

2 乗電界によるポッケルス効果の解析 測定精度とカー効果の関係

Analysis of Pockels effect induced by square of electric field : Relationship between measuring accuracy and Kerr effect

成蹊大¹⁾, シグマ光機(株)²⁾, 京セラ(株)³⁾, 山梨大⁴⁾

滝沢國治^{1,2)}, 原口康史²⁾, 伊林亜希子³⁾, 金蓮花⁴⁾, 鈴木誠一¹⁾

Seikei University¹⁾, Sigmakoki Co. Ltd.²⁾, Kyosera Co. Ltd.³⁾, University of Yamanashi⁴⁾

Kuniharu Takizawa^{1,2)}, Koshi Haraguchi²⁾, Akiko Ibayashi³⁾, Lianhua Jin⁴⁾ and Seiichi Suzuki¹⁾

E-mail: Takizawa@st.seikei.ac.jp

[序] これまでに我々は、座標変換せずにポッケルス係数を測定できる交差係数測定法を提案し、LiNbO₃ 結晶サンプル端面の法線方向と結晶軸方向が一致する単純な構成で、交差係数 r_{51} を精密に測定した。

¹⁾ この測定法では電界の 2 乗に比例する動的位相差を計測するため、位相差にはポッケルス効果のみならずカー効果も含まれる。そこで今回、最も複雑な結晶構造をもつ三斜晶系点群 1 について 2 つの効果を併せた動的位相差を解析し、様々な結晶点群におけるポッケルス効果による誘起屈折率 n_p とカー効果による誘起屈折率 n_K の比から、結晶対称性と n_K/n_p の関係を明らかにしたので報告する。

[解析] Fig. 1 に示す点群 1 の x_i 軸方向に電界 E_i を加え、 x_j 軸方向にレーザー光を伝搬させると、屈折率楕円体は、次式で与えられる。

$$\left(\frac{1}{n_i^2} + r_{iii}E_i + R_{iii}E_i^2\right)x_i^2 + \left(\frac{1}{n_k^2} + r_{kki}E_i + R_{kkii}E_i^2\right)x_k^2 + 2\left(r_{iki}E_i + R_{ikii}E_i^2\right)x_i x_k = 1$$

ここで、 n_i は屈折率、 r_{ijk} はポッケルス係数、 R_{ijkl} は電界にカップリングしたカー係数である。この固有値方程式を解けば、 E_i^2 成分により誘起される屈折率比 n_K/n_p を得る。

$$\frac{\Delta n_K}{\Delta n_P} = \frac{n(i,k)(n_k^3 R_{kkii} - n_i^3 R_{iii})}{(r_{iii} - r_{kki})^2 + (2r_{iki})^2} \quad (2) \quad n(i,k) = \frac{4(n_k^3 - n_i^3)}{(n_i n_k)^2 (n_i^3 + n_k^3)} \quad (3)$$

真空誘電率 ϵ_0 、比誘電率 ϵ_{ij} 、分極にカップリングした平均的カー係数 $g = g_{ijkl}$ を用いると、式(2)は次式に変換される。

$$\frac{\Delta n_K}{\Delta n_P} \approx \frac{n(i,k)(n_k^3 - n_i^3)g\epsilon_0^2(\epsilon_{ii} - 1)^2}{(r_{iii} - r_{kki})^2 + (2r_{iki})^2} \quad (4)$$

式(4)は、以下の知見を根拠にした。

(a)ポッケルス係数が物質によって大きく変化するのに対し、カー係数はどの物質でも類似の値を示す。²⁾

(b)これまでに報告された 140 種類の結晶の中で、符号の異なるカー係数をもつ物質は、点群 $m3m$ の構造をもつ立方晶系の

BaTiO₃ と K(Nb_{0.35}Ta_{0.65})O₃ だけである。それ以外は、同一符号あるいは符号不明のどちらかである。²⁾

[結果] 等軸晶系の 23 から単斜晶系 2 までの 14 種の点群に式(5)を当てはめて n_K/n_p を求めた。Ggg=0.1m⁴/C⁴ として求めた結果の一部を Table 1 に示す。これより、(1) 結晶の対称性が高いほど、カー効果の影響は小さい。(2)等軸性結晶は、カー効果の影響を受けない。(3)1 軸性結晶では r_{6i} がカー効果の影響を受けない。最も影響されるのは r_{4i} である。(3)2 軸性結晶では、屈折率差 $n_i - n_j$ が小さいほど、 r_{ijk} へのカー効果の影響が小さくなる。

1) 滝沢國治, 原口康史, 金蓮花, 鈴木誠一, Optics & Photonics Japan 2012, 23pB6.

2) K. -H. Hellwege, LANDOLT BÖRNSTEIN, New Series, Group III, Vol.11, (Springer-Verlag New York 1979).

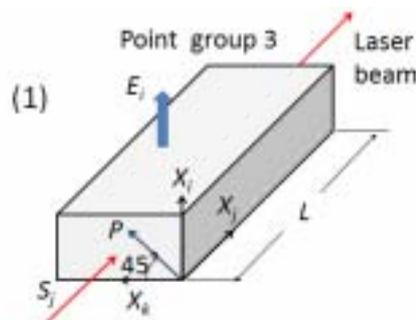


Fig. 1 Crystal cut for measurement

Table 1 n_K/n_p of typical electrooptic crystals

Material & Symmetry	Refractive index	Pockels coeffi -cient (pm/V)	$\frac{\Delta n_K}{\Delta n_P}$
GaAs (23)	$n_o = 3.41$	$r_{41} = -1.28$	0
LiNbO ₃ (3m)	$n_o = 2.2868$ $n_e = 2.1818$	$r_{51} = +32.05$ $r_{61} = -6.54$	0.044 0
α -HIO ₃ (222)	$n_1 = 1.8365$ $n_2 = 1.984$ $n_3 = 1.960$	$r_{41} = 6.63$ $r_{52} = 7.05$ $r_{63} = 6.03$	0.0009 0.072 0.053