

# カー係数計測用 QP 法の解析—絶対符号の決定—

## Analysis of the quadratic phase method for measuring Kerr coefficients: Determination of the absolute sign

浜松ホトニクス(株) 中央研究所<sup>1</sup>, 山梨大学<sup>2</sup>

○滝澤國治<sup>1,2</sup>, 金蓮花<sup>2</sup>

Central Research Lab., Hamamatsu Photonics K.K.<sup>1</sup>, Univ. Yamanashi<sup>2</sup>

Kuniharu Takizawa and Lianhua Jin E-mail: [kuniharu.takizawa@crl.hpk.co.jp](mailto:kuniharu.takizawa@crl.hpk.co.jp)

**まえがき** 超高速光シャッター、超短パルス光制御など光エレクトロニクス分野で重要な役割を果たすカー効果であるが、 $R_{1111}$ ,  $R_{1122}$ および $R_{2323}$ 以外のカー係数は、殆ど測定されていない。我々は、 $\text{LiNbO}_3$ 結晶のカー係数が同一符号で類似の値をもつと仮定して、ポッケルス係数 $r_{131}$ とカー係数 $R_{3311}$ を測定した[1]。ここではこの仮定に従わずに、全点群のカー係数の絶対符号を決定する方法を提案する。

**カー係数計測法** 図1は、三斜晶系・点群1の結晶軸 $x_i$ 方向に交流電界 $E_h = E_0 \sin \omega t$ を加えたカー係数測定用サンプルである。 $\theta_{ij}$ と $\theta_{kj}$  ( $i, j, k=1, 2, 3$ )は、 $x_i$ 軸あるいは $x_k$ 軸方向に振動し、 $x_j$ 軸方向に伝搬する直線偏光である。交流電界 $E_h$ を結晶の $x_i$ 軸方向に加えた時、屈折率を $n_i$ 、ポッケルス係数を $r_{ijk}$ とすると屈折率楕円体は次式となる。

$$\left(\frac{1}{n_i^2} + r_{iuh}E_h + R_{iuhh}E_h^2\right)x_i^2 + \left(\frac{1}{n_k^2} + r_{khh}E_h + R_{khhh}E_h^2\right)x_k^2 + 2(r_{ikh}E_h + R_{ikhh}E_h^2)x_ix_k = 1 \quad (1)$$

この固有方程式の解の第2高調波成分を抽出して動的位相 $\theta_{ij}^{2\omega}$ を求めれば、 $\Delta n_{ik} = n_i^{-2} - n_k^{-2}$ ,  $\Delta r_{ik} = r_{iuh} - r_{khh}$ として、カー係数 $R_{iuhh}$ は次式で与えられる。

$$R_{iuhh} = \frac{2\lambda\theta_{ij}^{2\omega}}{\pi L_j E_0^2 n_i^3} - \frac{\Delta r_{ik}^2 + (2r_{ikh})^2}{4\Delta n_{ik}} \quad h, i, j, k = 1, 2, 3 \quad i \neq j \neq k \quad (2)$$

カー効果は非常に小さいため実際に測定されるのは、 $|\theta_{ij}^{2\omega}|$ である。そこで $|\theta_{ik}^{2\omega}|$ も測定し、 $R_{iuhh}$ を求める。次に $\pm|\theta_{ij}^{2\omega}|$ ,  $\pm|\theta_{ik}^{2\omega}|$ として4個の仮想係数を作り、カー係数の符号が同一で差が0の係数を選択すれば、それが正しいカー係数となる。 $R_{1111}$ 計測のシミュレーション結果を図2に示す。 $R_{1111}^{2+}$ と $R_{1111}^{2-}$ は、 $x_j$ 軸方向に伝搬する光の $+\theta_{12}^{2\omega}$ あるいは $-\theta_{12}^{2\omega}$ で計算したカー係数、 $R_{1111}^{3+}$ と $R_{1111}^{3-}$ は、 $x_k$ 軸方向に伝搬する光の $+\theta_{12}^{2\omega}$ あるいは $-\theta_{12}^{2\omega}$ で計算したカー係数である。横軸の真のカー係数が負のときは $R_{1111}^{2-} = R_{1111}^{3-}$ を、係数が $0 \sim 10^{-19} \text{m}^2/\text{V}^2$ のときは $R_{1111}^{2-} = R_{1111}^{3+}$ を、それ以外では $R_{1111}^{2+} = R_{1111}^{3+}$ をそれぞれ選択すれば、全領域で選択値が真のカー係数と一致する。

**まとめ** 2軸性結晶の主軸係数の符号は、6個の式(2)から決定される。1軸性結晶の主軸係数の符号は、 $\Delta n_{ik} = 0$ となる2式を除いた4式と、これらの式から求められる2つの位相差から定められる。

[1] K. Takizawa et al., Jpn. J. Appl. Phys. **53**, 052601 (2014).

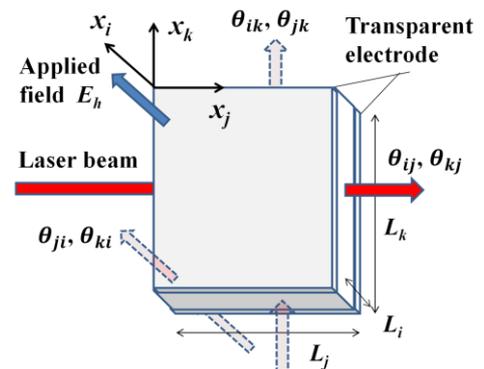


Fig.1 Phase modulator using the point group 1 crystal

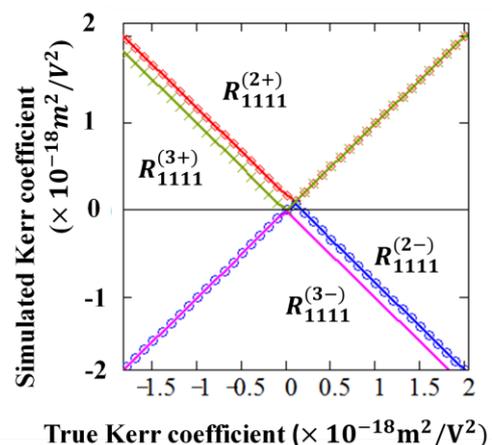


Fig.2 Simulated Kerr coefficient as function of true coefficient.