球面湾曲モデルによるKTN光偏向器の透過波面の解析

Wavefront analysis of KTN optical beam deflector based on spherical distortion model

○今井 欽之、川村 宗範、宮津 純、阪本 匡
（日本電信電話株式会社　NTT デバイスイノベーションセンタ）
○Tadayuki Imai, Sohan Kawamura, Jun Miyazu and Tadashi Sakamoto
(NTT Device Innovation Center, NTT Corporation)
E-mail: imai.tadayuki@lab.ntt.co.jp

$KTa_{1-x}Nb_xO_3$(KTN)は、巨大な2次の電気光学(EO)効果で知られる材料である。我々は、KTNで発現する空間電荷 EO 効果を利用した高効率高速光偏向器を開発し、この光偏向器を用いた光干渉断層測定(OCT)装置向けの高速波長掃引光源の開発を進めている。この偏向器の動作は、注入電子による電界分布と EO 屈折率変調で説明されてきたが、理論予測の透過波面は、必ずしも実測値と精度よく一致していなかった。他方、KTN結晶の EO 効果では、電歪効果による歪が重要な役割を持つことが報告されている[1]。今回我々は、結晶の球面湾曲状の歪を仮定、EO 効果の理論に組み込み、光偏向器の透過波面の実測値によく一致する解析解が得られたので、報告する。

KTN 光偏向器は、図 1(a)に示すように、KTN 結晶ブロックの対向する2面に電極膜を形成した構造を有する。電圧を印可すると、陰極から KTN 結晶へ電子が注入され、この電子による電界スクリーニングのため、電界は陰極付近で小さく、陽極付近で最大になる。一方、結晶は電歪効果で電界と平行な方向に膨張、直交する方向には逆に収縮する。電界が強い陽極付近の収縮が顕著で、結晶は図 1(b)のように湾曲する。今回、この湾曲が同心球状になると仮定した。各軸を図のようにとると、仮定より歪 $e_{xx} = e_{yy}$ は$(z_c - z)/r_a$ となる。z_c は e_{xx} がゼロになる座標、r_a は曲率中心から z_c までの距離である。残る歪成分 e_{zz} について、変分法の Euler の方程式を用いて次式を得た。

$$e_{zz} = \left(Q_{11} + 2Q_{12}\frac{c_{12}}{c_{11}}\right)P_z^2 + \frac{2}{r_a}\frac{c_{12}}{c_{11}}(z - z_c)$$

Q_{11}, Q_{12} は電歪係数、c_{11}, c_{12} は弾性スティフネス、P_z は分極である。この歪のため、光弾性効果を介して屈折率変調が発生する。図2は、屈折率変調で生じるリタデーションの空間分布の実測結果と理論値を示す。図の左端は陰極で、陽極はグラフ外の 1.2 mm の位置にある。従来の理論では、図示のようにリタデーションは常に負で、正の値はありえないが、実測では陰極付近で、正のリタデーションが観測されている。同図より、今回の理論はこの問題を克服し、実測結果をよく再現できることが分かる。

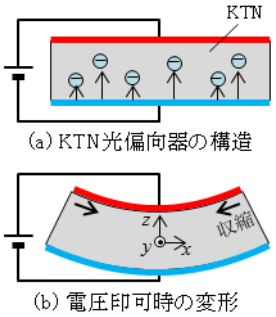

図 1　KTN 光偏向器の構造と電歪効果による変形(誇張して表示)

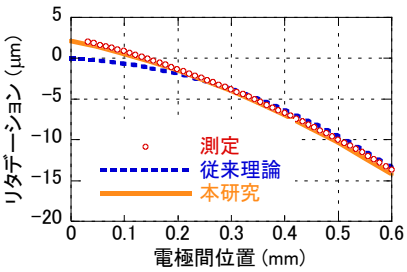

図 2　測定値と理論値の比較

[文献]　[1] Imai et al., Appl. Opt., **51**, 1532 (2012).

© 2015年 応用物理学会