

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
6. August 2009 (06.08.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2009/095170 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*H02N 1/00* (2006.01) *B81B 3/00* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/000330
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
21. Januar 2009 (21.01.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2008 006 832.2 30. Januar 2008 (30.01.2008) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): EADS DEUTSCHLAND GMBH [DE/DE]; Willy-Messerschmitt-Strasse, 85521 Ottobrunn (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BAUER, Karin [DE/DE]; Gaugrafenstrasse 5, 82041 Oberhaching (DE). BOLZMACHER, Christian [DE/DE]; Spitzwegstrasse 11, 82402 Seeshaupt (DE). SCHALK, Josef [DE/DE]; Am Anger 19a, 84051 Essenbach / Altheim (DE).
- (74) Anwalt: SCHÄFER, Matthias, W.; Schwannseestrasse 43, 81549 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTROMAGNETIC MEMBRANE-MICROACTUATOR

(54) Bezeichnung: ELEKTROMAGNETISCHER MEMBRAN-MIKROAKTOR

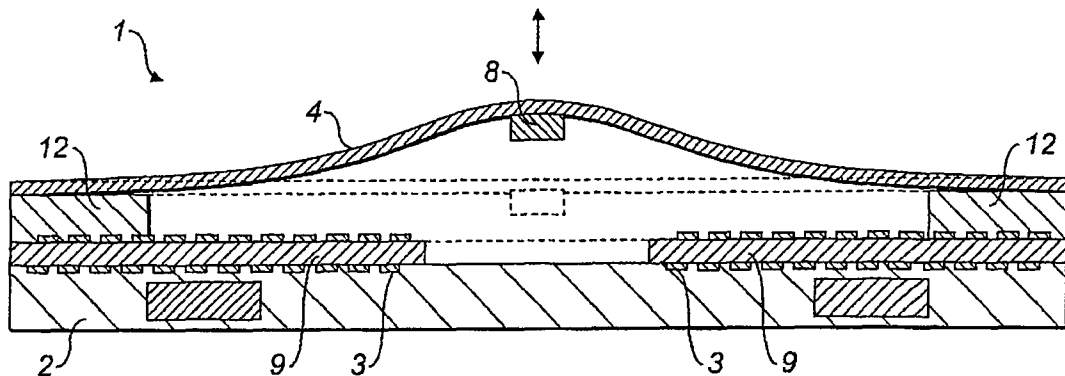


FIG. 1

(57) Abstract: The invention relates to an electromagnetic microactuator (1) that is incorporated onto a bearing body (2) and comprises at least coil (3) and one membrane (4) that, when said coil (3) is supplied with a current, can be deflected. Said membrane (4) consists of a dielectric elastomer actuator that can be supplied with current and comprises an elastomer film (5) having an electrode coating (6, 7) on both sides.

(57) Zusammenfassung: Elektromagnetischer Mikroaktor (1), der auf einem Trägerkörper (2) aufgebaut ist und wenigstens eine Spule (3) und eine Membran (4) aufweist, die durch Bestromung der Spule (3) auslenkbar ist, wobei die Membran (4) aus einem bestrombaren dielektrischen Elastomeraktor gebildet ist, der einen Elastomerfilm (5) mit einer beidseitigen Elektrodenbeschichtung (6, 7) aufweist.

WO 2009/095170 A2



**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*
- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)*

- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

## Elektromagnetischer Membran-Mikroaktor

5 Die vorliegende Erfindung betrifft einen elektromagnetischen Mikroaktor, der auf einem Trägerkörper aufgebaut ist und wenigstens eine Spule und eine Membran aufweist, die durch Bestromung der Spule auslenkbar ist.

10 Elektromagnetische Mikroaktoren sind bekannt im Einsatzbereich von Mikropumpen, miniaturisierten Stellgliedern oder finden Anwendung im Bereich der aktiven Strömungsbeeinflussung der Luftströmung an Luftfahrzeug-Tragflächen. Die Mikroaktoren sind nach dem Prinzip eines elektromagnetischen Stellgliedes aufgebaut, das eine Spule aufweist, die bei Bestromung eine Membran auslenken kann. An der Membran kann ein metallischer Körper angeordnet sein, auf den das  
15 elektromagnetische Feld, das durch die Bestromung der Spule erzeugt wird, einwirkt. Je stärker die Spule bestromt wird, desto größer wird die Auslenkung der Membran. Wird an die Spule eine Wechselspannung angelegt, so kann die Membran mit der Wechselspannungsfrequenz in Schwingung versetzt werden. Der einfachste Aufbau, den der Stand der Technik zeigt, kann in einem Lautsprecher gesehen werden, wobei gewöhnlich die Spule den bewegten Teil der Lautsprecheranordnung bildet. Folglich besteht auch bei elektromagnetischen Mikroaktoren die  
20 Möglichkeit, die Spule auf die auszulenkende Membran aufzubringen, um die dynamisch bewegte Masse zu reduzieren. Ferner sind elektromagnetische Mikroaktoren bekannt, welche sowohl auf dem Trägerkörper als auch auf der Membran  
25 eine jeweilige Spule aufweisen, so dass sich eine gegenseitige elektromagnetische Beeinflussung bilden kann, um auch auf diese Weise bei Anlegen einer Wechselspannung an die Spulen eine Schwingung in der Membran zu erzeugen, ohne einen metallischen Körper als Kern zu benötigen.

30 In den letzten Jahren werden zunehmend miniaturisierte Aktoren gefordert, bei denen jedoch die Frequenz sowie die erzielbaren Amplituden der Membranauslenkung begrenzt sind. Im statischen Betrieb der Mikroaktoren können zwar Aus-

lenkungen von bis zu 200µm erzielt werden, jedoch können geforderte Frequenzbereiche im kHz-Bereich bei den Auslenkungen nicht umgesetzt werden. Zur Miniaturisierung der Aktoren sind zwar planare Spulen bekannt, welche flächig auf dem Trägerkörper oder auf der Innenseite der Membran aufgebracht werden, jedoch können große Auslenkungen bei höheren Frequenzen durch derartige Anordnungen aufgrund der begrenzten Leistungsdichte nicht erzielt werden. Folglich sind stark miniaturisierte planare Spulen mit Dimensionen von weniger als 2qmm zwar bekannt, jedoch sind die erzielbaren Auslenkungen der Membran nicht umsetzbar.

10

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen elektromagnetischen Mikroaktor bereit zu stellen, welcher auch bei hohen Frequenzen im kHz-Bereich große Auslenkungen ermöglicht.

15

Diese Aufgabe wird ausgehend von einem elektromagnetischen Mikroaktor gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1 in Verbindung mit den kennzeichnenden Merkmalen gelöst. Ferner wird ein Verfahren gemäß des Anspruchs 11 vorgeschlagen, dass auf den Betrieb eines elektromagnetischen Mikroaktors gemäß des Anspruchs 1 gerichtet ist, und die Schaffung einer großen Amplitude der Membranauslenkung bei hohen Frequenzen ermöglicht. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

20

25

Die Erfindung schließt die technische Lehre ein, dass die Membran aus einem bestrombaren dielektrischen Elastomeraktor gebildet ist, der einen Elastomerfilm mit einer beidseitigen Elektrodenbeschichtung aufweist.

30

Die Erfindung geht von dem Gedanken aus, einen vorzugsweise elektromagnetischen Mikroaktor bekannter Bauart mit einer Membran auszuführen, welche in ihren elastischen Eigenschaften mittels einer Bestromung beeinflussbar ist. Hierzu ist vorgesehen, die Membran als dielektrischen Elastomeraktor auszuführen, der aus einem Elastomerfilm besteht, der an seinen beiden Grenzflächen jeweilige Elektrodenbeschichtungen aufweist. Dielektrische Elastomeraktoren sind adaptive

Materialsysteme, welche hohe Dehnungen bis zu 300% erreichen können. Sie gehören zur Gruppe der elektroaktiven Polymere, welche auf dem Funktionsprinzip beruhen, die elektrische Energie, die durch die Kontaktierung der Elektrodenbeschichtungen in das Materialsystem eingebracht wird, direkt in mechanische Arbeit umzuwandeln. Werden die Elektrodenbeschichtungen in einen elektrischen Schaltkreis integriert, so stellt sich ein elektrostatischer Druck im Elastomerfilm ein, so dass sich die Dicke des Elastomerfilms verringern kann. Durch den Effekt der Querkontraktion dehnt sich bei Dickenreduktion der Elastomerfilm in seiner Erstreckungsebene aus. Die Folge ist, dass sich die Auslenkung der Membran durch Bestromung der Elektrodenbeschichtungen vergrößert, so dass der Effekt der elektromagnetischen Beeinflussung durch die Bestromung der Spule mit dem Effekt der planaren Ausdehnung des Elastomerfilms überlagert. Auf diese Weise können elektromagnetische Mikroaktoren in ihrem Leistungsspektrum erheblich erweitert werden, wobei die erfindungsgemäße Anordnung einer weiteren Miniaturisierung der elektromagnetischen Aktoren nicht entgegensteht. Die erfindungsgemäße elektrisch aktivierbare Membran kann beispielsweise auch mit piezoelektrischen, elektrostatischen, magnetischen oder magnetostruktiven Aktoren verwendet werden.

Ein Anwendungsgebiet elektromagnetischer Mikroaktoren betrifft eine aktive Beeinflussung der Strömungsbildung an der Tragfläche eines Luftfahrzeugs. Ein beträchtlicher Anteil des Widerstands eines Luftfahrzeugs wird durch den Reibungswiderstand der Luftströmung bestimmt. Verschiedene Beeinflussungskonzepte wirken auf eine Verschiebung der laminar-turbulenten Transition in Richtung der Tragflächenhinterkante hin, wobei der Umschlagpunkt zwischen der laminaren und der turbulenten Strömung durch die adaptive Beeinflussung der Strömung in Richtung zur Tragflächenhinterkante hin verlagert wird. Daraus folgt eine Reduktion des Reibungswiderstandes der Luftströmung, da die laminare Laufstrecke der Strömung über der Tragfläche vergrößert wird. Ein aktiver Ansatz zur Verlängerung der laminaren Lauflänge besteht darin, die transitionsverursachenden instabilen Tollmien-Schlichting (TS)-Wellen durch Überlagerung mit künstlichen Gegenströmungen zu minimieren. Hierzu werden an geeigneter Stelle auf der Tragfläche

Arrays von Mikroaktoren aufgebracht, die eine Dämpfung der TS-Wellen und somit eine Verzögerung der Transition ermöglichen. Derartige Arrays von Mikroaktoren können jedoch auch in anderen Fluggeräten, beispielsweise Hubschraubern und Flugkörpern zur Strömungsbeeinflussung angewendet werden. Aufgrund der häufig gekrümmten Oberflächen Tragflächen kann es vorgesehen sein, den Trägerkörper des elektromagnetischen Mikroaktors flexibel auszuführen, um das Array der elektromagnetischen Mikroaktoren der Krümmung der Tragflächen anzupassen.

- 10 Weitere Einsatzmöglichkeiten zur Strömungsbeeinflussung in anderen technischen Gebieten fluidischer Systeme wie beispielsweise in der Medizintechnik oder in der  $\mu$ -Anlagentechnik sind möglich. Ferner können taktile Displays mit den erfindungsgemäßen elektromagnetischen Mikroaktoren ausgeführt werden, wobei hohe Amplituden und hohe Frequenzen bei höchster räumlicher Auflösung benötigt werden. Die einzelnen Mikroaktoren können auf wenige Quadratmillimeter oder Sub-Quadratmillimeter Größenreduziert werden.

Vorteilhafterweise ist die Bestromung der Spule mit der Bestromung des dielektrischen Elastomeraktors synchronisierbar. Wenn die Spule bei einer Eigenfrequenz der Membran betrieben wird, dann kann eine besonders große Amplitude der Membran erwartet werden. Mit Hilfe der an die Membran angelegten Spannung, kann die Steifigkeit der Membran eingestellt werden. Hierdurch kann der Bereich, in dem große Amplituden erzeugt werden können, d.h. die Frequenzbreite, in der der elektromagnetische Aktor in Resonanz betrieben werden kann, erweitert werden. Die Synchronisation erfolgt gemäß eines Verfahrens zum Betrieb des elektromagnetischen Mikroaktors, wobei der die Membran bildende dielektrische Elastomeraktor nur innerhalb des Zeitbereiches bestromt wird, in dem auch die Membran durch Bestromung der Spule aus der Nulllage ausgelenkt wird. Durch die Bestromung des dielektrischen Elastomeraktors dehnt sich dieser bei gleichzeitiger Dickenreduktion des Elastomerfilms in Richtung der Erstreckungsebene des Elastomerfilms aus. Dabei wird sowohl die Steifigkeit der Membran reduziert als auch eine aktive Unterstützung der Auslenkung erzeugt. Durch die Verringe-

5 rnung der Dicke des Elastomerfilms wird die Steifigkeit verringert, wobei die Ausdehnung des Elastomerfilms aus einer Ebene der Nulllage in eine kalottenartige Wölbung übergeht, da die Membran randseitig eingespannt bzw. aufgenommen ist. Folglich überlagert sich die Auslenkung durch die Bestromung der Spule mit der Auslenkung durch die Ausdehnung des Elastomerfilms. In Ergebnis ist eine größere Amplitude der Auslenkung umsetzbar, die auch bei höheren Frequenzen im kHz-Bereich beibehalten werden kann.

10 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des elektromagnetischen Mikroaktors ist die Spule als Mikrospule ausgeführt und mittels einer Dünnschichttechnik auf dem Trägerkörper und/oder auf der Oberfläche der Membran aufgebracht. Im nicht bestromten Zustand der Spule sowie des Elastomeraktors können die Membran sowie die planare Spule jeweils parallel zueinander auf dem Trägerkörper aufgebaut sein. Lediglich durch Bestromung der Spule und des Elastomeraktors wird eine kalottenartige Auswölbung der Membran erzeugt, so dass sich 15 der Abstand zwischen der Membran und dem Trägerkörper vergrößert. Die Miniaturisierung des Mikroaktors kann beispielsweise mittels der LIGA-Technik umgesetzt werden, die ein Verfahren mit den Schritten der Lithographie, Galvanik und Abformung beschreibt. Mittels dieser Technik sind Bauteile mit hohen Aspektverhältnissen auf einem als Substrat ausgeführten Trägerkörper erzeugbar, wodurch 20 eine starke Miniaturisierung sowohl der Spule als auch der Membran möglich ist. Dadurch, dass in dieser Technologie besonders hohe Kerne hergestellt werden können, kann das elektromagnetische Potenzial erheblich gesteigert werden.

25 Die Ankerkörper können als Permanentmagnet oder als weichmagnetischer oder diamagnetischer Körper ausgeführt sein, welcher beispielsweise an der Membran angeordnet ist, wobei der Ankerkörper mit dem Magnetfeld der Spule zur Erzeugung der Auslenkung der Membran zusammenwirkt. Das Magnetfeld wird dabei durch die auf dem Trägerkörper aufgebrachte Spule erzeugt. Alternativ ist möglich, dass die Spule auf der Membran angeordnet ist, und der Ankerkörper einen 30 Kern auf dem Trägerkörper bildet, der fest auf diesem aufgebracht ist.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist die Spule auf einem Spulenkern aufgebaut, wobei dieser als geschichteter Spulenkern mit einer hohen Magnetisierbarkeit ausgebildet ist. Dadurch kann der elektromagnetische Fluss durch die Bestromung der Spule weiter erhöht werden, so dass auch die Leistungsdichte des elektromagnetischen Mikroaktors weiter erhöht wird. Auch der Aufbau der Spule sowie des Spulenkerns kann mittels der LIGA-Technik erfolgen.

Vorteilhafterweise sind vier Spulen vorgesehen, die auf dem Trägerkörper in einer jeweils um  $90^\circ$  zueinander versetzten Anordnung auf diesen aufgebracht sind. Die Spulen sind als planare Spulen ausgebildet, wobei die Anordnung der Spulen je nach Anwendungsfall auch als Dipol, Quadrupol und so weiter erfolgen kann. Dadurch kann bei Aufbau eines Arrays aus einer Vielzahl von Mikroaktoren die gegenseitige Beeinflussung durch die entstehenden elektromagnetischen Felder minimiert werden, in dem die Anordnung der planaren Spulen derart vorgesehen wird, dass das magnetische Feld auf den Raum des einzelnen Mikroaktors begrenzt bleibt.

Zur Bestromung der Spulen sind Leiterbahnen auf dem Trägerkörper aufgebracht, welche randseitig am Trägerkörper in Kontaktpads enden. Bei Aufbau eines Arrays durch eine Vielzahl von Mikroaktoren können die einzelnen Aktoren untereinander verschaltet sein, um eine jeweils separate Kontaktierung der Mikroaktoren an eine Peripherie zu vermeiden. Die Kontaktierung des dielektrischen Elastomektors kann ebenfalls durch Leiterbahnen sowie entsprechende Kontaktpads vorgesehen werden, welche im Bereich der Aufnahme der Membran angeordnet sind.

25

Vorteilhafterweise ist der Ankerkörper zwischen den vier Spulen an der Seite der Membran zentrisch angeordnet, wobei die Seite der Anordnung des Ankerkörpers auf der Membran in Richtung der Spulen weist. Vorzugsweise ist der Ankerkörper entweder mit einer runden oder einer quadratischen Querschnittsgeometrie ausgeführt, wobei eine quadratische Querschnittsgeometrie bei vierfach vorgesehenen planaren Spulen mit einem jeweiligen Versatz von  $90^\circ$  zueinander eine vorteilhafte Ausführungsform bildet.

30

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Spule kann diese eine toroidartige Form aufweisen, wobei sich der Ankerkörper in einen in der toroidartigen Spule eingebrachten Spalt hinein erstreckt. Gemäß diesem Aufbau kann eine sehr hohe  
5 Flussdichte des Magnetfeldes innerhalb des Ankerkörpers erzeugt werden, wodurch das Leistungspotenzial des Mikroaktors weiter erhöht wird.

Schließlich sieht noch eine vorteilhafte Ausführungsform vor, dass die Spule als planare Spule ausgebildet ist. Dabei kann die Spulengeometrie beispielsweise  
10 rund sein oder die Form eines regelmäßigen Vielecks aufweisen.

Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen werden nachstehend gemeinsam mit der Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt.

15

Es zeigt:

- Figur 1 eine schematische Ansicht eines Querschnitts eines elektromagnetischen Mikroaktors;  
20
- Figur 2 eine schematische Darstellung eines dielektrischen Elastomeraktors sowohl im nicht bestromten als auch im bestromten Zustand;
- Figur 3 eine perspektivische Ansicht eines elektromagnetischen Mikroaktors mit vier planaren Spulen, welche gleich verteilt um einen Permanentmagneten angeordnet sind und wobei die Spulen durch Leiterbahnen kontaktiert sind;  
25
- Figur 4 eine Querschnittsansicht des elektromagnetischen Mikroaktors gemäß der Figur 3;  
30

Figur 5 eine perspektivische Ansicht eines elektromagnetischen Mikroaktors gemäß der Figur 3 mit einem quadratisch ausgeführten Permanentmagneten, welcher an einer Membran angeordnet ist, die als dielektrischer Elastomeraktor ausgeführt ist und

5

Figur 6 eine perspektivische Ansicht einer Spule mit einer toroidartigen Form und einem Spalt, in dem sich der Permanentmagnet hinein erstreckt, wobei der Permanentmagnet an einer als dielektrischer Elastomerkörper ausgeführte Membran angeordnet ist.

10

Der elektromagnetische Mikroaktor in Figur 1 ist mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet. Der schematisch dargestellte Mikroaktor 1 umfasst einen Trägerkörper 2, auf dem die einzelnen Komponenten des Mikroaktors 1 mittels einer Dünnschichttechnik aufeinander aufgebaut sind. Angrenzend an den Trägerkörper 2 befinden sich zwei Spulen 3, die einen Spulenkern 9 umfassen. Aufbauend auf die Spulen 3 folgt ein Abstandshalter 12, welcher einteilig ausgeführt ist und gemäß der Darstellung im Querschnitt sowohl linksseitig als auch rechtsseitig oberhalb der Spulen 3 dargestellt ist. Auf dem Abstandshalter 12 ist eine Membran 4 aufgebracht, welche in einer ausgelenkten Stellung dargestellt ist. Die Nulllage der Membran 4 ist durch eine gestrichelte Linie dargestellt. Zentrisch unter der Membran 4 ist als Ankerkörper ein Permanentmagnet 8 angeordnet, welcher durch das Magnetfeld, das durch eine Bestromung der Spulen 3 erzeugt wird, aus der Nulllage ausgelenkt wird. Durch die Auslenkung des Permanentmagneten 8 erfolgt gleichfalls die Auslenkung der Membran 4. Erfindungsgemäß ist die Membran 4 als dielektrischer Elastomeraktor ausgebildet, wobei der Aufbau der Membran 4 in Figur 2 beschrieben ist.

Figur 2 zeigt eine Membran 4, die erfindungsgemäß als dielektrischer Elastomeraktor ausgebildet ist. Als Elastomermaterialien werden häufig Silikone oder Acryle verwendet. Derartige Materialien zeichnen sich durch einen sehr niedrigen Elastizitätsmodul aus und weisen zugleich eine hohe Dielektrizitätskonstante sowie eine hohe Durchschlagfestigkeit gegen elektrische Potenziale auf. Die Bestromung des

30

dielektrischen Elastomeraktors kann mit abnehmender Dicke des Elastomerfilms 5 verringert werden, um die Gefahr von Spannungsdurchschlägen zu verringern. An den Grenzflächen des Elastomerfilms 5 ist gemäß der Darstellung unterhalb des Elastomerfilms 5 eine erste Elektrodenbeschichtung 6 und oberhalb eine zweite Elektrodenbeschichtung 7 aufgebracht. In der linksseitigen Darstellung der Figur 2 befindet sich die Anordnung aus Elastomerfilm 5 und den Elektrodenbeschichtungen 6 und 7 in einem nicht bestromten Zustand. In der rechtsseitigen Anordnung, angedeutet durch eine Erdung sowie einem Spannungsanschluss (V), ist der Elastomerfilm 5 über die Elektrodenbeschichtungen 6 und 7 bestromt. Die orthogonal auf die Erstreckungsebene des Elastomerfilms 5 weisenden Pfeile deuten eine Verringerung der Dicke an, wobei die Pfeile in Erstreckungsrichtung des Elastomerfilms 5 die Ausdehnungsrichtungen des Elastomerfilms 5 darstellen. Im Vergleich zur rechtsseitigen Darstellung des Elastomerfilms 5 ist dieser dünner, wobei die lateralen Abmessungen zunehmen. Das Material des Elastomerfilms 5 weist Volumenkonstanz auf, da vorzugsweise ein inkompressibles Material gewählt wird. Aufgrund der Volumenkonstanz nimmt die laterale Erstreckung linear zur Verringerung der Dicke zu. Durch diese Anordnung eines Elastomerfilms 5 mit den beidseitigen Elektrodenbeschichtungen 6 und 7 wird auf einfache Weise ein Aktor bereitgestellt, welcher erfindungsgemäß als Membran eines Mikroaktors gemäß der Darstellung in Figur 1 eingesetzt wird.

Figur 3 zeigt einen beispielhaften Aufbau eines elektromagnetischen Mikroaktors 1 mit einem Trägerkörper 2, auf dem vier 90° zueinander angeordnete planare Spulen 3 aufgebracht sind. Auf einem auf dem Trägerkörper 2 aufgetragenen Abstandshalter 12 ist eine Membran 4 aufgebracht, welche einen zentrisch angeordneten als Permanentmagneten 8 ausgebildeten Ankerkörper aufweist. Die Spulen 3 sind jeweils mittels Leiterbahnen 10 kontaktiert, wobei die Leiterbahnen 10 randseitig des Trägerkörpers 2 in Kontaktpads 11 enden. Damit bildet gemäß der Darstellung und den Abmessungen des Trägerkörpers 2 die Anordnung einen einzelnen Mikroaktor 1, welcher bei in einer Ebene jeweils benachbarten Anordnung einer Vielzahl von Mikroaktoren 1 einen Array bilden kann. Folglich bietet sich eine

rechteckige Form des Trägerkörpers 2 an, um jeweils randseitig benachbart einen weiteren Mikroaktor 1 anzuordnen.

Figur 4 zeigt eine Querschnittsdarstellung des Mikroaktors 1 gemäß der Figur 3.

5 Erkennbar sind hierin sowohl linksseitig als auch rechtsseitig eine Spule 3 im Querschnitt, wobei mittig eine weitere Spule 3 in der Seitenansicht im nicht geschnittenen Zustand dargestellt ist. Unterseitig unter der Membran 4 ist die Anordnung des Permanentmagneten 8 erkennbar, welche durch eine Bestromung der Spulen 3 in vertikaler Richtung auslenkbar ist.

10

Figur 5 zeigt eine weitere Darstellung eines elektromagnetischen Mikroaktors 1 mit einem Trägerkörper 2, auf dem vier 90° zueinander versetzt angeordnete Spulen 3 aufgebracht sind. Die Spulen sind jeweils über Leiterbahnen 10 kontaktiert, welche in Kontaktpads 11 enden. Die planare Ausbildung sowohl der Spulen 3 als auch  
15 der Leiterbahnen 10 und der Kontaktpads 11 wird durch eine Dünnschichttechnik ermöglicht, mittels der der Aufbau des Mikroaktors 1 auf dem Trägerkörper 2 erzeugt wird. Auf dem planaren Aufbau der Spulen 3 sowie der Leiterbahnen 10 ist ein Abstandshalter 12 aus einem weiteren Kunststoffmaterial aufgebaut, welcher ebenfalls mittels Dünnschichttechnik aufgebracht werden kann. Der Bereich der  
20 Kontaktpads 11 bleibt frei, um eine externe Kontaktierung zu schaffen, so dass der Abstandshalter 12 nicht über die Kontaktpads 11 hinausragt. Mittig zwischen den Spulen 3 ist als Ankerkörper ein Permanentmagnet 8 dargestellt, welcher einen quadratischen Querschnitt aufweist. Der Permanentmagnet 8 ist unterseitig an einer Membran 4 angebracht, so dass durch Bestromung der Spulen 3 der Per-  
25 manentmagnet 8 und damit die Membran 4 auslenkbar ist.

Figur 6 zeigt eine toroidartige Ausbildung einer Spule 3, welche für einen elektromagnetischen Mikroaktor 1 gemäß der Figur 1 Anwendung finden kann. Die Spule 3 ist ringförmig mit einem Spalt ausgebildet, in dem sich der Permanentmagnet 8  
30 hinein erstreckt. Der Permanentmagnet 8 ist auf gleiche Weise mit der Membran 4 verbunden, so dass die Auslenkung bei Bestromung der Spule erfolgen kann. Dadurch, dass sich der Permanentmagnet 8 in den Spalt der toroidartigen Spule 3

hinein erstreckt, besteht die Möglichkeit, den Permanentmagneten 8 einem starken elektromagnetischen Fluss auszusetzen. Dadurch kann die Leistungsdichte eines Mikroaktors weiter erhöht werden.

- 5 Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf das vorstehend angegebene bevorzugte Ausführungsbeispiel. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, welche von der dargestellten Lösung auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch macht.

## Bezugszeichenliste

- 1 elektromagnetischer Mikroaktor
- 2 Trägerkörper
- 5 3 Spule
- 4 Membran
- 5 Elastomerfilm
- 6 Elektrodenbeschichtung
- 7 Elektrodenbeschichtung
- 10 8 Ankerkörper (Permanentmagnet)
- 9 Spulenkern
- 10 Leiterbahn
- 11 Kontaktpad
- 12 Abstandshalter

15

## Patentansprüche

1. Elektromagnetischer Mikroaktor (1), der auf einem Trägerkörper (2) aufgebaut ist und wenigstens eine Spule (3) und eine Membran (4) aufweist, die durch  
5 Bestromung der Spule (3) auslenkbar ist,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass die Membran (4) aus einem bestrombaren dielektrischen Elastomeraktor gebildet ist, der einen Elastomerfilm (5) mit einer beidseitigen Elektrodenbeschichtung (6, 7) aufweist.
- 10 2. Elektromagnetischer Mikroaktor (1) nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass die Bestromung der Spule (3) mit der Bestromung des dielektrischen Elastomeraktors synchronisierbar ist.
3. Elektromagnetischer Mikroaktor (1) nach Anspruch 1 oder 2,  
15 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spule (3) als Mikrospule ausgeführt und mittels einer Dünnschichttechnik auf dem Trägerkörper (2) und/oder auf der Oberfläche der Membran (4) aufgebracht ist.
4. Elektromagnetischer Mikroaktor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
20 **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Membran (4) wenigstens ein Ankerkörper (8) angeordnet ist, mit dem das Magnetfeld der Spule (3) zur Erzeugung einer Auslenkung der Membran (4) zusammenwirkt, wobei das Magnetfeld durch die auf dem Trägerkörper (2) aufgebrachte Spule (3) erzeugbar ist.
- 25 5. Elektromagnetischer Mikroaktor (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass die Spule (3) auf einem Spulenkern (9) aufgebaut ist, wobei dieser als geschichteter Spulenkern (9) mit einer hohen Magnetisierbarkeit ausgebildet ist.
- 30 6. Elektromagnetischer Mikroaktor (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet**, dass vier Spulen (3) vorgesehen sind, die auf dem Trägerkörper (2) in einer jeweils um 90° zueinander versetzten Anordnung auf diesem aufgebracht sind.

- 5 7. Elektromagnetischer Mikroaktor (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bestromung der Spulen (3) Leiterbahnen (10) auf dem Trägerkörper (2) aufgebracht sind, welche randseitig am Trägerkörper (2) in Kontaktpads (11) enden.
- 10 8. Elektromagnetischer Mikroaktor (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der Ankerkörper (8) zentrisch zwischen den vier Spulen (3) an der Seite der Membran (4) angeordnet ist, welche in Richtung der  
15 Spulen (3) weist und eine runde oder eine quadratische Querschnittsgeometrie aufweist.
9. Elektromagnetischer Mikroaktor (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche,  
20 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spule (3) eine toroidartige Form aufweist, wobei sich der Ankerkörper (8) in einen in der Spule (3) eingebrachten Spalt hinein erstreckt.
10. Elektromagnetischer Mikroaktor (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche,  
25 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spule (3) als planare Spule ausgebildet ist.
11. Verfahren zum Betrieb eines elektromagnetischen Mikroaktors (1), der nach einem der vorgenannten Ansprüche ausgeführt ist,  
30 **dadurch gekennzeichnet**, dass der die Membran (4) bildende dielektrische Elastomeraktor innerhalb des Zeitbereiches bestromt wird, in dem auch die Membran (4) durch Bestromung der Spule (3) aus der Nulllage ausgelenkt wird.

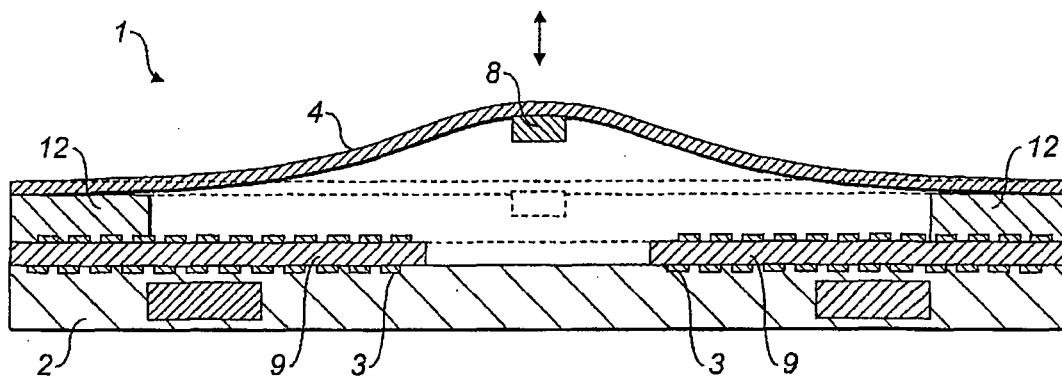


FIG. 1

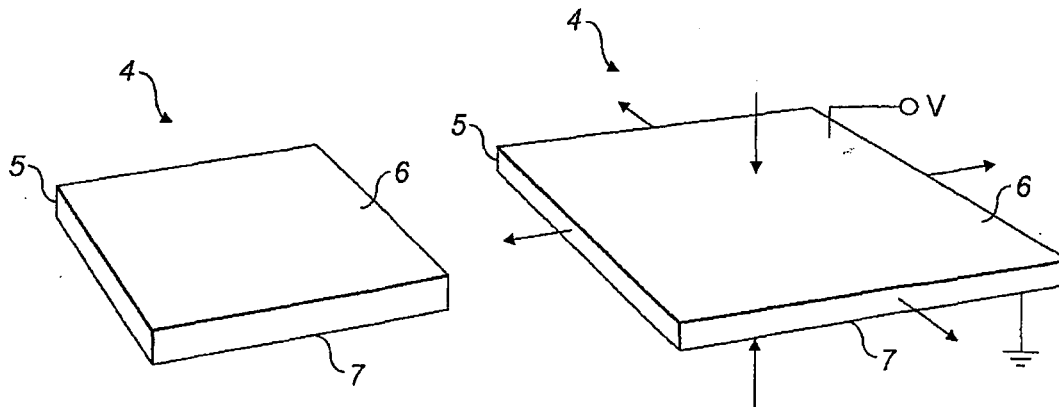


FIG. 2

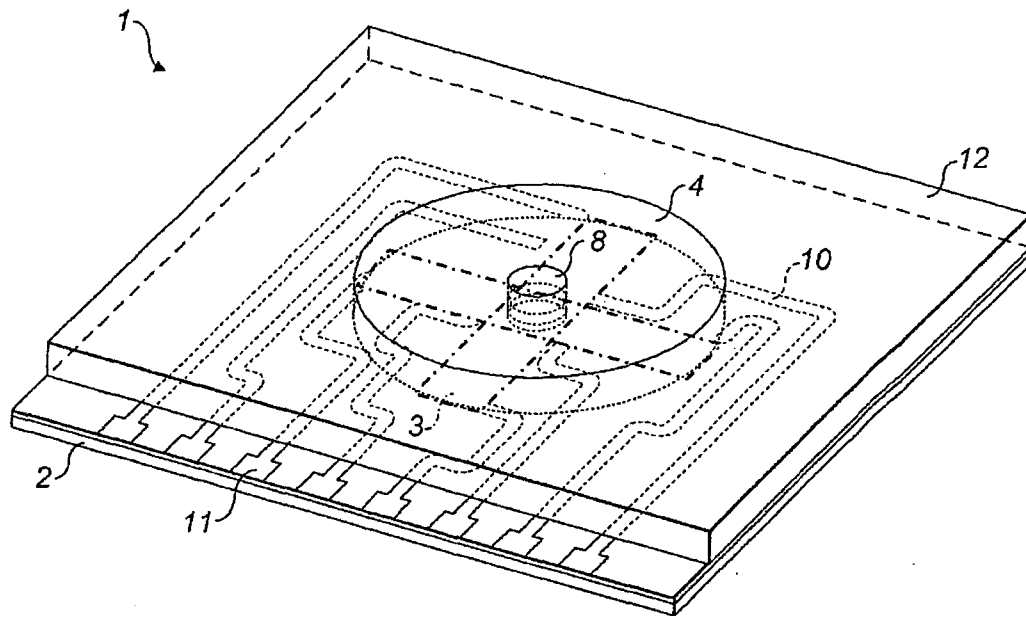


FIG. 3

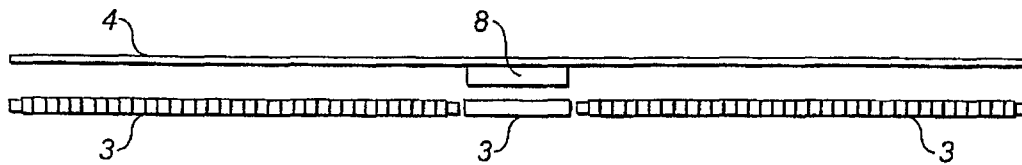


FIG. 4

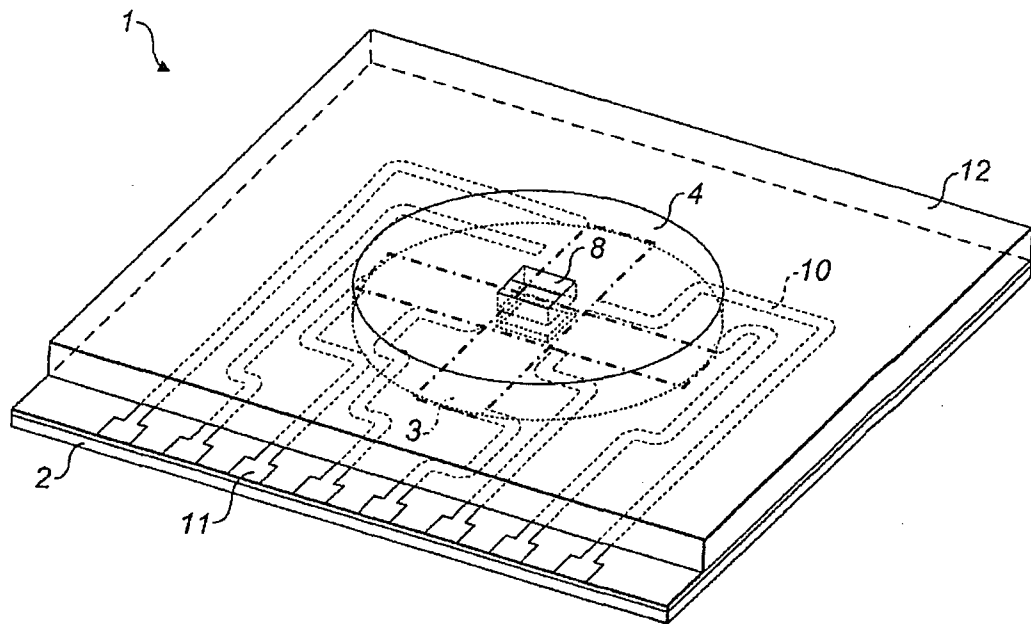


FIG. 5

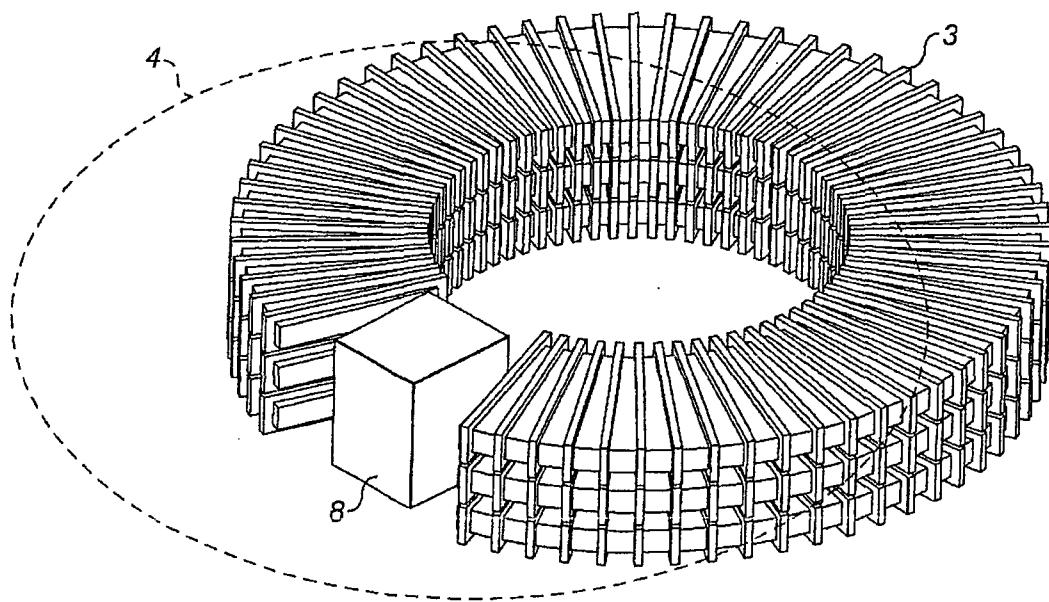


FIG. 6