

水晶極性反転におけるバックスイッチ応力の温度依存性

Temperature dependence of back-switching stress in quartz twinning

物材機構¹, (株)ニコン² ◯原田 昌樹^{1,2}, 村松 研一²,
上田 基², 栗村 直¹

National Institute for Materials Science (NIMS)¹, Nikon Corporation², ◯Masaki Harada^{1,2}, Ken-ichi Muramatsu², Motoi Ueda² and Sunao Kurimura¹

E-mail: haradam@nikon.com, KURIMURA.Sunao@nims.go.jp

第二高調波発生 (SHG) による全固体真空紫外光源の実現を目指して水晶のツインを利用した擬位相整合 (QPM) 波長変換デバイスの開発が行われており、QPM-SHG における最短波長 193 nm 発生が報告されている。^[1, 2] 強誘電体における分極反転と同様に周期ツイン構造の作製にはマージとバックスイッチの抑制が課題とされ、とりわけ周期 10 μm 以下では一度反転したツイン構造が元の極性に再反転する現象 (バックスイッチ) がみられている。そこで波長 193nm 発生 (周期 9.6 μm 、5 次 QPM-SHG) においては、室温で周期ツイン構造を安定的に維持出来る小型の応力保持機構を開発し波長変換に到っている。今回、デバイス作製の重要な指標であるバックスイッチ応力 (σ_{BS}) の温度依存性を、周期ツイン形成が比較的容易な周期 41.7 μm (波長 532nm 発生) の 1 次 QPM-SHG 周期) にて測定したので報告する。

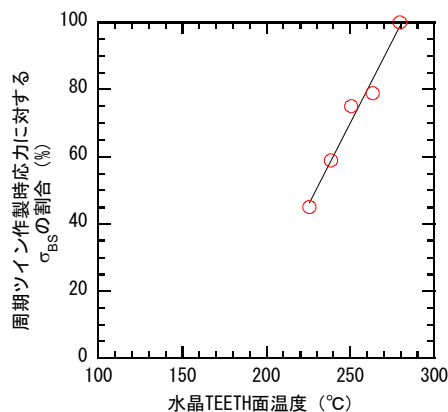


図1. σ_{BS} の温度依存性測定結果

ホットプレス法において 350 度近辺高温下で周期ツインを作製した後、280度以下で応力を低下させると周期ツイン構造が消失し始める応力値 σ_{BS} が応力低下時の温度によって異なることがわかった。 σ_{BS} を 0 にできればツインが安定化できるため、その温度依存性を調査した。直交偏光子下で光弾性による屈折率変化を観察する実時間観察方法を用いて、1) 周期ツインの形成を確認し、2) 応力を保持した状態で所望の温度まで降温し、3) 印加応力を次第に下げ周期ツインの消失する応力 σ_{BS} を測定した。使用サンプルは、5 度 Y カット、サンプル表面に周期 41.7 μm 、デューティ比 0.4 の楕形段差領域があらかじめドライエッチングにて形成されている。楕形段差面 (上面) 温度 279.4°C、下面温度 245.5°C で周期ツイン構造を作製した。図 1 にて、横軸は水晶上面温度 (°C)、

縦軸はデバイス作製時の最大応力を 100% としてそれに対する σ_{BS} の割合 (%) を示す。なお、各測定点では過去の周期ツインの履歴を避けるためにそれぞれ新しいサンプルを使用した。また、冷却温度レートは 1°C/分 で一定であり、冷却レートによる σ_{BS} の差異はほとんど観察されなかった。

σ_{BS} の小さい点ではツイン消失応力の判別が困難であったが、 σ_{BS} は温度が下がるにつれて小さくなり、1 次関数的に低減していくことする事が分かった。強誘電体の分極反転におけるキュリー・ワイスの法則に類似したモデルが存在すると推測される。図 1 のプロットを延長すると室温以上で $\sigma_{\text{BS}}=0$ となり、外力のない状態で周期ツインが安定して存在する事を示唆する。これは周期 41.7 μm では外力がなくても室温にて周期ツイン構造が安定して存在している事実と一致する。今後は、周期 10 μm 以下の短周期デバイスに対してもモデルの妥当性を検討し、更なる開発を進めて行きたい。本研究の一部は科研費 23360037 を受けており感謝致します。

[1] S. Kurimura, M. Harada et al., "Quartz revisits nonlinear optics: twinned crystal for quasi-phase matching," Opt. Mater. Express **1**, 1367-1375 (2011).

[2] 原田、足立、栗村、"真空紫外波長変換を実現する極性反転水晶、" オプトロニクス **11** 131-134 (2012).