

最近の技術から

Br₂ ガス RIE によるエッチドミラーレーザー

辻井 平明・大仲 清司・柴田 淳

松下電器産業(株)光半導体研究所 〒570 守口市八雲中町 3-15

1. はじめに

InGaAsP/InP 系半導体レーザーは、1.3 μm 帯の光伝送システムの光源として実用化されている。さらに同一基板上に半導体レーザーとトランジスタを集積した OEIC (光電子集積回路) を開発する試みが行なわれている¹⁾。

現在開発が進められている OEIC の多くはチップサイズの一边が半導体レーザーの共振器長 (250~350 μm) により制限されているため、チップサイズに自由度がなく高集積化がむずかしいという課題がある。高集積化、多機能化を実現していくためには、へき開によらず高い歩留りで共振器ミラー面を形成する必要がある。そのための方法として、①ウエットエッチング法²⁾、②ドライエッチング法³⁻⁵⁾、③マイクロクリーブ法⁶⁾等が試みられている。

このうちドライエッチングによる方法は、エッチング面の結晶方位による依存性が小さいことから OEIC への応用を考えた場合最適であると考えられる。今回エッチングガスとして、新たに Br₂ を用いるリアクティブイオンエッチング (RIE) によりエッチング溝を形成し、エッチングミラーレーザーを試作した。さらに溝により分離された他方をホットディテクタとして用いることにより、半導体レーザーの光出力モニタ用のダイオードを形成した。ここでは InP のドライエッチング、素子の作製、および試作した素子の特性について述べる。

2. InP のドライエッチング

従来、InGaAsP/InP 系のドライエッチングは、Ti³⁾ または TiO₂⁵⁾、SiO₂⁴⁾ をマスク材として塩素系のガスを主成分としたエッチングガスを用いていたが、マスク材とエッチング速度の選択性は (CCl₄+O₂)/SiO₂ で 4.3⁴⁾ (Cl₂+Ar)/TiO₂ で 10⁵⁾ と十分とはいえなかった。今回、エッチングガスとしては、従来の Cl 系のガスにかえて Br 系のガスを用いたところ、Br₂/Ti で 59 と大幅に改善できた。エッチング中の圧力を変化させて各素材

のエッチング速度を調べた結果を図 1 に示す⁷⁾。実験に用いた RIE 装置は、通常の平行平板型である。InP のエッチング速度は、マスク材として考えられる SiO₂、Ti、TiO₂、Si₃N₄ 等より十分大きなエッチング速度が得られており、Br₂ ガスがエッチングガスとして適していることがわかる。

RIE を用いてエッチングミラーを形成する場合、重要となるのは、①エッチングマスク材の加工が容易、②InP とのエッチング選択比が大きい、③エッチング面がスムーズである等である。エッチングガスイオンによりマスク材もエッチングされるためエッチング面の垂直性は、用いるマスク材のパターンエッジの垂直性により決まる。したがって、マスク材として用いる材料は垂直性よく加工できなければならない。加えて、マスク材のパターンエッジに凹凸がなく直線性にすぐれている必要性がある。われわれは、マスク材料として Ti を用い、その加工にはホットレジストでパターンを形成し、CCl₄ をエッチングガスとして同じ RIE 装置にて行なった。なお、Ti 膜の除去は、HF: NH₄F=1:10 のエッチング液を用いることにより容易にできる。

3. 素子の製作

今回試作した素子は図 2 に示すように、InP を用いた BHLD (buried heterostructure laser diode) 構造に、Br₂ をエッチングガス、Ti をマスク材とした RIE により、幅 2 μm の垂直性のよい溝を形成しエッチングミラーとして、一方を半導体レーザー (LD)、他方をホットディテクタ (PD) とした構造である。図 3 に素子のプロセスフローを示す。エッチング溝の深さは今回製作した素子で 6.8 μm であり、これは、素子間分離を行なうため InP 基板まで溝を到達させる必要があるからである。なお LD と PD の他方の面はへき開により形成した。試作したレーザーの共振器長は、250~350 μm である。

4. 素子特性

試作したレーザーの閾値電流は、35 mA、外部微分量

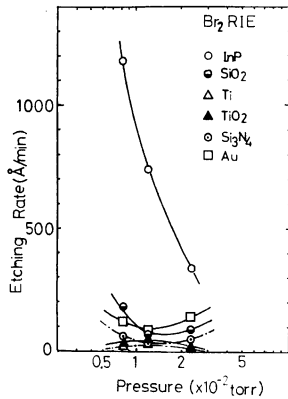


図 1 Br₂ RIE によるエッチング速度

子効率は、13% が得られた。ホットディテクタの感度を調べるために、レーザーに電流を流し光パワーメーターにて発光出力をモニターすると同時にホットディテクタに流れる電流を測定した。その結果を図 4 に示す。レーザー出力 5 mW 以上まで良好な直線性が得られており、レーザー出力を精度良くモニターすることができる。受光感度は、0.49 A/W という従来より大きな値が得られた。受光感度が大きくできた原因としては①LD-PD 間が 2 μm と小さいこと、②エッチングミラー面の反射率が小さいため PD 側の光出力が他方に比べて大きいことが考えられる。なおレーザーとホットディテクタの素子間分離は 1 MΩ 以上であった。

5. おわりに

Br₂ ガスをエッチングガスに用いた RIE により Ti をマスクとして、InP との選択比が 59 であることを示し、この組合せがレーザーのエッチングキャビティを製作するのに有効であることを示した。

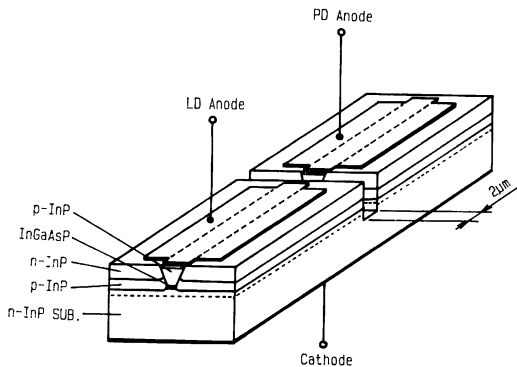


図 2 試作した素子の構造

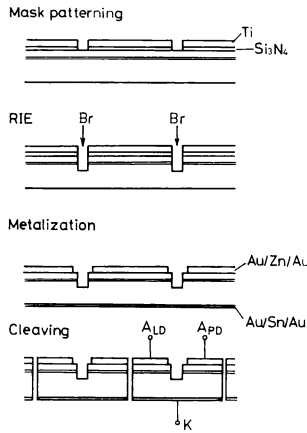


図 3 素子作製のプロセスフロー

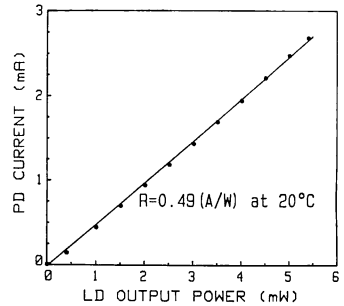


図 4 ホットディテクタの受光特性

BHLD にエッチングミラーを形成し、閾値電流 35 mA, 光出力 5~10 mW の半導体レーザーと受光感度 0.49 A/W のホットディテクタとで、素子間分離抵抗 1 MΩ 以上をもつ半導体レーザー・ホットディテクタモノリシック一体化素子を試作した。この技術は OEIC のチップサイズの自由度を増すとともにモニタホットディテクタを集積することができ、今後の OEIC の高集積化、多機能化にきわめて重要であると考えられる。

文 献

- 1) J. Shibata, I. Nakao, Y. Sasai, N. Hase and H. Serizawa: "Monolithic integration of an InGaAsP/InP laser diode with heterojunction bipolar transistors," *Appl. Phys. Lett.*, **45** (1984) 191.
- 2) S. Adachi, Y. Noguchi and H. Kawaguchi: "Use of HBr-CH₃COOH-K₂Cr₂O₇ etchant to etched-mirror laser," *J. Electrochem. Soc.*, **129** (1982) 1524.
- 3) L. A. Coldren, K. Iga, B. I. Miller and J. A. Rentschler: "GaInAsP/InP stripe-geometry laser with a reactive-ion-etched facet," *Appl. Phys. Lett.*, **37** (1980) 681.
- 4) O. Mikami, H. Akiya, T. Saitoh and H. Nakagome: "CW operation of 1.5 μm GaInAsP/InP buried-heterostructure laser with a reactive-ion-etched facet," *Electron. Lett.*, **19** (1983) 213.
- 5) H. Saito, Y. Noguchi and H. Nagai: "CW operation of 1.5 μm GaInAsP/InP buried-heterostructure laser with a reactive-ion-etched facet," *Electron. Lett.*, **21** (1985) 748.
- 6) H. Blauvelt, N. Bar-Chaim, D. Fekete, S. Margalit and A. Yariv: "AlGaAs lasers with micro-creaved mirrors suitable for monolithic integration," *Appl. Phys. Lett.*, **40** (1982) 289.
- 7) T. Terashige, K. Ohnaka, J. Shibata and T. Kajiwara: "An etched facet InGaAsP/InP buried-heterostructure laser fabricated by a Br₂-reactive-ion-etching," *Optoelectron. Conf. (OEC), B11-1* (1986).

(1987年8月31日受理)