

並列情報処理用半導体光変調器の集積化

著者	桑村 有司
著者別表示	Kuwamura Yuji
雑誌名	平成11(1999)年度 科学研究費補助金 基盤研究(C) 研究成果報告書
巻	1998-1999
ページ	5p.
発行年	2000-03
URL	http://doi.org/10.24517/00053972



並列情報処理用半導体光変調器の集積化

(研究課題番号 10650039)

平成10～11年度科学研究補助金(基盤研究(C)(2))
研究成果報告書

平成12年3月

研究代表者 桑村 有司
(金沢大学工学部講師)

金沢大学附属図書館



8000-89030-5



KAKEN
1999
40

は し が き

本研究は、報告者らが独自に提案した並列光情報処理用の半導体面型アレー光変調器の開発を目標としたものである。0.8 μ m波長帯で動作するGaAs材料系と1 μ m波長帯で動作するInP材料系変調器について試作・検討した。開発を行った変調器は、「直接遷移型半導体中で電子が空乏化すると光吸収が増加する」という現象を利用したもので、 $p^+n^-n^+$ 接合近傍の空乏層厚を可変制御して透過光を強度変調する。本変調素子の特徴は、楕形状のp型およびn型電極層と横方向から電圧を加えるという独自の素子構造を採用することで、数V程度低い駆動電圧で数十dBの消光比を有する透過タイプでかつ面型の光強度変調が実現できることである。以下に平成10~11年度に得られた主な成果や結果についてまとめた。

1. 半導体面型光変調器の開発

1-1) GaAs 材料系面型変調器

$p^+n^-n^+$:GaAs 基本構造を20対積層した面型変調画素を100個程度2次元的に集積した光透過型の面型アレー光変調器を試作した。試作したアレー変調器の表面写真を図1に示す。画素の性能としては7.5Vの電圧変化で約10dB、挿入損は5dB、動作速度は1.5MHz

(1画素の面積:約 $1 \times 0.7 \text{mm}^2$)であった。また、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として認識できることが確認できた。

「K」という文字画像を出力した時の一例を図2に示す。

一方、多数の画素への電気配線法として、ガラス基板上の導電性透明膜に配線パターンを描いた基板と画素を集積化した半導体基板との張り合わせる手法を検討した。張り合わせ後の表面写真を図3に示す。中央部の四角い領域が半導体基板であるが、その上に縦10 \times 横10の光変調画素が集積化してある。放射状の直線が各画素に電圧を加えるための金電気配線であり、その先端部の電極パッドから電圧を加える。画素を100個程度集積化した半導体基板への電気配線はこの手法で行える

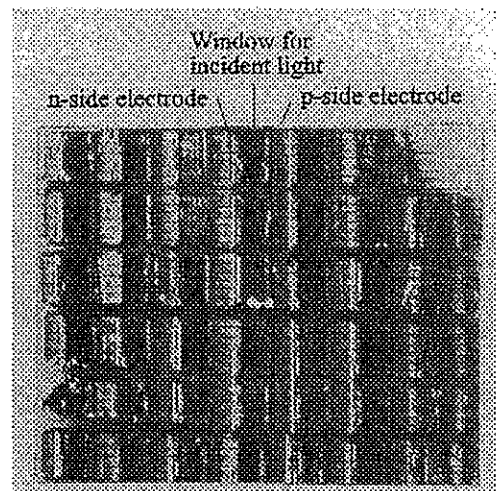
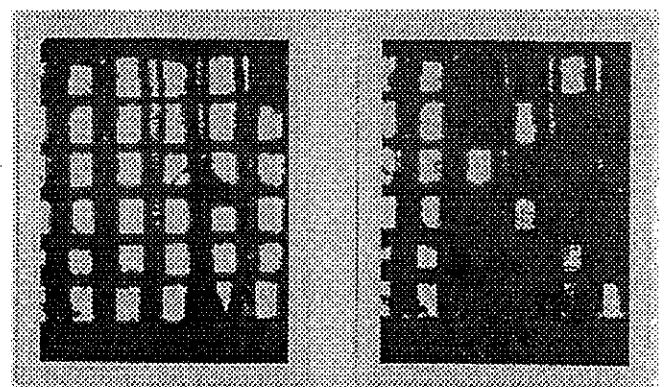


図1 アレー光変調器の表面写真



(a)無バイアス

(b)-7Vバイアス

図2 アレー光変調器からの透過光パターン

著 者 寄 贈

ことが確認できたが、さらに集積度の高い半導体基板への電気配線を行うには導電性透明膜を多層に積層するなどの工夫が必要となる。

今後の課題としては、さらなる挿入損低減と、数十 μm 角程度まで素子寸法を小さくして集積数を増大することなどが上げられる。

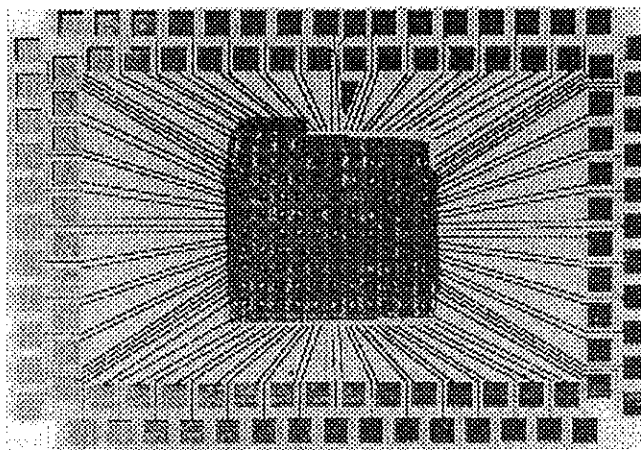


図3 電気配線を含めて一体化した光変調器

1-2) InP 材料系面型変調器

光通信の波長帯での並列光情報処理には $1\mu\text{m}$ 帯で動作する面型光変調器が必要となるため、InGaAsP 材料系の面型変調器の試作を試みた。当研究室では InP 系材料については取り扱った経験が無かったので InGaAs 結晶の多層膜成長、埋め込み再成長技術やプロセス・加工技術などについて実験的に検討した。現在までのところ、InP 結晶を用いた埋め込み再成長時に InGaAs 多層膜を溶かしてしまうメルトバック現象が問題となり良好な埋め込み結晶成長技術が確立できなかったため、面型変調素子を実際に作製するまでには至らなかった。しかし、素子試作に向けての多層膜結晶成長、プロセス、加工などの基礎技術を確立することができた。

2. 量子閉込構造を利用した素子設計

より低い駆動電圧で、高い消光比、低い挿入損を実現するため、多重量子井戸(MQW)構造を利用した透過型かつ面型の光変調器の設計を行った。材料系としては、 $0.8\mu\text{m}$ 帯で動作する GaAs/AlGaAs : MQW と $1.55\mu\text{m}$ 帯で動作する InGaAs/InP : MQW の2つの材料系について検討した。素子構造としては p-i-MQW:n 基本構造をM段積み重ねた多層膜に p 型と n 型からなる楕円形状の導電層を利用して i-MQW に横方向から電圧を加える構造を仮定した。高性能化には、MQW 中の不純物濃度を $1\times 10^{15}\text{cm}^{-3}$ 以下にすること、井戸厚の揺らぎの標準偏差値を 0.2nm 以下にすることが重要であることがわかった。最適化した GaAs/AlGaAs : MQW ではバルク結晶の3倍消光比を大きくでき (InGaAs/InP 系では2倍)、5V の電圧変化で消光比 20dB、挿入損 2dB、動作速度数 GHz の性能を有する素子構造が設計できた。

研究組織

研究代表者： 桑村 有司 (金沢大学・工学部・講師)

研究分担者： 山田 実 (金沢大学・工学部・教授)

研究経費

平成10年度 1,500千円

平成11年度 700千円

計 2,200千円

研究発表

(ア) 学会誌等

- 1) Minoru Yamada "Computer Simulation of Feedback Induced Noise in Semiconductor Lasers Operating with Self-Sustained Pulsation", IEICE Trans. Electron., Vol. E81-C, No. 5, pp. 768-780, 1998.
- 2) Moustafa Ahmed and Minoru Yamada "An Infinite Order Perturbation Approach to Gain Calculation in Injection Semiconductor Lasers", J. Appl. Phys., Vol. 84, No. 6, pp. 3004-3015, 1998.
- 3) Minoru Yamada "Theoretical Characterization of Feedback Induced Noise in a Self-Sustained Pulsation Laser", Proceedings of SPIE, Vol. 3419, pp. 388-398, 1998.
- 4) Haruhisa Takada, Minoru Yamada, Yasuhiro Yamane, and Moustafa Ahmed "A Bessel Function-Based Design Method of a Periodic Multireflection Optical Filter", Electronics and Communications in Japan, Part 2, Vol. 81, No. 10, pp. 19-29, 1998.
- 5) Yuji Kuwamura and Minoru Yamada, "Design and Fabrication of a Surface-Illuminated-Type Semiconductor Optical Modulator with Electron-Depleting Absorption Control", Electronics and Communications in Japan, Part 2, Vol. 81, No. 11, pp. 42-53, 1998.
- 7) Minoru Yamada "Theoretical Proposal for a Unidirectional Optical Amplifier", IEEE J. Q. E., Vol. 35, No. 2, pp. 147-152, 1999.
- 8) 桑村有司、西馬由岳、山田実、「多重量子井戸構造を用いた低電圧駆動平面型光変調器の設計」、電子情報通信学会誌 C-I, Vol. J82-C-I, No. 4, pp. 184-194, 1999.
- 9) 桑村有司、寺本誠、山田実、「半導体面型アレー光変調器の試作」電子情報通信学会誌 C-I, Vol. J82-C-I, No. 4, pp. 226-227, 1999.
- 10) Minoru Yamada, Yasuyuki Ishikawa, Shunsuke Yamamura, Mitsuharu Kidu, Atsushi Kanamori and Youichi Aoki "Experimental Characterization of the Feedback Induced Noise in Self-Pulsing Lasers", IEICE Trans. Electron., Vol. E82-C, No. 12, pp. 2241-2247, 1999.
- 11) Yuji Kuwamura, Yoshitake Nishiuma, and Minoru Yamada, "Design of a Surface-Illuminated-Type Semiconductor Optical Modulator with Multi-Quantum Well Structures" Electronics and Communications in Japan, Part 2, Vol. 83, 2000年出版予定.

(イ) 口頭発表

- (12)山田実、「戻り光雑音をほぼ完全に抑圧できる自励振動レーザ」、
電子情報通信学会技術研究報告、LQE98-10、pp. 55-60、1998年5月。
- (13)桑村有司、西馬由岳、山田実、「多重量子井戸構造を用いた低電圧駆動平面型光変調器の
設計」、電子情報通信学会技術研究報告、LQE98-13、pp. 73-78、1998年5月。
- (14)西馬由岳、桑村有司、山田実、「GaInPAs/InP 多重量子井戸構造を用いた面型光変調器の
設計」、第59回応用物理学会学術講演会、1998年9月。
- (15)石川靖之、山村俊輔、山田実、「自励振動レーザにおける電子数と光子数変化の関係」
第59回応用物理学会学術講演会、1998年9月。
- (16)Y. Kuwamura, M. Yamada, Y. Nishiuma, "A Transmission Type Plener-illuminated
Semiconductor Optical Modulator", Asian-Pacific Forum on Science and Technology",
p. 103, 1998年11月。
- (17)山村俊輔、石川靖之、山田実、「自励振動レーザの戻り光による電子数と光子数変化の関
係」、第46回応用物理関係連合講演会、28a-B-4、1999年3月。
- (18)斎藤雅之、M. Ahmed、山田実、「半導体レーザの量子雑音シミュレーション」
第46回応用物理関係連合講演会、28a-B-2、1999年3月。
- (19)山田実、「マイクロ波～光帯域で動作する進行波増幅器の提案」、
電子情報通信学会技術研究報告、LQE99-1、No. 80、pp. 1-8、1999年5月。
- (20)山村俊輔、石川靖之、木津光晴、金森淳、青木雄一、山田実、「自励振動レーザにおける
戻り光雑音特性の実験的評価」、電子情報通信学会技術研究報告、LQE99-7、No. 80、pp. 39-
44、1999年5月。
- (21)山村俊輔、岡本敬治、山田実、「高周波重畳半導体レーザにおける戻り光雑音の実験的考
察」、第47回応用物理関係連合講演会、29a-N-1、2000年3月。
- (22)川崎大輔、栗林博文、山田実、「極微小開口を持つDFBレーザを用いた光検出の提案」
第47回応用物理関係連合講演会、2000年3月。

(ウ) 出版物

- (23)菅野卓雄編集、「応用物理用語大事典」、オーム社、1998年4月。
- (24)山田実共執筆、「速読 光サイエンス辞典」、オプトエレクトロニクス社、1998年12月。