

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

報告番号	乙 第 号	氏 名	奥 田 一 雄
<p>(要旨)</p> <p>本研究は、人工筋肉への応用を目的として、軽量かつ応答性と瞬発力に富んだサブミクロンスケールから通常のスケールまで対応可能な積層型静電アクチュエータを開発するものである。積層型静電アクチュエータには「電圧が印加されると容易に収縮する(柔らかい)こと」と「大きな発生力を維持するために負荷に対して伸びにくい(固い)こと」という2種類の相異なるバネ特性を兼ね備えている必要がある。本研究で取り扱う積層型静電アクチュエータは、このバネ特性を有しており、これを微小化することによって、電磁力を利用したモータの性能を超える静電アクチュエータの実現を目指している。本論文は以下の7章から構成されている。</p> <p>第1章「序論」では、最初に本研究の目的と意義を述べる。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する。このとき、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示す。</p> <p>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る。次に本研究で取り扱う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する。また、第4章に述べる積層型四角形状静電アクチュエータと第5章で述べる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する。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静電力について説明する。</p> <p>第3章「実験およびシミュレーション」では、まず、第4章以降で共通的に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する。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 の特徴およびこれを用いた解析の流れについて述べる。</p> <p>第4章「積層型四角形状静電アクチュエータ」では、電極の形が四角形の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する。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紹介する。このバネ特性は積層数や形状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た。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、駆動領域のバネ特性も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が明らかとなった。尚、積層数32、電極サイズ2[mm]のアクチュエータに大気中600[V]の電圧を掛けたときに、約6.3[g/cm<sup>2</sup>]の発生力(理論値の約80%)と約1[mm]の収縮量(ストローク)を得た。</p> <p>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、電極の形が三角形の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する。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、レーザ加工機を用いた厚薄構造を有するリボン状フィルムの作製方法を説明する。次に、アクチュエータの形状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す。この結果から、アクチュエータの形状変化とバネ特性の変化の対応関係には第4章と共通する結果が得られること、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が明らかとなった。</p> <p>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の際に必要な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する。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す。駆動実験では、大気中600[V]の電圧を掛けたとき、全長6[cm]が4[cm]まで収縮することを確認した。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た。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のバネ特性とストロークが等しく、発生力がn<sup>2</sup>倍となる優れたアクチュエータとなることが明らかとなった。</p> <p>第7章「結論」では、以上の研究成果を総括した。</p>			

論 文 要 旨 ( 欧 文 )

(300語程度)

報告番号	乙 第 号	氏 名	奥 田 一 雄
------	-------	-----	---------

( 要 旨 )

In this research, we have been developed a new stacked-type electrostatic actuator, which has the light weight, the excellent response characteristic and the large generated force. The purpose of this research is to achieve the electrostatic actuator that can be used for the artificial muscle by the minimization and integrating this actuator. This thesis is composed of seven chapters.

In Chapter 1, the purpose and the meaning of this research are described. It is shown that the electrostatic force is advantageous from the comparison result of the electromagnetic actuator and the electrostatic actuator in a micro scale.

In Chapter 2, the kind and the feature of the electrostatic actuator are described. How to make the stacked-type electrostatic actuator with two ribbon films is shown, and the spring characteristic requested from this actuator is explained in detail.

In Chapter 3, the balance that used the principle of an optical lever, the spring characteristic, and the measuring method of the generated force of this actuator are explained. The feature of finite element method analysis software ANSYS and the outline of the simulation method are described.

In Chapter 4, the stacked-type squared electrostatics actuator is explained in detail. Experimental value and the simulated value were corresponding, and it is cleared that the thickness of the electrode, the thickness and the length of the hinge are important parameters of this actuator.

In Chapter 5, the stacked-type triangle electrostatics actuator is explained in detail. It has been understood that the results of triangle and squared are almost the same, and it has been clarified that squared actuator is soft, and triangle actuator is hard from the spring characteristics of the both.

In Chapter 6, making to the multilayer, the parallelization, and the miniaturization of actuator are explained. It has been cleared that the actuator which integrated a lot of miniaturized actuator has larger generated force.

In Chapter 7, the result of the research is summarized.