



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 01 159 T2** 2005.10.13

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 306 869 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 01 159.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 090 362.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **24.10.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.05.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **08.09.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.10.2005**

(51) Int Cl.7: **H01H 59/00**

(30) Unionspriorität:

2001326102 24.10.2001 JP

(73) Patentinhaber:

Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

(74) Vertreter:

**WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

Suzuki, Kenichiro, Minato-ku, JP

(54) Bezeichnung: **Elektrostatischer Betätiger**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein elektrostatisches Stell- oder Betätigungsglied gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1, das unter Verwendung einer MEMS(mikro-elektromechanische Systeme)-Technik hergestellt werden kann, und insbesondere auf ein elektrostatisches Betätigungsglied, das für einen Mikroschalter zum Ein- oder Ausschalten einer Gleichstrom-Breitbandsignalfrequenz auf mehrere Hundert GHz, einen Lichtschalter zum Schalten der Richtung eines Lichtsignals gemäß der Neigung eines Spiegels, einen Scanner zum Schalten der Richtung einer einschlägigen drahtlosen Antenne etc. eingesetzt werden kann.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Es wird jetzt eine herkömmliche Technik erläutert, indem als Beispiel dafür eine Technik und eine Einrichtung angenommen werden, wie sie in einer Abhandlung unter dem Titel „A Micro-Machined Microwave Antenna Integrated with its Electrostatic Spatial Scanning“ (Proceedings of IEEE Micro Electro Mechanical Systems, Nagoya, pp. 84–89, 1997), vorgestellt in der IEEE 10ten Internationalen Konferenz für mikro-elektromechanische Systeme durch Dominique Chauver et al. von der Tokyo Universität LIMMS/SNRS-II, beschrieben sind.

[0003] Eine perspektivische Ansicht dieser Einrichtung ist in **Fig. 1** dargestellt. Bei dieser Einrichtung wird ein Quarzsubstrat **610** maschinell(spanabhebend)bearbeitet, um eine Torsionsschwingungsplatte **611** und Federn **613** auszubilden, die die beiden Enden der Schwingungsplatte **611** tragen. Auf der oberen Oberfläche der Torsionsschwingungsplatte **611** ist eine obere Elektrode **612** vorgesehen, die aus Chrom-/Goldmaterial besteht, und diese obere Elektrode **612** ist elektrisch mit einem Kontaktanschluß(flecken) **614** über eine Verdrahtung **615** verbunden. Andererseits ist im Bezug auf ein Siliziumsubstrat **620** eine Neigungsstruktur **621** gebildet. Chauver et al. haben die Neigungsstruktur **621** mit zwei geneigten Oberflächen, deren Neigungswinkel $35,3^\circ$ beträgt, ausgebildet, indem ein anisotropes Naßätzen für ein Siliziumsubstrat durchgeführt wurde, das eine **(110)** Si-Kristallfläche hat. Sie haben zwei Elektrodenmuster gebildet, wobei untere Elektroden **622a** und **622b**, jeweils aus Chrom hergestellt, auf den zwei geneigten Oberflächen gebildet wurden. Diese unteren Elektroden **622a** und **622b** sind elektrisch mit Kontaktanschlüssen **624a** bzw. **624b** verbunden. Quarzsubstrat **610** und Siliziumsubstrat **620** sind auf die Weise miteinander verbunden, daß sie zueinander so ausgerichtet sind, daß die Torsionsschwingungsplatte **611** über der Neigungsstruktur **621** (vorausgesetzt jedoch, daß kein Verfahren zum

Verbinden beschrieben wird) angeordnet sein kann.

[0004] Bei Anlegen einer Spannung zwischen der oberen Elektrode **612** und der unteren Elektrode **622a** oder **622b** tritt in der Torsionsschwingungsplatte **611** auf Grund der elektrostatischen Anziehungskraft eine Anziehungskraft auf, die zum Substrat (Unterseite) hin wirkt. Aus diesem Grund werden die Federn **613** torsionsverformt (verdrillt), und zwar mit dem Ergebnis, daß sich die Torsionsschwingungsplatte **611** um die Federn **613** dreht und geneigt wird. Durch Variieren der zwischen der oberen Elektrode **612** und der unteren Elektrode **622a** oder **622b** angelegten Spannung ist es möglich, den Drehwinkel der Torsionsschwingungsplatte **611** einzustellen. Auch ist es durch Auswählen des Umstandes, an welche der unteren Elektroden **622a** und **622b** eine Spannung angelegt wird, möglich, die Drehrichtung der Torsionsschwingungsplatte **611** zu ändern.

[0005] Bei dieser herkömmlichen Technik wurde die Anwendung der Einrichtung auf eine Antenne dargestellt, die die Senderichtung oder Empfangsrichtung eines Funksignals durch Variieren der Drehrichtung der Torsionsschwingungsplatte **611** ändert. Besonders bemerkenswert ist, daß es durch Ausbilden der unteren Elektrode zu einer Neigungsstruktur möglich ist, die angelegte Spannung zu verringern. Da eine elektrostatische Anziehungskraft im umgekehrten Verhältnis zum Quadrat des Abstandes zwischen zwei Strukturen abnimmt, basiert dies auf dem Prinzip, daß, wenn die Einrichtung so gestaltet werden kann, daß der Abstand zwischen der oberen Elektrode und der unteren Elektrode klein gehalten wird, die angelegte Spannung klein gehalten werden kann. Wenn der Drehwinkel der Torsionsschwingungsplatte **611** null beträgt, tritt eine große elektrostatische Anziehungskraft zwischen dem Bereich der oberen Elektrode und dem Bereich der unteren Elektrode **622a/622b** auf, von dem der untere Elektrodenteil an einer Stelle vorgesehen ist, die sich nahe dem Scheitel der Neigungsstruktur **621** befindet. Wenn sich die Torsionsschwingungsplatte **611** dreht, so tritt ebenfalls weiterhin eine große elektrostatische Anziehungskraft in dem übrigen Bereichsteil der unteren Elektrode **622a/622b** auf. Wenn die untere Elektrode **622a/622b** auf einer ebenen Oberfläche ohne Neigungsstruktur **621** vorgesehen ist, so ist, da der Abstand zwischen der oberen Elektrode und der unteren Elektrode groß ist, ein hohes Spannungsniveau zum Zwecke des Drehens der Torsionsschwingungsplatte **611** erforderlich. Obwohl Chauver et al. nicht ausdrücklich diese Wirkung der Neigungsstruktur angeben, nämlich das Berechnen der elektrostatischen Anziehungskraft im Verhältnis zur Neigungsstruktur von $35,3^\circ$, hat sich herausgestellt, daß die angelegte Spannung um annähernd 30% im Bezug auf die flache bzw. ebene Struktur vermindert werden kann. Außerdem liegt, obwohl Chauver et al. dies nicht darlegen, die zweite Wirkung der Neigungsstruktur **621**

darin, die Drehbewegung um die Federn **613** der Torsionsschwingungsplatte **611** eher eintreten zu lassen. Wenn man zwischen der oberen Elektrode **612** und der unteren Elektrode **622a/622b** eine Spannung anlegt, tritt in der oberen Elektrode **612** eine zur unteren Elektrode hin wirkende Kraft auf. In einem Fall jedoch, in dem die Steifigkeit der Biegeverformung der Federn **613** geringer als die Steifigkeit der Drehung (Torsion) ist, wird die Tendenz, daß eine Verformung zur Seite des Siliziumsubstrats **620** hin senkrecht dazu auftritt, wahrscheinlicher als die Tendenz zum Drehen. Die Neigungsstruktur **621** spielt dabei die Rolle, diese senkrechte Verformung zu verhindern und allein die Drehbewegung in der Torsionsschwingungsplatte **611** auftreten zu lassen.

[0006] [Fig. 2A](#) bis [Fig. 2D](#) sind geschnittene Ansichten, die ein Verfahren des Herstellens der Struktur auf der Seite des Siliziumsubstrats gemäß der oben beschriebenen herkömmlichen Technik darstellen. Eine Siliziumnitrid(dünn)schicht **72a** bzw. eine Siliziumnitrid(dünn)schicht **72b** sind auf beiden Oberflächen eines Siliziumsubstrats **71** abgelagert, dessen (**110**) Si-Kristall-Fläche als grundlegende Oberfläche dient, indem eine Niederdruck-Dampfphasen-Epitaxie (LP-CVD) verwendet wird. Und in bezug auf eine Oberfläche davon wird unter Verwendung einer photolithographischen Technik (die gleiche [Fig. A](#)) ein Gestalten der Nitridschicht **72a** durchgeführt. Dieses Substrat wird in eine 33%-ige KOH-Lösung gelegt, wodurch in bezug auf das Siliziumsubstrat **71** ein anisotropes Ätzen erfolgt. Als Ergebnis davon wird eine Neigungsstruktur **73** mit einer Neigung von 35,3° relativ zur ebenen Fläche (gleiche [Fig. B](#)) gebildet. Darauf wird durch Sputtern auf der Oberfläche des diese Neigungsstruktur **73** aufweisenden Siliziumsubstrats eine Siliziumoxidschicht abgelagert. Auf diesem resultierenden Substrat wird eine metallische Maske **76** angeordnet, und sodann wird Chrom abgelagert. Dabei wird das Chrom auf der Neigungsstruktur durch die in der Metallmaske **76** gebildeten Öffnungen abgelagert, wodurch eine untere Elektrode **75** gebildet werden kann (gleiche [Fig. C](#)). Danach wird wiederum durch Sputtern eine Siliziumoxid(dünn)schicht **77** auf der unteren Chromelektrode **75** abgelagert (gleiche [Fig. D](#)). Schließlich wird eine Torsionsschwingungsplatte, die durch maschinelle Bearbeitung eines Quarzsubstrats gebildet ist, auf jenem Siliziumsubstrat **71** befestigt, wodurch die in [Fig. 1](#) dargestellte Einrichtung hergestellt ist.

[0007] Bei dieser herkömmlichen Technik hat die Torsionsschwingungsplatte eine Abmessung von $1 \times 2 \times 0,1$ mm. Insbesondere liegt der Grund, warum die Torsionsschwingungsplatte mit einer Breite von 2 mm konstruiert ist, um $\pm 10^\circ$ geneigt zu werden, darin, daß es nötig ist, sie in dieser Weise aufzubauen, damit die Höhe der Neigungsstruktur gleich oder größer als 175 μm sein kann. Zum Ausbilden des unteren Elektrodenrasters auf dem Substrat mit einer Niveaudiffe-

renz, die so groß wie jene Höhe ist, haben Chauver et al. das Chromablagerungsverfahren unter Verwendung einer Metallmaske **76** so, wie sie in [Fig. 2C](#) dargestellt ist, verwendet. Wegen des Vorhandenseins eines Spielraums zwischen der Metallmaske **76** und der Neigungsstruktur **75** ist es jedoch schwierig, die untere Elektrode **75** mit den Abmessungen, wie sie entworfen sind, und die Lage so, wie sie entworfen ist, auszubilden. Da die Chrompartikel, die von dem Target der Ablagerungseinrichtung ausgegangen sind, mit dem Substrat unter einem gewissen Streuwinkel zusammentreffen, tritt dies wegen des Umstandes ein, daß der Abstand zwischen dem Substrat und dem Target variiert und, wenn dies erfolgt, eine Verschiebung der Auftreffstelle von ihrer zutreffenden weg verursacht. Bei dieser herkömmlichen Technik nimmt, wenn die Stelle von dem Scheitel der Neigungsstruktur weg verschoben wird, der Abstand zwischen der geneigten Oberfläche und dem Target zu. Dies führt zu dem Problem, daß das Muster unterschiedlich zur Metallmaske wird. Bei dem elektrostatisch angetriebenen Betätigungsglied wird dessen Charakteristik äußerst hoch empfindlich durch die Konfigurationen der oberen unteren Elektroden und das Lageverhältnis dazwischen beeinflusst. Daher hat sich die Eigenschaft zwischen den Einrichtungen als stark variierend herausgestellt, wenn der Torsionswinkel im Verhältnis zur Antriebsspannung unter Verwendung der Einrichtung gemäß der herkömmlichen Technik geschätzt bzw. beurteilt wurde.

[0008] Das Problem, daß das untere Elektrodenmuster nicht genau gemäß der Maske ausgebildet werden kann, kann nicht gelöst werden, und zwar selbst dann nicht, wenn man das Verfahren der Bildung eines Resistmusters direkt mit Bezug auf die Neigungsstruktur verwendet. In diesem Falle nämlich ist das genaue Übertragen des Photomaskenmusters im Bezug auf die geneigte Oberfläche der Neigungsstruktur wegen einer Begrenzung sehr schwierig, die vorhanden ist, wenn man die Brennweite des optischen Systems einer geeigneten Belichtungseinrichtung genau erhält. Auch ist es schwierig, den Resist gleichmäßig im Bezug auf die Neigungsstruktur zu beschichten.

[0009] Weil es schwierig ist, das Elektrodenmuster auf der Neigungsstruktur genau auszubilden, bestand aus den vorstehend beschriebenen Gründen trotz des Vorzuges, daß die Neigungsstruktur die angelegte Spannung verringern kann, das Problem, daß es schwierig war, eine Einrichtung herzustellen, die zuverlässig war und deren Eigenschaften gleichmäßig qualifiziert waren. Aus diesem Grund war es nicht nur unmöglich, eine einheitlich uneingeschränkte Qualität der Produkte in großer Menge als Waren der Massenherstellung zu liefern, sondern es war auch schwierig, die Neigungsstruktur in bezug auf die Verwendungszwecke einschließlich einer hochfunktionalen Antenne, die erforderlich ist, um eine große

Anzahl Stellglieder in Matrixfeldbeschaltung zu erreichen, eines Lichtschalters zum Schalten einer Anzahl Signale und eines elektrischen Schalters, der dem gleichen Zweck dient, nutzbar zu machen.

[0010] DE 42 24 599 A offenbart ein elektrostatisches Stell- oder Betätigungsglied gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0011] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein elektrostatisches Stell- oder Bestätigungsglied zur Verfügung zu stellen, das das Herstellen elektrostatischer Stellgliedeinrichtungen ermöglicht, die als Massenherstellungsprodukte zuverlässig sind, und deren Eigenschaften gleichmäßig qualifiziert sind, während sie den Vorzug der Neigungsstruktur aufweisen.

[0012] Die Erfindung löst diese Aufgabe mittels der Merkmale des Anspruchs 1.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0013] [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) sind perspektivische Ansichten, die zu Vergleichszwecken eine Konstruktion einer diesbezüglichen herkömmlichen Technik darstellen;

[0014] [Fig. 2A](#) bis [Fig. 2D](#) sind Ansichten, die zu Referenzzwecken ein Herstellungsverfahren in der diesbezüglichen herkömmlichen Technik darstellen;

[0015] [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3C](#) sind Ansichten (Draufsicht und Schnittansichten), die die Struktur eines elektrostatischen Stellgliedes gemäß einem ersten Beispiel der vorliegenden Erfindung darstellen;

[0016] [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4E](#) sind Ansichten (Ansichten der Herstellungsverfahrensschritte), die ein Herstellungsverfahren für das elektrostatische Stellglied gemäß dem ersten Beispiel der vorliegenden Erfindung darstellen;

[0017] [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5C](#) sind Ansichten, die den Aufbau des elektrostatischen Stellgliedes gemäß einem zweiten Beispiel der vorliegenden Erfindung darstellen; und

[0018] [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6C](#) sind Ansichten, die weitere Konstruktionen (Konstruktionen eines Arms) der vorliegenden Erfindung darstellen.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0019] Nachfolgend wird im Detail ein Beispiel der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen erläutert. Bei der vorliegenden Erfindung wird bei einem elektrostatischen Stellglied (mikrostrukturelle Einrichtung, insbesonde-

re ein Stellglied der elektrostatisch getriebenen Art) das Elektrodenmuster nicht auf der Seite des Substrats, das eine Neigungsstruktur hat, gebildet, sondern auf der Seite des weiteren Substrats. Dieses weitere Substrat ist entweder dasjenige, das eben ist, oder, wenn es nicht eben ist, dasjenige, das keine hervortretende Struktur, wie z. B. eine Neigungsstruktur, in dem Bereich aufweist, an bzw. in dem eine Mustergestaltung durchgeführt worden ist. Demgemäß kann das Elektrodenmuster genau wie in Form einer Photomaske durch Verwendung üblicher Photolithographie hergestellt werden. Andererseits wird das Substrat mit einer Neigungsstruktur so gestaltet, daß die gesamte Neigungsstruktur ein gleichmäßiges Potential aufweisen kann, und deshalb ist es nicht nötig, irgendein Elektrodenmuster auf der Seite des Neigungsstruktursubstrats auszubilden. Aus diesem Grunde wird es möglich, Einrichtungen zur Verfügung zu stellen, deren Eigenschaften gleichmäßig qualifiziert sind, während eine wirksame Nutzung des Vorteils erfolgt, der aus der Verwendung der Neigungsstruktur entsteht.

[0020] [Fig. 3A](#) stellt eine ebene Struktur in Draufsicht dar. Schnitte AA' und BB' der [Fig. 3A](#) sind in [Fig. 3B](#) bzw. [Fig. 3C](#) dargestellt. Bei der vorliegenden Erfindung sind auf einem Glassubstrat **100** aus Silizium bestehende Tragbasen **10** und untere Elektroden **101A** und **101B** vorgesehen, die jeweils aus Titan-/Goldmaterial bestehen. Von einem Ende jeder der zwei Tragbasen **10** erstreckt sich ein freitragender Arm **11** aus Silizium, der mit einem entsprechenden der beiden Enden einer Torsionsschwingungsplatte **12** verbunden ist. Die Torsionsschwingungsplatte wird dadurch in dem Raum über dem Substrat **100** getragen.

[0021] Das Paar freitragender Arme **11** dient dem Tragen der Torsionsschwingungsplatte **12** im Raum über dem Substrat und jeweils auch als Torsionsfeder. Um die Federsteifigkeit der Torsion klein zu halten, während die Abmessung der Gesamteinrichtung auf einen kleineren Wert reduziert wird, ist der freitragende Arm **11** so gestaltet, daß er, wie in [Fig. 3A](#) dargestellt, eine Struktur aufweist, die, wenn man sie von oben betrachtet, gekrümmt ist. Diese Ausbildung ist nur ein Beispiel. Der freitragende Arm **11** kann natürlich auch gestaltet sein, daß er eine geradlinige etc. Struktur wie im Falle des Standes der Technik aufweist. Die Torsionsschwingungsplatte **12** kann um die Achse dieser freitragenden Arme **11** (dies wird später beschrieben) gedreht werden. Weiterhin weist die Torsionsschwingungsplatte **12** an ihrer Unterseite eine Neigungsstruktur **14**, wie dies in [Fig. 3C](#) dargestellt ist, auf. Diese Neigungsstruktur **14** ist auf die Weise angeordnet, in der ihre geneigten Oberflächen in solcher Weise angeordnet sein können, daß sie den unteren Elektroden **101a** bzw. **101b** gegenüberliegen.

[0022] Allgemein soll die Oberfläche der Torsionsschwingungsplatte **12** auf einer Seite, die ihrer Seite, auf der die Torsionsschwingungsplatte **12** dem Glassubstrat **100** gegenüberliegt, entgegengesetzt ist, flach bzw. eben sein. Beispielsweise wird diese Oberfläche der Torsionsschwingungsplatte **12** im Falle der Anwendung der vorliegenden Erfindung auf einen Lichtmikroschalter als Spiegel zum Reflektieren von Licht verwendet. Dabei wird, wenn man die Stärke der Torsionsschwingungsplatte **12** groß vorsieht, deren Steifigkeit hoch, und daher weist sie das Merkmal auf, daß ihre Ebenheit selbst dann, wenn sie gedreht wird, aufrechterhalten werden kann. Das bietet eine Annehmlichkeit/einen Vorteil. Andererseits dient, bezugnehmend auf den freitragenden Arm **11**, dessen niedrige Steifigkeit dem Verringern der für die Drehung angelegten Spannung. Aus diesem Grund wurde in diesem Beispiel das Stellglied in einer Struktur ausgebildet, in der die Stärke der Torsionsschwingungsplatte **12** und die Stärke des freitragenden Arms **10** zueinander verschieden ausgestaltet sind.

[0023] Auch wird auf den unteren Elektroden **101a** und **101b** eine Isolierschicht **102**, bestehend aus Siliziumdioxid, Siliziumnitrit oder dergleichen ausgebildet. Dies geschieht zu dem Zweck, zu verhindern, daß ein elektrischer Kurzschluß eintritt, wenn die Torsionsschwingungsplatte **12** und die untere Elektrode **101** miteinander in Berührung treten. Jene Isolationschicht **102** hat weiterhin auch die Funktion, zu verhindern, daß beide aneinander haften. An einem Teil der Isolierschicht **102** ist eine Kontaktanschlußfläche **103** gebildet. Durch diese Anschlußfläche kann an die untere Elektrode **101** eine Spannung angelegt werden. Nebenbei bemerkt braucht die Isolierschicht **102** nicht immer an der unteren Elektrode **101** wie im Falle dieses Beispiels ausgebildet zu sein. Sie kann nämlich an der unteren Seitenfläche der Torsionsschwingungsplatte **12** und weiterhin auch an jeder der beiden vorgesehen sein. Außerdem kann zur Verhinderung von Haften ein Konkav-/Konvexmuster an der Oberfläche vorgesehen sein, oder die Oberfläche kann mit einer Isolierschicht auf Fluorbasis abgedeckt sein.

[0024] Bezugnehmend auf das Anlegen einer Spannung an die Torsionsschwingungsplatte **12** durch Ausführen einer elektrischen Verbindung zwischen der Tragbasis **10** und einer äußeren Energiequelle, beispielsweise durch Drahtverbindung, kann die Torsionsschwingungsplatte **12** ausgebildet werden, ein Potential aufzuweisen, das gleich dem der Energiequelle über/durch den freitragenden Arm **11** ist. Obwohl man bei dem elektrostatisch angetriebenen Stellglied keinen Strom dort hindurchfließen läßt und es deshalb nicht nötig ist, den Widerstand niedrig zu halten, ist es auch möglich, den Widerstand zu verringern, indem sowohl die Tragbasis **10**, der freitragende Arm **11** als auch die Torsionsschwingungsplatte **12** aus Silizium gestaltet werden, wobei an diesem

eine p-Typ oder n-Typ Verunreinigungsimplantation durchgeführt worden ist. Weiterhin ist es möglich, eine elektrische Leitung zwischen diesen Bauelementen herzustellen, indem jedes dieser Bauelemente durch Verwendung eines metallischen Materials hergestellt wird, auf dessen Oberfläche ein elektrisch leitfähiges Material wie Metall aufgebracht wird etc. In letzterem Falle können sowohl Tragbasis **10**, freitragender Arm **11** als auch Torsionsschwingungsplatte **12** unter Verwendung eines isolierenden Materials wie Quarz, Keramik etc. ausgebildet werden.

[0025] Auch wurde in diesem Beispiel das Glassubstrat **100** als Substrat benutzt, zu dem Tragbasis **10**, freitragender Arm **11** und Torsionsschwingungsplatte **12** ausgebildet werden. Dies deshalb, weil eine solche Verwendung für das Merkmal sorgt, daß es möglich wird, die elektrostatische Haftung zwischen dem Silizium und dem Glas zu nutzen. Das Material des Substrats ist jedoch nicht auf Glas beschränkt. Keramik, Metall oder Halbleitersubstrat können ebenfalls verwendet werden. In einem Fall, in dem Metall oder Halbleitersubstrat verwendet werden, macht es das Vorsehen einer Isolierschicht zwischen der unteren Elektrode **101** und dem Substrat **100** im voraus leicht, eine elektrische Isolation zwischen jenen beiden herzustellen.

[0026] Wenn man eine Spannung von 0 bis 50 V zwischen der Tragbasis **10** und der unteren Elektrode **101a** oder **101b** anlegt, tritt in der Torsionsschwingungsplatte **12** wegen der elektrostatischen Anziehungskraft eine Anziehungskraft auf, die zum Substrat hin (nach unten) wirkt. Wenn das Spannungsniveau zunimmt, werden sowohl die Drehung des Arms **11** als auch die Drehung der Torsionsschwingungsplatte **12** hinsichtlich des Winkels größer. Durch Variieren des Niveaus der angelegten Spannung oder durch Schalten der unteren Elektrode, an die die Spannung in der vorstehend beschriebenen Weise angelegt wird, ist es möglich, den Drehwinkel sowie die Drehrichtung der Torsionsschwingungsplatte **12** zu kontrollieren.

[0027] Obwohl in diesem Beispiel ein Aufbau dargestellt wurde, bei dem eine Schwingungsplatte **12** von ihren beiden Seiten her jeweils durch zwei Arme getragen wird, ist die vorliegende Erfindung dennoch nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann, wie in **Fig. 6**, das dementsprechende elektrostatische Stellglied auch in einer Struktur gestaltet werden, in der die Schwingungsplatte von einem Arm (dem Arm, der mit einem Teil der Schwingungsplatte verbunden ist) getragen wird. In diesem Fall wird sich, indem die angelegte Spannung zwischen der oberen Struktur und der unteren Struktur gesteuert wird, die Vibrationsplatte zur Substratseite hin neigen. In **Fig. 6** hat der Arm eine Struktur oder spielt die Rolle einer Biegefeder oder Torsionsfeder, und in bezug darauf und dementsprechend werden Neigungsstruktur und

Elektroden gemäß dem Gegenstand der vorliegenden Erfindung ausgebildet.

[0028] Auch brauchen bei der vorliegenden Erfindung nicht notwendigerweise beide Elektroden **101a** und **101b** verwendet zu werden. Gemäß dem Verwendungszweck kann das Stellglied in der Weise aufgebaut werden, bei der nur eine Seite der Elektroden verwendet oder ausgebildet wird. In diesem Fall braucht die Neigungsstruktur **14** nur in Bezug auf die Seite ausgebildet zu werden, die der Elektrode **101** entspricht.

[0029] [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4E](#) sind Ansichten von Herstellungsverfahrensschritten, jeweils gesehen durch Nutzen des Schnitts AA' als Beispiel. Dabei ist ein Fall dargestellt, bei dem die Struktur auf dem Siliziumsubstrat ausgebildet ist. Zuerst wird Bor (B) mit 3 µm auf eine Oberfläche eines Siliziumsubstrats **200** gesprüht, dessen (**110**) Siliziumkristallfläche als Hauptfläche dient, um dadurch eine p-Typ Diffusionslage **21** (gleiche [Fig. A](#)) zu bilden.

[0030] Als nächstes wird Pyrex®-Glas mit 3 µm auf die entgegengesetzte Oberfläche des Siliziumsubstrats **200** diffundiert, um dadurch eine Adhäsionschicht **22** auszubilden. In der Folge wird darauf eine Siliziumoxidschicht abgelagert, und es wird im Bezug darauf eine Gestaltung durchgeführt, um dadurch ein Ätzmuster **23** zu bilden. Andererseits wird eine Siliziumoxidschicht auf der Oberfläche, die die Diffusionslage **21** einschließt, abgelagert, und es wird ein Musterausformen daran ausgeführt, um dadurch eine Federgestaltung **24** (gleiche [Fig. B](#)) auszubilden.

[0031] Als nächstes wird das Siliziumsubstrat **200** in ein Lösungsgemisch von Ethylendiamin/Pyrocatechol/Wasser (EPW) eingeführt, um dadurch ein anisotropes Ätzen auszuführen. Auf diese Weise wird das Ätzen durch das Ätzmuster **23** durchgeführt, und im Ergebnis wird eine Neigungsstruktur **26**, deren zwei geneigte Oberflächen einen Neigungswinkel von 35,3° haben, ausgebildet. Da das EPW die Diffusionslage **21** nicht ätzt, ist es möglich, die Stärke der Diffusionslage **21**, die zu einer Feder wird (gleiche [Fig. C](#)) genau zu kontrollieren.

[0032] Die Siliziumoxidschicht **23** wird entfernt, und das Siliziumsubstrat **200** wird elektrostatisch zum Anhaften an einem weiteren Siliziumsubstrat **210** gebracht, das sich bereits mit Bezug darauf das untere Elektrodenmuster usw. (nicht dargestellt) (gleiche [Fig. D](#)) gebildet hat. Dabei wird die Glashaftlage **22** mit dem Siliziumsubstrat **210** verbunden, wodurch eine feste Haftung dazwischen realisiert wird.

[0033] Danach wird über das Federmuster **24** ein Ätzen in Plasma, das ein Gas wie zum Beispiel SF6 verwendet, bezüglich der Diffusionslage **32** durchgeführt, um dadurch eine Feder **27** (gleiche [Fig. E](#)) aus-

zubilden. Schließlich wird die Siliziumoxidschicht **24** mittels Ätzens in Plasma, das Gas wie CH4 verwendet, in Bezug darauf entfernt.

[0034] In diesem Beispiel sind die Abmessungen der Hauptbauelemente des elektrostatischen Stellgliedes wie folgt: der Arm **11** hat eine Abmessung von 5 µm in der Breite, 100 µm in der Länge und 3 µm in der Stärke, und die Torsionsschwingungsplatte **12** hat eine Abmessung von 500 µm im Durchmesser, 20 µm in der maximalen Stärke und 35,3° in der Neigungsstruktur im Verhältnis zur Ebene. Die untere Elektrode **101** ist derart ausgebildet, daß sie etwa 10 µm außerhalb der Torsionsschwingungsplatte **12** platziert werden kann, und diese untere Elektrode **101** ist aus Titan-/Goldmaterial, das eine Stärke von 0,3 µm hat, hergestellt. An dieser unteren Elektrode **101** ist eine Isolierschicht **102** mit einer Stärke von 0,3 µm vorgesehen. Die Tragbasis **10** hat eine Höhe von 80 µm, wobei sie so angeordnet ist, daß selbst dann, wenn die Torsionsschwingungsplatte **12** um ±10° gedreht wird, sie nicht mit der unteren Elektrode **101** in Berührung tritt.

[0035] [Fig. 5A](#) ist eine Ansicht von oben. Auch sind die Schnitte AA' und BB' in der gleichen Figur wie jeweils in [Fig. 5B](#) und [Fig. 5C](#) dargestellt. Bei diesem zweiten Beispiel ist die Torsionsschwingungsplatte **52** von zwei Paaren Armen getragen, d. h. einem Armpaar **51** und einem Armpaar **511**, und zwar von einer Außenumfangsplatte **522**. Mittels Durchführung einer Drehsteuerung, indem man die Drehung der Torsionsschwingungsplatte um die Achse jedes der beiden Armpaare verursacht, wird vorgesehen, daß die zweidimensionale Neigungskontrolle der Torsionsplatte **52** durchgeführt werden kann. In dieser Beziehung unterscheidet sich dieses zweite Beispiel von dem ersten Beispiel.

[0036] In dem zweiten Beispiel sind auf dem Glassubstrat **500** die Tragbasen **50**, bestehend aus Silizium, und vier untere Elektroden **501a**, **501b**, **501c** und **501d**, die aus Titan-/Goldmaterial bestehen, vorgesehen. Von einem Ende der zwei Tragbasen **50** erstrecken sich die aus Silizium bestehenden freitragenden Arme **51**, die mit beiden Enden der Außenumfangsplatte **522** verbunden sind. Zusätzlich sind innerhalb der Außenumfangsplatte **522** die aus Silizium bestehenden freitragenden Arme **511** an Positionen senkrecht zu jenen der Arme **51** vorgesehen. Diese freitragenden Arme **511** sind mit den jeweiligen beiden Enden der Torsionsschwingungsplatte **52** verbunden und stützen sie in dem Raum über dem Glassubstrat **500**. Um die Federsteifigkeit der Torsion niedrig zu halten, während die Abmessung der Einrichtung im ganzen auf einem kleinen Wert gehalten wird, sind die freitragenden Arme **511** und **51** jeweils in gebogener Anordnung, wie in der gleichen [Fig. A](#), dargestellt, ausgebildet. Natürlich kann der freitragende Arm auch in geradliniger Struktur wie beim

Stand der Technik hergestellt werden.

[0037] Die Torsionsschwingungsplatte **52** kann um die Mittelachse jedes der Armpaare **51** und **511** in Richtungen gedreht werden, die aufeinander senkrecht stehen. Weiterhin haben die Torsionsvibrationsplatte **52** und die außenperiphere Platte **522** jeweils eine Neigungsstruktur **53** an ihren vier Seiten, wie dies in [Fig. 5B](#) und [Fig. 5C](#) dargestellt ist. Die Neigungsstruktur **53** ist derart konstruiert und angeordnet, daß ihre geneigten Oberflächen den unteren Elektroden **501** gegenüberliegen können. Im allgemeinen soll die Oberfläche der Torsionsschwingungsplatte **52** auf einer Seite entgegengesetzt zu ihrer Seite, an der die Platte **52** zur Seite des Glassubstrats **50** hin gerichtet ist, eben ist. Beispielsweise wird in einem Fall, in dem die vorliegende Erfindung auf einen Lichtspiegel angewendet wird, jene Vorderfläche der Torsionsschwingungsplatte **52** zu einem Spiegel, der die Reflektion des Lichtes verursacht. Dabei macht eine Steigerung der Stärke der Torsionsschwingungsplatte **52** deren Steifigkeit größer, und dies sorgt in geeigneter Weise für das Merkmal, daß selbst dann, wenn die Platte **52** gedreht wird, ihre Ebenheit so, wie sie ist, aufrechterhalten wird. Andererseits ist es mit Bezug auf die freitragenden Arme **51** und **511** besser, deren Steifigkeit klein zu halten. Dies deshalb, weil das dazu dient, die zum Herbeiführen der Drehung angelegte Spannung zu verringern. Aus diesem Grund ist in diesem Beispiel eine Struktur dargestellt worden, bei der sich die Stärke der Torsionsschwingungsplatte **52** von der Stärke der freitragenden Arme **51** und **511** unterscheidet.

[0038] Auch ist ein/e aus einer Isolierschicht aus Siliziumdioxid oder Siliziumnitrid bestehende Isolierfilm/-schicht **502** auf der unteren Elektrode **501** ausgebildet. Der Grund hierfür ist es, zu vermeiden, daß ein Kurzschluß eintritt, wenn die Torsionsschwingungsplatte **52** oder die außenperiphere Platte **522** und die untere Elektrode **501** in Berührung miteinander gebracht werden. Zusätzlich hat die Isolierschicht **502** die Funktion, beide am Zusammenhaften zu hindern. An einem Teil der Isolierschicht **502** ist eine Kontaktfläche **503** ausgebildet. Indem man mittels dieser Fläche **503** eine elektrische Verbindung zwischen der unteren Elektrode **501** und der Stromquelle herstellt, kann an die untere Elektrode **501** eine Spannung angelegt werden. Als Folge davon ist es nicht immer notwendig, die Isolierschicht **502** im Bezug auf die untere Elektrode **501** wie in diesem Beispiel auszubilden. Die Isolierschicht **502** kann ebenfalls an der Unterseite der Torsionsschwingungsplatte **52** und der außenperipheren Platte **522** vorgesehen sein. Weiterhin kann jene Schicht **502** in bezug auf beide vorgesehen sein. Zusätzlich können, um zu verhindern, daß beide zusammenhaften, Konkavitäten/Konvexitäten in bezug auf die Oberfläche vorgesehen sein, oder diese Oberfläche kann ebensogut

mit einer Isolierschicht, bestehend aus einem Material auf Fluorbasis bedeckt sein.

[0039] Das Anlegen einer Spannung an die Torsionsschwingungsplatte kann wie folgt vorgenommen werden. Im Bezug auf die Tragbasis **50** wird eine elektrische Verbindung mit einer äußeren Energie- bzw. Stromquelle beispielsweise durch Drahtverbinden durchgeführt. Dabei kann durch die freitragenden Arme **51** und **511** die Torsionsschwingungsplatte **52** hinsichtlich des Niveaus gleich dem Potential der Stromquelle vorgesehen werden. Bei dem elektrostatischen Stellglied wird kein elektrischer Strom hindurchfließen gelassen. Daher besteht keine Notwendigkeit, den Widerstand klein zu halten. Jedoch ist es, indem man jedes der folgenden Elemente Tragbasis **50**, freitragender Arm **51** und freitragender Arm **511**, Torsionsschwingungsplatte **52** und außenperiphere Platte **522** mit Silizium herstellt, für das eine Verunreinigungsimplantation des p-Typs oder des n-Typs durchgeführt wurde, ebenso möglich, den Widerstand niedrig zu halten. Weiterhin kann jedes jener Elemente auch elektrisch leitfähig hergestellt werden, indem man es unter Verwendung metallischen Materials ausbildet oder indem man ein elektrisch leitfähiges Material wie Metall auf dessen Oberfläche aufträgt. In letzterem Fall ist es möglich, jedes der Elemente Tragbasis **50**, freitragende Arme **51** und **511**, Torsionsschwingungsplatte **52** und außenperiphere Platte **522** auszubilden, indem man isolierendes Material wie Quarz, Keramik etc. verwendet.

[0040] Auch wurde in diesem Beispiel das Substrat **500** als das Substrat, das im Bezug darauf mit der Tragbasis **50**, den freitragenden Armen **51**, **511**, der Torsionsschwingungsplatte **52** und der außenperipheren Platte **522** ausgebildet ist, verwendet. Dies deshalb, weil das Merkmal besteht, daß es möglich sein soll, die elektrostatische Haftfähigkeit zwischen Silizium und Glas auszunutzen. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf Glas beschränkt. Es ist auch möglich, als solches Substrat Keramik, Metall, Halbleitermaterial etc. zu verwenden. In einem Fall, in dem ein Metallsubstrat oder ein Halbleitersubstrat verwendet wird, kann nur, wenn zuvor eine Isolierschicht zwischen der unteren Elektrode **501** und dem Substrat **500** vorgesehen wurde, leicht eine elektrische Isolation zwischen diesen beiden hergestellt werden.

[0041] Beim Anlegen einer Spannung von 0 bis 50 V zwischen der Tragbasis **50** und einer der vier unteren Elektroden **501a** bis **501d** tritt wegen der elektrostatischen Anziehungskraft in der Torsionsschwingungsplatte **52** und der außenperipheren Platte **522** eine Anziehungskraft, die zum Substrat (der Unterseite) hin wirkt, auf. Bei Steigerung des Spannungsniveaus in entsprechendem Verhältnis zur unteren Elektrode **501**, an die eine Spannung angelegt ist, wird die Drehung des Arms **51** und der außenperi-

pheren Platte **522**, oder des Arms **511** und der Torsionsschwingungsplatte **52** hinsichtlich des Drehwinkels erhöht. Durch Variieren des angelegten Spannungspegels oder durch Schalten der unteren Elektrode **501**, an die eine Spannung angelegt wird, ist es bei der oben beschriebenen Weise gelegentlich möglich, den Rotationswinkel und die Rotationsrichtung der Drehschwingungsplatte **52** zu kontrollieren.

[0042] Das Verfahren zum Herstellen des elektrostatischen Stellgliedes gemäß dem zweiten Beispiel ist grundlegend das gleiche wie im Falle des ersten, in **Fig. 4** dargestellten Beispiels, mit Ausnahme des Umstandes, daß die Neigungsstruktur **53** vier geneigte Oberflächen hat. Um diese Struktur auszubilden, kann beispielsweise folgende Maßnahme getroffen werden. Im Hinblick auf ein Siliziumsubstrat, dessen **(110)** Si-Kristallfläche als grundlegende Oberfläche dient, wird ein quadratisches Muster ausgebildet, das entlang der **(100)** Si-Kristallaxialen Richtung verläuft. Sodann wird im Bezug auf das sich ergebende Substrat ein Ätzen durchgeführt, indem eine anisotrope Ätzlösung wie EPW verwendet wird. Wenn dies geschieht, ist es möglich, eine Struktur auszubilden, die von vier geneigten Oberflächen umgeben ist, von denen jede einen Neigungswinkel von 45° aufweist.

[0043] Die typischen Abmessungen des zweiten Beispiels sind wie folgt: die Arme **51** und **511** haben jeweils eine Breite von $5\ \mu\text{m}$, eine Länge von $100\ \mu\text{m}$ und eine Stärke von $3\ \mu\text{m}$; und die Torsionsschwingungsplatte **52** hat einen Durchmesser von $500\ \mu\text{m}$, eine minimale Stärke von $20\ \mu\text{m}$ und eine Neigungsstruktur von 45° . Ebenfalls hat die außenperiphere Platte **512** eine konzentrische Konfiguration mit einem Durchmesser von $550\ \mu\text{m}$ und einem Durchmesser von $700\ \mu\text{m}$. Die untere Elektrode **501** ist so ausgebildet, daß sie etwa $10\ \mu\text{m}$ außerhalb der außenperipheren Platte **512** angeordnet werden kann, und ist aus einem Titan-/Goldmaterial mit einer Stärke von $0,3\ \mu\text{m}$ hergestellt. An jener unteren Elektrode **501** ist die Isolierschicht **502** mit einer Stärke von $0,3\ \mu\text{m}$ vorgesehen. Die Tragbasis **10** hat eine Höhe von $130\ \mu\text{m}$ und ist so angeordnet, daß sie nicht die untere Elektrode **501** berührt, selbst wenn die Torsionsschwingungsplatte **52** und die außenperiphere Platte **512** jeweils um $\pm 10^\circ$ gedreht werden.

[0044] Nebenbei bemerkt wurde in diesem zweiten Beispiel die Neigungsstruktur **53** auf der Substratseite (an der oberen Struktur) wie im ersten Beispiel ausgebildet.

[0045] In den Beispielen der vorliegenden Erfindung wurde eine Struktur dargestellt, bei der die untere Elektrode in zwei oder vier Teile aufgeteilt ist. Jedoch ist die Zahl der Elektrodenteile hierauf nicht beschränkt. Selbst wenn die Zahl der Elektrodenteile größer als diese ist, ist das Erreichen der Wirkung der

vorliegenden Erfindung möglich. Zusätzlich ist es, selbst wenn im Bezug auf mehrere davon zur gleichen Zeit Spannung angelegt wird oder selbst wenn man das Verfahren verwendet, bei dem zuerst eine Spannung an eine bestimmte davon angelegt wird und danach die Spannung an eine andere davon angelegt wird, möglich, die Wirkung der vorliegenden Erfindung zu erzielen.

[0046] Auch ist es nicht nötig, die Länge der Arme **51** und die der Arme **511** gemäß dem zweiten Beispiel gleich zu halten, noch besteht irgendeine Notwendigkeit, die Winkel der geneigten Oberflächen der Neigungsstruktur **53** gleich vorzusehen. Beispielsweise besteht auch Wirksamkeit in einem Fall, in dem die Gestaltung in der Weise vorgesehen ist, daß die Rotation um $AA' \pm 10^\circ$ und die Rotation um $BB' \pm 5^\circ$ erfolgt, daß die Steifigkeit des Arms **51** höher vorgesehen wird oder daß der Winkel der entsprechenden geneigten Oberfläche klein gehalten wird etc.

[0047] Außerdem ist es wirkungsvoll, Löcher in der Torsionsschwingungsplatte **52** und der außenperipheren Platte **522** auszubilden und dadurch eine Quetschwirkung zu verringern, die von der zwischen diesen Elementen und der unteren Elektrode **501** vorhandenen Luft herrührt. Oder es kann auch ein Verfahren zum Bilden von Löchern in einem Teil der unteren Elektrode **501** und dem darunter angeordneten Substrat **500** verwendet werden, um dadurch den gleichen Effekt zu erreichen. In den vorliegenden Beispielen ist es, da die Stärke der Schwingungsplatte größer als die der/des Feder-/Arms ist, leicht, die Festigkeit der Konstruktion zu verstärken. Deshalb kann, selbst wenn in dem Inneren eine Mehrzahl Löcher angeordnet ist, die Steifigkeit des bewegbaren Teils als Ganzes genügend hoch gehalten werden.

[0048] Eine Mikroeinrichtung mit einem Aufbau wie dem, der im Detail in den vorstehend beschriebenen Beispielen erläutert wurde, kann auf einen Lichtschalter, einen Gleichstrom-bis-Hochfrequenzschalter und eine Antenne in der nachstehend erwähnten Weise angewendet werden. In einem Falle, in dem diese Mikroeinrichtung als Lichtschalter eingesetzt wird, ist es möglich, beispielsweise Gold einer $0,2\ \mu\text{m}$ Stärke auf der Oberfläche der Torsionsschwingungsplatte abzulagern und diese dadurch zur reflektierenden Schicht (Spiegel) zu machen. Dabei kann, wenn die obere Elektrode an der Torsionsschwingungsplatte angeordnet ist, zum Verhindern des Auftretens eines elektrischen Kurzschlusses zwischen dieser oberen Elektrode und jener reflektierenden Schicht eine Isolierschicht zwischen der oberen Elektrode und der reflektierenden Schicht eingefügt werden oder die Muster beider derselben, die bei Betrachtung von oben bestehen, können voneinander getrennt werden. Indem man dies durchführt, ist es möglich, leicht eine solche Verhinderung eines elek-

trischen Kurzschlusses zu verwirklichen. Auch im Falle des Verwendungszweckes, daß die Mikroeinrichtung als Gleichstrom-bis-Hochfrequenzschalter verwendet wird, kann eine Kontaktelektrode an der Unterseite der Torsionsschwingungsplatte vorgesehen werden, wodurch die Kontaktelektrode mit der Signalleitung, die an dem unteren Substrat vorgesehen ist, in Berührung oder Nicht-Berührung tritt. Dies bietet einen vernünftigen Annehmlichkeitsgrad. Weiterhin bietet dieses im Falle des Verwendungszweckes für eine Hochfrequenzeinrichtung wie eine Antenne Vorteile, wenn ein co-planares Schaltungsmuster auf der oberen Oberfläche der Torsionsschwingungsplatte ausgebildet wird.

[0049] Bei den vorstehend beschriebenen Verwendungszwecken für einen Lichtschalter und eine Antenne ist es, weil das Muster an der ebenen Oberfläche an der Oberseite der Torsionsschwingungsplatte ausgebildet wird, möglich, eine genaue Musterausbildung durchzuführen, indem man die normale photolithographische Technik einsetzt. Andererseits bleibt bei dem Verwendungszweck für einen Gleichstrom-bis-Hochfrequenzschalter das Problem, daß es unmöglich ist, ein genaues Muster zu bilden, weil die Kontaktelektrode an der nicht ebenen Oberfläche an der Unterseite der Torsionsschwingungsplatte gebildet wird. Es sind jedoch gerade die Lagebeziehung zwischen den unteren/oberen Elektroden und der Neigungsstruktur sowie deren Konfigurationen, die sich auf die Eigenschaften der Einrichtung mit hoher Empfindlichkeit bzw. Anfälligkeit auswirken. Konfiguration und Position der Kontaktelektrode haben keine hochempfindliche Wirkung darauf. Daher ist es möglich, eine Einrichtung mit hervorragenden Eigenschaften für jene verschiedenen Arten von Verwendungszwecken auszubilden.

[0050] Wie aus der vorgehenden Erläuterung erhellt, wird es gemäß der vorliegenden Erfindung, da eine wirkungsvolle Nutzung der elektrostatischen Anziehungskräfte stattfinden kann, die von der Benutzung der Neigungsstruktur herrühren, möglich, die angelegte Spannung um etwa 30% im Vergleich zu der ebenen Struktur zu verringern. Wenn man die Gestaltung auf die Weise vornimmt, daß der Winkel der geneigten Oberfläche klein ist, ist es weiter ebenfalls möglich, die angelegte Spannung auf die Hälfte oder weniger als die Hälfte der Spannung zu verringern, die im Fall der planaren Struktur angelegt wird. Außerdem ist es, da die untere Elektrode an der ebenen Oberfläche ausgebildet wird, möglich, das Elektrodennmuster genau auszubilden und daher Einrichtungen mit einheitlichem Qualitätsniveau in Massenproduktion her- und zur Verfügung zu stellen. Deshalb wird die Genauigkeit, mit der der Drehwinkel der Schwingungsplatte in entsprechendem Verhältnis zur daran angelegten Spannung kontrolliert wird, merklich verbessert.

[0051] Da die vorstehend beschriebenen Vorteile zustande gebracht worden sind, wird es mit dem elektrostatischen Stellglied der vorliegenden Erfindung möglich, dieses nicht nur für Schalter, die einfach individuell und beweglich gebraucht werden, sondern auch für neue Anwendungszwecke, wie z. B. eine Flächen-Gruppenantenne, bei der es erforderlich ist, auf einem großen Substratbereich Stellglieder integriert in der Größenordnung von mehreren Zehntausenden Teilen vorzusehen, einen Licht-Zweigungsschalter etc. zu verwenden.

Patentansprüche

1. Elektrostatisches Stell- oder Betätigungsglied umfassend:

eine obere Struktur (**12**), die über einen Arm (**11**) mit einer an einem Substrat (**100**) vorgesehenen Tragbasis (**10**) verbunden und in einem über dem Substrat (**100**) bestehenden Raum getragen ist;
eine untere Struktur (**100**), die in einer Substratposition in solcher Weise vorgesehen ist, daß sie der oberen Struktur (**12**) gegenüberliegt;
eine oder mehrere Elektroden (**101a**, **101b**), die an der unteren Struktur (**100**) vorgesehen sind;
wobei durch eine zwischen der einenden mehreren Elektrode/n (**101a**, **101b**) und der oberen Struktur (**12**) angelegte Spannung die obere Struktur (**12**) zur Seite der unteren Struktur hin geneigt wird, gekennzeichnet durch
eine Neigungsstruktur (**14**), die in bezug auf die Basis (**10**) eine schräge Oberfläche hat und so an der oberen Struktur (**12**) vorgesehen ist, daß der Abstand zwischen der oberen Struktur (**12**) und der unteren Struktur (**100**) klein gehalten wird, wobei die eine/die mehreren Elektrode/n (**101a**, **101b**) an einer ebenen Oberfläche der unteren Struktur (**100**) vorgesehen sind.

2. Elektrostatisches Stell- oder Betätigungsglied nach Anspruch 1, bei dem eine Isolier-Dünnschicht (**102**) an der einen oder den mehreren Elektrode/n (**101a**, **101b**) vorgesehen ist, die unter Verwendung eines elektrisch leitfähigen Materials gebildet wird/werden.

3. Elektrostatisches Stell- oder Betätigungsglied nach Anspruch 1, bei dem die untere Struktur (**100**) aufgebaut wird, indem ein Halbleitermaterial verwendet wird, und die eine oder mehreren Elektrode/n (**101a**, **101b**) an der Oberfläche der unteren Struktur (**100**) gebildet wird/werden, indem ein Material mit einem Leitfähigkeitstyp entgegengesetzt zu dem des Halbleitermaterials verwendet wird.

4. Elektrostatisches Stell- oder Betätigungsglied nach Anspruch 1, bei dem das Substrat (**100**) ein Glassubstrat ist.

5. Elektrostatisches Stell- oder Betätigungsglied

nach Anspruch 1, bei dem sowohl die Tragbasis (**10**) als auch der Arm (**11**) jeweils so aufgebaut ist, daß zwei Stücke davon einen Satz bilden; der Arm (**11**) die Funktion einer Torsionsfeder hat und die obere Struktur (**12**) durch den Arm (**11**) getragen wird; und zwei oder mehr Elektroden (**101a**, **101b**) so vorgesehen sind, daß durch Schalten der Elektrode, an die eine Spannung angelegt wird, die Richtung gesteuert wird, in der die obere Struktur (**12**) geneigt wird.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

FIG. 1A STAND DER TECHNIK

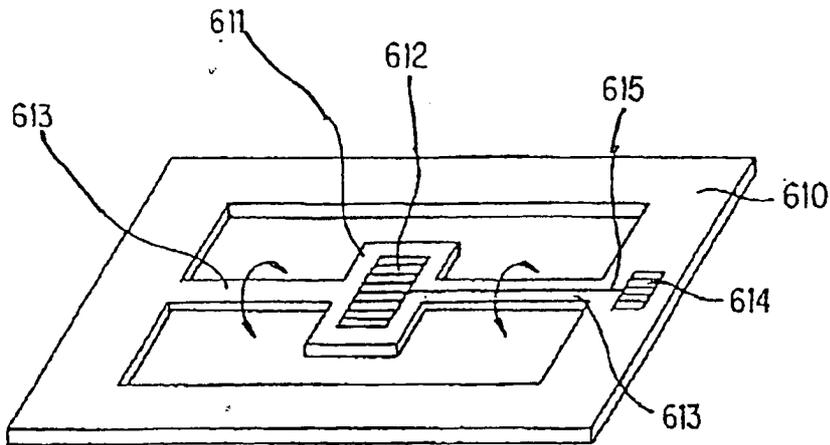


FIG. 1B STAND DER TECHNIK

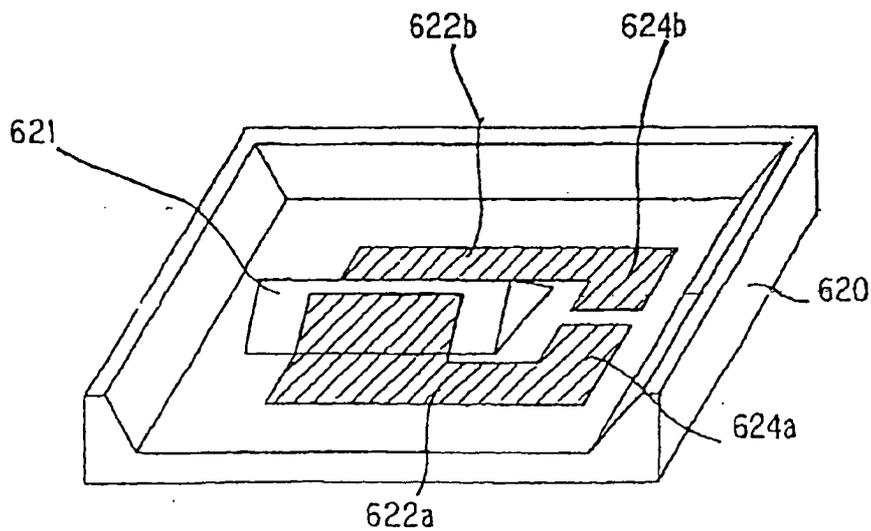


FIG. 2A
STAND DER TECHNIK

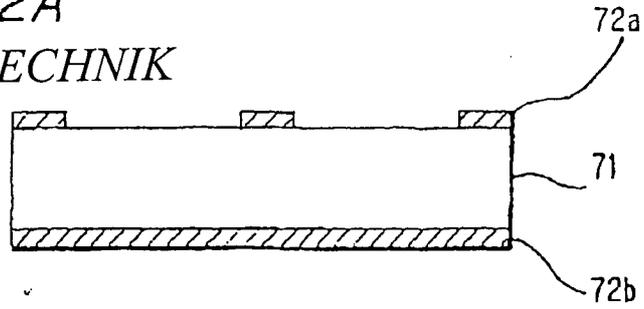


FIG. 2B
STAND DER TECHNIK

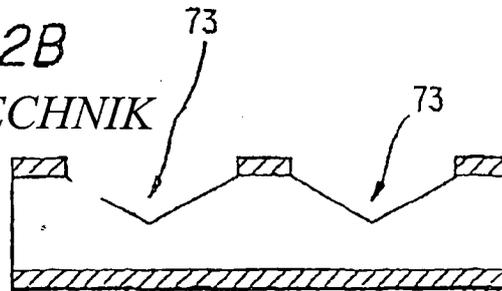


FIG. 2C
STAND DER TECHNIK

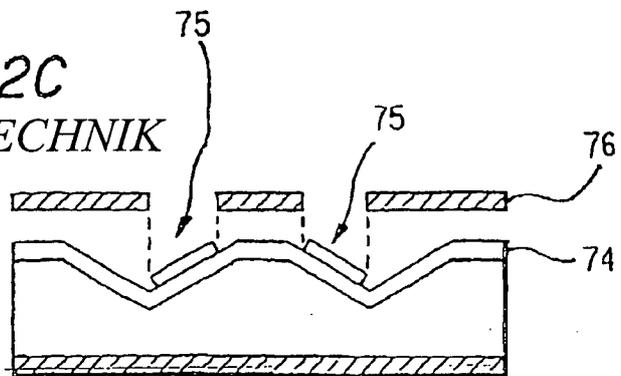


FIG. 2D
STAND DER TECHNIK

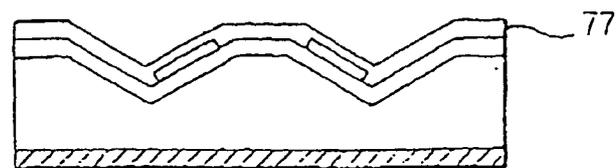


FIG. 3A

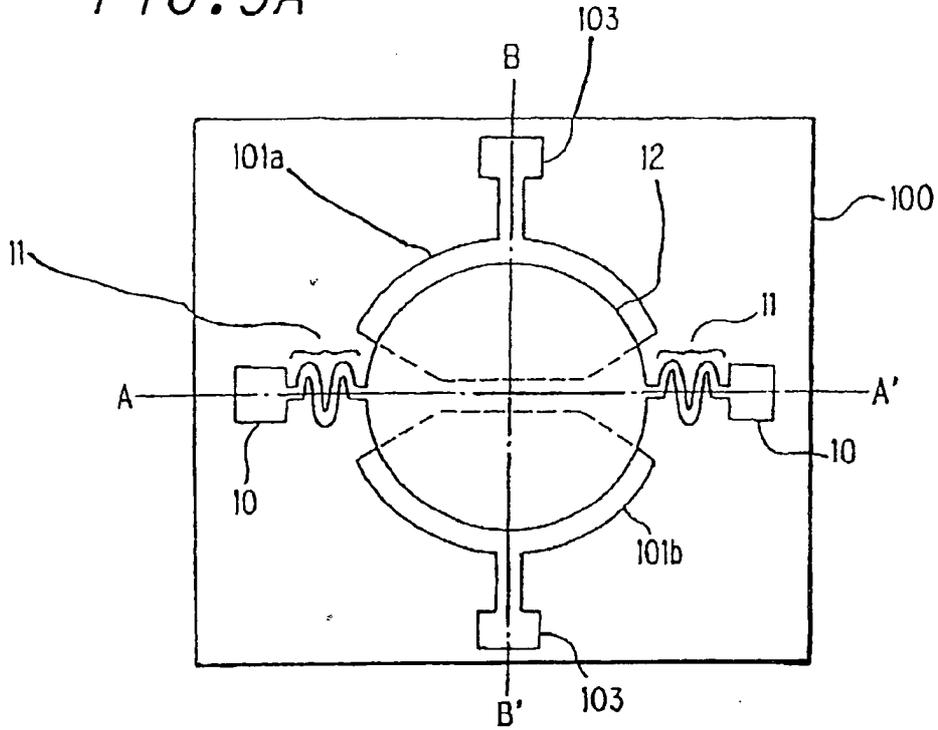


FIG. 3B

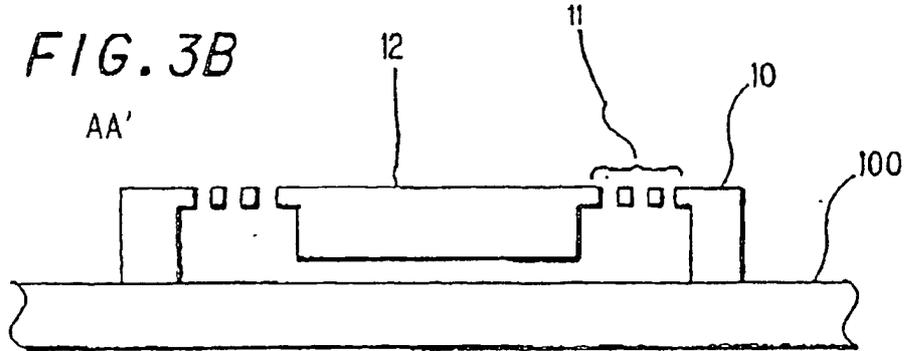


FIG. 3C

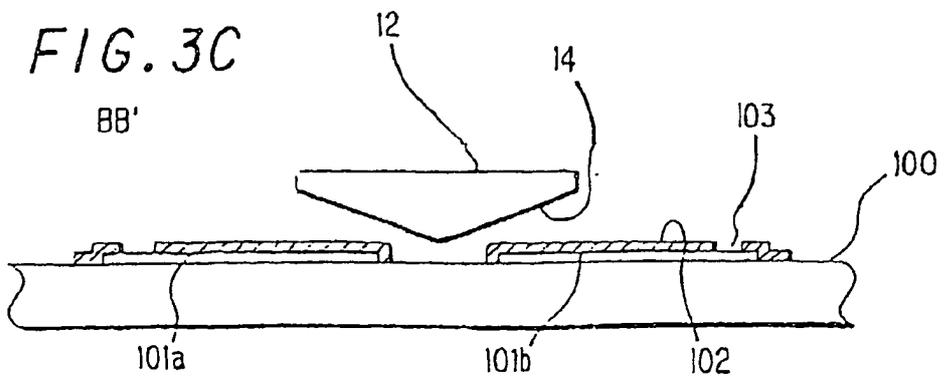


FIG. 4A

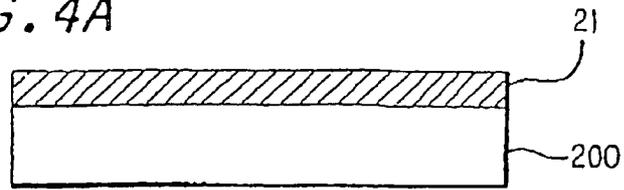


FIG. 4B

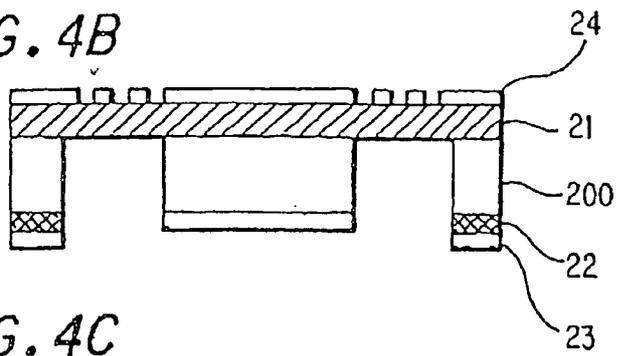


FIG. 4C

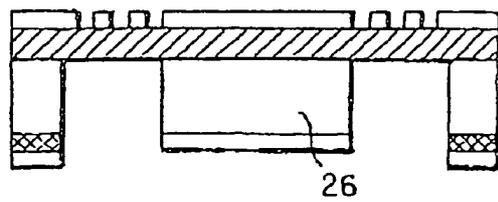


FIG. 4D

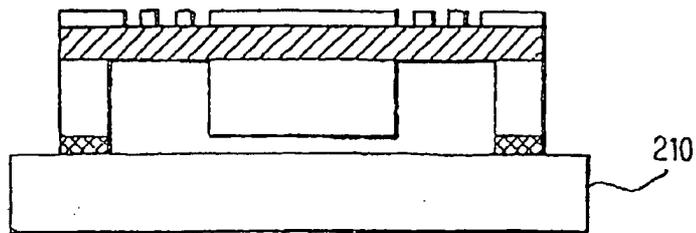


FIG. 4E

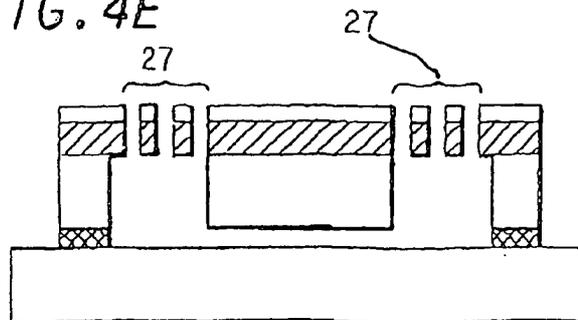


FIG. 5A

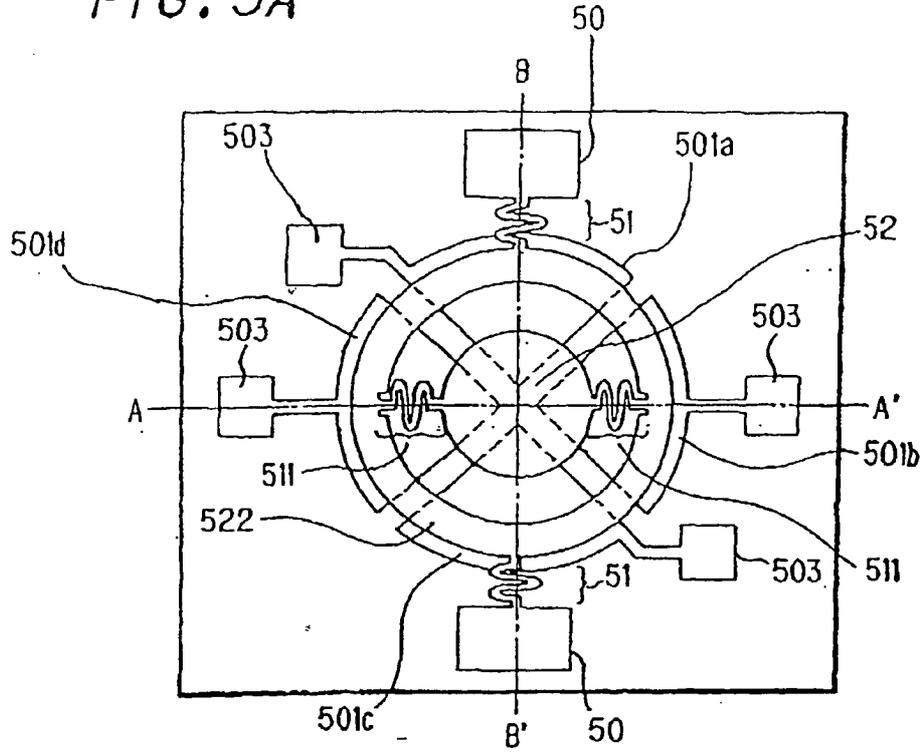


FIG. 5B

AA'

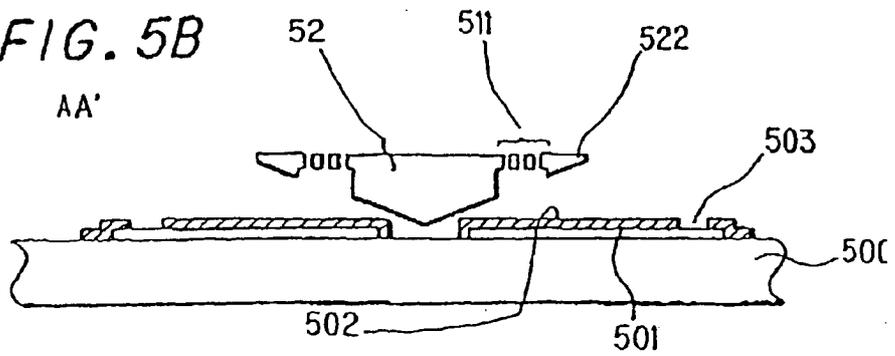


FIG. 5C

88'

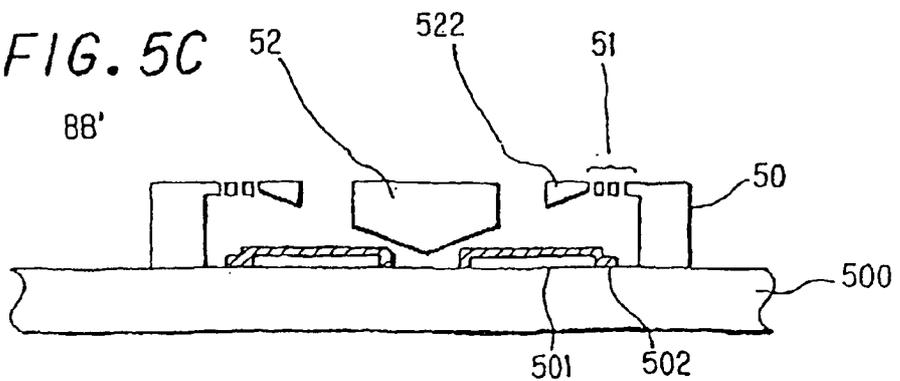


FIG. 6A

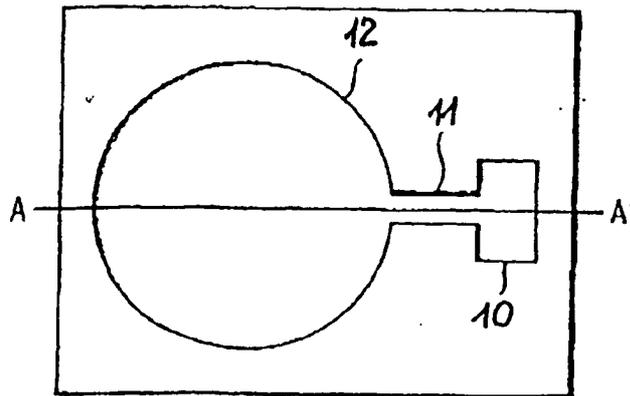


FIG. 6B

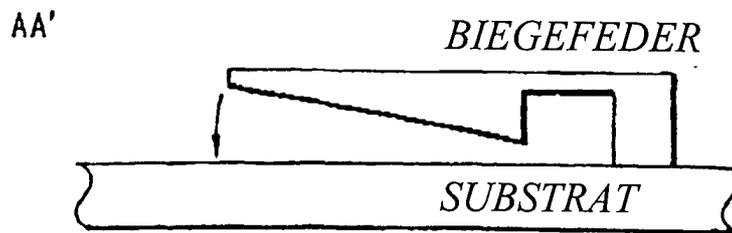


FIG. 6C

