コングルエント $LiNbO_3$ の高周波カー係数の波長分散

Dispersion of high-frequency quadratic electro-optic coefficients in congruent lithium niobate

浜松ホトニクス株式会社　中央研究所
滝澤國治
Hamamatsu Photonics K.K., Central Research Laboratory
Kuniharu Takizawa
E-mail: kuniharu.takizawa@crl.hpk.co.jp

1. **まえがき**　２次の電気光学(EO)効果であるカー効果は, ナノ秒/ピコ秒パルスレーザの高速光シャッター, 光カー効果を利用した超高速分光, 超高速イメージングなどに欠かせない物理現象である. 高周波カー係数の波長分散は, 超高速光デバイスの設計や超短光パルスの時空間制御に重要であるが, 筆者の知る限り未計測である. そこで, コングルエント $LiNbO_3$ (LN)結晶の高周波ポッケルス係数 $r_{ij}{}^S$ の分散から, 高周波カー係数 $g_{ij}{}^S$ および複合的光弾性係数 σ_{ij} の分散を求めた.

2. **カー係数 $g_{ij}{}^{S(T)}$ と複合的光弾性係数 σ_{ij} の導出**

LN 結晶の EO 効果が, 結晶内の酸素８面体構造に支配されることは, 良く知られている[1]. この性質を利用して筆者らは, コングルエント LN 結晶の低周波のポッケルス係数 (m/V) $r_{13}{}^T, r_{33}{}^T, r_{51}{}^T$ の波長分散から, 低周波のカー係数 (m^4/C^2) $g_{11}{}^T, g_{12}{}^T, g_{44}{}^T$ の分散[2]および高周波のポッケルス係数 $r_{13}{}^S, r_{33}{}^S, r_{51}{}^S$ の分散[3]を求めた.

１次と２次の EO 係数の間には, 下記の近似式が成立する.

$$\begin{pmatrix} g_{11}^{S(T)} \\ g_{12}^{S(T)} \\ g_{44}^{S(T)} \end{pmatrix} \approx \frac{\xi^3}{4\varepsilon_0 P_s} \begin{pmatrix} \dfrac{r_{13}^{S(T)} + 3r_{33}^{S(T)}}{2\chi_3^{S(T)}} + \dfrac{r_{51}^{S(T)}}{\chi_1^{S(T)}} \\ \dfrac{3r_{13}^{S(T)} + r_{33}^{S(T)}}{2\chi_3^{S(T)}} - \dfrac{r_{51}^{S(T)}}{\chi_1^{S(T)}} \\ \dfrac{4r_{51}^{S(T)}}{\chi_1^{S(T)}} \end{pmatrix}. \qquad (1)$$

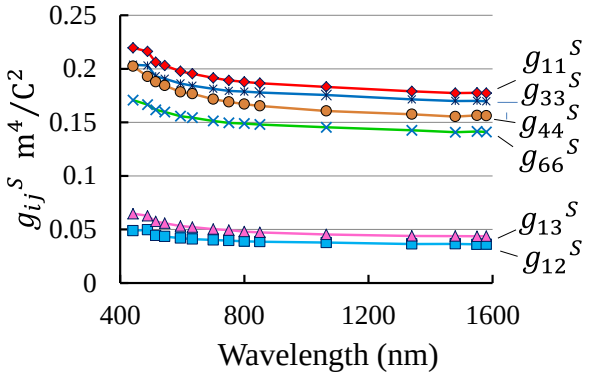

Fig. 1 Wavelength dependence of $g_{ij}{}^S$ in congruent $LiNbO_3$

ε_0 は真空の誘電率, P_s は自発分極, $\chi_i{}^{S(T)}$ は i 軸方向の誘電感受率, ξ はパッキング密度(無単位)と呼ばれる係数である. ペロフスカイト構造をもつ点群 $4mm$ 結晶の ξ を１としたとき, 点群 $3m$ の LN 結晶は $\xi \approx 1.2$ である[1].

$g_{ij}{}^T$ と $g_{ij}{}^S$ の間には, 次の関係が成立する.

$$g_{ij}^T = g_{ij}^S + \sum_{k=1}^{6} p_{ik} Q_{jk} = g_{ij}^S + \sigma_{ij}. \qquad (2)$$

p_{ij} は歪光学係数(無単位), Q_{jk} は電歪係数(m^4/C^2)である.
ここでは σ_{ij} を複合的光弾性係数(m^4/C^2)と呼ぶことにする.

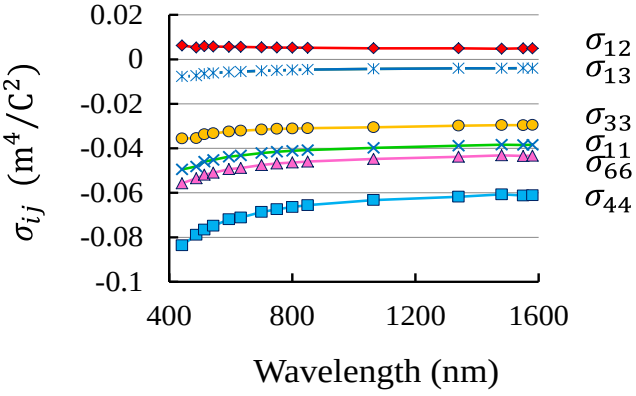

Fig. 2 Wavelength dependence of σ_{ij} in congruent $LiNbO_3$

3. **$g_{ij}{}^S$ と σ_{ij} の波長分散**

LN 結晶の諸パラメータ ($\chi_1{}^T = 83.6, \chi_3{}^T = 27.6, \chi_1{}^S = 42.9$ $\chi_1{}^T = 22.7, P_s = 0.71\ C/m^2$)と文献[2]の $r_{13}{}^T, r_{33}{}^T, r_{51}{}^T$ の分散値, 文献[3]の $r_{13}{}^S, r_{33}{}^S, r_{51}{}^S$ の分散値を用いて, 高周波のカー係数 $g_{11}{}^S, g_{12}{}^S, g_{13}{}^S, g_{33}{}^S, g_{44}{}^S, g_{66}{}^S$ と複合的光弾性係数 $\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{33}, \sigma_{44}, \sigma_{66}$ の分散(Fig. 1, Fig. 2)を求めた. 残された係数は, $g_{14}{}^S = g_{41}{}^S = \sigma_{14} = \sigma_{41} = 0$ であった.

文献　[1]M. Didomenico, Jr., S. H. Wemple : J. Appl. Phys. 40, 720 (1969). [2] K. Takizawa et al. : Opt. & Photo. Jpn. 2018, 1aC2 (2018). [3] K. Takizawa : The 66th JSAP Spring Meeting (2019).

© 2019年 応用物理学会