

## 半導体面型アレー光変調器の試作

桑村 有司<sup>†</sup> 寺本 誠<sup>†</sup> 山田 実<sup>†</sup>

Fabrication of a Semiconductor Planar-Illuminated-Type Array Optical Modulator

Yuji KUWAMURA<sup>†</sup>, Makoto TERAMOTO<sup>†</sup>, and Minoru YAMADA<sup>†</sup>

あらまし 面型光変調画素を6行6列に2次元的に配列した光透過型の半導体アレー光変調器の試作を行った。光変調画素の性能としては7.5Vの電圧変化で消光比は約10dB,挿入損は5dB,動作速度は1.5MHzであった。また,アレー光変調器中のいくつかの画素に電圧を加えることで変調器から出射した光の影像是文字画像として認識できることが確認できた。

キーワード 光変調器, 面型光変調器, アレー光変調器, 空間光変調器, スマートピクセル, 並列光情報処理

### 1. ま え が き

光による画像処理や並列演算などを行う光コンピュータシステムを実現するため,光透過型でかつ平面型のアレー光変調器の開発が望まれている。我々は空乏層中での光吸収を利用した半導体光変調素子EDAC(Electron Depleting Absorption Control)を提案し,開発を行ってきている[1]~[4]。ここでは,予備的な実験として面型EDACを2次元的に配列し文字画像等が出力可能なアレー光変調器を試作したので報告する。

### 2. 光変調器の構造及び特性

半導体中での電界の有無による光吸収差を利用した面型アレー光変調器を試作した。図1には光変調画素の構造を示す。画素中央部は,  $p^+-n^-n^+-n^-p^+$  からなり,  $p^+-n^-n^+$ :GaAs 接合を多段に積み重ねた構造とした。光を  $p^+-n^-n^+$  接合面に垂直に入射すると,  $p^+-n^-$  接合近傍の空乏層内で光吸収される。空乏層内の電界強度や空乏層厚を電圧により可変して,透過光の光強度を制御する。電圧は左右に設けたp側とn側電極間に加え,  $p^+$ :GaAsと  $n^+$ :GaAs層からなるくし型形状の導電層を通じて多数の  $p^+-n^-n^+$  接合に電圧印加を行う。p側及びn側電極に対して順方向電圧では「光透過」,逆方向電圧では「光遮断」となる。

$p^+-n^-n^+$ :GaAs接合を19段積み重ねた図1の構造の光変調画素を縦6×横6個,2次元的に配列したアレー光変調器を試作した。図1括弧内の層厚は1層当りの層厚である。3回の液相成長法と化学エッチング

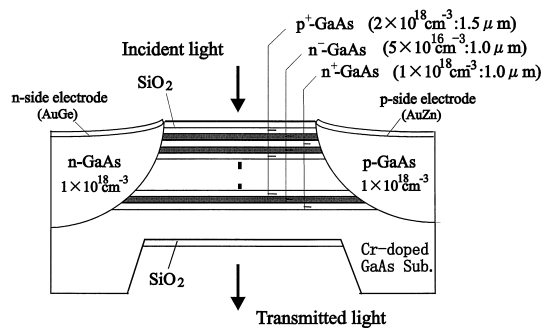


図1 光変調画素の断面構造

Fig.1 Structure of an optical modulator element.

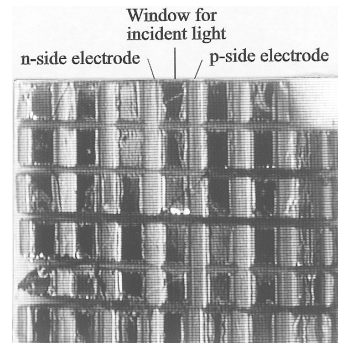


図2 アレー光変調器の表面写真

Fig.2 Surface photograph of an array-modulator.

法を利用して作製したアレー変調器の表面写真を図2に示す。光入射用窓の大きさは約  $1 \times 0.7 \text{mm}^2$ , アレー変調器全体の大きさは約  $8 \times 10 \text{mm}^2$  である。各画素へは金線ワイヤを用いて電気配線を施した。図3には波長890nmでの代表的な五つの画素の消光特性を印で示す。消光率は6.5Vの電圧変化で70%以上であった。試作した36画素のうち32画素において図3と同

<sup>†</sup> 金沢大学工学部電気・情報工学科, 金沢市  
Faculty of Engineering, Kanazawa University, Kanazawa-shi, 920-8667 Japan

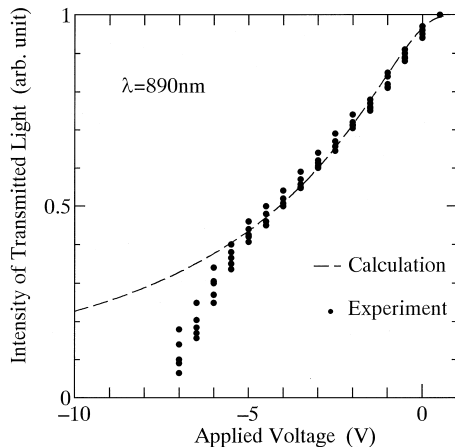


図3 画素の消光特性

Fig. 3 Extinction ratio for some elements.

様の消光が確認された。図3中の波線は消光率の理論計算値[4]であり、印加電圧が+0.5V～-5Vの範囲では実験と計算値はよく一致した。一方、-5Vより低い電圧範囲では実験値の消光が大きくなっているのは、-5V近傍から逆方向電流の増加に伴う発熱によりGaAsのバンドギャップが長波長側へ移動したことが原因であると思われる。波長890nmでの挿入損は約5dBであり、その内訳はGaAs基板での吸収損が約1.0dB、光の入出射端での反射損が約0.7dB、残りの3.3dBが $p^+n^-n^+$ …多層膜での吸収損である。また、各画素の動作速度は約1.5MHzであった。

### 3. 文字画像の出力

試作したアレー変調器を利用して文字画像の出力を試みた。文字画像の出力に用いた光学系を図4に示す。光源からの光を分光器で波長選択し890nm近傍の光を取り出し平行ビームとして変調器の基板側から入射した。そして変調器からの透過光をCCDカメラで検出してテレビ画像として観測した。図5(a)(b)にテレビ画像を示す。(a)はすべての画素に電圧を印加していない場合の画像で、「光透過」となるためすべての画素が白く見えている。(b)はいくつかの画素に-7Vの電圧を加えた場合である。電圧を加えた画素が「光遮断」となるため黒くなり、「K」という文字が描き出されているのが確認できた。

### 4. むすび

面型光変調画素を6行6列に2次元配列した光透過

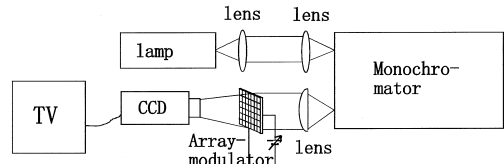
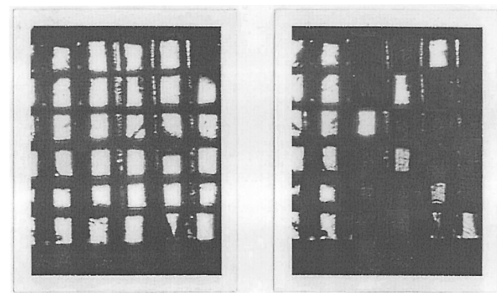


図4 光学系

Fig. 4 Experimental setup.



(a) No bias

(b) -7V voltage

図5 アレー光変調器からの出射光画像

Fig. 5 Patterns of the transmitted light from an array-modulator.

型のアレー光変調器を試作し、「K」という文字画像の出力を確認した。挿入損を低くすることや画素寸法を数十 $\mu\text{m}$ 角まで小型化して動作速度を数百～数千GHzまで向上させる[4]とともに数百～数千個程度の画素の集積化を行うことが今後の課題となる。

謝辞 本研究は文部省科学研究費の補助で行われたものである。

### 文 献

- [1] M.Yamada, K.Noda, Y.Kuwamura, H.Nakanishi, and K.Imai, "Semiconductor optical modulator by using electron depleting absorption control," IEICE Trans. Electron., vol.E75-C, no.9, pp.1063-1070, Sept. 1992.
- [2] Y.Kuwamura, M.Yamada, and M.Suzumi, "Panel-type semiconductor optical modulator using electron depleting absorption control," Jpn. J. Appl. Phys., vol.32, Pt.1, no.1B, pp.578-582, Jan. 1993.
- [3] 桑村有司, 山田 実, 橋本 晋, "電子空乏化を用いた半導体光変調器の動作機構解析," 信学論(C-I), vol.J78-C-I, no.12, pp.616-625, Dec. 1995.
- [4] 桑村有司, 山田 実, "電子空乏化を用いた平面型半導体変調器の設計および試作," 信学論(C-I), vol.J81-C-I, no.2, pp.55-65, Feb. 1998.

(平成11年3月4日受付)