



Doctoral Thesis

Development of a shell-like electroactive polymer (EAP) actuator

Author(s):

Lochmatter, Patrick

Publication Date:

2007

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005430675> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 17221

Development of a Shell-like Electroactive Polymer (EAP) Actuator

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
Doctor of Sciences ETH Zurich

presented by
PATRICK LOCHMATTER
Dipl. Masch.-Ing. ETH
born 30. September 1976
citizen of Birgisch (VS)

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Paolo Ermanni, examiner
Prof. Dr. Eduardo Mazza, co-examiner
Dr. Gabor Kovacs, co-examiner

2007

Abstract

Active shell-like structures with a large deformation potential may be used to generate an interaction between the structure and its environment. Among the electroactive polymers (EAPs), soft dielectric EAPs in particular are promising for driving so-called shell-like actuators due to their huge active strain potential and intrinsic compliance.

This thesis explores the potential of soft dielectric EAPs for the design of shell-like actuators with the ability of performing complex out-of-plane displacements.

Initially, diverse concepts for the design of active shell structures driven by a soft dielectric EAPs are presented. Preliminary experiments were conducted for selected approaches in order to basically quantify their active deformation potential. These experiments showed that the so-called agonist-antagonist configuration, where DE films pre-strain each other via a jointed support structure, perform well.

The design of this agonist-antagonist segment was optimized based on a hyperelastic model for the dielectric film to achieve maximum free deflections and blocking forces under activation. The modeling predictions were then verified experimentally for different setups of the DE actuators.

Based on these results, a shell-like actuator composed of seven interlinked agonist-antagonist segments was implemented.

A computer controlled supply system with only one amplifier was established for the individual supply of the agonist-antagonist segments with high DC voltages.

During the experimental characterization, the shell-like actuator displayed free angles of deflection exceeding 90 degrees in both directions. Under phase-shifted sinusoidal activation of the segments, the actuator showed a propagation of transversal waves along its principal axis, which resembled the swimming motion of a fish.

Zusammenfassung

Schalenförmige, aktive Strukturen könnten dazu genutzt werden, eine Interaktion zwischen der Struktur und ihrer Umgebung zu erzeugen. Unter den elektroaktiven Polymeren sind insbesondere die dielektrischen Elastomere (DE) dank ihrem grossen Verformungspotential und ihrer intrinsischen Nachgiebigkeit vielversprechend für sogenannte Schalenaktoren.

In dieser Doktorarbeit wurde das Potential von dielektrischen Elastomeren für deren Anwendung als Schalenaktoren erforscht, welche komplexe Verformungen aus der Ebene heraus erreichen können.

Einleitend werden diverse Konzepte für das Design von aktiven Schalenstrukturen basierend auf den dielektrischen Elastomeren präsentiert. Anhand von Vorversuchen wurde das aktive Verformungspotential von ausgesuchten Ansätzen quantifiziert. Diese Experimente zeigten, dass insbesondere die sogenannte Agonist-Antagonist Konfiguration, bei der sich die DE-Folien über eine gelenkige Supportstruktur gegenseitig vordehnen, gute Leistung aufweist.

Das Design dieses Agonist-Antagonist Segments wurde basierend auf einem viskoelastischen Modell für die dielektrische Folie dahingehend optimiert, dass maximale Auslenkungen und Blockierungskräfte unter Aktivierung erreicht werden. Die Vorhersagen der Modellierung wurde experimentell für unterschiedliche Einstellungen der DE-Aktoren verifiziert.

Unter Berücksichtigung dieser Resultate wurde ein Schalenaktor implementiert, welcher aus sieben miteinander verbundenen Agonist-Antagonist Segmenten bestand.

Für die individuelle Versorgung der Agonist-Antagonist Segmente mit hohen Gleichspannungen wurde ein computergestütztes Versorgungssystem aufgebaut, welches nur einen Hochspannungsverstärker benötigte.

Während der experimentellen Charakterisierung erreichte der Schalenaktor Auslenkungen von mehr als 90 Grad in beide Richtungen. Unter sinusoidaler, phasenverschobener Aktivierung der Segmente breiteten sich Transversalwellen entlang der Hauptachse des Schalenaktors aus, welche der Schwimmbewegung eines Fisches ähnelte.