

可飽和吸収と高次非線形屈折を有する非線形ナノコンポジット媒質のための closed-aperture Z-scan 理論

Theory of closed-aperture Z-scan for nonlinear nanocomposite media possessing saturable absorption and high order nonlinear refraction

° 松島俊輔 富田康生

電気通信大学大学院 情報理工学研究科 基盤理工学専攻

° Shun-suke Matsushima and Yasuo Tomita

Department of Engineering Science, University of Electro-Communications

E-mail: ytomita@uec.ac.jp

1. はじめに

Sheik-Bahae ら [1] により高感度な 3 次非線形光学定数計測法として開発された Z-scan 法は、これまでに多光子吸収と 3 次・5 次非線形屈折を有する非線形光学媒質にまで拡張されている [2]。一方、我々は半導体 CdSe 量子ドット分散ポリマーナノコンポジット (QDPNC) [3] に可飽和吸収と高次非線形屈折が誘起されることを観測し [4]、それに対する Z-scan 理論について報告している [5]。しかし、この理論は 5 次非線形位相変化が 3 次のそれよりも十分小さい場合に制限されていた。本報告では、その制限のない可飽和吸収と高次非線形屈折を有する非線形媒質に対する一般化 closed-aperture Z-scan 理論について報告する。

2. 理論

非線形媒質中の媒質膜厚方向 z' での光強度 I と非線形全位相変化 $\Delta\phi$ の非線形結合方程式

$$\frac{dI}{dz'} = -\frac{\alpha_0}{1 + I/I_s} I, \quad \frac{d\Delta\phi}{dz'} = k(n_2 + n_4 I) I$$

に対して [α_0 :線形吸収係数、 I_s :飽和光強度、 k :真空中の波数、 n_ℓ :($\ell+1$) 次非線形屈折率定数]、媒質出射面 ($z' = L$) での I と $\Delta\phi$ の解析解を得た。(この結果は任意次数の非線形屈折についても得られる。) そして、Fresnel-Kirchhoff 回折積分により遠方場の光電場振幅を数値計算した。

3. 計算結果

Closed-aperture Z-scan の規格化透過率 T/T_0 (T_0 は線形透過率) の媒質位置 z/z_0 (z_0 は入射 Gaussian ビームの Rayleigh 長) 依存性について計算した。Fig.1 に異なる規格化入射光強度 ($I_0/I_s = 1 \times 10^{-5}, 1$) に対する計算結果を示す。ここで、 $z/z_0 = 0$ は媒質が入射 Gaussian ビーム

焦点に位置することを意味する。3 次非線形位相変化 $\Delta\Phi_{01}$ と 5 次非線形位相変化 $\Delta\Phi_{02}$ の符号は QDPNC での測定結果 [4] に合わせた。 $\Delta\Phi_{01}$ のみが生じる場合にはその値が負のため凹レンズ効果により T/T_0 の頂点 (谷) は $z/z_0 < 0$ (> 0) 側に生じ、可飽和吸収が無視出来ない場合 ($I_0/I_s = 1$) には T/T_0 は $z/z_0 = 0$ の付近を顕著にして全体的に増加する。しかし、 $|\Delta\Phi_{02}| \geq |\Delta\Phi_{01}|$ では両者の非線形位相変化の符号の違いにより、 T/T_0 の第二の頂点が $z/z_0 > 0$ 側に生じるように T/T_0 が変化し、可飽和吸収効果の増大とともにその傾向は顕著になる。

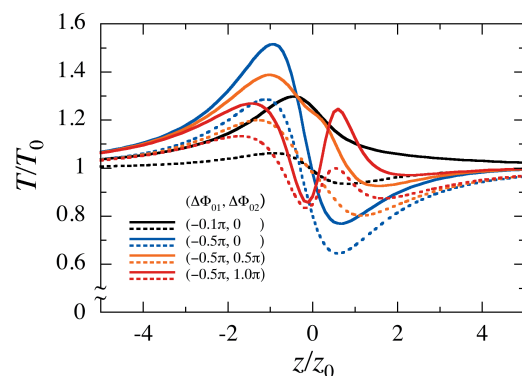


Fig. 1: T/T_0 as a function of z/z_0 for various combinations of $\Delta\Phi_{01}$ and $\Delta\Phi_{02}$. The solid (dotted) curves correspond to $I_0/I_s=1$ (1×10^{-5}). The linear transmittance of an aperture in front of a detector and $\alpha_0 L$ were set to be 0.001 and 1, respectively.

参考文献

- [1] M. Sheik-Bahae *et al.*, IEEE J. Quantum Electron. **26**, 760 (1990).
- [2] B. Gu *et al.*, J. Opt. Soc. Am. B **22**, 2651 (2005).
- [3] X. Liu *et al.*, Appl. Phys. Lett. **95**, 261109 (2009).
- [4] X. Liu *et al.*, Opt. Express **20**, 13457 (2012).
- [5] X. Liu and Y. Tomita, Phys. Res. Int. **2012**, 1 (2012).