アニール･プロトン交換 128° Y カット $LiNbO_3$ 光導波路の電気光学定数

Electro-Optic Constant in Annealed/Proton-Exchanged Waveguide on 128° Y-cut $LiNbO_3$

山梨大院医工農　○(M1) 平松 裕也，垣尾 省司

Univ. of Yamanashi, ○Yuya Hiramatsu and Shoji Kakio

E-mail: g16te013@yamanashi.ac.jp

1. はじめに

近年，光子 Aharonov-Bohm(AB)効果に関する研究が注目を浴びている．Li らは，バルク型音響光学変調器(Acoutso-Optic Modulator: AOM)を 2 つカスケード接続し，光に非相反な位相をもたらすことにより，光子 AB 効果を実験的に証明している[1]．光子 AB 効果を光導波路型の光機能素子で実現させるために，AOM と電気光学変調器(Electro-Optic Modulator: EOM)をモノリシックに構成することを考えると， AO 特性と EO 特性が共に優れた基板を用いる必要がある．AO 効果については，128°Y カット $LiNbO_3$(128°Y-LN)基板を用いて高効率な二段回折素子(タンデム AOM)が実現されている[2]．本報告では, 128°Y-LN 基板上に EOM を作製し，その変調特性を評価した結果について述べる．

2. 位相変調器の作製

Fig.1 に作製した EOM(位相変調器)の概略を示す．まず，128°Y-LN 基板上にスパッタ薄膜の堆積とリフトオフにより，X 軸に垂直な方向に導波路パターンを持つ SiO_2 マスク(膜厚 0.25 μm)を形成した．次に，安息香酸 Li により希釈した安息香酸中に基板を浸漬し(Li 0.2 mol %, 240 °C, 1 h 15 min)，プロトン交換光導波路を形成した後，電気炉中にてアニーリングを行った(400 °C, Wet-O_2 雰囲気中，1 h 40 min)．その後，光導波路端面を研磨した．これらにより，光波長 1.55 μm の光がシングルモードで伝搬できるアニール･プロトン交換チャネル光導波路(導波路幅 10 μm，導波路深さ 6.4 μm)を形成した．その後, スパッタリングにより SiO_2 バッファ層(膜厚 0.25 μm)を形成し，光導波路に対して平行に Al 電極(長さ 15 mm, 幅 15 μm, 電極間隔 10 μm)を形成した．

3. 位相変調特性の評価

Fig.1 の構成において，導波光が感受する電気光学定数は r^S_{33} である．Z 面からカット角を変化させたときの電気光学定数を算出した結果，128°Y カットの電気光学定数は r^S_{33}=33.6 pm/V と，Z カットのものよりも大きい値であることがわかった．また，LN や $LiTaO_3$ の電気光学定数は，プロトン交換によって著しく低下し，アニーリングによって 7 割程度まで回復すること

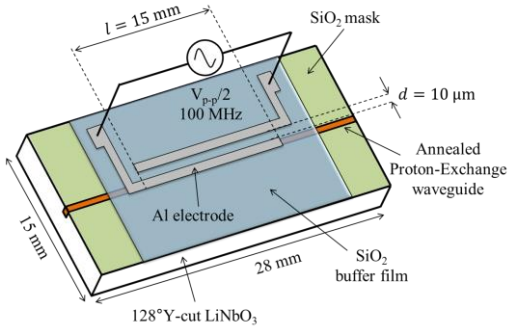

Fig. 1　Configuration of the Electro-Optic Modulator.

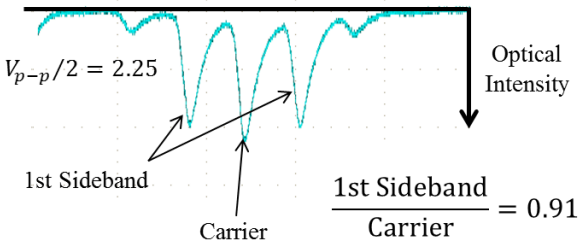

Fig. 2　Measured modulation spectra.

が知られている[3]．よって，作製した EOM のもつ電気光学定数は r^S_{33}=23.5 pm/V と推定された．

He-Ne レーザーを端面入射し，TM モードを励振，導波させ，電極間に 100 MHz の RF 電圧を印加した．出力光スペクトルをファブリペロー共振器とフォトマルで検出し，オシロスコープで観測した．Fig.2 に，観測した出力光スペクトルの一例を示す．印加電圧 $V_{p\text{-}p}/2$ に対するキャリアとサイドバンドのパワー比の測定値は，推定された r^S_{33} から求めた理論曲線と概ね一致した．

以上の結果より, 128°Y-LN 基板の電気光学定数 r^S_{33} は，Z カットのものよりも大きいことを示した．光波長 1.55 μm における半波長電圧は V_π=13.5 V と見積もられるため，128°Y-LN を用いた EOM を同一基板上でタンデム AOM と組み合わせることにより，光子 AB 効果の観測が期待できる．

参考文献

[1] E. Li, *et al.*: Nat. Commun. **5** (2014) 3225.
[2] S. Kakio, *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys. (Brief Communication). **48** (2009) 07GE07.
[3] 垣尾，皆方：信学論(C-I) **J76-C-I** (1993) 514.

© 2016年 応用物理学会