

PMN-PT 単結晶の誘電特性に及ぼす加工の影響

Effect of Machining on Dielectric Properties of PMN-PT Single Crystals.

中部大学 ○高橋 秀彰, 難波 義治, 高橋 誠

Chubu Univ. ○Hideaki Takahashi, Yoshiharu Namba, Makoto Takahashi

E-mail: tm09005@isc.chubu.ac.jp

1. 緒論

マグネシウムニオブ酸・チタン酸鉛(PMN-PT)単結晶は PZT セラミックスに比べ誘電・圧電特性が高いことで知られている。しかし、その比誘電率は厚み依存性があり、試料が薄くなるに伴い低下する。本研究は、加工の立場から誘電特性の改善を試み、加工法を工夫することにより比誘電率の厚み依存性を緩和する方法を見出したものである。

2. 実験方法

本実験では、融液ブリッジマン法により育成された相境界(MPB)近傍の PMN-PT 73/27 単結晶の{001}板を使用した。試料は 4 mm×4 mm×0.7 mm 寸法の脱分極試料を用い、試料両面に超精密研削加工と精密研磨加工を施すとともに、試料厚みを 18 μm ～500 μm の間で変化させ、比誘電率の評価とドメイン観察を行った。

超精密研削加工は研削砥石を用いた除去加工で、単結晶材料の加工において、表面品質に難点があるが、加工精度と能率が良い加工法である。一方、精密研磨加工は遊離砥粒を用いた除去加工で、能率に問題があるが、加工変質層のない滑らかな面が得られる。本研究では、超精密研削加工に平均粒径 4 μm のダイヤモンドを使用し、精密研磨加工には平均粒径 7 nm の SiO₂ を超純水に分散させた研磨液を使用した。加工面の表面粗さはそれぞれ約 1 nm Ra に仕上げた。

比誘電率の評価は、加工を施した試料の両面にスパッタで厚み 100 nm の金電極を形成し、温度 298 K、電界 800 V/mm、印加時間 10 min の条件で分極処理を施した。その後、LCZ メーター(NF 2340)とテストリード(NF 2324)を用いて測定周波数 1 kHz、交流振幅 1 V、直流バイアスなしの条件で静電容量を測定した。ドメイン観察は、分極処理後の試料から金電極を剥離し、偏光顕微鏡観察した。

3. 実験結果

図 1 に超精密研削加工と精密研磨加工を施した PMN-PT 単結晶{001}面の比誘電率と試料厚みの関係を示す。また、参考のために、Lee ら¹⁾により測定された研磨試料の値も菱形印で示した。この図から、精密研磨加工を施した試料の比誘電率は試料厚みが薄くなるに伴い減少する傾向を示した。特に、比誘電率の減少率は、試料厚み 150 μm 付近から大きくなる。一方、超精密研削加工を施した試料の比誘電率は精密研磨加工に比べ厚み依存性が緩和され、試料厚み 18 μm における比誘電率は、精密研磨加工の 2 倍以上の値を示している。

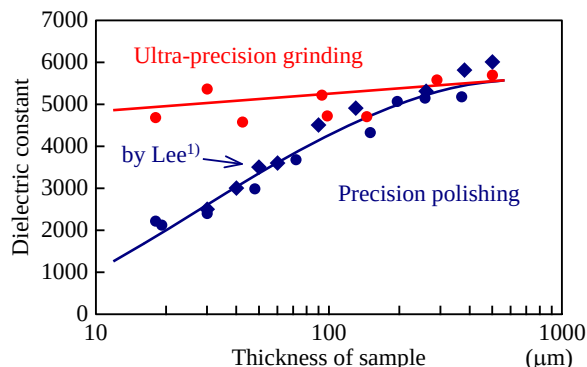


Figure 1. Relationship between dielectric constant and thickness of machined sample.

図 2 に各種加工を施した PMN-PT 単結晶{001}面の偏光顕微鏡像を示す。図 2(a)は精密研磨加工、図 2(b)は超精密研削加工を施した試料厚み 18 μm におけるドメインを表している。この図から、加工法により試料に形成されるドメイン構造は異なり、精密研磨加工を施した試料には、[110]方位のドメイン壁からなる斜め縞状のドメイン構造が現れ、超精密研削加工を施した試料には、[001]方位のドメイン壁からなる格子縞状のドメイン構造が現れた。比誘電率の厚み依存性は後者のドメイン構造において緩和された。

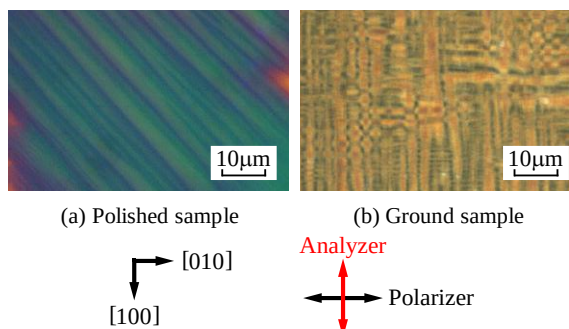


Figure 2. Domain configurations of PMN-PT single crystals, observed with a polarization microscope.

4. 結論

PMN-PT 単結晶{001}面に超精密研削加工と精密研磨加工を施し、比誘電率およびドメインに及ぼす影響について調査した結果、以下の結論が得られた。

- (1) 超精密研削加工を施した試料の比誘電率は精密研磨加工に比べ厚み依存性が緩和する。
- (2) 加工法により試料に形成されるドメイン構造は異なる。

参考文献

- 1) H. J. Lee et al., Adv. Funct. Mater., **20** (2010) 3154.