

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	2本のリボン状フィルムを用いた積層型静電アクチュエータの開発
Title(English)	
著者(和文)	奥田一雄
Author(English)	Okuda Kazuo
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9231号, 授与年月日:2013年4月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:實吉 敬二
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9231号, Conferred date:2013/4/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:Keiji Saneyoshi
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

(2000字程度)

報告番号	乙 第 号	学位申請者	奥田 一雄	
	氏 名	職 名	氏 名	職 名
論文審査員	主査 實吉 敬二	准教授	旭 耕一郎	教授
	堀岡 一彦	教授		
	河野 俊之	教授		
	長崎 孝夫	准教授		

本論文は、「2本のリボン状フィルムを用いた積層型静電アクチュエータの開発」と題し、人工筋肉への応用を目的として、軽量かつ応答性に優れた積層型静電アクチュエータの開発に関し、特に実用化を大きく左右するバネ特性について詳細に研究した成果をまとめたものであり、以下の7章から構成されている。

第1章「序論」では、最初に積層型静電アクチュエータの概要を述べ、その実用化には駆動領域でバネ定数が小さく過負荷領域でバネ定数が大きい特性を有する必要があることを指摘し、本研究の目的と意義を述べている。次に、現在使用されている主なアクチュエータの特性を概観した後、モータに代表される電磁アクチュエータと静電アクチュエータをエネルギー密度の観点から比較している。その結果、マイクロなスケールにおいては、電磁力に比べて静電力は有利であり、微細化された静電アクチュエータを集積したアクチュエータは人工筋肉に応用可能な高出力アクチュエータとなり得ることを指摘している。

第2章「静電アクチュエータ」では、最初に静電アクチュエータを駆動方向とサイズにより分類し、それらの種類や特徴について述べている。次に2本のリボン状フィルムを用いた積層型静電アクチュエータの作製方法およびこのアクチュエータに求められるバネ特性について詳細に説明している。また、積層型四角形状静電アクチュエータと積層型三角形形状静電アクチュエータの特徴を簡単に紹介している。最後に電極が平行な場合と非平行な場合における積層型静電アクチュエータの発生力について説明している。

第3章「実験およびシミュレーション方法」では、まず、第4章以降で使用する光テコの原理を用いた天秤について解説し、次にアクチュエータのバネ特性と発生力の測定方法およびリボン状フィルムに使用した導電性薄膜について説明している。さらに第4章以降のシミュレーション方法の概要として、アクチュエータのバネ特性解析に有限要素法を用いる理由と使用した有限要素法解析ソフトウェア ANSYS Multiphysics の特徴およびこれを用いた解析の流れについて述べている。

第4章「積層型四角形状静電アクチュエータ」では、積層型四角形状静電アクチュエータについて詳細に解説している。ここでは最初に、電極部が厚くヒンジ部が薄い構造(厚薄構造)を有するリボン状フィルムの作製方法について説明した後、規格化されたアクチュエータのバネ特性を示している。このバネ特性は積層数や電極の厚さ等のパラメータが異なるアクチュエータの特性を評価する際に有効であり、これを用いて実験値と計算値が良好な一致を示すことを確認している。実験結果と計算結果から、アクチュエータの電極を厚くすることによって過負荷領域のバネ特性を改善できるが、同時に駆動領域のバネ特性を劣化させてしまうこと、さらにヒンジ部分は、このタイプのアクチュエータのバネ特性を決定する重要な要素であり、ヒンジの厚さが駆動領域のバネ特性に、ヒンジの長さが過負荷領域のバネ特性に大きな影響を与えることを明らかにしている。

第5章「積層型三角形形状静電アクチュエータ」では、第4章で示した結果と比較しながら、積層型三角形形状静電アクチュエータについて詳細に解説している。ここでは、最初に厚薄構造のないリボン状フィルムを用いたアクチュエータについて解説した後、厚薄構造を有するリボン状フィルムのレーザ加工機を用いた作製方法を説明している。次に、電極の厚さ、ヒンジの厚さ等のパラメータを変化させた場合のバネ特性の測定結果と計算結果を示している。この結果から、電極形状の違いにもかかわらずアクチュエータの各種パラメータとバネ特性の関係には第4章と同様の傾向が見られること、また、両者の比較から、積層型四角形状アクチュエータは駆動領域の特性に優れ、積層型三角形形状アクチュエータは過負荷領域の特性に優れていることを明らかにしている。

第6章「アクチュエータの多層化と微細化」では、アクチュエータを実用化する際に必要となる電極の多層化とアクチュエータの並列化および微細化に関して解説している。ここでは最初に100層を超えるアクチュエータのリボン状フィルムの作製方法と実際に試作した500層アクチュエータの駆動実験結果について示している。駆動実験では、大気中で600Vの電圧を印加したとき、全長が6cmから4cmまで収縮することを確認している。さらに、アクチュエータの並列化について考察し、右回りと左回りの異なった折り込み方のアクチュエータを組み合わせると、過負荷領域のバネ特性が向上することを見出している。最後にアクチュエータの微細化シミュレーション結果から、均一に1/nに縮小したアクチュエータを元の大きさになるように集積化したアクチュエータは、元のアクチュエータとバネ特性およびストロークが等しく、発生力が n^2 倍となる優れた特性を持つことを明らかにしている。

第7章「結論」では、本研究で得られた成果を総括している。

以上を要するに、本論文は軽量かつ応答性に優れた積層型静電アクチュエータにおいて重要なポイントであるバネ特性について詳細に研究し、実用化に向けた有用な成果をまとめたものであり、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものとして認められる。