

五角形多反射構造による 500 kHz-100 mrad 超 KTN 光偏向器の実現

Pentagon Multiple Reflection KTN Scanner with over 100 mrad Deflection at 500 kHz

日本電信電話株式会社 NTT フォトニクス研究所 [○]坂本 尊, 豊田 誠治, 上野 雅浩, 小林 潤也NTT Photonics Labs., NTT Corporation, [○]Takashi Sakamoto, Seiji Toyoda, Masahiro Ueno,

and Junya Kobayashi

E-mail: sakamoto.tak@lab.ntt.co.jp

[はじめに] $\text{KTa}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ (KTN)単結晶の電気光学効果を用いた光偏向器は、メカニカル偏向器では困難な数百 kHz スキャン時に 100 mrad 以上の偏向動作が可能なポテンシャルを有する光デバイスである。これまでに我々は、光干渉断層計(OCT)用波長掃引光源の光掃引エンジンとして高速・広角性を有する KTN 光偏向器を適用し、スキャン周波数 200 kHz で波長掃引幅 100 nm、コヒーレンス長 7 mm を実現してきた[1]。

次世代 OCT システムの実現に向けては、波長掃引速度の増大が求められているため KTN 光偏向器への期待が高まっている。しかしながら、高周波・大振幅の交流電圧を連続的に KTN 光偏向器に印加した場合、結晶の発熱が大きくなり、温度上昇によって誘電率が低下し、偏向角の減少を引き起こすことがアプリケーション応用にとって大きな課題となっていた[2]。これまでに我々は、熱抵抗の低減及び偏向動作中の温度制御により、350 kHz にて~100 mrad の光偏向を実現し報告したが[3]、これ以上の周波数では偏向角が急激に減少していた。今回我々は、KTN チップの電極面積の更なる小型化が発熱抑制に有効であることを実験的に確認し、それを応用した新構造を用いることにより、500 kHz スキャンで 100 mrad を超える光偏向に成功したので報告する。

[構成] 用いた KTN チップは図 1 に示すように五角形の電極面を有している。図 2 に示すように、二個のチップを用いて前段のチップの出射面と後段のチップの入射面が一致するように配置し、全体の光路長を 10.6 mm とし 100mrad の偏向に必要な光路長を確保した。入射面から入射した光は、チップ内部において全反射(入射角 45 度)を繰り返し、出射面から出射される。本構成では、反射で光軸が向きを変えることにより、チップ内の多くの領域を光が 2 回通過することになるため、光路長の確保とチップの小型化との両立が可能となる。

[実験と結果] 常誘電相となるよう KTN チップ温度を相転移温度以上にペルチェ素子を用いて温調し、直流電圧(±400 V)を印加し、KTN 結晶内に電子を注入した。直流電圧を切った後、交流正弦波電圧(周波数 10 k~500 kHz、電圧振幅 360 V)を印加することで波長 $1.3 \mu\text{m}$ の光を偏向させた。

図 3 に偏向角の周波数依存性を示す。測定に用いた全周波数領域において 100 mrad 以上の偏向動作を実現した。500 kHz スキャン時のペルチェ素子電流値の増加は 0.17 A と小さく温度制御可能であったが、このことは KTN チップの小型化による発熱抑制効果が極めて有効であったことを示している。なお、高周波数につれて偏向角が減少しているのは、KTN チップの発熱による誘電率の低下の影響を完全には除去できていないためと考えられる。

[まとめ] 光路長の確保と小型化とを両立する新構造により、500 kHz スキャン時に 100 mrad を超える光偏向に成功した。今後、OCT システム用波長掃引光源へ適用し有用性を検証する。

[参考文献] [1] S. Yagi et al.: "Improvement of coherence length in a 200-kHz swept light source equipped with a KTN deflector," Proc. SPIE 8213, 821333 (2012).

[2] S. Toyoda et al.: "First estimation of power consumption of $\text{KTa}_x\text{Nb}_{1-x}\text{O}_3$ crystal upon application of high voltage under high frequency," Appl. Phys. Express **6**, (12), p. 122601 (2013).

[3] 坂本他「高速 KTN 光偏向器の周波数特性 -350kHz, 100 mrad 級 KTN 光偏向器の実現-」、応用物理学会春季学術講演会 29p-A9-12 (2013).

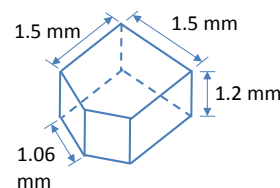


図 1 KTN チップ

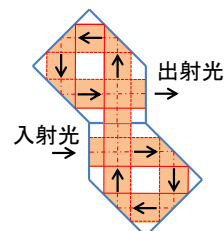


図 2 KTN 光偏向器

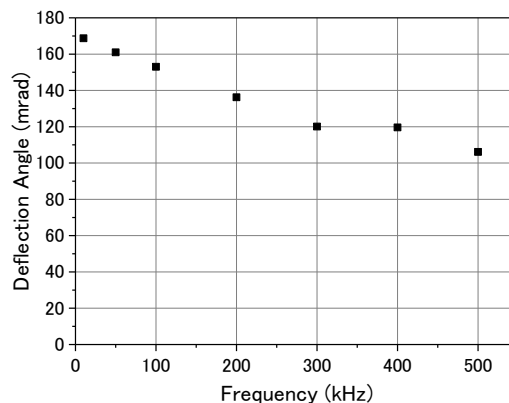


図 3 偏向角の周波数依存性