

Development of A Semiconductor Spatial Light Modulator

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-03-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Yamada, Minoru メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00057181

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



半導体空間光変調器の開発

(研究課題番号 08650047)

平成8～9年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))
研究成果報告書

平成10年3月

研究代表者 山田 実
(金沢大学工学部教授)

は し が き

本研究では、並列光コンピュータ用の空間光変調器の開発を目標として、パネル状の面型光変調器の開発を行った。この光変調器は、「直接遷移型半導体中の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またはp-i-n接合面近傍の空乏層厚を可変制御して透過光を強度変調することができる。本研究では、面型光変調器の特性向上と集積化を進め、光論理演算が実現可能な空間光変調器を開発することを第1の目的とした。

一方、光変調器や他の光機能素子は、光と電子との相互作用により動作する。従来までの技術で用いられてきた相互作用は光と電子双極子によるものであるが、本研究では新たに光と電子ビームによる相互作用を検討して、真空中の電子ビームや半導体中のホットエレクトロンを用いた光増幅器や光機能素子実現の可能性を理論的に検討することを第2の目的とした。

・研究成果の概要

1. 半導体空間光変調器の開発

1) 空間光変調器の試作

$p^+n^-n^+$:GaAs基本構造を19対積層した面型素子を縦6×横6、2次元配列した空間光変調器を試作した。図1(a)(b)は試作した光変調器に光を入射して透過してきた光をCCDカメラで観察した映像である。図(a)は無電圧時の映像で、白く見える四角い部分が1つの素子に対応する。図(b)はいくつかの素子に-7Vの電圧印加した場合で、光遮断となるため黒く変化し、「K」という文字を描くことができた。消光性能としては、-7Vの電圧で約10dBであった。

図1の変調器では、集積化した各素子への電気配線が施されていないことや各素子間の電気的絶縁性が悪いなどの実用化に向けての問題点があった。そこで、電気配

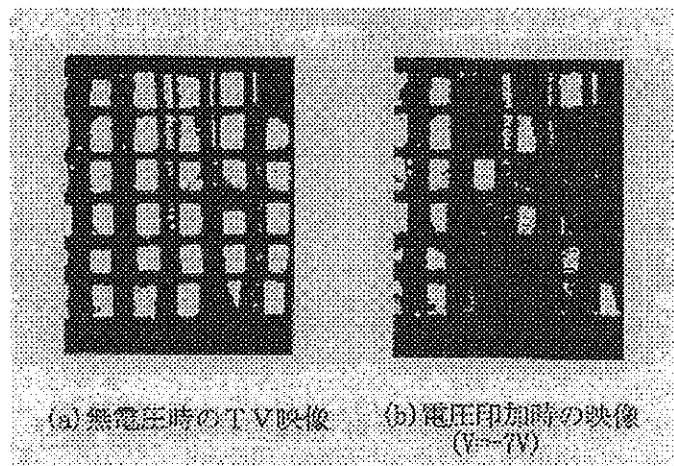


図1. 空間光変調器からの出射光映像

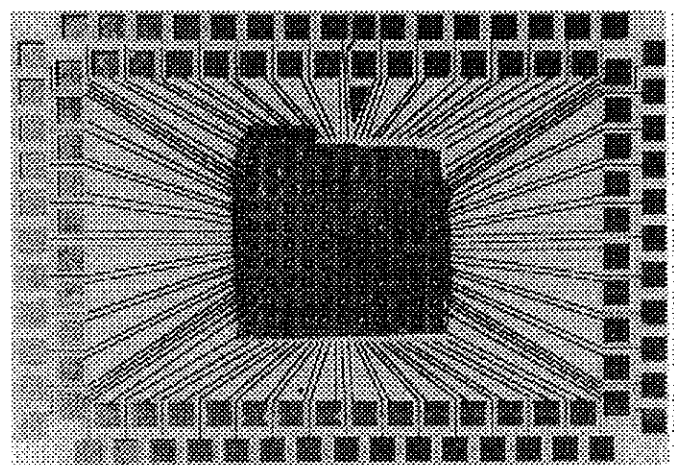


図2. 電気配線を含めて一体化した光変調器



線を含めて一体化するため、導電性透明膜を用いて配線パターンを施したガラス基板と素子を集積化した半導体基板とを張り合わせる方法で、空間光変調器を試作した。図2には試作した空間光変調器の表面写真を示す。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×横10の光変調素子が集積化してある。放射状の直線が各素子に電圧を加えるための電気配線であり、その先端部の電極パットから電圧を印加する。また、集積化に適した素子構造に改良して、動作電圧以上の-10V程度までは各素子間の電氣的干渉をなくして独立に各変調素子を動作させることができるようになった。しかしながら、埋め込み成長での成長不良が発生したため、7Vの電圧変化で50%程度の消光の素子が100個中30素子しか作製できなかった。今後の集積化の課題としては、2枚の基板の張り合わせ技術の確立と直径100 μm より小さな領域だけに選択的に結晶成長を行う選択成長技術の開発が重要となった。

2) 面型光変調素子の設計

素子設計においては、空乏層中で生じる①電子数変化、②スクリーニング効果による不純物準位のシフト、③電界効果の3つの現象を考慮し、低い駆動電圧で、高い消光比、低い挿入損を実現するための設計条件を再検討した。解析モデルとしては $p^+ \text{-AlGaAs/n}^+ \text{-AlGaAs/n-GaAs/n}^+ \text{-AlGaAs}$ 多層ヘテロ構造をM周期積層した素子構造で、横方向から電圧を印加する構造とした。この周期構造を $M=30$ 個程度積層した面型では、5Vの電圧変化で10dBの消光比が実現でき、動作速度は数百～数GHz程度まで高速化できることがわかった。

2. 進行波光相互作用の基礎研究

電子ビームにより光を一方向にのみ増幅する光増幅器の実現可能性を理論的に検討した。電磁界の一部が真空領域にしみ出す構造の光導波路に光を伝搬させて位相速度を下げ、真空領域を進行している電子ビームがこの光を励起する。特に電子の散乱が与える影響や光波と電子波の位相整合条件などについて、密度行列の手法を用いて解析し、増幅を得るための条件や利得定数を解析した。数値例としては、60Kボルトの電子加速により、5cmの相互作用で数～数十倍の光増幅が可能であることがわかった。

研究組織

研究代表者： 山田 実 (金沢大学・工学部・教授)
研究分担者： 桑村有司 (金沢大学・工学部・講師)

研究経費

平成 8 年度	1,800 千円
平成 9 年度	500 千円
計	2,300 千円

研究発表

(ア) 学会誌等

- 1) Y. Kuwamura, M. Yamada and S. Hashimoto, "Analysis of Operating Mechanism in Semiconductor Optical Modulator with Electron-Depleting Absorption Control", Electronics and Communications in Japan Part2, Vol.79, No.5, pp.12-23, 1996.
- 2) M. Ahmed, M. Yamada and Y. Yamane, "Method of Designing a Corrugated Optical Waveguide Filter", Optical Review, Vol.3, No.5, pp.345-350, 1996.
- 3) M. Yamada and Y. Yamane, "A Design Method for Dielectric Multilayer Optical Filters", Optical Review, Vol.3, No.6B, pp.512-517, 1996.
- 4) Y. Kuwamura and M. Yamada, "Analysis of Modified Franz-Keldysh Effect under Influence of Electronic Intraband Relaxation Phenomena", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.35, Part 1, No.12A, pp.6117-6125, 1996.
- 5) M. Yamada, A. Kanamori and S. Takayama, "Experimental Evidence of Mode Competition Phenomena on the Feedback Induced Noise in Semiconductor Lasers", IEICE Trans. Electron., Vol.E79-C, No.12, pp.1766-1768, 1996.
- 6) M. Yamada "Intensity noise in semiconductor lasers", International Journal of Optoelectronics, Vol.10, No.5, pp.409-415, 1996.
- 7) M. Ahmed and M. Yamada "Design Method for Optical Waveguide Filters Having Corrugation Structures by Corrugation Width Modulation", Optical Review, Vol.4, No.3 pp.402-407, 1997

- 8) 桑村有司、山田実「電子空乏化を用いた平面型半導体光変調器の設計および試作」電子情報通信学会論文誌 C-I, Vol.J81-C-I, No.2, pp.55-65, 1998.
- 9) M.Yamada, "A Theoretical Analysis of Quantum Noise in Semiconductor Lasers Operating with Self-Sustained Pulsation", IEICE Trans. Electron., Vol.E81-C, No.2, pp.290-298, 1998.
- 10) 高田晴久、山田実、山根康広、M.Ahmed「ベッセル関数を基本とした多重反射点を持つ光フィルタの設計方法の検討」電子情報通信学会誌 C-I, Vol.J81-C-I, 1998年出版予定.
- 11) M.Ahmed and M.Yamada, "A theoretical study on the perturbation expanded higher order nonlinear gain coefficients in injection semiconductor lasers", SPIE Proceedings, 1998年出版予定
- 12) M.Yamada, "Computer Simulation of Feedback Induced Noise in Semiconductor Lasers Operating with Self-Sustained Pulsation." IEICE Trans. Electron, 1998年出版予定

(イ) 口頭発表

- 13) 桑村有司、山田実 「電子緩和現象を考慮したフランツ・ケルディッシュ効果の解析」 電子情報通信学会技術研究報告、LQE96-31、pp.67-72、1996年6月18日
- 14) 山田実 「自励振動半導体レーザにおける量子雑音の理論解析」 第57回応用物理学学会学術講演会、7a-KH-5、1996年9月7日
- 15) 桑村有司、岡本信治、寺本誠、山田実 「電界効果を用いた2次元アレー面型光変調器」 1996年電子情報通信学会ソサイエティ大会、1996年9月
- 16) 桑村有司、山田実 「電子空乏化を用いた面型光変調器の設計」 第44回応用物理学関係連合講演会、28a-NE-6、1997年3月28日
- 17) M.Ahmed and M.Yamada "An Infinite Expansion of The Gain in Semiconductor Lasers" 第44回応用物理学関係連合講演会、30a-NG-1、1997年3月30日
- 18) 山田実 「一方向性光増幅器の理論的提案」 第44回応用物理学関係連合講演会、30p-NC-9、1997年3月30日
- 19) 石川靖之、金森淳、山田実 「自励振動レーザにおける戻り光雑音発生条件の実験的検討」 第44回応用物理学関係連合講演会、31a-NG-9、1997年3月31日

- 20)山田実 「自励振動レーザにおける戻り光雑音特性の理論解析」 第44回応用物理学関係連合講演会、31a-NG-10、1997年3月31日
- 21)石川靖之、金森淳、青木雄一、山田実 「自励振動半導体レーザにおける戻り光雑音特性」 電子情報通信学会技術研究報告、LQE97-1、pp.1-6、1997年5月12日
- 22)高田晴久、山田実、山根康広、M. Ahmed 「ベッセル関数を基本とした多重反射点を持つ光フィルタの設計方法の検討」 第58回応用物理学会学術講演会、2a-KH-5、1997年10月2日
- 23)石川靖之、山田実 「自励振動半導体レーザの雑音低減メカニズム」 第58回応用物理学会学術講演会、4a-ZC-8、1997年10月4日
- 24)M. Ahmed and M. Yamada "Theoretical study on the perturbation-expanded higher order non-linear gain coefficients in injection semiconductor lasers", Optoelectronics '98, [3283-55], 1998年1月29日
- 25)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」 第45回応用物理学関係連合講演会、29a-ZH-1、1998年3月29日
- 26)桑村有司、西馬由岳、山田実 「多重量子井戸構造を利用した面型光変調器の設計」 第45回応用物理学関係連合講演会、29a-SZL-27、1998年3月29日

(ウ) 出版物

なし