

強誘電体材料の精密機械加工によるリッジ型光導波路の検討

Low-loss ridge waveguide using ultra-precision cutting in ferroelectric materials

九州大学¹, 東京大学², NICT³ ○多喜川 良¹, 日暮 栄治², 川西 哲也³, 浅野 種正¹Kyushu Univ.¹, Univ. of Tokyo², NICT³○Ryo Takigawa¹, Eiji Higurashi², Tetsuya Kawanishi³, Tanemasa Asano¹

E-mail: takigawa@ed.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

大きな電気光学効果や非線形光学効果等を有するニオブ酸リチウム(以下 LiNbO_3)に代表される強誘電体材料は高速光変調器、光マイクロセンサ、波長変換素子等の導波型光デバイスとして幅広く利用される。近年、素子の高密度・低消費電力化に向けて強い光閉じ込め効果が期待されるリッジ形状の高屈折率差光導波路への期待が大きい。しかしながら、加工性に乏しい強誘電体材料の場合、従来のエッチング技術では、高アスペクト比かつ低損失なリッジ光導波路の作製が困難であることが一般に知られている。一方、エッチング技術に代わる手法として、ダイシングを利用した機械的加工による低損失な LiNbO_3 リッジ光導波路が検討されている[1]。しかしながら、直線加工しかできないことから曲線光導波路の作製が不可能である。そこで我々は、従来金型加工に利用されている3次元精密機械加工技術に着目した[2]。加工用ジグをサンプルに高精度に切り込むことで3次元微細加工が可能である。本研究では、この技術を LiNbO_3 の微細加工に適用し、垂直かつ平滑な側壁を有する低損失な高屈折率差光導波路の作製を目指す。

2. 実験及び結果

単結晶 LiNbO_3 (Z-cut)チップに精密機械加工(ファナック社製, ROBONANO α -0iB)を施した。図1に示すように単結晶ダイヤモンド工具を高精度に切り込み表面マイクロマシニングすることでリッジ光導波路の作製を行った(切り込み深さ: 50 nm、加工速度: 1 mm/分)。なお、チップ垂直方向の光の閉じ込めを行うためにあらかじめ Ti が拡散されたチップを利用している。作製されたリッジ光導波路の形状を走査型電子顕微鏡(SEM)により観察した結果を図2に示す。サンプル内にクラックが入ることなく、ほぼ垂直な側壁(約 88 度)を有するリッジ光導波路(幅: 6 μm 、高さ: 4 μm)の作製が可能となることがわかった。側壁の高さ分布を Zygo(キャノン社製, New ViewTM 7300)により測定を行った結果を図3に示す。表面粗さ(Ra)は約 4.5 nm(測定領域: 2.5 $\mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$)となった。この値は伝搬時の散乱損失を抑える上で十分に平滑な側壁であると考えられる。また、伝搬損失は約 1 dB/cm となり低損失な光導波路の作製に成功した。さらに、曲線加工についての検討を行ったところ、クラック等が入ることなく、同様な曲線リッジ構造(半径: 0.3 mm, 1.5 mm)ができることが確認された。

3. まとめ

本精密機械加工により LiNbO_3 結晶上に垂直かつ平滑な側壁を持つ低損失なリッジ光導波路の作製に成

功した。以上より、本加工技術はフォトリソグラフィを利用することなく微細構造の形成が可能であり、 LiNbO_3 をはじめとする強誘電体材料の高屈折率差光導波路作製技術としての発展に期待できる。

謝辞

精密機械加工でご協力いただいたファナック株式会社と光導波路の光学的特性評価にご協力いただいた九州大学加藤和利教授に感謝する。

参考文献

- [1] Y. Takeuchi et al., *CIRP Annals* **49**, 295-298(2000).
 [2] P. Li, D. Zdebski et al., *J. Micromech. Microeng.* **20**, 115013 (2010).

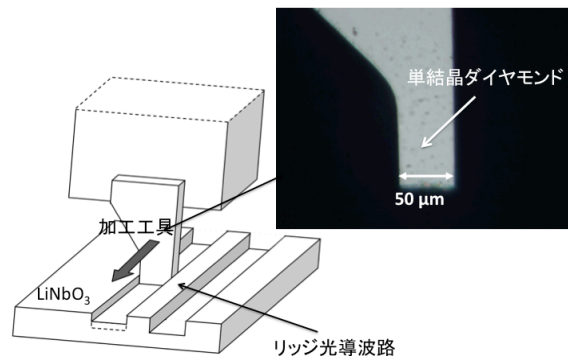


図1. 本研究で利用した精密機械加工

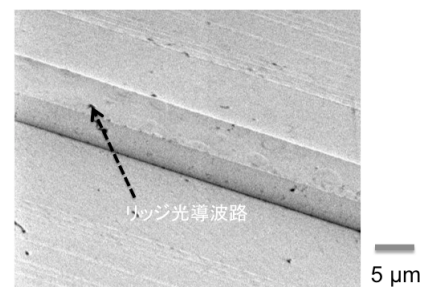


図2. 本手法で作製したリッジ光導波路

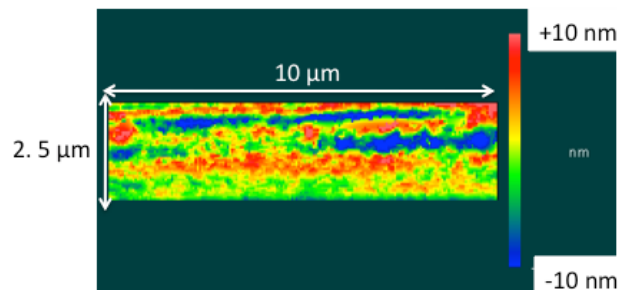


図3. リッジ光導波路側壁の高さ分布図