

Ge 単結晶の直接通電加熱による低温変形およびレンズ成形

Low temperature deformation of Ge single crystal by direct electric heating

阪本 大樹¹、下間 靖彦¹、坂倉 政明²、三浦 清貴¹、八戸 啓³

(1.京大院工、2.次世代レーザープロセッシング技術研究組合 3.株式会社プラウド)

Taiki Sakamoto¹, Yasuhiko Shimotsuma¹, Masaaki Sakakura², Kiyotaka Miura¹, Satoru Hachinohe³

(1. Kyoto Univ., 2. Next Generation Laser Processing Technology Research Association, 3. Proud Inc.)

E-mail: t.sakamoto@func.mc.kyoto-u.ac.jp

【緒言】

我々はショクラスキー法で作製したシリコン単結晶をパルス通電加熱 (SPS) 法により加圧・加熱処理することで、格子間酸素に由来した $9\ \mu\text{m}$ 近傍の吸収を極短時間で大幅に低減させることに成功した。さらに試料に直接通電しない通常のホットプレス (HP) 法では全体的に透過率が低下するが [1]、SPS 法では透過率が維持されることも明らかにした。本研究では、Si と同族半導体である Ge 単結晶を研究対象として、HP 法と SPS 法による処理後の赤外域における透過率及び微細構造を評価した。また、車載カメラのレンズなどへの応用を見据えてレンズ状に加工した時の光学特性を確かめた。

【実験】

Ge 単結晶 (直径 6 mm 厚さ 4 mm) の(001)面を HP 法 (温度 930°C 、圧力 0.4 kN、保持時間 120 min) と SPS 法 (600°C 、0.4-6 kN、10 min) によって加圧・熱処理を行った。各処理後、(001)面に平行 (加圧軸に垂直) な方向に試料を厚さ 2 mm に切断し、鏡面研磨後、赤外域における透過率を FT-IR により測定した。さらに(001)面に垂直 (加圧軸に平行) な方向についても同様に試料を切り出し、鏡面研磨後、電子線後方散乱回折 (EBSD) により微細構造を評価した。さらに円形の単結晶 Ge 基板 (001)面を直径 22 mm 厚さ 3 mm のメニスカス形状に加圧成形後形状精度を測定し、成型体から厚み 1 mm の平行平板を切り出し、両面研磨後に赤外域における透過率を評価した。

【結果と考察】

Ge 単結晶の 0.4 kN での HP および SPS 処理前後の透過率を評価したところ、HP 法では透過率が低下したが、SPS 法では大きな変化は見られず、特に $9\ \mu\text{m}$ より長波長側で HP 法に比べて約 15% 高い透過率が得られた。各処理後の Ge 単結晶の加圧軸に平行な面における EBSD 測定結果を Fig.1 に示す。SPS 法で処理した Ge 単結晶 (Fig.1 b)は、HP 法 (Fig.1 a) に比べて発生した転位密度や結晶方位の分布が小さいことが分かる。この理由は材料に直接通電することでキャリア密度が増加し、共

有結合性が弱くなることですべりに沿っての移動が促進され、HP 法に比べ低温で、金属のような塑性変形が可能になったためと考えた[2]。

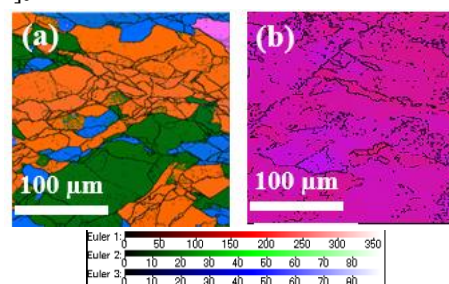


Fig.1 EBSD patterns on the (001) Ge surfaces after processing by (a) HP and (b) SPS

結果として SPS 法による処理は、結晶方位の乱れが小さいこと、すべりが微小であることで赤外光の散乱が抑えられたと考えられる。SPS 法でメニスカス形状に成型した Ge 基板の形状精度は面内 P-V 値 $0.356\ \mu\text{m}$ であり、サーグラフィ用途での使用は可能であることが確認された (Fig.2)。また、切り出した試料の透過率は未加工品と比較して 1%程度しか低下しておらず赤外用レンズの成型技術としての応用の可能性が示唆された。

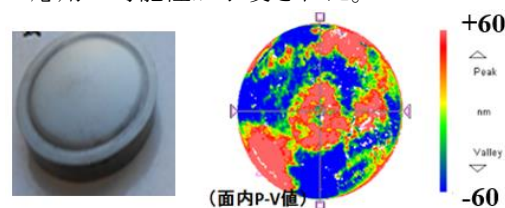


Fig.2 (a) A germanium single crystal lens obtained by the molding at around 600°C (actual sample temperature) and (b) peak-to-valley (PV value) on the surface

【謝辞】

本研究を進めるにあたり、メニスカス形状に加工形成した試料データを提供していただいた株式会社タムロン様に感謝いたします。

【参考文献】

- [1] K.Morishita et al., *Applied Physics Express* 4 (2011) 106501
- [2] V. A. Makara et al., *Physics of the Solid State* (2001) 43: 480-483