デジタル放送の開始、アテネオリンピックを契機に、液晶テレビなどの薄型テレビと、HDD搭載DVDレコーダの普及が進み、地上・BS・110度CSデジタルチューナで受信したデジタルハイビジョン放送を、ハイビジョン画質そのままのクオリティでハードディスクに長時間録画し、ハイビジョン録画を楽しむ家庭が増えてきた。今後は気に入ったハイビジョンソースを光ディスクに保存したいといった需要が増えると推測される。そこで今回、ハイビジョンクオリティで光ディスクに保存可能な次世代DVD記録再生機器に使用可能な青色レーザ対応のOPIC (Optical IC シャープ商標) 受光素子を開発した。

The start of the terrestrial digital broadcast and Athens Olympics popularized the DVD recorder with hard drive and the thin-screen televisions such as the liquid crystal television. That increases the people who enjoy recording the digital Hi-Vision broadcast program received using the terrestrial/BS/110-degree CS digital tuner on hard drive with exactly the same high-definition image quality as the original Hi-Vision picture. We think that the demand for saving this digital Hi-Vision broadcast program on a disk will increase in the future. Therefore we have developed the OPIC (Optical IC) for the next generation DVD recorder. It makes it possible to record the digital Hi-Vision broadcast program on the disk at Hi-Vision quality.

まえがき

主な用途として、Blu-ray Disc 機器に用いることを意図し、

- ・405nmの青色レーザ対応
- ・帯域60MHz (typ)
- ・小型、表面実装対応

を特徴とする青色レーザ対応のOPIC受光素子GA010T8B0MKの開発を行った。

1. OPICの前半チップ製造プロセス

シリコンにおける光電変換効率(感度) α の理論限界値は波長によって決まり、次式で計算できる。

$$\alpha = \frac{\lambda [nm]}{1240} [A/W]$$

λ : 波長

式から分かるように青色レーザ波長(405nm)では、現行のDVD装置で用いられている赤色レーザ波長(650nm)に比べて感度が大きく低下する。その結果としてデバイスの重要性能の1つであるノイズ特性が悪くなってしまうため、出来るだけ感度低下を抑える必要が生じる。そこで今回の製造プロセスを開発するに当たり、従来のフォトダイオード構造について根本的に見直しを行ない、短波長において感度低下を最小限に抑えながら、高速応答特性を併せもつ新規高速高感度フォトダイオード構造及び製造プロセスを開発した。

図1にフォトダイオードの断面図を示す。感度を理論限界値から出来るだけ低下させないためには、下記の2点について注意する必要がある。

①OPICの入射領域表面の反射率を抑えて、入射光の反射によるロスを低減する。

②入射光によって発生した光キャリアを無駄なく光電流として取り出す。

*¹ 電子部品事業本部 オプトデバイス事業部 プロセス開発部
*³ 電子部品事業本部 オプトデバイス事業部 第4技術部

*² 電子部品事業本部 オプトデバイス事業部 第1技術部

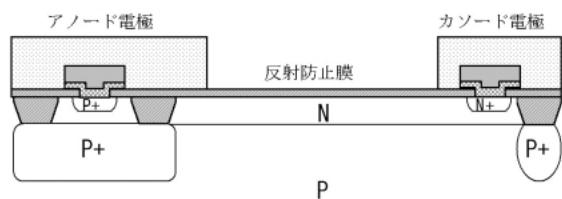


図1 OPICの構造模式図
Fig. 1 Cross section of OPIC.

ここで①の反射率を低減するためには、パッケージはもちろん、フォトダイオードの受光部表面にもそれに適した反射防止膜を形成する必要がある。反射防止膜は各材質の膜厚と屈折率の差による光の干渉効果を利用し反射を低減するものであり、今回の製品では青色光に対して反射率を抑える必要がある。シリコンの屈折率は波長が短くなると急激に大きくなるため、これを考慮して赤色とは違った膜厚計算を行ない、最適な膜構造を決定した。また本構造形成を通常の半導体プロセスに組み込むにあたり、膜厚を高精度に制御するとともに、他のトランジスタ等の素子に影響を与えない製造工程としている。この結果、青色レーザー光に対して反射率を5%以下に抑えた、安定した低反射率構造を実現できた。

次に②の光キャリアを無駄なく光電流として取り出すためには、発生したキャリアのライフタイムが十分長い構造にする必要がある。キャリアのライフタイムはシリコン中の拡散の不純物濃度に大きく依存するため、不純物濃度を下げることでライフタイムの向上が図れるが、それに伴ってフォトダイオードの寄生直列抵抗が大きくなり、これが応答速度の低下となって現れてくる。青色レーザー対応OPICのような高密度、高

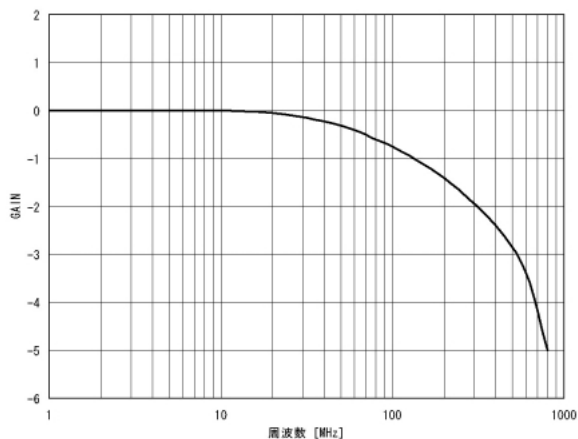


図2 フォトダイオード周波数応答特性
Fig. 2 Frequency response of photodiode.

速記録に対応するデバイスでは、フォトダイオードの高速応答も同時に要求されるため、安易に濃度を下げることは出来ない。また光はその波長が短いほどシリコン中への侵入長が短くなり、青色では0.3um以下である。そこで今回は受光素子表面近傍のカソード拡散に注目して、その不純物プロファイルを最適化した。

これら上記施策の結果、フォトダイオード単体としての感度は、 $Typ.=0.3A/W$ を実現しながら、 $f_c (-3dB)$ も500MHz以上を達成できた。

もちろんこの高性能フォトダイオードの特性を十分に発揮するには、使用するトランジスタの高速性も重要であり、今回の開発では、従来よりも微細なICプロセスを基本プロセスに用いることで、使用できるトランジスタのカットオフ周波数(fT)も従来比2倍以上としている。

2. OPICの回路の特徴

青色レーザー波長(405nm)では、現行のDVD装置で用いられている赤色レーザー波長(650nm)に比べて、前述の通り感度が大きく低下する事に対し、フォトダイオードが接続されるアンプの増幅率を、再生時と記録時で切り替える事により、再生時における感度低下を補えるようにした。

図3に青色レーザー対応OPICのブロック図を示すが、A~Dはメインビーム系フォトダイオード、E~Hはサブビーム系フォトダイオードである。

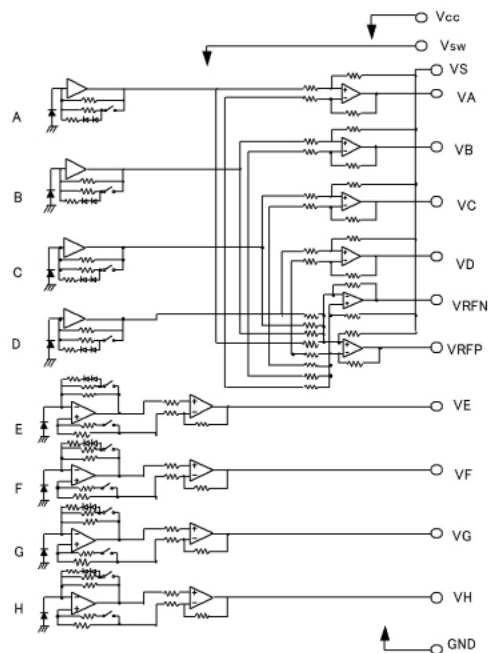


図3 回路ブロック図
Fig. 3 Circuit Block diagram.

メインビーム系フォトダイオードが接続されたアンプ(メインアンプ)は、再生時にフォトダイオードの光電流をI-V変換するI-V変換抵抗RH1と記録時にフォトダイオードの光電流をI-V変換するI-V変換抵抗RL1を具備し、サブビーム系フォトダイオードが接続されたアンプ(サブアンプ)は再生時にフォトダイオードの光電流を光電流変換するRH2と記録時にフォトダイオードの光電流をI-V変換する抵抗RL2を具備し、スイッチによる切り替えによって、再生時にはRH1及びRH2のI-V変換抵抗を選択し、記録時にはRL1及びRL2のI-V変換抵抗を選択することにより、感度切替を実現している。

図4に受光部形状に示すA~Hは、図3のブロック図に示すダイオードA~Hに対応しており、図3のブロック図右側に示すVA~VDなどの出力信号を用いると、記録、再生時のフォーカス信号は、VA~VD出力信号を演算することで得られ、トラッキング信号はVA~VD及び、VE~VH出力信号を演算することで得られ、再生時のRF信号はVRFP出力信号とVRFP出力信号の反転信号であるVRFN出力信号を演算(同相ノイズの除去のためRF信号を差動信号として扱う)することで得られ、記録時のウォール信号はVA~VD出力信号を演算することで得られ、記録時のディスク面レーザパワー制御用信号はVA~VD出力信号を演算することで得られる。

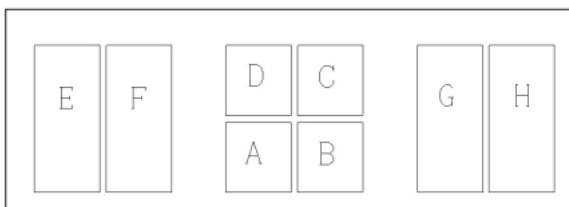


図4 受光部形状
Fig. 4 Shape of the detector portion.

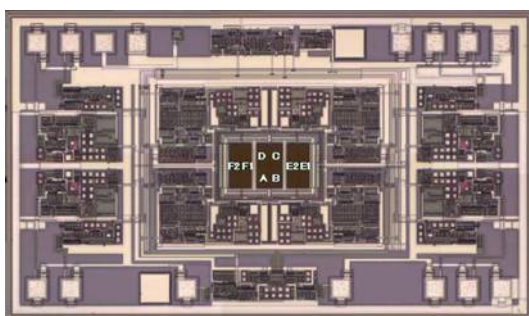


図5 OPIC 写真
Fig. 5 OPIC chip.

3. パッケージ

現行のDVD装置で用いられている赤色レーザ波長(650nm)のOPICは、図6に示されるようなエポキシ樹脂封止パッケージ(クリアモールドと呼ばれる)を採用しているが、エポキシ樹脂は405nmの光に対して劣化を起し、透過率が悪くなる問題がある。

樹脂メーカ各社が、405nmの光劣化の少ない樹脂開発を進めているが、次世代DVD記録再生機器の(光密度が照明用途に比べ桁違いに高い)要求を満足する樹脂は、未だ開発されていない。

そこで今回はCCDなどのパッケージに用いられているセラミックパッケージを採用した。

ガラス、セラミックパッケージ、ガラス固定用接着剤共に405nmの光に対し、光劣化の少ない部材を採用している事が特徴である。



図6 クリアモールド参考写真
Fig. 6 Clear mold package.



図7 GA010T8B0MK
Fig. 7 GA010T8B0MK.

4. OPIC 受光素子 GA010T8B0MK

図8に外形形状を示し、表1に絶対最大定格、表2に推奨条件を、表3に代表的な電気特性を示す。

むすび

今回開発した青色レーザ対応のOPIC受光素子により、ハイビジョン画質を光ディスクに長時間保存可能

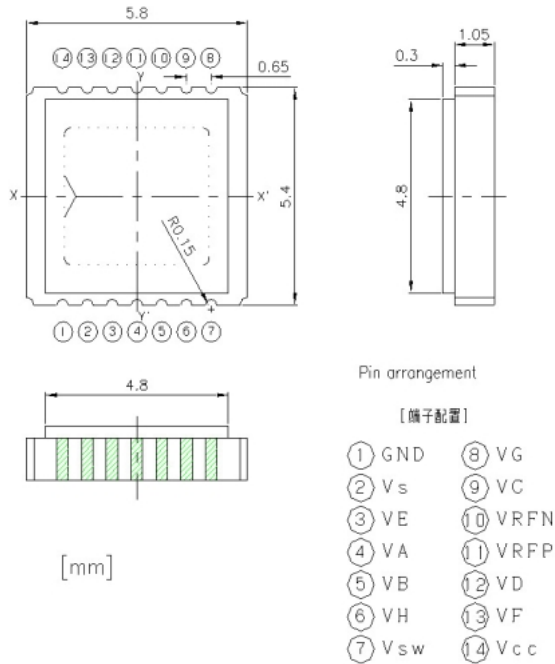


図8 GA010T8B0MK外形図
Fig. 8 GA010T8B0MK outline dimensions.

表1 絶対最大定格
Table 1 Absolute maximum ratings.

| 項目 | 記号 | 定格値 | 単位 |
|--------------------|------|----------|----|
| 電源電圧 | Vcc | 6.0 | V |
| 出力電圧 ^{※1} | Vo | Vcc | V |
| 動作温度 | Topr | -10~+80 | ℃ |
| 保存温度 | Tstg | -40~+100 | ℃ |

※1 VA,VB,VC,VD,VE,VF,VG,VH,VRFP,VRFNの各端子に適用する。

表2 推奨条件
Table 2 Recommendation condition.

| 項目 | 記号 | MIN. | TYP. | MAX. | 単位 |
|------------------|------|------|------|------|----|
| Vcc動作電源電圧範囲 | Vcc | 4.75 | 5.0 | 5.25 | V |
| Vs基準電圧範囲 | Vs | 1.9 | 2.1 | 2.3 | V |
| ゲイン切替Highレベル入力電圧 | VswH | 2.0 | — | Vcc | V |
| ゲイン切替Lowレベル入力電圧 | VswL | 0 | — | 0.4 | V |

表3 電気特性

Table 3 Electrical characteristics.

入力光波長 $\lambda=405\text{nm}$

| | 条件 | | TYP. | 単位 | 適用端子 | |
|----------|--------|------|------|-------------|-------|-----------|
| | 測定条件 | ゲイン | | | | |
| 感度1 | — | H | 10 | mV/ μ W | VA~VD | |
| 感度2 | — | L | 1.0 | mV/ μ W | VA~VD | |
| 感度3 | — | H | 60 | mV/ μ W | VE~VH | |
| 感度4 | — | L | 6.0 | mV/ μ W | VE~VH | |
| 感度5 | — | H | 5.0 | mV/ μ W | VRFP | |
| 感度6 | — | H | -5.0 | mV/ μ W | VRFN | |
| 応答周波数1-1 | 1MHz基準 | -3dB | H | 60 | MHz | VA~VD |
| 応答周波数1-2 | 1MHz基準 | -3dB | L | 18 | MHz | VA~VD |
| 応答周波数2-1 | 1MHz基準 | -3dB | H | 0.5 | MHz | VE~VH |
| 応答周波数2-2 | 1MHz基準 | -3dB | L | 6.0 | MHz | VE~VH |
| 応答周波数3 | 1MHz基準 | -3dB | H | 60 | MHz | VRFP,VRFN |

な次世代 DVD 記録再生機器の開発が可能となった。

今後、メディアの多層化への対応、倍速対応を進め、低価格化、小型化を図り、更なる需要拡大ができるよう開発を推進する。

謝辞

最後に本製品の開発、商品化にあたり、ご指導並びにご協力頂きました、部品事業部ブルーピックアップ開発プロジェクトチーム、生産技術本部精密技術開発センター光応用機器開発室、開発を一緒に行って下さった方々に感謝致します。

参考文献

- 1) 谷善平編著, “オプト・デバイス応用ノウハウ”, CQ出版(2000).
(2005年1月27日受理)