

繰返し電界負荷を受ける PZT 圧電セラミックスの劣化挙動

材料強度学研究室

片山 政輝

1. 緒言

PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)は力を加えると圧電効果により電圧が発生し、また、電圧を加えると逆圧電効果により変形する特徴を持っている。この圧電特性が良好であることに加え、キュリー温度が 300℃と高く、温度特性が非常に安定なので、最も多く使用されている。しかし、本材料は脆性材料で、微小な欠陥やき裂が起点となり破壊に至る危険が大きい。例えばアクチュエータに使われている PZT で部分的な電極を有する場合、繰返し電界下で電界集中などにより、その境界付近に損傷が生じることが知られている。

本研究では部分電極を有する PZT について繰返し電界を負荷した時に生じる特性の変化および、微小き裂からのき裂伝ばなど劣化・損傷挙動の調査を行った。

2. 実験方法

本実験では、図 1 に示すように板厚方向に分極した一辺 5mm、厚さ 1mm の PZT 試験片を使用した。試験片に幅 2mm の部分電極材として金を蒸着させた。部分電極と下面全面電極間に高電圧高速電力増幅器によって交流正弦波状電圧を負荷し、圧電定数 d_{33} の変化を測定するとともに、表面での劣化挙動を観察した。繰返し電圧 ΔV は $\pm 400V$ とし、周波数を 400Hz 一定とした。このとき直流バイアス負荷の影響についても検討した。図 2 に示す試験片 B を用いて、電極境界部にビッカース圧子を打ち込み、予き裂からのき裂進展挙動を観察した。

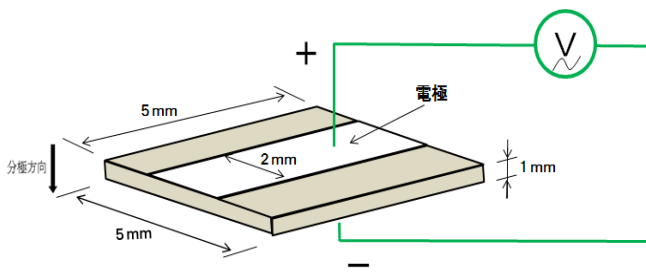


図 1 試験片 A

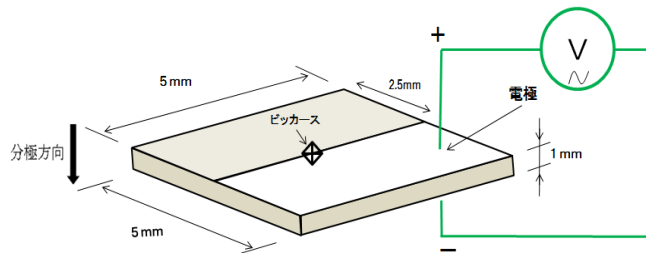


図 2 試験片 B

3. 実験結果および考察

これまでの研究結果から、部分電極材に繰返し電界を負荷すると、 d_{33} が低下することが分かっている。電圧幅を変化させた時と BIAS を与え、交流電圧を正の範囲で振幅させた場合と負の範囲で振幅させた場合の d_{33} の変化を測定した結果を図 3 に示す。高い電圧幅を負荷することで d_{33} の低下割合が大きいことが分かった。また、正の BIAS を与えた場合、直後に d_{33} が大きく低下しそこから徐々に増加する。また負の BIAS を与えた場合は d_{33} が不規則に変化することが分かった。繰返し電圧 ΔV を $\pm 400V$ 、 $\pm 600V$ とした時のき裂伝ば速度とき裂長さの関係を図 4 に示す。両者を比較すると、 ΔV が大きい場合、高い伝ば速度となる。また、き裂はいずれの場合もある程度伝ばした後停留するが、 ΔV が $\pm 600V$ の場合 ΔV が $\pm 400V$ に比べて停留する時のき裂伝ば長さは 2 倍以上長くなる。

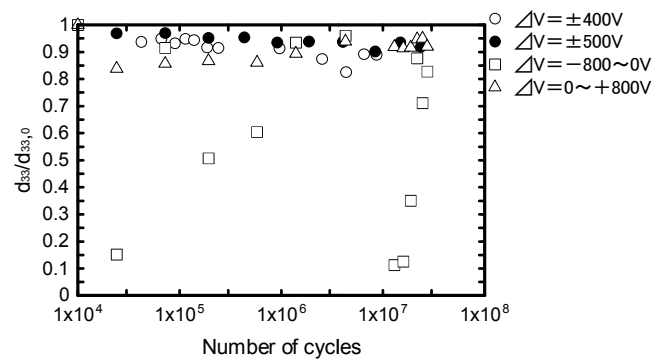


図 3 d_{33} に及ぼす電圧の影響

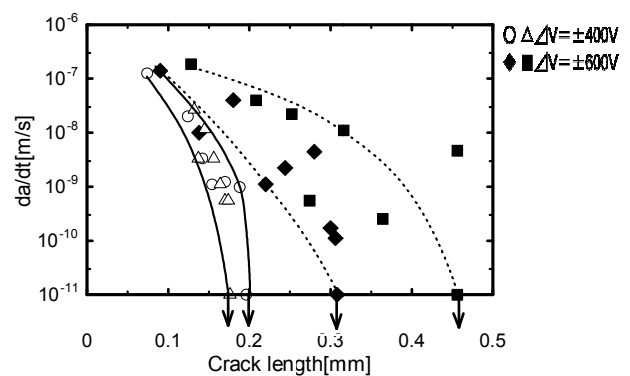


図 4 き裂進展に及ぼす電圧の影響

4. まとめ

PZT に繰返し電界を負荷した時生じる圧電特性の劣化は部分電極の場合に顕著となり、直流成分の場合も大きくなる。

電極境界付近の欠陥からのき裂伝ば速度は繰返し電界幅に依存する。

(参考文献省略)