

電気泳動法による PZT 圧電セラミックス成膜プロセス

知能材料学研究室

矢野洋平

1. 緒言

チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)を用いた圧電アクチュエータは応答性が極めて良好で、比較的大きな変位を得ることができる。バイモルフ型と呼ばれる圧電アクチュエータには2枚の圧電セラミックスの間に弾性体(シム)を挟み込んだ構造を有している。このタイプのアクチュエータは電圧を印可したとき、上下2枚の圧電セラミックスに生じる逆向きのひずみを利用して、屈曲変位させる。しかし、弾性体は圧電効果を有していないため、圧電セラミックスと弾性体の界面では、ひずみのミスマッチが大きく、剥離が生じやすいため、長期間の使用に対しての信頼性の低さが問題となっている。この点を解決するために、圧電体自身が屈曲モードで変形可能なモノモルフ型アクチュエータを電気泳動法(EPD)により作製する研究が行われている。EPDとは懸濁液中の帯電した微粒子に対し、電極を介して外部電界を与え、電極に向かって泳動させ、電極表面に堆積させる方法である。しかし、PZTの成膜プロセスの最適条件はまだ明確にはされていない。

本研究ではPZT成膜に影響を及ぼすEPD成膜条件を探索するとともに、本プロセスにより作成したユニモルフ型アクチュエータの性能を調査した。

2. 実験装置および方法

成膜に使用した原料粉は市販のPZT仮焼粉(林化学工業製, A材)、研究室で作製した $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ (B材)およびB材に5wt%のNbを添加したもの(C材)の3種類である。懸濁液には原料粉2.5gとエタノール50mlを混合したものを使用し、攪拌しながらNi電極間に電圧を印可し、帯電した材料粉を負電極表面に堆積させた。懸濁液のpH値、電圧の大きさをそれぞれ変化させ、堆積条件に及ぼす影響を調査した。

3. 実験結果および考察

3.1 EPD条件

A材を用いた場合、電圧、pH値ある程度変化させても堆積させることができた。一方B材、C材はA材と同様な条件では安定して堆積させることができなかった。よってA材の堆積条件を調査した。A材を用いて、種々の電極電圧における5分間の堆積量と懸濁液のpH値との関係を図1に示す。pH値が5.0付近で堆積量がピークとなることがわかった。pH値が5.0の条件下で電極電圧が200V以内では、堆積量が電圧に比例することが分かった。200V以上の電圧では電極表面に気泡が発生するため、実用上は200Vまでとなる。

3.2 EPDユニモルフアクチュエータの特性

電圧を徐々に増加させながらEPDを行うと、堆積した表面が滑らかになり、堆積物の剥離が生じにくいことが分かった。これらの結果をふまえて印加電圧を50Vから200Vまで1分ごとに10Vずつ上げる条件でA材をEPDにより堆積させた。自然乾燥後、電極ごと1130°C、2時間焼成を行った。PZT膜の表面に銀電極を焼き付けた後、これとNi基盤を電

極として、50°Cのシリコンオイル中で15分、1.5kV/mmの電界を与えることで分極処理を施した。これを片持ちはり状のユニモルフアクチュエータ(幅15mm、長さ20mm)として変位特性を評価した。作製したアクチュエータを図2に示す。直流電源によりPZT表面に正電位を与え、先端部のたわみをレーザー変位計により測定した。図3に負荷電界E、変位 δ の関係を示す。6kV/mmの電界で約6 μm の変位が得られたがその関係は非線形で、電界を減少させていくとE- δ 関係には大きなヒステリシスが観察された。残留たわみは2.4 μm であった。

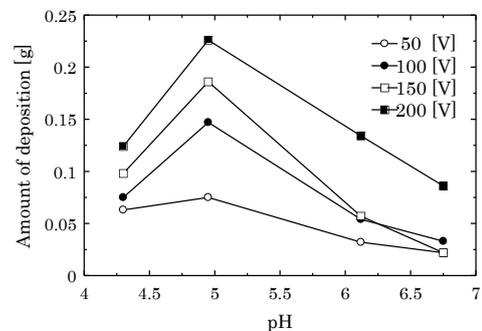


図1 各種電圧におけるpH値と堆積量の関係

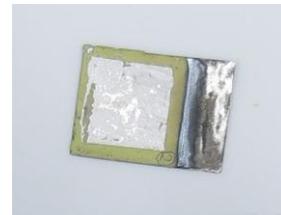


図2 作製したユニモルフ型アクチュエータ

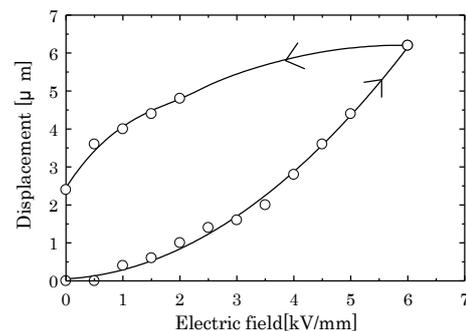


図3 ユニモルフ型アクチュエータの特性

4. 結論

- (1)EPDによるPZT成膜において、堆積量は電極電圧に比例して増加した。
- (2)EPD堆積量は懸濁液のpH値に依存し、A材ではpH値が5.0付近にて堆積量が最大となった。
- (3)作製したユニモルフアクチュエータは6kV/mmの電界で約6 μm の変位を得た。