水晶を用いた高強度光励起波長変換の検討

Study on intense-laser pumped wavelength conversion by crystal quartz

分子科学研究所　○石月秀貴，平等拓範
Inst. Molecular Science (IMS)　○Hideki Ishizuki, Takunori Taira
E-mail: ishizuki@ims.ac.jp

【はじめに】　非線形光学波長変換では、非線形光学媒質の選択が重要である。我々はこれまで、$LiNbO_3$(LN)や$LiTaO_3$(LT)など強誘電体結晶を用いた擬似位相整合(QPM)による、Nd:YAGレーザー等の1.064μm帯高強度光波長変換を報告してきた[1]。その一方で、マイクロチップレーザー(MCL)など小型高強度ピコ秒光源の開発進展により、より高耐久の非線形光学材料が必要な状況となってきた。本報告では、水晶を用いた高強度光励起波長変換の基礎検討について報告する。

【水晶】　水晶は、波長0.18μm~2.8μmで透明な正の一軸性結晶($n_e - n_o > 0$)であり、主要なQPM材料であるLNやLT、あるいは複屈折位相整合(BPM)で利用されるLiB_3O_5に比較して高い光損傷耐性を示すという特長を持つ。その一方で非線形光学定数は最大0.3pm/V程度[2]と小さく、加えて複屈折性が小さいため、Frankenらによる最初のSHG実験[3]で用いられたものの以後の波長変換での有効利用は困難であった。しかし近年、栗村らによって応力印加によるQPM構造形成[4]が報告され、高強度光励起・短波長波長変換に適したQPM材料として再び注目されている。

【SHG実験】　高強度パルス光による強励起条件下では、位相整合が不完全な状態（非BPM状態）でも第2高調波発生(SHG)などの波長変換が観測される。この非BPM条件下での水晶の波長変換特性評価を目的として、MCL（波長1.064μm、パルス幅0.7ns、繰返30Hz、最大出力3mJ）を励起光源とし、単結晶水晶板（X-cut、0.5mm厚）を用いたSHG実験を行った。

図１に、水晶板X軸に対する励起光入射角ϕ_1 = 36°の条件下で、この水晶板をX軸を中心に回転した場合の回転角γに対するSHG緑色光の出力依存性を示す。励起光偏光が水晶のX-Y面と並行になる条件（γ = 90° & 270°）で最大SHG出力が得られた。出力SHG光もまた水晶のX-Y面に偏光しており、この非BPM状態でのSHGが水晶の非線形定数d_{11}またはd_{12}に起因することを確認した。

図２に、ϕ_1 = 36°およびγ = 90°の条件下での、励起光エネルギーに対するSHG出力特性を示す。最大励起2.3mJ時において、最大SHGエネルギー14.4nJを得た。この時の最小集光ビーム径FWHM = 40μmから最大励起強度I_{max} = 261GW/cm^{2}と見積もられ、MCLを用いた高強度短パルス光励起において、損傷無しに波長変換が可能であることを確認できた。

【まとめ】　MCL励起光強度パルス光により、水晶単層板を用いて非BPM状態でのSHGが可能であることが確認できた。今後は、QPMのための多層構造実現と、QPM-SHG実験を進める予定である。

文献　[1] H. Ishizuki, et.al., Opt. Express **20**, 20002 (2012). [2] I. Shoji, et.al., J. Opt. Soc. Am. B **14**, 2268 (1997).
[3] P. A. Franken, et.al., Phys. Rev. Lett. **7**, 118 (1968). [4] S. Kurimura, et.al., Opt. Mater. Express **1**, 1367 (2011).

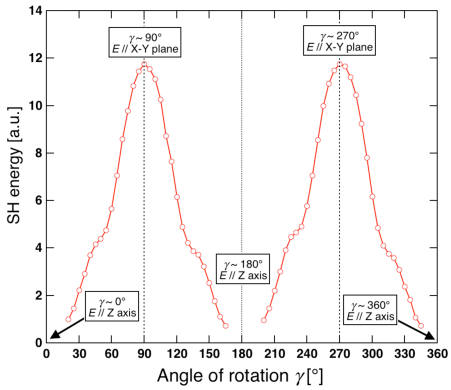

図１　SHG出力の回転角依存性

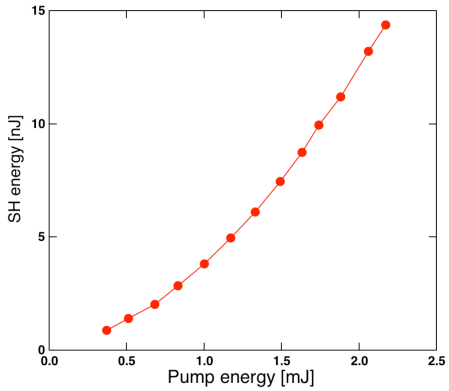

図２　SHG入出力特性

© 2016年 応用物理学会