

集束イオンビーム打込み技術を用いて製作した AlGaAs 多重量子井戸レーザ



研究ノート

中島尚男*

1. はじめに

非常に薄い異った半導体層を積み重ねた超格子 (SL) あるいは多重量子井戸 (MQW) 構造は、特徴ある性質を示し、高性能の素子への応用が考えられている。実際、MQW構造は半導体レーザの活性層に用いられ、しきい電流密度の低減が実現されている。ところがこのSLあるいはMQW構造はZn, Si, S等の拡散やイオン打込み後の熱処理によって比較的低温で簡単に壊れてしまう¹⁻³⁾この無秩序化現象はSLやMQW構造を素子に適用する際、大きな障害となる様に思われる。しかしながら、この無秩序化現象を利用すると、屈折率導波型MQWレーザが簡単に作製できることが、筆者等によって示された⁴⁾。それ以後、多くの類似のMQWレーザが作られたが、その中で集束イオンビーム打込み技術を用いる方法は⁵⁾光素子と電子素子との集積化に利用できる等多くの可能性を持っているので、ここで紹介する。

2. 屈折率導波型AlGaAs MQWレーザの製作

集束イオンビーム打込み技術と無秩序化現象を利用すると、通常素子製作に必要なフォトリソ工程を避けることができる。図1に屈折率導波型AlGaAs MQWレーザの製作工程を示す。このレーザは埋込みMQW光導波路を持つMQWレーザで、MQW-BOGレーザと呼ばれる。

最初、分子線成長 (MBE) 法により、図1

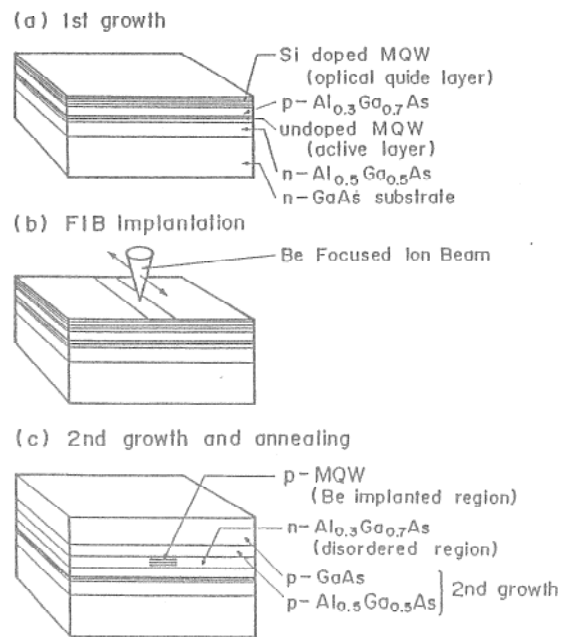


図1 Be集束イオンビーム打込み技術を用いたMQW-BOGレーザの製作工程

(a)の構造を作る。すなわち、 $n\text{-Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ クラッド層、アンドープMQW活性層 (4個の9nm GaAs井戸と5個の6nm $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 障壁から成る)、 $p\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 光導波層およびSiドープMQW光導波層 (15個の7nm GaAs井戸と16個の7nm $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 障壁から成る) を成長する。次に図1(b)の様にBe集束イオンビームをストライプ状に打込む。その後図1(c)の様に再びMBEで $p\text{-Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ クラッド層と $p\text{-GaAs}$ 層を成長し、さらに850°C、60分間熱処理をする。

この熱処理により、ストライプ領域以外のMQW光導波層はSiの拡散により無秩序化が起り、平均的な組成のAlGaAs層となる⁶⁾。Beをイオン打込みしたストライプ領域では、BeのためSiの拡散が抑制され、無秩序化が起らず、MQ

*中島尚男 (Hisao NAKASHIMA), 大阪大学産業科学研究所, 電子科学研究部, 教授, 工学博士, 半導体工学

W構造が保たれる。このためMQW構造がAlGaAsで埋込まれたことになり、光導波路が活性層の上に形成される。MQW層の屈折率は平均的組成のAlGaAs層の屈折率より大きいいため、このMQW光導波路によってレーザの横モードが制御される。加えて、ストライプ領域の外側はpnpn構造となっているため電流が流れず、ストライプ領域のみ電流が集中する。この製作工程は完全にプレーナ・プロセスであり、ウェーハの任意の場所にMQW-BOGレーザを作ることができるので、半導体レーザと他の素子とを集積化するのに便利である。

3. MQWレーザの特性

パルス動作での光出力と電流の関係を図2に

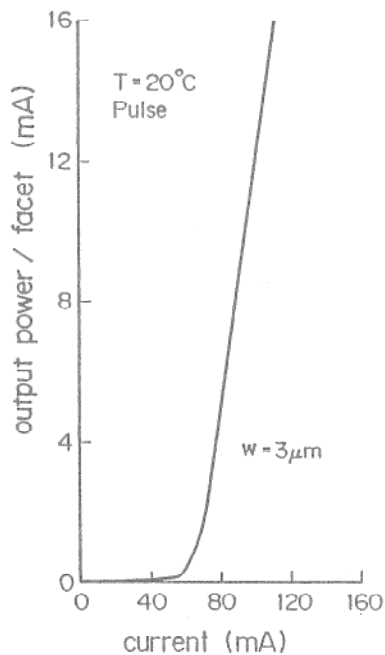


図2 MQW-BOGレーザの光出力と電流の関係

示す。この光出力と電流の関係は約20mWまで直線的であり、しきい電流値はストライプ幅 $3\mu\text{m}$ で65mAである。幾分しきい電流値が高いのは、ストライプ領域の外を流れる漏洩電流のためと考えられる。

接合に平行な遠視野像を図3に、近視野像を図4に示す。これ等から、MQW-BOGレーザが単一基本横モードで発振していることが分かる。発振波長は833nm位であり、単一縦モードで発振する。以上のことを考えると、このMQ

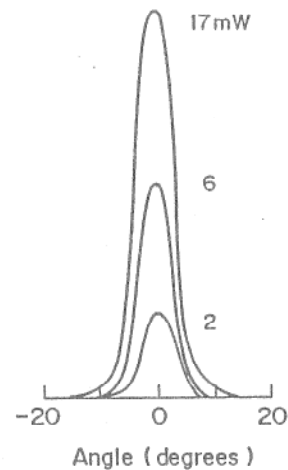


図3 MQW-BOGレーザの接合に平行な遠視野像

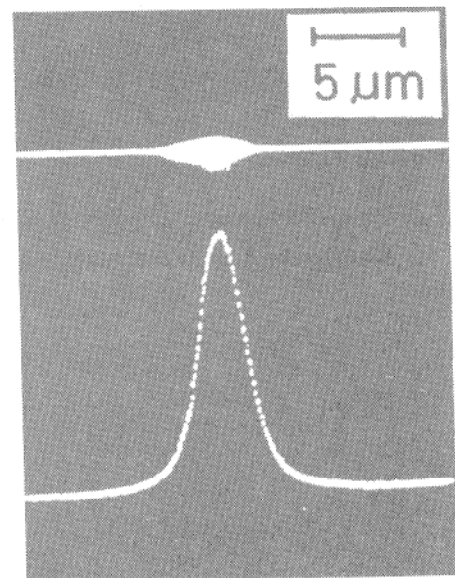


図4 MQW-BOGレーザの近視野像

W-BOGレーザは屈折率導波型であると結論することができる。

4. おわりに

以上述べてきた様に、集束イオンビーム打込み技術は無秩序化現象と合せて使用すると、半導体レーザを作る上で非常に便利な技術である。半導体レーザを作るだけでなく、うまく設計するとサブミクロンのグレーティング構造をMQW層に作ってやることもできる。したがって、特に難しい技術を用いなくとも、DFBレーザがウェーハの任意の場所にできることになる。この他にもまだまだ応用が考えられる。通常のMBE法によると、ヘテロ界面はウェーハの表面

と平行には形成できるが、垂直には形成できない。この方法を用いると、それが可能であり、夢の量子細線、量子箱を実現することができるかもしれない。

本研究は筆者が光技術共同研究所にいた時行ったものであり、一緒に研究をした諸氏にこの場で謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) W.D. Ladig, N.Holonyak, Jr., M.D. Camras, K.Hass, J.J.Coleman, P.D.Dapkus, and J. Bardeen, Appl. Phys. Lett, 38, 776 (1981).
- 2) J.J. Coleman, P.P. Dapkus, C.G. Kirkpatrick, M.D. Camras, and N. Holonyak, Jr., Appl. Phys. Lett, 40, 904 (1982).
- 3) E.V.K. Rao, H. Thibierge, F. Brillouet, F. Alexandre, and R. Azoulay, Appl. Phys. Lett. 46, 867 (1985).
- 4) T. Fukuzawa, S. Semura, T. Ohta, Y.Uchida, and H. Nakashima, Appl. Phys. Lett. 45, 1 (1984).
- 5) K. Ishida, T. Takamori, K. Matsui, T. Fukunaga, T. Morita, E. Miyauchi, H.Hashimoto, and H. Nakashima, Jpn. J. Appl. Phys.25,L783 (1986).
- 6) J. Kobayashi, M. Nakajima, Y. Bamba, T. Fukunaga, K. Matsui, K. Ishida, H. Nakashima and K. Ishida, Jpn. J. Appl. Phys. 25, L385 (1986).
- 7) J. Kobayashi, M. Nakajima, T. Fukunaga, T. Takamori, K. Ishida, H. Nakashima, and K. Ishida, Jpn. J. Appl. Phys, 25, L736(1986).
- 8) K. Ishida, E. Miyauchi, T. Morita, T. Takamori, T. Fukunaga, H. Hashimoto, and H. Nakashima, Jpn. J. Appl. Phys. 26, L285 (1987).
- 9) H. Nakashima and K. Ishida, Optoelectron,— Devices and Technal.— 2, 235 (1987).