

Development of A Semiconductor Optical Modulator basing on Electron Depleting Absorption Control

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/10.24517/00057182

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



電子空乏化を用いた半導体光変調器の開発

(研究課題番号 06650051)

平成7年度科学研究費補助金（一般研究C） 研究成果報告書

平成8年3月

研究代表者 山田 実

（金沢大学工学部教授）

は し が き

1. 平面型光強度変調器の開発

1) 電子空乏化による光変調の理論解析:

電子空乏化による光吸収増加のメカニズムとしては電子数変化、スクリーニング効果、電界効果の3つの現象が関与しており、不純物濃度が低い時は主に電界効果、濃度が高くなると電子数変化やスクリーニング効果の影響で光吸収が増加することが確認できた。平面型素子の最適設計としては空乏層の濃度を低くして光吸収を増加させる方が望ましい。濃度を 10^{16} cm^{-3} まで低くすると20対のpn⁻接合で10dBの消光(電圧変化10V)が実現できることが理論的に確認できた。

また、電界効果の理論解析では、電子緩和効果を含めるために新たに「微視的な密度行列」を提案して従来の密度行列の手法を改良し、電界効果を解析した。電界がなくても光吸収端より低いエネルギー側で観測される「テイル」状の吸収特性は電子緩和効果によるものであることがわかった。また、本理論解析は実験データをかなり正確に記述でき、光変調素子設計のための基礎理論が確立できた。

2) 平面型光強度変調器の試作:

pn⁻n:GaAs基本構造を19個積層したEDAC変調素子を同基板上に縦6×横6個、2次元配列してアレ-状光変調器を試作した(図1)。これまでの2次元集積化技術の問題点としては、各素子間の電気的絶縁性が悪いことや複数の素子への電気配線方法が確立されていないことであった。素子間の電気的絶縁性を高くするため、機械的に溝を堀り素子間を電気分離するプロセス法の開発したり、使用する基板をCrドーフ⁺基板からn型基板に変えることなどで、素子間の抵抗を数百kΩまで高くすることができた。

一方、電気配線を行うプロセス技術として、不純物拡散法を用いて光変調器を作製

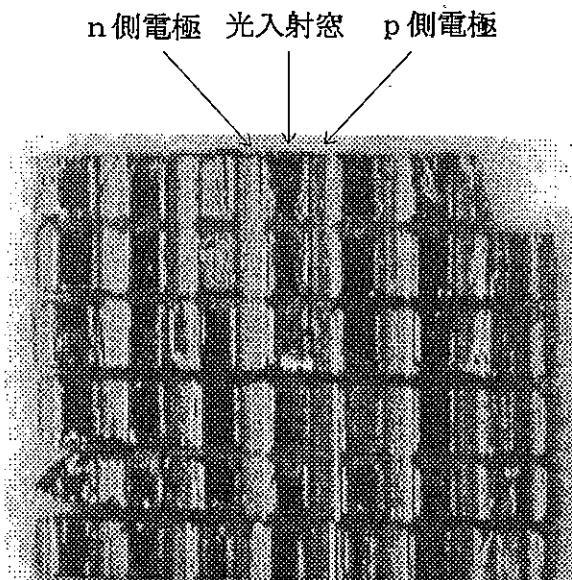


図1 2次元アレ-光変調器

8000-45021-6

する技術や電気配線を施しておいたガラス基板を別に用意し半導体基板に張り合わせる技術を開発した。不純物拡散を利用した光変調素子の消光特性としては5Vの電圧変化で60%程度の消光が確認できた。また、pn接合ダイオードを縦6×横12個2次元配列した半導体基板とガラス基板を張り合わせる方法で合計72個の素子への配線が可能となり、電気配線技術の基礎がほぼ確立できた。なお、当研究で開発した技術を利用して大規模集積化した平面型光変調器を試作することと、集積化した光強度変調器を用いて光論理演算の試行実験を行うことが今後の課題となる。

2. 共振型光変調器の検討

1) 電子空乏化による屈折率変化の理論解析：

1-1)で開発した電子緩和効果を含めた電界効果の解析手法を利用して屈折率変化を計算し、屈折率変化量や位相変調として利用可能な動作条件等が把握できた。

2) 共振型光変調器の設計

誘電体多層膜を用いて任意の波長特性をもつ光フィルタの設計法を提案した。さらに広い波長帯域で共振する光変調器の可能性について検討している。

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・助手）

研究経費

平成6年度	1,600千円
平成7年度	800千円
計	2,400千円

研究発表

(ア) 学会誌等

- 1) M. Yamada, "Variation of Intensity Noise and Frequency Noise with the Spontaneous Emission Factor in Semiconductor Lasers", IEEE J. Quantum Electron., Vol. 30, NO. 7, pp. 1511-1519, 1994
- 2) M. Yamada and T. Nakamori, "Intensity noise in micro-cavity semiconductor laser", SPIE Proceeding, Physics and Simulation of Optoelectronic Devices III, Vol. 2399, pp. 552-560, 1995
- 3) 山田実、桑村有司、「光スイッチの物理 - 半導体物性を中心に - 」光学、第24巻、第6号、pp. 312-317、1995
- 4) 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」電子情報通信学会論文誌、Vol. J78-C-I、No. 12、pp. 616-625、1995
- 5) M. Yamada, "Theoretical analysis of noise-reduction effect in semiconductor lasers by help of self-sustained pulsation phenomena", J. Appl. Phys., Vol. 79, No. 1, pp. 61-71, 1996

(イ) 口頭発表

- 6) Y. Kuwamura, M. Yamada and M. Shimizu "Operating mechanisms in a semiconductor modulator based on electron-depleting absorption control", Conference on Lasers and Electro-Optics, Anaheim, p. 149, May 8-13, 1994
- 7) M. Yamada and Y. Kuwamura "High Performance of Semiconductor Optical Switch/Modulator", International Symposium on Ultrafast and Ultra-Parallel Optoelectronics, Makuhari Messe, pp. 79-82, July 12, 1994
- 8) M. Yamada, A. Kanamori and S. Takayama "Evaluation of Noise Reduction Effect in Semiconductor Lasers Operating with Self-sustained Pulsation", International Conference on Integrated Optics and Optical Fiber Communication, Hong Kong, Vol. 3, p. 110 , June 26-30, 1995

- 9) 桑村有司、橋本晋、山田実 「電子空乏化を用いた半導体光変調器の動作機構」、電子情報通信学会技術研究報告、LQE94-1、pp. 1-6、1994年5月
- 10) 山田実 「自励振動半導体レーザの雑音低減メカニズムの理論解析」
電子情報通信学会技術研究報告、LQE95-3、pp. 13-18、1995年5月
- 11) 桑村有司、清水真、橋本晋、山田実 「電子空乏化を用いた半導体光変調器の動作機構解析II」 第55回応用物理学会学術講演会、20a-R-6、1994年9月20日
- 12) 金森淳、高山誓龍、山田実 「半導体レーザにおける反射戻り光雑音の実験的検討」 第42回応用物理学関係連合講演会、28p-ZG-7、1995年3月28日
- 13) 山田実 「自励振動半導体レーザの雑音低減化メカニズム」 第42回応用物理学関係連合講演会、28p-ZG-8、1995年3月28日
- 14) 山根康広、山田実 「誘電体多層膜フィルタの新設計法の提案」 第42回応用物理学関係連合講演会、30p-ZF-12、1995年3月30日
- 15) 山田実 「自励振動半導体レーザにおける戻り光雑音の抑圧条件」 第56応用物理学会学術講演会、26p-ZA-2、1995年8月26日
- 16) 山根康宏、山田実 「誘電体多層膜光フィルタの設計法の検討」 第56応用物理学会学術講演会、28a-SQ-4、1995年8月28日
- 17) 山田実 「多モード競合理論による自励振動半導体レーザの戻り光雑音の解析」 第43回応用物理学関係連合講演会、26a-ZG-2、1996年3月26日
(発表予定)
- 18) 高田、山根康宏、山田実 「層厚制御形光フィルタの設の検討」 第43回応用物理学関係連合講演会、27p-D-6、1996年3月27日 (発表予定)
- 19) 桑村有司、山田実 「電子緩和効果を考慮したフランツ・ケルディッシュ効果の解析」 第43回応用物理学関係連合講演会、27p-D-14、1996年3月27日 (発表予定)

(ウ) 出版物

- 20) Y. Suematsu, A. R. Adams, M. Yamada et al., "Handbook of Semiconductor Lasers and Photonic Integrated Circuits", Chapman & Hall, 分担出筆（担当箇所 Chap. 6, pp. 195-235) 1994
- 21) 伊賀健一、山田実 他、「半導体レーザ」オーム社、分担出筆（担当箇所 第6章、pp. 133-153) 1994
- 22) T. Sueta, T. Okoshi, M. Yamada et al., "Ultrafast and Ultra-parallel Optoelectronics", Ohmsha, John Wiley & Sons, 分担出筆（担当箇所 Chap. 7. 4, pp. 400-409) 1995