電気光学 KTN 結晶を用いた偏波無依存光スキャナ

Polarization-independent optical scanner using electrooptic KTN crystals

○豊田 誠治 宮津 純 佐々木 雄三 今井 欽之 小林 潤也

 $^{\rm O}$ Seiji Toyoda Jun Miyazu Yuzo Sasaki Tadayuki Imai Junya Kobayashi

日本電信電話株式会社 NTT フォトニクス研究所 NTT Photonics Laboratories, NTT Corporation

<u>1. 緒言</u>

優れた電気光学効果を有するKTa_{1-x}Nb_xO₃(KTN)結晶を用い た光スキャナは、ガルバノミラーなどの機械駆動型光スキャナよ り高速な光スキャナとして幅広い分野で注目されている。近年、 KTN光スキャナを波長掃引光源に応用し掃引速度が200 kHz に達する3次元画像撮像用光源を実現し、その応用領域を拡 大している。KTN光スキャナの動作原理としては、最初DCを 印加して注入された電荷が形成する残留屈折率分布に対しA C信号を印加することによってその偏向動作が実現されている。 この駆動方式でのKTN光スキャナのスキャン全角θは下式とな る[1]。

$$\theta x = -n^3 g_{11} e N L \varepsilon \frac{V}{d}$$
(1)

$$\theta y = -n^3 g_{12} e N L \varepsilon \frac{r}{d} \tag{2}$$

(n₀:電圧印加前屈折率、L:光路長、g:電気光学定数、ε:誘電 率、ρ:注入電荷密度、V:印加電圧、d:結晶厚)

ここで、 θ_i は図1(a)に示すように残留電界(x方向)と平行な偏波 を入射したときのスキャン角、 θ_i は残留電界と垂直な偏波(y方 向)を入射したときのスキャン角を示す。Kerr 効果のみに電気光 学効果が発現するとした既報告では、 g_{11} と g_{12} の値は各々 0.136 m⁴/C² および-0.038 m⁴/C² (633 nm)であり、スキャン角の偏 波依存性が大きいと考えられた。よって、KTN光スキャナは θ_x のみで用いられスキャン角の偏波依存性は報告されていない。 一方、通信応用などでは偏向無依存動作が要求され、偏波無 依存動作が可能となれば、KTN光スキャナの応用領域がさら に拡大する。今回、半波長板を介したKTN光スキャナをカスケ ードに接続し、偏波無依存動作を確認したので報告する。

<u>2. 実験</u>

KTN光スキャナ単体の偏波依存性を確認するために残留屈 折率分布およびスキャン角の偏波依存性を測定した。電圧印加 前にKTNの比誘電率が 17,500 となるように、KTNスキャナの 温度をペルチェ素子を用いて温調し諸特性を評価した。前者に ついては、±400 Vの電圧を印加した後電圧をOFFした時の残 留屈折率分布の偏波依存性を測定した。後者については、± 400 Vの電圧を印加後電圧をOFFし続いてV_{pp}720Vの200 kHz の正弦波を印加した時のスキャン角の偏波依存性を測定した。

3. KTNスキャナの偏波依存性

図 2 に、位相シフト法による残留屈折率分布の偏波依存性を 示す。 Δn_x が入射光の偏波と電界が平行な場合の、 Δn_y が射 光の偏波と電界が垂直な場合の残留屈折率分布である。ここで、 残留屈折率分布は下式で与えられ[1]、 Δn_x は g_{11} 、 Δn_x は g_{12} に関連した電気光学効果に起因し、下式のxの 2 次の係数の比 がg定数の比となる。

$$\Delta n = -\frac{n_0^3}{2} g_{ij} \left(\frac{\rho}{\varepsilon} x + E_0\right)^2 \tag{3}$$

図 2 より求めた g 定数の比(g_{11}/g_{12})は約 20 となった。既報告の g 定数の比は約 2.6 であり、電気光学的異方性が既報告値より大 きくなることがわかった。これは、可変焦点レンズで報告されて いるように弾性と電歪による光弾性効果を受けて異方性が大き くなったと考えられる[2]。スキャン角の偏波依存性を求めたとこ ろ、 θ_x は 30 mrad、 θ_y は 2.2 mrad となった。スキャン角の偏波依 存性の比は約 13 で、位相シフト法からの結果とほぼ一致した。

4. 偏波無依存 KTN 光スキャナモジュール

図1(b)に示すように、同一形状で同等のスキャナ特性を有す るKTN光スキャナをポリイミド半波長板を介し接続した。このモ ジュールにおいて、 θ_xおよび θ_yは次式で与えられる。

$$\theta = -n_0^{3} g_{11} \rho \mathcal{L} \varepsilon \frac{\nu}{d} - n_0^{3} g_{12} \rho \mathcal{L} \varepsilon \frac{\nu}{d}$$
⁽⁴⁾

g₁₁と g₁₂の符号が逆のため、各偏光のスキャン角は両チップ間 で相殺されるが、前述したように約 1/13 しか劣化しない。実際、 表1に示すように、単独チップの特性を大きく劣化させることなく 両偏波とも偏向角はほぼ等しく、偏波無依存動作を達成した。 5. まとめ

今回我々は、KTN光スキャナのスキャン角の偏波依存性を初めて確認した。さらに、KTN光スキャナ2個をカスケードに接続することによって、単独のスキャナのスキャン特性を損なうことなく偏波無依存動作を達成した。以上により、KTN高速光スキャナの応用領域が今後拡大するものと考えられる。

参考文献

- J. Miyazu et al.: "New beam scanning model for highspeed operation using KTa1-xNbxO3 Crystals", APEX, Vol. 4, Issue 11, pp. 115101-1-111501-3, (2011).
- [2] Inagaki et al.: "Polarization-independent varifocal lens using KTN crystals", Opt.Lett., Vol. 38, Iss. 15, pp. 2835-2837 (2013).





図 1 (a) KTN光スキャナ (b) 偏波無依存光スキャナ

図2 残留屈折率分布の偏波依存性 ナ



	$\theta_{\rm x}$ (mrad)	$\theta_{\rm y}({\rm mrad})$	$\theta_{\rm x}/\theta_{\rm y}$
KTN1	30.1	2.3	13
KTN2	2.2	30.0	0.073
Module	28.2	28.1	1.0