接合イオンスライス LiNbO3 結晶におけるプロトン交換増速エッチング によるリッジ光導波路の作製・評価およびデバイス応用 Fabrication, evaluation and device application of ridge waveguide in bonded ion-sliced LiNbO3 by proton-exchange accelerated etching ^の田中 圭祐, 栖原 敏明(阪大院工) [°]Keisuke Tanaka and Toshiaki Suhara (Grad. Sch. Eng., Osaka Univ.)

E-mail: ktanaka@ioe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

顕著な非線形光学特性を有する LiNbO₃(LN)に強光閉じ込め導波 路構造を形成することで,高効率な波長変換デバイスを実現できる. 本研究では低損失強閉じ込め導波路の有効な作製法として,LN 結 晶の Li+⇔H+プロトン交換(PE)部において化学的エッチング速度が増 加するプロトン交換増速エッチング法^[1]をイオンスライス結晶^[2,3]に適 用し,微細リッジ導波路の作製・特性評価を行った^[4,5].

等価屈折率法により BCB クラッド層/イオンスライス LN 導波層 (0.67µm)/SiO₂ バッファ層(1.65µm)/Au 電極層/LN 基板で構成されるリ ッジ導波路の伝搬特性を求めた. リッジ高さ・幅を 0.40 µm, 1.00 µm と し, 波長を 1.55 µm とした場合の TM/TE モードの実効屈折率は 1.87, 2.00 であり, 金属層による損失は<0.01 dB/cm であることが分かった.

作製プロセスの概略図を Fig. 1 に示す. イオンスライス LN(0.67µm) /SiO₂(1.65µm)/Au(0.10µm)/LN(0.50mm)(*NANOLN* 社製)上に電子ビ ーム描画によりレジストパターンを形成し, Cr 膜を堆積し, リフトオフ法 により PE・エッチングマスク(幅 1.0 µm)を形成した. 200°C 溶融安息香 酸中で PEを1.2 h 行い, フッ硝酸エッチングを30 min 行った結果, Fig. 2 のように高さ 0.40 µm の対称かつ滑らかなリッジ構造が得られた.

この薄膜結晶リッジ導波路(伝搬長 5 mm)に対し,端面結合法により 波長1.55 µmの垂直/水平偏波光を結合し,TM/TE 導波モードを観測 した.近視野像を Fig. 3 に示す.TM/TE 導波モードの半値全幅はそ れぞれ厚さ方向1.7 µm/1.8 µm,幅方向2.8 µm/2.6 µm であり,Ti 拡散 導波路や APE 導波路と比較してはるかに強い光閉じ込めが得られた. 試料温度を走査し,ファブリ-ペロー法による伝搬損失測定を行った. TM 導波モードにおける透過光強度の試料温度依存性を Fig. 4 に示 す.伝搬損失はそれぞれ約6 dB/cm(TMモード),約7 dB/cm(TEモー ド)であることが分かった.これは断面積0.7 µm²の強閉じ込めリッジ導 波路としては比較的低損失といえる.

これまでイオンスライス LN 結晶への QPM 用周期 3.5 μm 分極反転 構造形成に成功しており(Fig. 5), 現在では波長 1.55 μm 用リッジ導波 路型 SHG デバイスの試作・特性評価を行っている.

[1] T. Takaoka, M. Fujimura, and T. Suhara: Electron. Lett., **45** (2009) 940. [2] P. Rabiei and P. Günter: Appl. Phys. Lett., **85** (2004) 4603. [3] 田中圭祐, 栖原敏明: レーザー研究, **41** (2013) 1022. [4] 田中, 栖原, 第 62 回応用物理学会春季学術 講演会, 13a-A13-6, 2015. [5] K. Tanaka and T. Suhara: The 11th Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, 2611-5, Busan, Aug. 2015(発表予定).







Fig. 2. SEM photograph of cross section of LN ridge waveguide.



(a) TM mode (b) TE mode Fig. 3. Near field patterns of guided waves $(\lambda = 1.55 \mu m)$.



Fig. 4. Transmitted light intensity versus temperature of waveguide (TM mode).



Fig. 5. DI structures in ion-sliced LN (+Z face, after etching).