

低電圧駆動用 積層圧電アクチュエータ

間宮 洋一・駒村 秀雄・井上 崇行

要 旨

積層圧電アクチュエータは、高変位精度、高速応答性、高発生力を特徴とするデバイスで、半導体製造装置など精密機械装置での位置制御用途で応用が進められてきました。近年、精密機械装置における精度向上要求に加え、デジタルカメラや携帯電話など民生機器への応用のために、小型化・低電圧化の要求がますます増え、積層圧電アクチュエータへの期待が高まっています。本稿では、こうした市場要求に対応する低電圧駆動用積層圧電アクチュエータを中心に、弊社の積層圧電アクチュエータについて紹介いたします。

キーワード

●圧電アクチュエータ ●精密位置決め ●半導体製造装置

1. はじめに

アクチュエータとは、入力したエネルギーを機械的エネルギーに変換するデバイスの総称であり、圧電アクチュエータは、電気を入力エネルギーとし、変位または力を出力する電気式アクチュエータです。

電磁式、空圧式、油圧式アクチュエータなどの他のアクチュエータと比較して、圧電アクチュエータは変位精度が高い、発生力が大きい、応答速度が速いなどの特徴があります。このような特徴を生かして、圧電アクチュエータは、半導体製造装置の精密位置決めステージやプローブ、CVD装置に使用する各種ガスの精密流量制御（マスフローコントローラー）、走査トンネル顕微鏡（STM）や原子間力顕微鏡（AFM）などのプローブ駆動及びこれら装置に用いる除振装置など、主に数nm～数百 μm の精密位置決め制御を必要とする産業機器を中心に応用が進められてきました。

近年、このような製造装置・分析装置の小型化、省エネ化、低コスト化のため、圧電アクチュエータの低電圧駆動化が求められています。本稿では、こうした市場要求に対応するために開発した、従来品よりも低電圧駆動を実現した積層圧電アクチュエータを中心に、弊社の積層圧電アクチュエータについて紹介します。

2. 積層圧電アクチュエータの構造

積層圧電アクチュエータは、積層セラミックコンデンサの

製法と同様に、圧電セラミックスを厚み約100 μm のシート状にし、この上にAg-Pd合金を主成分とする内部電極を印刷して、このシートを必要枚数積層して焼成します。圧電セラミックスは、電圧に応じて変位するため、積層化することにより、低い電圧（100～150V）で大きな変位が得られ、小型のアクチュエータを形成することができます。図1、写真に積層圧電アクチュエータの構造図と外観写真を示します。弊社の積層圧電アクチュエータは、圧電セラミックスに弊社独自に開発したNEPEC材料を使用して、電界、応力の集中しにくい独自の全面電極構造による素子をベースとし、素子の側面をエポキシ樹脂で外装した「樹脂外装型アクチュエータ」、樹脂外装型アクチュエータを金属ケースに封入した「金属ケース封入型アクチュエータ」の2タイプがラインアップされています。

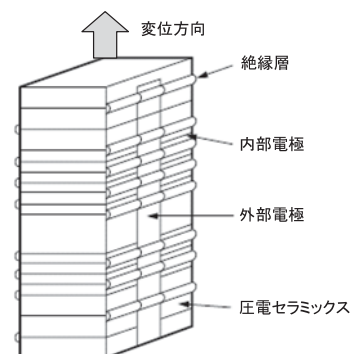
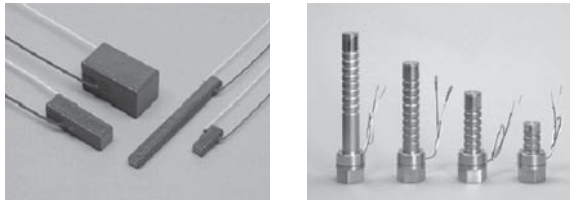


図1 積層圧電アクチュエータの構造図



樹脂外装型アクチュエータ 金属ケース封入型アクチュエータ

写真 積層圧電アクチュエータの外観写真

3. 低電圧駆動用 積層圧電アクチュエータの開発

積層圧電アクチュエータの重要特性である変位量は、**図2**に示すように、圧電セラミックスの積層枚数（積層間隔が同じ場合は積層体の高さ）と加える電圧により決定されます。セラミックスの厚さが同じ場合、積層体の高さが低くなると積層枚数が少なくなり、得られる変位が小さくなります。一方、積層圧電アクチュエータの特徴の1つである大きな発生力は、**図3**に示すように変位が発生する面の断面積にほぼ比例します。

積層圧電アクチュエータの変位量は積層数と電圧に比例するため、低電圧化するには積層数を増加させることが必須ですが、他にも以下に示すような課題がありました。

- (1) 多積層枚数化
- (2) 外装樹脂の薄膜化
- (3) 金属ケース内の予圧を高くする

これらの課題に対して、設計、工法の改善を進めました。主な改善内容を以下に紹介します。

(1) 多積層枚数化

積層圧電アクチュエータのセラミックス層の厚さは、従来約100 μm ですが、シート成形条件を適正化し、1/2の厚さのセラミックシートを用いることにより約2倍の多積層化を実現しました。

(2) 外装樹脂の薄膜化

積層圧電アクチュエータの外装樹脂を、エポキシ樹脂の静電粉体外装からアクリルエポキシの電着塗装にすることにより、緻密で非常に薄い外装樹脂が形成され、変位を阻止する拘束力を低減しました。

(3) 金属ケース内の予圧を高くする

図4に積層圧電アクチュエータの荷重と変位量について示します。圧電積層アクチュエータに荷重を印加することで、

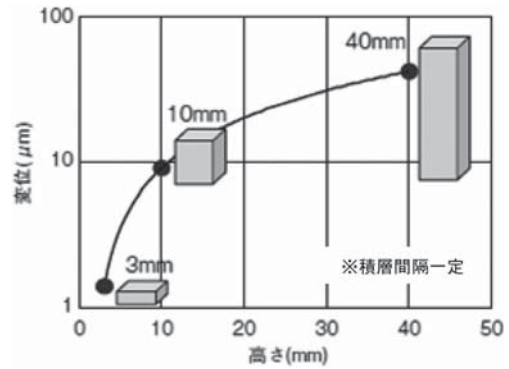


図2 積層体高さと変位

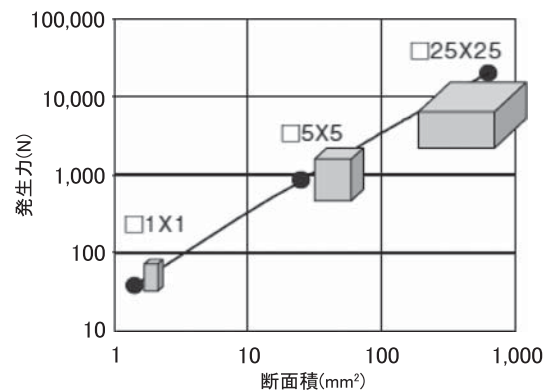


図3 断面積と発生力

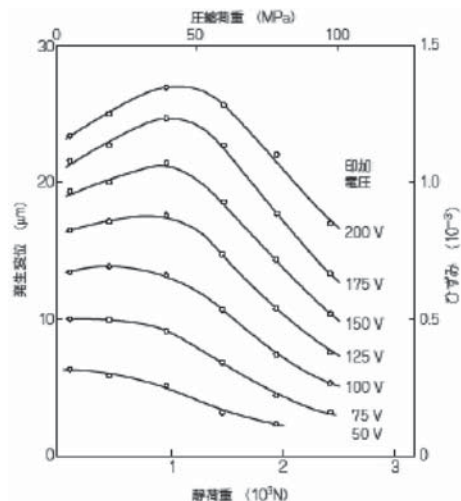


図4 荷重と発生変位の関係

変位量が増加することが分かります。弊社では、金属ケース封入時に加える与圧荷重を最適化し、絶縁耐圧、機械的強度、繰り返し寿命などの信頼性を損ねることなく、変位量の増加を達成しました。

4. 製品紹介

低電圧駆動用積層圧電アクチュエータAUB400C801（新製品）の特性と外形寸法を表及び図5に示します。AUB400C801は構造設計、製造工法の再設計により最適化し、同じ形状でありながら従来品の半分の電圧で、約20%の高変位化を実現しました。本製品は、既に多くの精密機器分野で採用され、高い評価をいただいています。

5. おわりに

以上、産業用製造装置への応用を中心に、低電圧駆動用積層圧電アクチュエータを紹介いたしました。積層圧電アクチュエータは、精密で速い位置決め制御を必要とするさまざま

な分野での応用拡大が期待されています。また、エネルギー効率が高く、デバイスの小型化が容易であること、低消費電力化に優位であることから、近年、デジタルカメラや携帯電話端末などの民生機器への応用が進められています。

積層圧電アクチュエータは、形状寸法、動作特性、駆動方法、取扱方法などカスタム性が高い製品です。弊社では、多様なニーズにお応えすべく、今後も技術的サポートを充実していくとともに、積層圧電アクチュエータの更なる小型化、高性能化に取り組み、民生用小型製品から産業用超精密製品の各種分野の技術革新に貢献してまいります。

執筆者プロフィール

間宮 洋一
NECトーキン
圧電デバイス事業部
第一技術部長

駒村 秀雄
NECトーキン
圧電デバイス事業部
第一技術部
マネージャー

井上 崇行
NECトーキン
圧電デバイス事業部
第一技術部

表 低電圧駆動用 圧電アクチュエータの特性

	従来品 ASB340C801	新製品 AUB400C801 (低電圧駆動用)
使用電圧	150V	75V
変位量	36.7 μm	44.3 μm
発生力	800N	800N
寸法	$\phi 11.5 \times L58.4\text{mm}$	$\phi 11.5 \times L58.4\text{mm}$

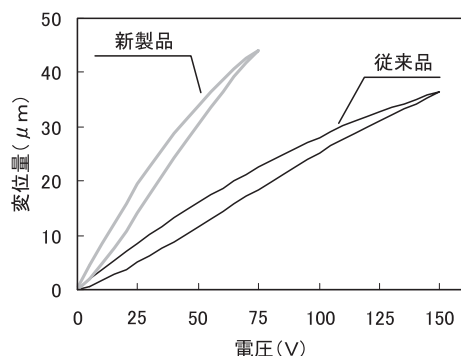


図5 積層圧電アクチュエータの電圧と変位の関係