

可変焦点レンズを持った二光子蛍光イメージングの焦点調節の高速化

Fast focusing of two-photon imaging with variable focusing lens

埼玉大脳センター¹, 株式会社FOV², 日本電信電話株式会社 NTTフォトニクス研究所³○中井 淳一¹, 大出 孝博², 今井 欽之³, 小林 潤也³Saitama Univ. Brain Sci. Inst.¹, FOV Corp.², NTT Photonics Labs. NTT Corporation³,○Junichi Nakai¹, Takahiro Ode², Tadayuki Imai³, Junya Kobayashi³

E-mail: jnakai@mail.saitama-u.ac.jp

[はじめに] 生体内の蛍光物質の可視化に用いられる二光子励起レーザー顕微鏡は赤外線レーザーを用いているため散乱が少なく深部のイメージングに都合がよい。焦点位置の移動は現状では電動モーターまたは圧電素子を用いて対物レンズを物理的に移動させる方法が主流であるが、焦点位置を瞬時に換えて観察ができればより高度な測定が可能となる。 $\text{KTa}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ (KTN)は大きな2次電気光学効果(Kerr 効果)を持ち、Kerr 効果を利用した可変焦点レンズ (KTN レンズ) が開発されている(図 1)。そこで、本研究では KTN レンズを用いた二光子蛍光イメージングの焦点調節の高速化を提案する。

[実験と結果] KTN 結晶 1 つはシリンドリカルレンズとして作用するため、KTN 結晶 2 つを組み合わせると 2 軸のレンズ (KTN レンズ) とした。使用した KTN 結晶の大きさは $6.6 \times 6.6 \times 4.0 \text{ mm}$ で無反射処理を行った。 $6.6 \times 6.6 \text{ mm}$ 面を光学研磨し電極を形成した。2 組の KTN 結晶はそれぞれペルチエヒーターにより温度制御した。使用した KTN 結晶は $23 \sim 34^\circ\text{C}$ で相転移し、容量を測定すると、 1000 pF 、 1140 pF でピークをなし、その後温度上昇とともに容量は減少していった(図 2)。結晶は相転移温度以上で使用し、 40°C で実験を行った。2 組の KTN レンズには $0 \text{ V} \sim 1000 \text{ V}$ の電圧を印加した。レーザー顕微鏡はニコン C1 を二光子用に改造し使用し、ガルバノスキャナーで X Y スキャン (512×512) を行って記録した。制御、解析ソフトには NIS-Elements AR (ニコン) を用いた。レーザーには 920 nm フェムト秒パルスレーザー (コヒーレント Chameleon Vision II) を用いた。10 倍対物レンズ使用時、 0 V から 800 V の電圧負荷により焦点移動距離は $80 \mu\text{m}$ であった。また、 $0 \text{ V} \sim 1000 \text{ V}$ の電圧を $2 \text{ Hz} \sim 10 \text{ kHz}$ の周波数のサイン波で駆動を行った。本装置では対物レンズを物理的に移動させないため高速動作でも振動が発生しない利点がある。

[まとめ] KTN レンズを用いて二光子レーザー顕微鏡の焦点移動を高速に行う事が可能であった。

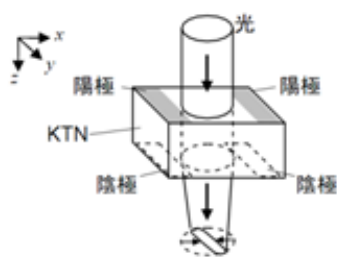


図 1 KTN レンズの構造

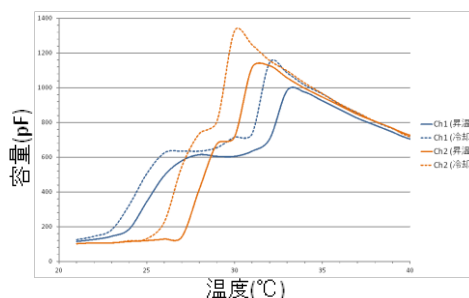


図 2 KTN 結晶の温度容量特性

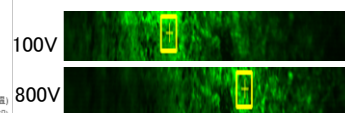


図 3 二光子励起画像
100V および 800V 印加時の
焦点位置の違いに注意