## 選択的絶縁体クラッド層を有するリッジ型半導体レーザー Ridge-Type Semiconductor Laser with Partially Formed Insulating Cladding Layer 立命館大学大学院 理工学研究科 <sup>O</sup>大島 光則, 沼居 貴陽 Grad. School of Sci. & Eng., Ritsumeikan Univ., <sup>O</sup>Mitsunori Oshima and Takahiro Numai E-mail: numai@se.ritsumei.ac.jp

I. はじめに エルビウムドープ光ファイバー増幅器 の励起用光源である発振波長980 nmのリッジ型半導 体レーザーとして,絶縁体から構成される選択的反 導波クラッド層を設けた構造を提案した[1].さらに, 高光出力と低発振しきい電流の両立を目指して,ク ラッド層の一部を絶縁体とした構造を提案した[2].

今回,作製が容易な構造として,選択的反導波ク ラッド層を設けず,選択的絶縁体クラッド層の層厚 を大きくした構造を提案する.シミュレーションの 結果,キンクフリー動作が得られるとともに,光出 力が向上する見通しを得たので報告する.

**II.** シミュレーション Fig.1(a), (b)にメサ周辺の断面模式図を示す. クラッド層のうち赤色の領域をSiN<sub>x</sub>(屈折率 $n_r$ =3.424)とし、二つの絶縁体クラッド層間の距離sをパラメータとして、シミュレーションをおこなった.メサの形状はsの値によって変わり、 $s < 3.3 \mu m$ の場合は逆メサ、 $s = 3.3 \mu m$ の場合は矩形メサ、 $s > 3.3 \mu m$ の場合は順メサとなる.

絶縁体クラッド層の厚さ $t_1$ ,  $t_2$ はどちらも 0.05 $\mu$ m  $\leq t_1$ ,  $t_2 \leq 0.3 \mu$ m とした. なお,メサの高さを変化させた場合には $t_1$ が,変化させていない場合には $t_2$ が,それぞれ絶縁体クラッド層の厚さである.メサの高さは, Fig.1(a)では 1.55 +  $t_1$  ( $\mu$ m), Fig.1(b)では 1.60  $\mu$ m である.

Fig.2(a), (b)は, 注入電流  $I \le 3$  A の範囲でキンクフ リー動作が得られた条件, すなわち絶縁体クラッド 層間の距離 s と絶縁体クラッド層の厚さ  $t_1$ ,  $t_2$ の組合 せを示している. パラメータはメサの形状であり,  $\blacktriangle$ は順メサ,  $\blacksquare$ は矩形メサ,  $\checkmark$ は逆メサをそれぞれ 示している. Fig.2(a), (b)は, それぞれ Fig.1(a), (b) の構造におけるキンクフリー動作が得られた条件に 対応している.

Fig.2(a), (b)から, キンクフリー動作を得るために は,絶縁体クラッド層間の距離 sが大きいほど,絶 縁体クラッド層の厚さ  $t_1$ ,  $t_2$ の値を大きくする必要が あることがわかる.

また, *s*, *t*<sub>1</sub>, *t*<sub>2</sub>の値が大きいほど,注入電流 *I*=1A における光出力 $L_{1A}$ とエネルギー変換効率 $\eta$ が向上し た.光出力 $L_{1A}$ は, *t*<sub>2</sub>=0.25 µm, *s*=6.0 µm において 最大値 540.7 mW をとり,エネルギー変換効率 $\eta$  は, *t*<sub>2</sub>=0.25 µm, *s*=5.0 µm において最大値 28.5 %となっ た.これらの値は,文献 2 の 521.3 mW, 26.3 %より もそれぞれ 19.4 mW, 2.2 ポイント向上した.注入電 流 *I*=3 A における光出力 $L_{3A}$ は, 0.10µm  $\leq t_1$ , *t*<sub>2</sub>  $\leq$  0.3 µm においては*s*, *t*<sub>1</sub>, *t*<sub>2</sub> の増加に伴って向上した.一 方,発振しきい電流 *I*<sub>th</sub>は, 0.10µm  $\leq t_1$ , *t*<sub>2</sub>  $\leq$  0.30 µm において*s*, *t*<sub>1</sub>, *t*<sub>2</sub> の増加に伴って増大し, *L*<sub>3A</sub> と *I*<sub>th</sub> はトレードオフの関係にあることがわかった.光出 力 $L_{3A}$ の最大値は, *t*<sub>1</sub>=0.25 µm, *s*=6.0 µm において, 文献2の1.34 Wよりも0.1 W大きな1.44 Wをとった. 一方, 1.0  $\mu$ m  $\leq s \leq 2.0 \mu$ m でもキンクフリーとなった 0.05 $\mu$ m  $\leq t_1$ ,  $t_2 \leq 0.10 \mu$ m においては, 文献 2 と同様 に *s* が小さいほど *L*<sub>3A</sub> は大きくなった. また, 発振し きい電流 *I*<sub>th</sub> は, *s* = 1.0  $\mu$ m,  $t_1 = t_2 = 0.10 \mu$ m において 最小値 42.9 mA となり, 文献 2 の 43.0 mA よりも 0.1 mA 減少した.

**III. まとめ** 作製が容易な構造として、クラッド層の一部を SiN<sub>x</sub>(屈折率  $n_r = 3.424$ )としたリッジ構造を提案した.シミュレーションをおこなったところ、提案構造において、キンクフリー動作を維持した状態で、光出力が向上する見通しを得た.



Fig.1 Schematic cross-sections of the ridge structures with partially formed insulating cladding layers.



Fig.2 Kink-free conditions in injected current  $I \leq 3A$  with the mesa shape as a parameter.

## 謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(C) 24560429, 2014の助成を受けたものである.

## 参考文献

[1]大島光則, 沼居貴陽, 2013 年第 74 回応用物理学会秋季 学術講演会 16p-A8-8

[2]大島光則, 沼居貴陽, 2014 年第 61 回応用物理学会春季 学術講演会 18p-F9-2