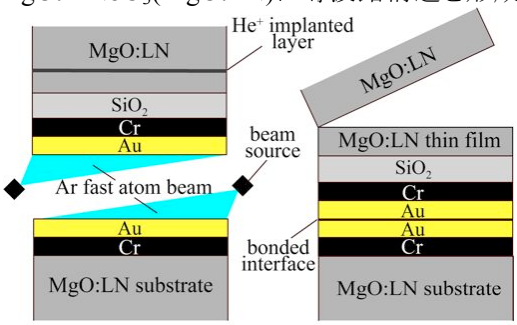
29a-B3-1

表面活性化接合とイオンスライシングによる MgO:$LiNbO_3$ 薄膜結晶導波路の作製

Fabtication of MgO:$LiNbO_3$ thin-film optical waveguides by surface-activated bonding and ion-slicing

阪大院工　○田中圭祐，栖原敏明
Graduate School of Engineering, Osaka University, ○Keisuke Tanaka, 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:$LiNbO_3$(MgO:LN)に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。薄膜結晶で構成される高屈折率差導波路は、Ti 拡散導波路、アニールプロトン交換導波路よりもはるかに強い常光/異常光の閉じ込めを可能にするので、さらなる高効率化、小型化、高機能化が期待できる。Fig.1 のように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]を組み合わせることによって、MgO:LN 薄膜結晶導波路を作製し、特性評価を行った。



(a) Activation of surfaces by Ar fast atom beam　(b) Direct bonding and crystal film slicing

Fig.1 Fabrication of MgO:LN crystal thin-film waveguide

SRIM(The Stopping and Range of Ions in Matter)を用いてイオン注入のシミュレーションを行った。LN 表面に加速電圧 300 kV の He イオンを入射角 0 °で注入すると、深さ約 1 μm においてイオン密度が最も高くなることが分かり、その深さにおける剥離によって厚さ約 1 μm の薄膜結晶が得られると予測される。この薄膜結晶を導波層、空気層・SiO_2 バッファ層を低屈折率層とし、光波長λを 1550 nm とする場合、TE_0/TM_0、TE_1/TM_1 モードが伝搬可能となる。金属層による導波光伝搬損失の SiO_2 バッファ層膜厚 t_b 依存性を計算した。TE_0/TM_0 モードでは、$t_b \geqq 0.5$ μm の時、1 dB/cm 以下となることが分かった。

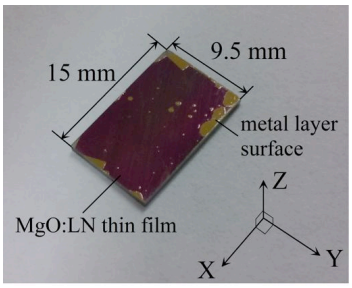


Fig.2 MgO:LN thin-film waveguide

1 mm^t z-cut MgO:LN の-Z 面に、He イオン(加速電圧: 300 kV、入射角: 0 °、Dose: 4×10^{16} ions/cm^2)を注入し、SiO_2 バッファ層(t_b=0.6 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/cm^2圧力下での熱処理により、直接接合した。その後、イオンスライシングによる薄膜結晶剥離のための熱処理を行った。低速加熱で 220～300 °C、2～14 h の加熱を行うと、非剥離部が多くなって、良好な結果を得るのは困難であった。そこで赤外線放射により、接合結晶を高速で加熱する方法を試みた。N_2 中、昇温速度 2.5 °C/sec、到達温度 300 °C とすることで接合面全体の半分以上の面積で連続的な薄膜結晶が得られた(Fig.2)。

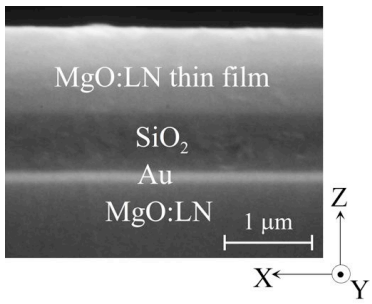


Fig.3 SEM photograph of cross section of MgO:LN waveguide

試料を研磨し、端面の SEM 観察を行った結果を Fig.3 に示す。この薄膜結晶スラブ導波路(y 軸伝搬、導波路長 9.5 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、TM 導波モードを観測できた(Fig.4)。光強度の厚さ方向半値全幅は約 1.5 μm と測定された。これにより、作製した薄膜結晶導波路が厚さ方向に対する強光閉じ込め導波路として機能することが確認できた。今後、薄膜結晶をエッチング加工し、リッジ導波路や細線導波路を作製し、波長変換デバイスへの応用を検討していく。

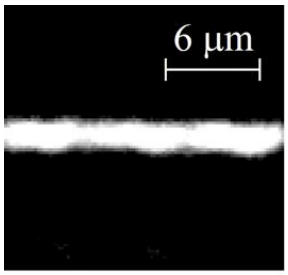


Fig.4 Near field pattern of guided wave (λ=1550 nm, TM mode)

討論と作製に協力いただいた藤村昌寿准教授と岡崎雅英氏に感謝する。

[1] M. Okazaki, T. Chichibu, S. Yoshimoto, T. Inoue, and T. Suhara: IEEE Photon. Technol. Lett.,**23**,1709(2011)
[2] P. Rabiei and P. Günter: Appl. Phys. Lett.,**85**,4603(2004)

© 2013 年　応用物理学会