

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2006～2009

課題番号：18360052

研究課題名（和文）先端圧電材料・薄膜システムのデバイスメゾ設計と強度・機能評価

研究課題名（英文）Meso-scale device design and strength/functional evaluation of advanced piezoelectric material and thin-film systems

研究代表者

進藤 裕英 (SHINDO YASUhide)

東北大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：90111252

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学 機械材料・材料力学

キーワード：弾性・非弾性，メゾ強度・機能学，数値シミュレーション，材料試験，  
圧電材料・薄膜システム，電場・力学場相互干渉，知的・電子材料システム，  
マイクロ・ナノデバイス

### 1. 研究計画の概要

本研究は、環境適合型次世代知的電子システム、高性能マイクロ・ナノデバイス等の設計・開発及び信頼性・耐久性評価に資することを目的に、先端圧電材料・薄膜システムの電気弾性・非弾性及び破壊・疲労特性ならびに圧電・誘電特性等に及ぼす電場及び分域壁移動・分極回転の影響解明に関する理論的・実験的研究を行うものである。

### 2. 研究の進捗状況

(1) き裂を有する圧電セラミックスの平面ひずみ問題を有限要素解析し、電気破壊力学的挙動を解明した。また、エネルギー解放率等の破壊力学パラメータを求める際問題となっているき裂面電氣的境界条件 (Permeable, Discharging, Open 及び Impermeable き裂) についても考察を加えた。

(2) 電場下における片側縁き裂を有する圧電セラミックスの三点曲げによる破壊・疲労挙動を解明・考察した。①遅れ破壊試験・有限要素解析を行い、エネルギー解放率（局所分

極回転の影響考慮）及び破断時間に及ぼす電場の影響を解明した。②繰返し疲労き裂進展試験及び有限要素解析を行い、き裂進展速度-最大エネルギー解放率曲線を求めて、電場の影響を解明した。③動疲労(定負荷速度)試験を行い、破壊荷重及びき裂長さに及ぼす電場の影響を解明した。また、エネルギー解放率の有限要素解析を行い、き裂進展速度との関連を明らかにして、実験結果に理論的検討を加えた。

(3) 圧電トランスの周波数特性評価に関する実験・有限要素解析を行い、動的電気弾性・非弾性場に及ぼす印加交流電圧・周波数及び抵抗・静電容量の影響を解明した。

(4) 傾斜機能圧電アクチュエータ・センサの曲げ試験及び有限要素解析を行い、感知・応答特性に及ぼす電気力学的負荷及び分域壁移動の影響を明らかにした。

(5) ①電場下における部分分極多層圧電薄膜アクチュエータの電極端近傍電気力学場集中を実験・有限要素解析（圧縮応力の影響考慮）によって解明し、完全分極の場合と比

較・検討した。②圧電薄膜システムの物性評価及び応力・電場集中に関する実験・有限要素解析を行い、興味ある結果を得た。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

圧電材料・薄膜システムの強度・機能特性評価法(微視構造の影響考慮)を開発し、破壊・変形特性に及ぼす電場の影響解明に成功している。

### 4. 今後の研究の推進方策

実際の圧電材料・薄膜システムのメゾ強度・機能評価を行い、最適なデバイス材料・構造を提案して、次世代知的電子システム、マイクロ・ナノデバイス等の設計法確立を目指す。

### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 18 件)

① Y. Shindo, F. Narita and M. Hirama, Dynamic Fatigue of Cracked Piezoelectric Ceramics under Electromechanical Loading: Three-Point Bending Test and Finite Element Analysis, J. Mech. Mater. Struct., 査読有, in press.

② Y. Shindo, F. Narita and M. Hirama, Effect of the Electrical Boundary Condition at the Crack Face on the Mode I Energy Release Rate in Piezoelectric Ceramics, App. Phys. Lett., 査読有,

94 (2009) 081902 (3 pages).

③ Y. Shindo, F. Narita and J. Nakagawa, Nonlinear Bending Characteristics and Sound Pressure Level of Functionally Graded Piezoelectric Actuators by AC Electric Fields: Simulation and Experiment, Smart Mater. Struct., 査読有, 16 (2007) 2296-2301.

[学会発表] (計 17 件)

① Y. Shindo, Mechanical Behavior of Electroded Piezoelectric Material Systems for Smart Device Applications (Plenary), 2008 International Conference on Advances and Trends in Engineering Materials and their Applications, September 1-5, 2008, Cesena, Italy.

[図書] (計 1 件)

① Y. Shindo, Springer, Advanced Topics in Piezoelectricity, Chapter 4 Fracture and Crack Mechanics, in press.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]