

部分電極をつけた PZT の繰返し電界誘起損傷

1. 緒言

圧電セラミックスは、外力によりひずみが生じると、材料表面に電荷が発生する圧電効果と、逆に外部から電圧をかけると変形が生じる逆圧電効果を併せ持つ。従ってセンサーとアクチュエータの両機能を持つことから知能材料としての応用が注目されている。これらの中でも PZT (チタン酸ジルコン酸鉛) は圧電特性が良いだけでなく、キュリー温度が 300°C と高く、温度特性が非常に安定しているため、圧電セラミックス素子として広い用途で利用されている。しかし、圧電セラミックスは脆性材料で、微小な欠陥やき裂が存在すれば、そこを起点として破壊が生じる危険性が極めて高い。例えばアクチュエータとして駆動させるための電極が不連続な場合、その境界では電気弾性場の集中により損傷が生じ、素子の破壊や特性劣化を引き起こすことが知られている。⁽¹⁾

本研究では PZT の部分電極部の繰返し電界誘起損傷に関して、特に温度、湿度の環境の影響について調査を行った。

2. 実験方法

本実験では、図 1 に示すような部分電極を有する PZT 試験片に高電圧高速電力増幅器によって増幅した交流正弦波状電圧を負荷し、静電容量 (C_p) の変化を測定するとともに、表面での損傷挙動を観察した。繰返し電界幅 ΔE は $\pm 400\text{V/mm}$ とし、周波数は 2kHz とした。部分電極周辺における損傷観察にはレーザー顕微鏡を、 C_p の測定には LCR メーターそれぞれを使用し、所定の時間経過ごとに測定を行った。実験中の温度、湿度の制御には恒温恒湿機を使用した。

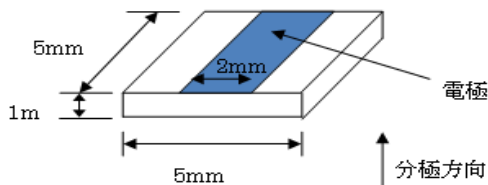


図 1 PZT 圧電セラミックス

3. 実験結果および考察

これまでの研究⁽²⁾において、部分電極材に繰返し電界を負荷すると、電極縁付近での損傷の進行に伴い、 C_p が低下することが分かっている。温度 30°C、相対湿度 80% の環境下で実験したときの C_p の変化を通常の実験室環境下での結果と併せて図 2 に示す。本結果では主に湿度の影響を見ることができ、80% と湿度が高い場合、 C_p の低下が大きいことが分かった。

次に湿度を 80% に固定し、温度を変化させた時の結果を図 3 に示す。電界繰返し数が 1×10^6 回付近までは C_p の変化挙動に差異が見られないが、より高温の 40°C ではその後の低下が著しくなることが分かった。

図 4 は、30°C、80% の条件下での電極境界付近の観察結果である。繰返し数の増加に伴い、電極の境界に沿って黒い筋が見られるようになる。さらにその後周辺には変色した領域が

出現する。この変色域は実験室環境下では観察されなかった。

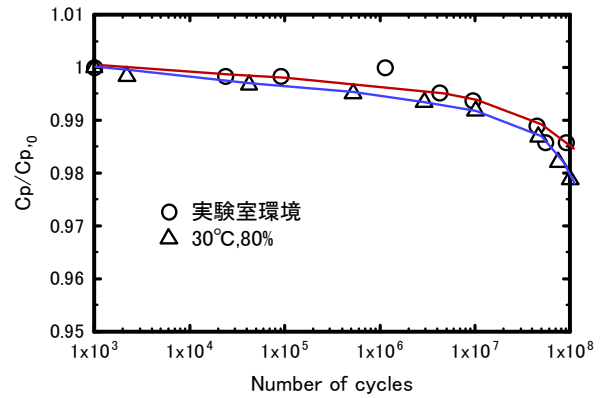


図 2 C_p 変化に及ぼす湿度の影響

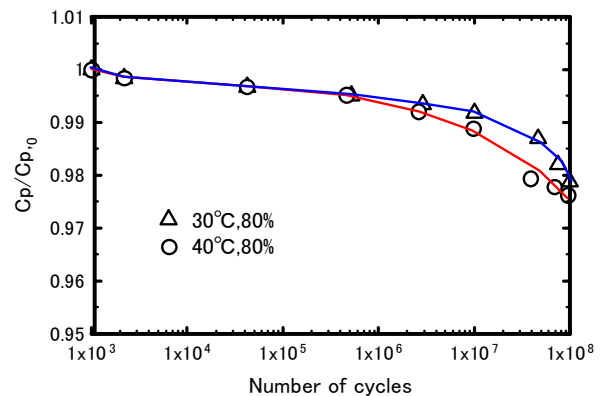


図 3 C_p 変化に及ぼす温度の影響

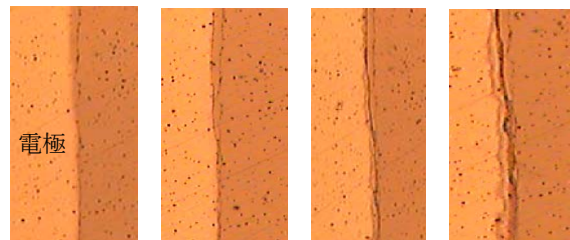


図 4 時間経過ごとの部分電極周辺の損傷 (30°C, 80%)

今回の実験では、温度、湿度を上げると実験室環境よりも C_p の低下が顕著となる。特に同じ湿度で温度を変化させた結果 (図 3) で、40°C は C_p の下がり方が著しい。これは、相対湿度は同じであるが温度の違いで環境中の水蒸気量は 40°C の方がかなり多いため、水蒸気が欠陥部で凝縮し、水となってセラミックスの結合力を低下させ、損傷を加速させたものと考えられる。

(参考文献省略)