

金属/液体電極を用いた電圧印加による MgO:LiNbO₃ 周期分極反転構造の作製と緑色光第二高調波発生

Fabrication of domain-inverted structures in MgO:LiNbO₃ by applying voltage using metal/liquid electrodes and green second harmonic generation

阪大院工 ○沖野行佑, 栖原敏明

Osaka Univ., ○Kosuke Okino and Toshiaki Suhara

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

MgO 添加 LiNbO₃(MgO:LN)は無添加 LN よりも優れた光損傷耐性を持つため、周期分極反転構造を用いた近赤外～紫外光に対する高効率な擬位相整合(QPM)波長変換デバイスなどに応用される。しかし MgO:LN は無添加 LN よりも分極反転構造の作製が困難であり、周期 10 μ m 以下の分極反転構造の作製法は正負両極とも金属電極を用いる手法しか確立されていなかった。両極とも金属電極を用いる場合、分極反転部で流れる異常電流を抑制するために、絶縁層の装荷[1]や分極反転を結晶貫通させない[2]といった手法がとられる。本研究では、MgO:LN に周期 10 μ m 以下の分極反転構造をより簡便に作製することを目指している。金属電極と液体電極を併用することで、絶縁層を装荷することなく結晶厚さ方向にも一様な周期 6.9 μ m の分極反転構造を作製することができたので報告する。

0.2mm^z Z-cut MgO:LN 結晶+Z 面の 10 $\times$ 20mm² の領域にフォトレジストグレーティング(周期 6.9 μ m, 開口幅 2 μ m)を形成し、Al を堆積させて波板状の電極とした。波板状の電極を用いて結晶内部の電界がグレーティング開口部直下でのみ結晶の反転抗電界($E_c \sim 2.5$ kV/mm, 100 $^{\circ}$ C[3])を上回るような電圧を印加することで、周期分極反転構造を作製することができる。必要な反転電荷量を MgO:LN の自発分極密度 $P_s = 80 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ [4]と分極を反転させたい面積 $S = (1/2) \times 2 \text{ cm}^2$ から $Q = 2P_s S = 160 \mu\text{C}$ と見積もり、結晶に与えた電荷量がこの電荷量に達した時に印加パルスが立ち下がるよう自動制御した。結晶を約 100 $^{\circ}$ C に加熱し、結晶-Z 面に約 100 $^{\circ}$ C の液体電極(LiCl 水溶液)を接触させ、 $E_c \times 0.2 \text{ mm} = 0.5 \text{ kV}$ に液体電極での電圧降下を考慮して Fig.1 のセットアップで電極間に 0.8kV の電圧を印加して 160 μC を与えると、グレーティング領域の約 90%に Fig.2 のような周期分極反転構造を得ることができた。断面観察により厚さ方向にも分極反転構造がほぼ一様であることが確認できた。

周期分極反転構造の両端面を研磨して相互作用長 18.7mm のバルク QPM 第二高調波発生(SHG)デバイスとした。Nd:YAG レーザ光(波長 1.064 μ m)を入射し、QPM-SHG 実験を行った。SH 光パワーの結晶温度依存性を Fig.3 に示す。最大 SH 光パワーは約 76 $^{\circ}$ C の時に得られた。半値全幅は 1.75 $^{\circ}$ C であり、温度依存性を含むセルマイヤの式[5]を用いて求めた計算値 1.30 $^{\circ}$ C よりも 0.45 $^{\circ}$ C 広くなっていた。分極反転構造の不均一により実効的な相互作用長が短くなったためと考えられる。SHG 効率の励起光パワー依存性は Fig.4 に示す。規格化効率は計算値 2.5%/W よりやや小さい約 1.6%/W が得られた。周期構造の不均一により実効的な相互作用長が短くなったこと、Fig.2 のように反転部:非反転部=1:1 でなかったために実効的な SHG 係数が小さくなったことが原因と考えられる。印加電圧等の作製条件を最適化すれば周期構造の均一性が改善され、より計算値に近い半値全幅と効率を持つバルク QPM-SHG デバイスの実現できると考える。

[1] N. Horikawa et al., Jpn. J. Appl. Phys., **46**, pp.5178-5180 (2007). [2] K. Mizuuchi et al., Jpn. J. Appl. Phys., **42**, pp.L90-L91 (2003). [3] H. Ishizuki et al., Appl. Phys. Lett., **82**, pp.4062-4064 (2003). [4] T. Suhara and M. Fujimura, *Waveguide Nonlinear-Optic Devices*, Springer, 2003. [5] O. Gayer et al., Appl. Phys. B., **91**, pp.343-348 (2008).

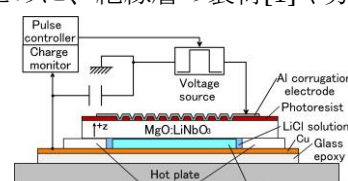


Fig.1 Setup for voltage application

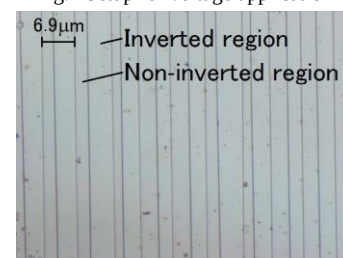


Fig.2 Domain-inverted grating after etching

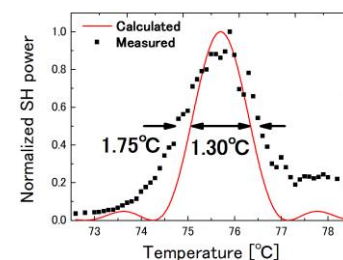


Fig.3 Dependence of SH power on temperature

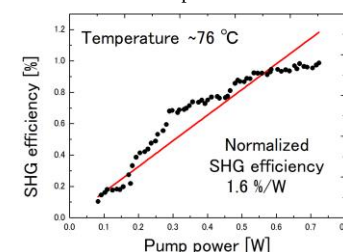


Fig.4 Dependence of SHG efficiency on pump power