

KTN 結晶の電界誘起相転移を用いた低電圧駆動の光位相変調

Low-voltage optical phase modulation

by electric-field-induced phase transition of KTN crystal

NTT 物性研¹, NTT フォトニクス研²

○稲垣卓弘¹, 今井欽之², 宮津純², 武居弘樹¹, 小林潤也²

NTT BRL¹, NTT Photonics Labs.²

○Takahiro Inagaki¹, Tadayuki Imai², Jun Miyazu², Hiroki Takesue¹, and Junya Kobayashi²

E-mail: inagaki.takahiro@lab.ntt.co.jp

これまで我々は、 $\text{KTa}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ (KTN)結晶の電気光学効果を応用し、外部からの電気信号で高速動作する可変焦点レンズや光偏向器を実現してきた[1, 2]。一方で、数百 V_{p-p} を超える駆動電圧振幅の低減が、動作速度の高速化に向けた課題の一つとなっている。本研究では、より効率的な電気光学効果の発生を目指して、KTN 結晶の電界誘起相転移を応用することで、非常に低い駆動電圧振幅 ($\sim 2.1 V_{p-p}$)での光位相変調を実現したので報告する。

KTN 結晶は、常誘電相-強誘電相の間の相転移温度 T_c を組成比 x によって制御可能であり、一般にはこの T_c の高温側 (常誘電相) に結晶温度を設定し、キュリー・ワイス則に従って誘電率が增大することで、大きな電気光学効果が得られている。ここで、結晶温度が T_c に近いとき、誘電体にある一定の電圧 (臨界電圧) を印加すると、常誘電相から強誘電相へと相転移する電界誘起相転移と呼ばれる現象が発生する[3]。この電界誘起相転移の際には、印加電圧の小さな変化に対して結晶の内部分極が急峻に変化し、それに伴って屈折率も大きく変化する。この大きな屈折率変化により、電圧の印加方向とその垂直方向の偏光に対して位相差が生じる。

図 1 に示すように、二つの偏光子の間に KTN 結晶を配置し、屈折率変化によって生じる位相変調を透過光の光強度の変化として測定した。相転移温度 T_c が約 19°C の KTN 結晶を、結晶温度 21°C に保ったとき、電界誘起相転移の臨界電圧は 225 V であった。この臨界電圧を中心として、周波数 770 kHz の高周波電圧を $4 V_{p-p}$ で印加すると、透過光の光強度は図 2 のように変調され、この時の位相変調量はおよそ 3.5π に達した。また、同条件での半波長電圧は約 $2.1 V_{p-p}$ であり、導波路構造ではないバルク結晶の光位相変調器としては非常に低電圧での駆動が可能となった。

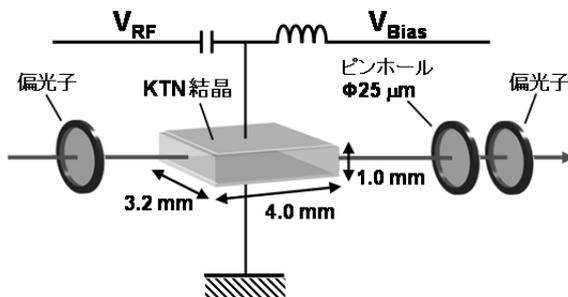


図 1 KTN 結晶を用いた位相変調器の概略図

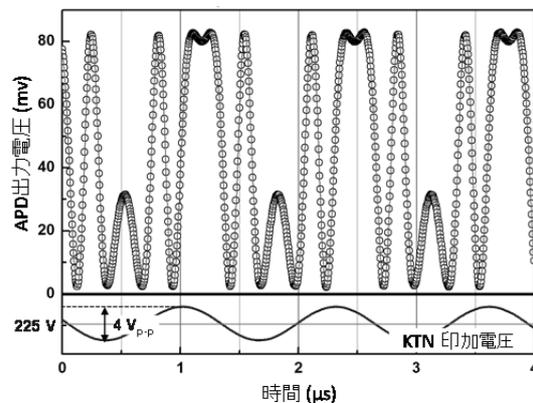


図 2 電界誘起相転移による透過光の光位相変調

[1] T. Imai *et al.*, Appl. Opt. **51**, 1532-1539 (2012). [2] K. Nakamura *et al.*, J. Appl. Phys. **104**, 013105 (2008).

[3] W. J. Merz, Phys. Rev. **91**, 3, 513-517 (1953).