

## 薄板多接合方式によるQPM水晶構築の検討

### Study on QPM-Quartz construction by multi-plate bonding

理化学研究所<sup>1</sup> 分子科学研究所<sup>2</sup> ○石月秀貴<sup>(\*)1,2</sup> 佐藤庸一<sup>1,2</sup> 平等拓範<sup>1,2</sup>

RIKEN SPring-8 Center<sup>1</sup>, Inst. Molecular Science (IMS)<sup>2</sup> ○Hideki Ishizuki<sup>1,2</sup>, Yoichi Sato<sup>1,2</sup>, Takunori Taira<sup>1,2</sup>  
e-mail (\*): ishizuki@spring8.or.jp

**【QPM水晶】** 水晶は光学的高透過特性や高レーザー照射耐久性に加えTHz波域で室温低吸収であり、THz波域用の非線形光学材料として期待できる[1]。我々は短周期の擬似位相整合(QPM)構造形成に適したスタンプ法での応力印加を介したQPM水晶などを報告してきた[2]。しかしバルク水晶への応力印加による極性反転は、PPLNやPPKTPに代表される強誘電体QPM素子での電界印加分極反転と同様に短周期化に適する一方で大口径化と相性が悪い点が高出力波長変換適用への妨げであった。

一方で、半導体材料や光学材料を高精度低損失で積層/接合する接合技術の進展は著しく、高出力レーザーにおける結晶放熱特性改善用DFC素子の実現にも利用されている[3]。この接合技術のQPM素子への適用例としては、光学接触によるQPM水晶[4]、常温接合によるQPM GaAs[5]、無反射コーティングを施したLiNbO<sub>3</sub>結晶の単純積層などが報告されている[6]。本報告では、大口径QPM水晶の実現を目的として、プラズマ処理を介した水晶薄板の接合とその特性評価を行ったので報告する。

**【水晶薄板接合】** QPM水晶に必要な構造周期 $\Lambda$ は動作波長に依存し、例えば1064nm光励起で1THz波発生の場合には約540 $\mu\text{m}$ となる。今回は直径20mmの水晶基板(0.5mm厚及び1.0mm厚)を準備し、光学研磨後にプラズマ処理による結晶接合を実施した。洗浄や研磨処理が不適切な場合、接合失敗や干渉縞が発生するが、適切な条件下では清浄な接合が確認できた(図1、0.5mm厚×2枚)。

**【接合特性評価】** 可視域(450-650nm)での透過特性評価結果を図2に示す。波長532nmでの平均屈折率 $\sim 1.55$ から、水晶1枚(空気/水晶界面×2)および水晶2枚(未接合、空気/水晶界面×4)の理論透過率はそれぞれ91%、81%であり、測定結果もほぼこれに一致した。一方で2枚接合水晶の透過率測定結果は91%であった。これはフレネル損失を抑制した接合の達成を示している。

次にsub-nsパルスレーザーを用いた損傷特性評価を行った。2枚接合水晶(1.0mm厚×2枚)に対し、1.0-1.5mm間隔で損傷特性評価を実施した。図3に示す特性評価時において、全ての損傷は裏面側(レーザー光入力面の反対側)から生じ、実験中あるいは実験後に接合剥離などは生じなかったことから、初期評価として十分な接合強度を有していることを確認した。

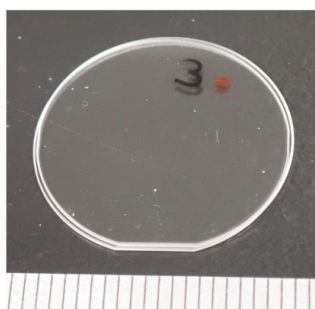


図1 接合した水晶

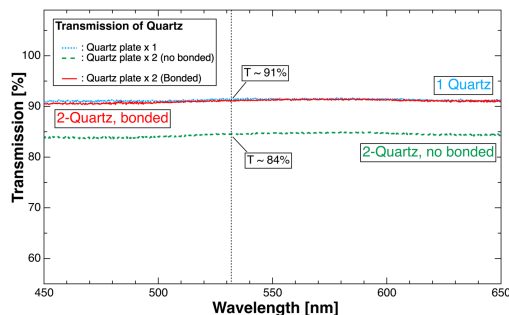


図2 各種水晶の可視域透過特性

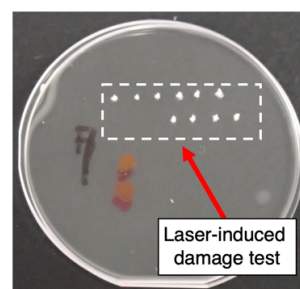


図3 損傷特性評価

**【今後の予定】** 接合試料の非破壊検査手法として、結晶の熱伝導特性測定が利用できる[7]。今後、光学透過特性や損傷特性評価に加え、熱伝導特性評価を実施しつつ接合条件の改善を進め、最終的には大口径QPM水晶の構築を目指す。

**【謝辞】** 本研究は、JST来社会事業JPMJMI17A1、防衛装備庁安全保障技術研究推進制度JPJ004596などの支援を受け実施したものである。

- [1] 石月他, 2024年春季応物シンポジウム, 23p-71B-3 (2024). [2] H. Ishizuki, et. al., Opt. Express **28**, 6505 (2020).  
[3] L. Zheng, et. al., Opt. Mat. Express **7**, 3214 (2017). [4] M. Okada, et. al., Opt. Commun. **18**, 331 (1976).  
[5] R. Tanimoto, et. al., J. Opt. Soc. Am. B **38**, B30 (2021). [6] N. H. Matlis, et. al., Opt. Express **32**, 33875 (2024).  
[7] Y. Sato, et. al., Opt. Express. **14**, 10528 (2006).