

圧電セラミックスの繰返し電場誘起き裂進展挙動

知能材料学研究室 岩永拓哉

1. 緒言

圧電セラミックスは圧電効果および逆圧電効果を合せ持つ材料でセンサーやアクチュエーターに広く用いられている。中でも PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)が最も一般的に使われている。しかし本材料は脆性材料であり強度信頼性が低いという問題がある。

PZT に繰返し電圧を負荷することで材料中にき裂が発生し、これが進展する挙動が報告されているが、そのメカニズムや定量的評価法などは十分に確立されているとは言えない。先行研究の結果、繰返し電界が小さい場合、切欠き底からき裂が発生した後その進展速度を急激に低下させながら進展し、やがてき裂は停留してしまう。また電界が大きくなるに従い停留するまでのき裂長さが増加する。分極反転が生じるような大きな電界を繰返すと、進展速度がばらつき、き裂進展速度は急激に増加することなどが分かっている。

本研究では特に初期切欠きの長さの影響、破面の状態について注目し、繰返し電場によるき裂進展を調査した。

2. 材料および実験方法

本実験には板厚方向に分極された市販の PZT 分極材(5×5×1mm)を使用した。この試験片に厚み方向中心に沿って溝状の切欠きを導入した。切欠き長さ s は約 1mm と約 2mm とした。試験片はシリコンオイルを満した油槽の中に入れ、分極方向に正弦波状の交流電圧を印加し、適当な時間毎にき裂長さ c を測定した。試験の状態を模式的に図 1 に示す。印加電圧は±700V, 5Hz である。実験が終了した試験片をき裂に沿って強制破断させ破面を電子顕微鏡(SEM)で観察した。

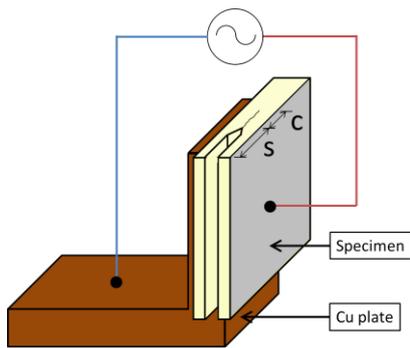


図 1 実験システムの模式図

3. 実験結果および考察

試験片に繰返し電圧を負荷すると約 200 回程度で切欠き底からき裂が発生し、その後進展する。図 2 に電圧負荷繰返し数とき裂長さの関係を示す。図中の矢印は停留き裂に至ったことを示している。これまでの研究で得られた±600V における結果と比較すると、±700V ではき裂進展速度は大きく、また停留したき裂長さは長かった。平均電圧をかえて、振幅 400V, 100Hz の電圧を負荷した時の材料変位振幅を測定し

た結果、本研究の±700V では材料に分極反転が生じていることが確かめられた。この分極反転がき裂進展に影響していると考えられる。

破面を SEM で観察すると、図 3 に示すような粒界割れと粒内割れが観測された。試験片の表面近傍と内部中央付近での粒内割れの面積比を図 4 に示す。観察表面近傍破面ではき裂が進展するに従い粒内割れの占める割合が増加する。内部では試験片ごとに挙動が異なり明瞭な傾向は見られなかった。

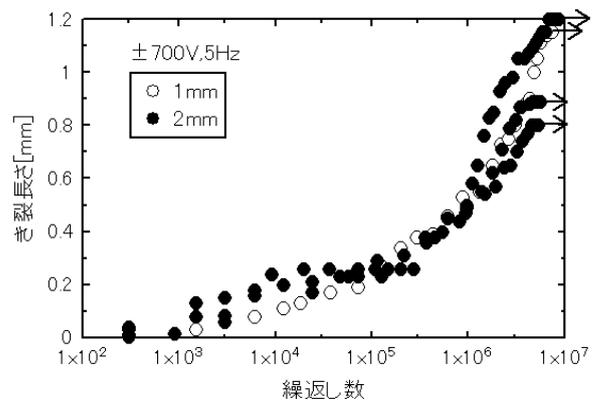
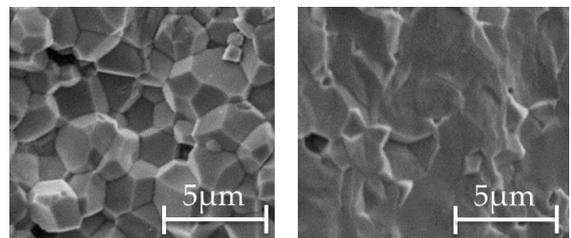


図 2 繰返し数とき裂長さの関係



(a)粒界割れ (b)粒内割れ

図 3 破面 SEM 写真

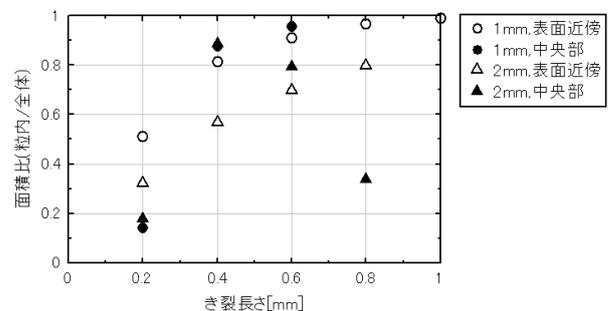


図 4 切欠き先端からの距離と粒内割れの関係

4. 結言

- (1) き裂は繰返し電圧を負荷することにより発生、進展する。
- (2) 初期の切欠き長さはき裂進展に影響しない。
- (3) 表面近傍ではき裂進展に従い粒内割れの破面の割合が増加する。