18p-PA3-1

特性因子 ΔS を用いた二次非線形光学過程の最適化

Optimization of the 2nd-order nonlinear optical processes with parameter ΔS

山梨大・院　○張本　鉄雄

University of Yamanashi, ○Tetsuo Harimoto

E-mail: harimoto@yamanashi.ac.jp

二次の非線形光学効果を用いたレーザー光の短波長化及びその増幅においては、主に第二高調波発生と光パラメトリック増幅効果が利用される。高効率を得るために、入射レーザー光と非線形光学結晶の最適化が必要である。強度や波長及び偏光方向が一定であるレーザーパラメータに対して、非線形光学結晶の位相整合角とその長さの最適化方法としては、非線形波動方程式より導かれた楕円関数法が挙げられる。変換効率を除く小信号近似も初歩的な方法として第二高調波発生や光パラメトリック増幅の評価によく利用されている。また、パソコンの計算速度の進歩と数値計算ソフトの高機能化によって、非線形波動方程式を直接に利用して数値計算による最適化も一般的に行えるようになった。我々は二次の非線形光学過程における変換と逆変換の周期性に着目し、第二高調波発生及び光パラメトリック増幅の変換効率にも対応できる近似解析式を導くことができた[1-3]。これらの研究成果より、非線形波動方程式を記述する特性因子 ΔS を利用して二次の非線形光学過程を評価できることが明らかになった。本発表では、特性因子 ΔS を用いた二次の非線形光学過程の簡易な最適化方法を述べる。

角周波数ω_m (m=1, 2, 3)のレーザー光による三波混合($\omega_1+\omega_2=\omega_3$)に対応する特性因子ΔS は、次式 $\Delta S=\left(k_3-k_2-k_1\right)\Big/\sqrt{2d_{eff}^2 I_t\omega_1\omega_2/\varepsilon_0 c^3 n_1 n_2 n_3}$ で表される。ここで、n_m は屈折率、k_m は波数、c は真空中の光速、ε_0 は真空中の誘導率、d_{eff} は非線形光学常数、I_t は入射レーザーの総強度である。特性因子ΔS には入射レーザー光の強度と波長、非線形光学結晶の屈折率と非線形光学常数、結晶中における波数ベクトルの差（位相不整合要素）がすべて含まれている。三波混合のような非線形光学過程の最適化では、入射レーザー光の波長と強度が一定であれば、非線形光学結晶の位相整合角とその長さは最適化対象となる。位相整合角は従来の位相整合条件によって決められるが、最適な結晶長さは式 $L\approx\ln\left(16/|\Delta S|\right)\Big/\sqrt{\varepsilon_0 c^3 n_1 n_2 n_3/8d_{eff}^2 I_t\omega_1\omega_2}$ で評価することができる。このときの特性因子ΔS を最大強度変換率η_{max}との関係式 $\Delta S=2(1-\eta_{max})/\sqrt{\eta_{max}}$ に置き換えることによって、η_{max}に対応する最適な結晶長さ L が求められる。η_{max}=1 は理論的に最適な条件であるが、実際にレーザービーム発散角やバンド幅を無視できないため、結晶の最適化設計では、$\eta_{max}\geq 0.95$ を満たすように結晶長さを決める。光パラメトリック増幅も同じように最適化できる。

参考文献：

1) 池ヶ谷一貴、張本鉄雄、山川考一、レーザー研究、Vol. 37, No.4, 312-315 (2009).

2) Tetsuo Harimoto, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.51, No.10, 108001-1-2 (2012).

3) Tetsuo Harimoto, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.53, No. 3, 038003-1-3 (2014).

© 2014 年　応用物理学会