18a-F8-6

表面活性化接合/イオンスライス/イオンエッチングによる MgO:LiNbO3薄膜結晶リッジ導波路の作製

MgO:LiNbO₃ thin film ridge waveguides fabricated by surface-activated bonding, ion slice and etching 版大院工 ⁰田中圭祐, 栖原敏明

Graduate School of Engineering, Osaka University, [°]Keisuke Tanaka and Toshiaki Suhara E-mail: ktanaka@ioe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

光損傷耐性に優れ,顕著な非線形光学効果を有する MgO:LiNbO₃(MgO: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 することができる.本研究では金属接合層表面活性化接合^[1]と,結晶表面にイオ ンを注入し薄膜結晶を剥離させるイオンスライシング法^[2]により MgO:LN 薄膜結晶 を形成し,不活性ガスを用いたイオンビームエッチング(IBE)を行うことで微細リッジ 導波路を作製し,その特性評価を行った.

等価屈折率法を用いてリッジ導波路の伝搬特性を求めた. 薄膜結晶の厚さを 0.7 µm, リッジ高さ・幅をそれぞれ 0.5 µm, 1.5 µm とし, 入射光波長が 1.55 µm の 場合を考え, 上部クラッド層, SiO₂バッファ層(膜厚 0.7 µm), 金属接合層(Au)の屈 折率をそれぞれ 1.55, 1.45, 0.559-9.81i としたところ, TM₀₀ モードの実効屈折率は 1.90 となった. 金属層の存在により伝搬損失が生じるが, SiO₂ バッファ層の膜厚を 0.7 µm 以上にすることで, 3.0 dB/cm 以下に抑えることができる. この条件下では TM₀₁, TM₁₀, TM₁₁モードも伝搬するが, SiO₂ バッファ層の膜厚が 0.7 µm である場 合, これらの伝搬損失は 10 dB/cm 以上と非常に大きくなる.

1 mm^t Z-cut MgO:LN の-Z 面に, He⁺(加速電圧: 200 kV, 入射角: 0°, Dose: 4× 10¹⁶ ions/cm²)を注入し, SiO₂バッファ層(t_h=0.7 µm)を RF スパッタリングにより堆積 した. この結晶と別の MgO:LN に対し Cr/Au 薄膜(20 nm/100 nm)接合層を真空蒸 着により堆積した. 次に加速電圧 2.0 kV, 電流 100 mA の Ar 高速原子ビームを 1 min 照射し、Au 層表面を活性化させ、40 kgw/cm² 圧力下での熱処理により、直 接接合した. 赤外線放射により, N2中, 昇温速度 2.5 ℃/sec, 到達温度 300 ℃の 熱処理を行い, イオンスライシングによる薄膜結晶剥離を行った^[3]. O, 中, 450℃ のアニール処理を行った後,薄膜結晶上に膜厚 1.2 μm の SiO2マスク層を RF ス パッタリングにより堆積し、さらにその上に、電子ビーム直接描画により開口幅 1.5 µm のレジスト(ZEP-520A)ストライプを形成した. 膜厚 0.2 µm の Cr を真空蒸着 により堆積し、リフトオフ法により SiO,マスク層上にパターニングした. その後 RIE により上部 SiO,層をエッチングし、Cr/SiO,IBE 用マスクパターンを形成した. Ar ガ スを用いた加速電圧 500 V、イオン電流密度 1.2 mA/cm²の IBE により MgO:LN 薄 膜結晶をエッチングし, 高さ0.5 μm のリッジ導波路を作製した. アンダーカット抑制 のため IBE の際には試料を導波路方向に約45°傾けた.リッジ導波路端面の SEM 観察結果を Fig.2 に示す. 両側の隆起はエッチング生成物の再堆積によるものと 思われる. 導波路の保護及び対称性改善のため薄膜結晶上にベンゾシクロブテン (屈折率 ~1.55)を塗布し, 上部クラッド層とした. この薄膜結晶リッジ導波路(導波 路長 1.8 mm)に対し,端面結合法により波長 1550 nm の垂直偏波光を結合し,倍 率 100 倍, 開口数 1.30 の対物レンズを用いて IR ビジコン上に結像し, TM 導波モ ードを観測できた. 観測した近視野像を Fig.3 に示す. 光強度の半値全幅は厚さ 方向約 1.0 μm, 幅方向約 2.0 μm であった. 伝搬損失をファブリペロー法^[4]により 求めたところ、4~7 dB/cm という結果となった.



Fig.1 MgO:LN thin film ridge waveguide.



Fig.2 SEM photographs of cross section of MgO:LN waveguide.



Fig.3 Measured intensity distribution of guided wave (λ =1550 nm, TM mode).

[1]M. Okazaki, T. Chichibu, S. Yoshimoto, T. Inoue, and T. Suhara: IEEE Photon. Technol. Lett., **23** (2011) 1709. [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]R.Regener and W. Sohler: Appl. Phys. B, **36** (1985) 143.