

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 -

Frequency Characteristics of a High-Speed KTN Scanner

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、100 mrad 以上の偏向角と、メカニカル偏向器では困難な数百 kHz スキャンが可能な光デバイスである。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、広角・高速性を有する 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、350kHz 超の波長掃引速度が求められており、KTN 光偏向器への期待が日増しに大きくなっている。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する。これは、偏向角の減少を引き起こすため、アプリケーション応用の大きな課題である[2]。そこで我々は、KTN 光偏向器の高周波特性改善を目指し、周波数と駆動時間、及び偏向角との関係を検討してきた。その結果、短時間交流電圧印加では、偏向角の周波数依存性が 400 kHz までフラットである事を明らかにし[3]、高速 KTN 光偏向器の実現可能性を示した。今回我々は、KTN 光偏向器の放熱構造の最適化と、KTN チップ温度の制御により、350 kHz の連続スキャンで～100 mrad の光偏向を初めて実現した。

[実験] 図 1 に KTN 光偏向器の実装構造を示す。両面電極付きの KTN チップ (3.2 mm x 4 mm x 1 mm) を 2 つの金属電極ブロックで挟み、一方の金属電極ブロックにペルチェ素子と温度センサを取り付け、KTN チップの温度を制御した。また、光の入出射部を除き、KTN チップの四辺を高熱伝導絶縁体で囲むことにより、他方の金属電極ブロックの温度上昇を抑制した。常誘電相となるよう KTN チップ温度を相転移温度以上に設定し、直流電圧 (±400 V) をプレバイアスとして印加し、KTN 結晶内に電子を注入した。その後、交流電圧 (周波数 10 k～350 kHz、電圧振幅 300～700 V_{pp}) を印加し、波長 1.3 μm の光を偏向させた (光の入射方向は紙面に対し垂直である)。偏向中は KTN チップのキャパシタンスをモニタし、すべての条件下で一定値となるよう KTN チップの温度を制御した。

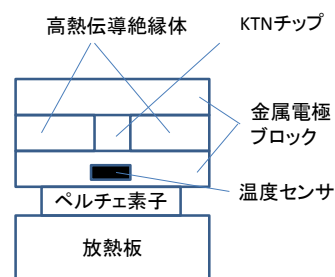


図 1 KTN 偏向器の実装構造

[結果] 図 2 に偏向角の周波数依存性を示す。電圧振幅を一定とした時、偏向角は 10 kHz ～ 350 kHz で、ほぼフラットな周波数特性を示している。これまで、著しく偏光角が減少していた 350 kHz においても、電圧振幅 700 V_{pp} において、95.8 mrad の偏向角が実現されている。これらの結果は、「一様に電子がトラップされた KTN 結晶のキャパシタンスを一定に制御すれば、偏向角は周波数に依存しない」という計算結果[4]によく符合しており、理想的な光偏向器が今回作製出来た事を意味している。

[まとめ] KTN 光偏向器の放熱構造最適化と、KTN チップ温度の制御により、350 kHz の連続スキャンで、～100 mrad 級の光偏向に成功した。本光偏向器は、次世代 OCT システム用波長掃引光源へ適用すべく、信頼性を含めた検討を今後継続して行く。

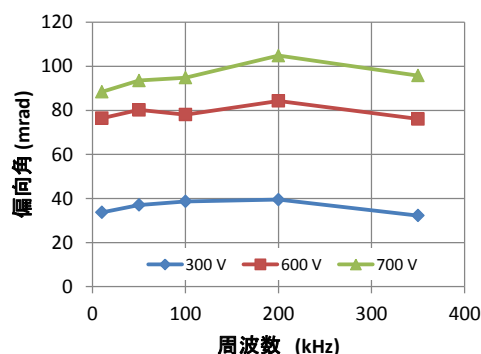


図 2 偏向角の周波数依存性 (波長 1.3 μm)

[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] 上野他「KTN 結晶を用いた OCT 用 200kHz 光偏向器の消費電力」, 信学 2012 年ソサイエティ大会 C-3-7.

[3] J. Miyazu et al.: "400 kHz Beam Scanning Using KTN Crystals," OSA/CLEO/QELS 2010, CTuG5.

[4] J. Miyazu et al.: "New beam scanning model for high-speed operation using $\text{KTa}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ Crystals," Appl. Phys. Express 4 (2011) 111501.