

繰返し電界負荷による圧電セラミックスの損傷挙動

材料強度研究室

河野仁志

1. 緒言

近年、材料にセンサー機能やアクチュエータ機能を加えて使用する、いわゆる「スマート材料」に関する研究が盛んに行われている。圧電セラミックスは、機械的応力が加わることで表面に電荷が発生し、逆に電荷を印加することで材料が伸縮する機能を合わせ持つ材料で、知能材料として注目されている。

一方、本材料はセラミックスであるため、微小な欠陥やき裂といった応力集中する部分として損傷や破壊の可能性はある。例えば、一般的に使用されている多層型圧電アクチュエータなどである。その内部電極近傍において電気弾性場の集中により微視的破壊が生じることが知られている。

(1)

これまでの研究においては、部分電極が存在する場合、その境界が電界集中部となり、ある電界以上において電極(2)不連続部の表面に粒界割れが生じることが分かっている。本研究では、この割れの内部方向での挙動について検討を行った。

2. 材料および実験方法

実験に用いた材料は PZT 圧電セラミックス材(フルウチ化学製)で、あらかじめ分極処理されたものである。その材料特性を表.1に示す。5×5×1 mmの寸法の試験片に加工し、中央部に深さ 50 μm の溝状のノッチをつけ、これに沿った片側に Au-Pd をスパッタし電極とした。

実験方法として、試験片に電界幅±800V/mm、周波数 1 kHz の交流正弦波状電圧を負荷し、時間経過ごとの表面の様子をレーザー顕微鏡(KEYENCE VK-8500)で観察した。

あわせて、汎用解析ソフト ANSYS を使用して電気弾性場の FEM 解析を行った。

表.1 PZT 諸特性

ヤング率[GPa]	51.8
比誘電率 ϵ_r	2430
圧電ひずみ定数[10 ⁻¹² m/V]	$d_{33}=240$ $d_{31}=110$

3. 実験結果および考察

実験開始から1時間後の損傷挙動を図1に示す。時間経過とともに、き裂がノッチ底から内部方向へ進展して1時間後(約 360×10^4) 約 30 μm 程度のき裂が走った。その後、き裂進展の速度は徐々に低下した。

FEM 解析結果(有限要素法)の例として、ノッチ底近傍の主ひずみ分布を図2に示す。電極縁とノッチ底にひずみが集中しており、このひずみが集中しており、このひずみが繰返されることき裂が発生すると思われる。ノッチ先端からの距離と第1主ひずみの図3に示す。ノッチ先端に近く値が高くなっており、内部に比べノッチ底から4.5倍のひずみになることが分かっている。

4. 結言

- (1) 電界負荷時間の経過により内部へのき裂は進展する。
- (2) 電極不連続部近くにノッチが存在する場合、このノッチがひずみの集中源となり、繰返し電界下でき裂発生など機械的損傷が生じることが分かった。

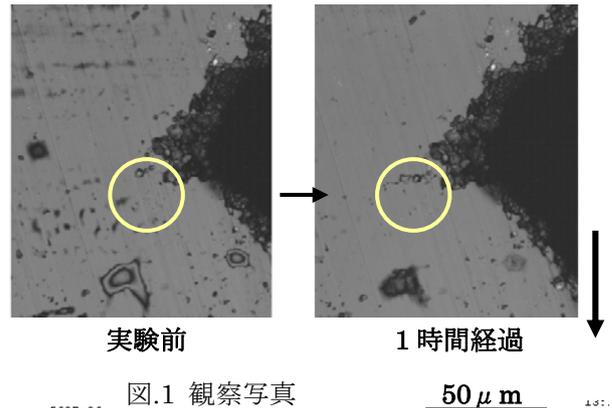


図.1 観察写真

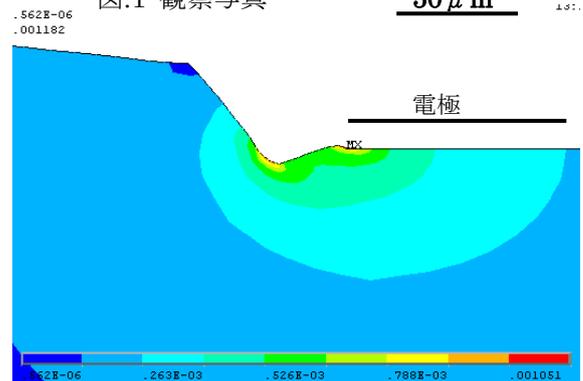


図.2 FEM 解析(第1主弾性ひずみ)

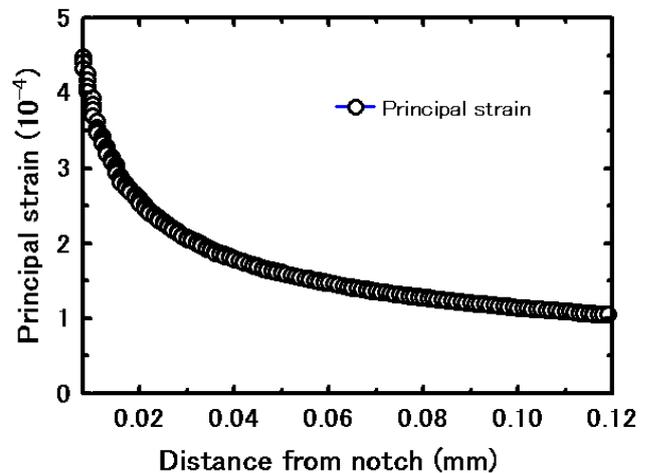


図.3 FEM 解析(第1主弾性ひずみ)