

QPM水晶の波長変換特性に関する検討

Study on wavelength-conversion characteristics of QPM-structured quartz

理化学研究所¹、分子科学研究所²○石月秀貴¹、平等拓範^{1,2}RIKEN SPring-8 Center¹, Inst. Molecular Science (IMS)² ○Hideki Ishizuki^{1,2}, Takunori Taira^{1,2}

E-mail: ishizuki@spring8.or.jp

【はじめに】 小型高輝度レーザー光源の開発進展に伴い、その波長変換に使用する非線形光学結晶のレーザー光耐久性が問題となりつつある。LiNbO₃などの強誘電体結晶は、大きな非線形光学定数を持つが耐久性に劣る。LiB₃O₅などのホウ素系結晶は、紫外域波長変換が可能でレーザー光耐久性に優れるが、潮解性を有するという問題がある。さらに近年のレーザーの高輝度化により、LiB₃O₅などですら耐久性が問題となりつつあり、新たな高耐久高安定非線形光学結晶が求められている。

我々は新たな非線形結晶として、水晶（低温型、 α -石英）に着目している。水晶は低吸収短波長透過、高耐久、高安定な光学材料であり、世界初の非線形光学波長変換材料でもある[1]。複屈折性微小のため通常の波長変換利用は不可能だが、擬位相整合(QPM)構造が形成できれば高輝度可視/紫外光発生用の波長変換素子としての新たな展開が期待できる[2,3]。

本報告では、QPM水晶の利用および作成にあたっての特性検討を行ったので報告する。

【水晶の波長変換特性】 水晶は室温付近で三方晶系の結晶であり、 $d_{11} = -d_{12} = -d_{26}$ 、 $d_{14} = -d_{25}$ の2つの独立した非線形光学定数を持つが、 $d_{11} \gg d_{14}$ であるため通常は d_{11} のみを考慮する。このとき誘起される2次非線形分極 $\mathbf{P}^{(2)} = (P_x^{(2)}, P_y^{(2)}, P_z^{(2)})$ は、伝搬方向により以下で表される (θ_y 、 θ_z はそれぞれY軸、Z軸方向伝搬時の励起光偏光方向、 $\mathbf{E}$ は励起光電界)。X軸方向伝搬時は非線形分極は誘起されない。

$$\text{Y軸方向伝搬時:} \quad \begin{pmatrix} P_x^{(2)} \\ P_z^{(2)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_{11} E_x^2 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_{11} E_0^2 \cos^2 \theta_y \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\text{Z軸方向伝搬時:} \quad \begin{pmatrix} P_x^{(2)} \\ P_y^{(2)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_{11} (E_x^2 - E_y^2) \\ -2d_{11} E_x E_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_{11} E_0^2 \cos 2\theta_z \\ -d_{11} E_0^2 \sin 2\theta_z \end{pmatrix} \quad (2)$$

発生する波長変換光は、Y軸伝搬では直線偏光となるが、Z軸伝搬では励起光偏光依存となることに加え、水晶の旋光性により励起光および波長変換光が独立に偏光面回転するなど注意を要する。

【評価およびまとめ】 QPMスタンプ法[3]により作成したQPM水晶（周期124 μm ）を用い、その第二高調波(SH)光の偏光特性を評価した。図1に示すY軸伝搬配置において、出力SH光のZ軸偏光成分 E_{SH}^z は励起光偏光 θ_y によらず0である一方で、X軸偏光成分 E_{SH}^x は式(1)で示した θ_y 依存性を持つことを確認した。今後、この結果をもとに水晶へのQPM構造形成を進めていく予定である。

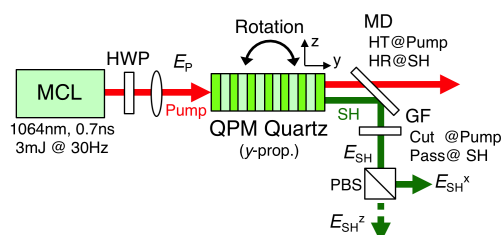
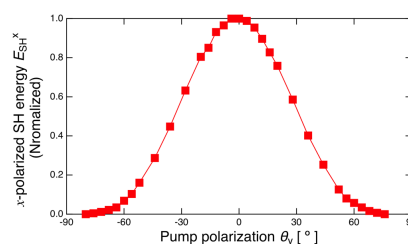


図1 QPM 水晶評価系配置

図2 E_{SH}^x の励起光偏光 θ_y 依存性[1] P. A. Franken, et. al., Phys. Rev. Lett. **7**, 118 (1961).[2] 栗村他, 応用物理, **69**, 548 (2000).

[3] 石月他, 2019年秋季応物講演会, 20p-E203-4 (2019).