

高速応答顕微鏡用 KTN 可変焦点レンズのレンズパワー増大

Increase of lens power of KTN varifocal lenses applied to fast response microscopes

日本電信電話株式会社 NTT フォトニクス研究所 °川村宗範, 今井欽之, 宮津純, 小林潤也

NTT Photonics Labs., NTT Corporation °Sohan Kawamura, Tadayuki Imai, Jun Miyazu and Junya Kobayashi

E-mail: kawamura.sohan@lab.ntt.co.jp

【緒言】 可変焦点レンズは、レーザー加工装置や顕微鏡などに用いられる。なかでも、電気光学効果を利用した可変焦点レンズは機械駆動部がなく、小型化・高速化に有利である。特に、 $\text{KTa}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ (KTN) は電圧の 2 乗に比例して屈折率が変化する Kerr 効果が大きく、焦点距離の逆数で定義されるレンズパワーを、低電圧で大きく可変できる¹⁾。我々は高速生体現象観察用途の顕微鏡への適用を目指し、KTN 可変焦点レンズの研究開発を行っている。現在の KTN レンズのレンズパワーは 1 m^{-1} 程度であるが、大脳皮質の機能解明を目的とした場合、その要求値は 5 m^{-1} 程度であり、実現できれば高速生体現象観察のキーデバイスとなり得る。今回は、前記目的のためにレンズの形状を変化させたときの検討結果を報告する。

【数値計算と測定結果】 レンズパワーは KTN 内の電気力線の曲率に依存し、これを大きくすることが重要だと考え、光軸に対して電極が傾斜を持った構造を検討し、現実加工可能な八角柱構造を用いた。図 1 に現在の KTN レンズと八角柱レンズの模式図を示す。図 2 にはそれぞれの構造において 1 kV 印加時の電極直下での光路長変化量の数値計算結果を示した。横軸は図 1 における z 座標である。この曲線が上に凸であるのは、凸レンズ効果を発現していることを示し、曲率が大きいほど効果が大きい。このため、直方体と比較し八角柱はレンズ効果が大きい。結晶長さと奥行きを 6.6 mm、厚さを 4.0 mm、印加電圧 1 kV、KTN の比誘電率 20,000 として数値計算で最適化を行った結果、直方体のレンズパワー 1.0 m^{-1} に対し、八角柱は 2.7 m^{-1} に増大することがわかった。図 3 は印加電圧とレンズパワーの相関を測定した結果である。1 kV 印加時の八角柱のレンズパワーは数値計算と概ね一致し約 2.5 m^{-1} まで増大した。レンズ形状や電極の最適化により、更にレンズパワーを増大でき、生体顕微鏡の性能向上に貢献できると考えている。

【まとめ】 高速生体現象観察用途においてキーデバイスとなり得る KTN 可変焦点レンズのレンズパワー増大を目的として、光軸に対して傾斜を持つ電極の一例として八角柱を検討した結果、レンズパワーを 2.5 m^{-1} に増大することに成功した。このレンズを 2 つ並べることで目標とするレンズパワー 5 m^{-1} が実現可能である。

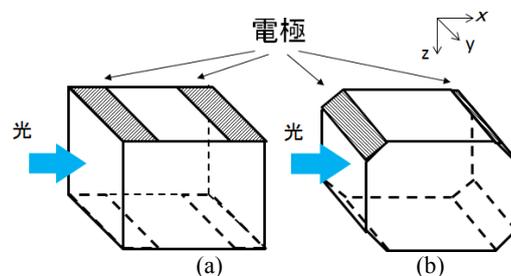


図 1. 現在の直方体レンズ(a)と今回検討した八角柱レンズ(b)

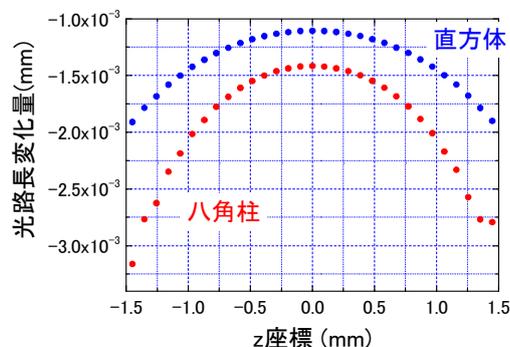


図 2. 電極直下での光路長変化量の比較

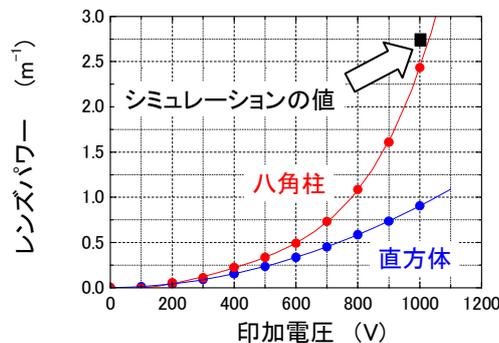


図 3. 印加電圧とレンズパワーの相関

1) T. Imai, S. Yagi, S. Toyoda, J. Miyazu, K. Naganuma, S. Kawamura, M. Sasaura, and K. Fujiura, Appl. Opt., **51**, 10, 1532-1539 (2012).