

19p-D2-11

テルライト系ガラスを用いた超高速一括波長変換素子の研究 —紫外光ポーリングの検討—

Research on ultrafast wavelength converter using Tellurite glass systems —Trial of UV-poling—

東京工科大学, °野村 裕幸, 大河原 俊介, 三田地 成幸

Tokyo University of Technology, °Hiroyuki Nomura and Syunsuke Okawara and Seiko Mitachi

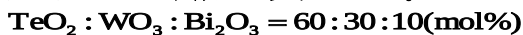
E-mail: mitachi@stf.teu.ac.jp

【はじめに】

現在、ニオブ酸リチウムのような、強誘電体結晶材料を用いて高効率な波長変換デバイスが研究開発されているが、これらは単結晶材料であるため加工が困難であり、コストが高く、光損傷の閾値が低いなどの問題点がある。代替材料として加工性もよく、低コストであり広い波長帯域で高い透明性を有するテルライト系ガラスに注目した^[1]。ガラスにポーリング処理を行い、分極を形成し、反転対称性を崩すことで、二次非線形光学特性を発現させることができる。これに擬位相整合構造を付与できれば、安価で波長変換効率の高い素子の実現が期待できる。その上で、非線形効果の1つである差周波を利用することで高速一括波長変換素子として動作させることができる。テルライト系ガラスを用いた安価で高効率な波長変換デバイスを実現することを目的として、今回は紫外光を用いたポーリングの可能性を検討したので以下に報告する。

【実験方法】

ガラスサンプルの組成比は以下とした^[1]。



ポーリングが試料表面に均一にできるように、光学研磨を行った縦 20mm、横 15mm、厚さ 0.7mm 程度の試料を作製した。ガラスに二次非線形光学効果を生じさせるために、熱・電場ポーリングまたは紫外光ポーリングを行った。メーカー・フリンジ法により第二次高調波(SHG)の強度測定を行った。

紫外光ポーリング装置は図 1 のように構成した。

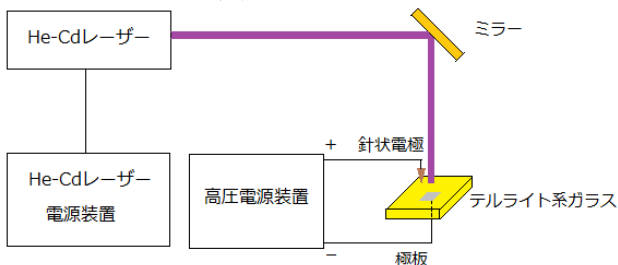


図 1 紫外光ポーリング概要図

+極を針状電極とし、一極をサンプルサイズよりも小さい 10mm×10mm の平板状電極とした。ミラーを He-Cd レーザーに近接させ、紫外光が針状電極と重ならないように光軸を調整した。今回は電圧 5kV、電極間距離 5mm の条件でポーリング処理をした。

【実験結果・考察】

二次非線形光学定数の算出式は(1)式で求められる。水晶の二次非線形光学定数は 0.4[pm/V] である^[2]。

$$d_{\text{sample}} = \frac{d_{\text{quartz}} L_{\text{quartz}}}{L_{\text{sample}}} \sqrt{\frac{P_{\text{sample}}}{P_{\text{quartz}}}} \quad \cdot \cdot (1)$$

紫外光ポーリングを施したサンプルのフリンジパターンの測定結果を図 2 に示す。ポーリング前とポーリング後の SHG 強度はそれぞれ 0.0004[a.u.]、0.0041[a.u.]となり、二次非線形光学定数はそれぞれ 0.015[pm/V]、0.052[pm/V]と算出された。この結果より、ポーリング前と比較し、SHG 強度や二次非線形光学定数が高いことから、紫外光ポーリングによる分極の誘起に成功したと言える。

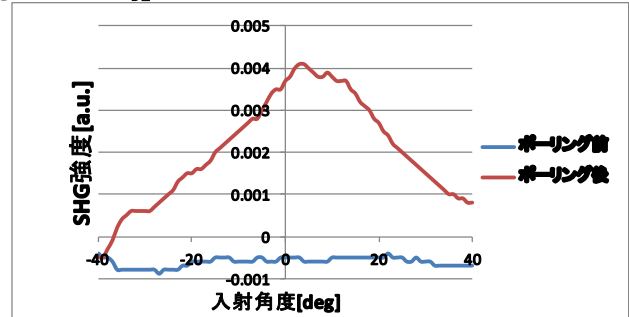


図 2 T-W-B-UV2 のフリンジパターン

今回作成したサンプルの各測定結果を表 1 に示す。

T-W-B-WF2 が熱・電場ポーリング、T-W-B-WF2UV と T-W-B-UV2 が紫外光ポーリングを行ったサンプルである。熱・電場のポーリング時間は 63 時間、紫外光のポーリング時間は T-W-B-WF2UV で 2 時間、T-W-B-UV2 で 5 時間であった。また、T-W-B-WF2UV は T-W-B-WF2 の熱・電場ポーリングを施していない箇所へ、紫外光ポーリングを施したときの測定結果である。

表 1 サンプル毎の各測定結果

サンプル名	厚さ[mm]	SHG強度 [a.u.]	水晶のSHG 強度[a.u.]	二次非線形光学 定数[pm/V]
T-W-B-WF2	1.641	0.0103	0.0251	0.156
T-W-B-WF2UV	1.641	0.0092	0.4932	0.033
T-W-B-UV2	0.831	0.0041	0.3578	0.052

熱・電場ポーリングを施した T-W-B-WF2、紫外光ポーリングのみ施された T-W-B-UV2 を用いて比較すると、紫外光ポーリングを施したサンプルの方が、熱・電場ポーリングを施したサンプルより SHG 強度、二次非線形光学定数は低い値を示している。これは紫外光ポーリングを施す際、電圧やポーリング時間が分極反転構造を形成する条件としてはまだ最適でなかったため、SHG 強度が熱・電場ポーリングのサンプルより低い値を示した可能性がある。また、紫外光ポーリングを施した T-W-B-WF2UV より、ポーリング時間が長い T-W-B-UV2 の二次非線形光学定数が高い値を示した。そのため SHG 強度の値を増加させるには、電圧の値を絶縁破壊の起きない限界まで上げ、且つ紫外光ポーリングを行う時間をより長時間にすることによりポーリング条件の最適化が可能であると思われる。

紫外光を用いたポーリングが可能となれば、電界方向を交互に変化させながら、ストライプ状に周期的に紫外線照射領域をスキャンすることで擬位相整合構造を付加することでき、テルライト系ガラスを用いた安価で高効率な波長変換デバイスの実現が可能となる。

【参考文献】

- [1] 永原、鈴木、三田地「 $\text{TeO}_2\text{-WO}_3\text{-PbO}$ 系と $\text{TeO}_2\text{-WO}_3\text{-Bi}_2\text{O}_3$ 系ガラスの二次非線形光学定数の比較」第 56 回応用物理学関連連合講演会 p935, 1a-TF-10(2009 年春 筑波大学)。
- [2] 河津幸恵、渡辺敏行、戸谷健朗、小川猛：「高分子骨格の 2 次非線形光学定数への影響」SEN' I GAKKAISHI (報文) Vol. 60, No.6 (2004)。