



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 298 856 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) G 08 C 13/00
G 12 B 1/00

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD G 08 C / 338 875 8	(22)	20.03.90	(44)	12.03.92
(71)	siehe (73)				
(72)	Hantke, Reimar; Kirst, Peter; Markert, Joachim, Dr.-Ing.; Rauch, Manfred, Prof. Dr. sc. techn.; Riegler, Jörg, DE				
(73)	Technische Universität Chemnitz, PSF 9 64, O - 9010 Chemnitz, DE				
(54)	Zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung				

(55) Mikromechanik; Weg- oder Winkelauslenkung; 2-dimensional; Bewegungsrichtungsänderung; Elektrodenplatte; stufenförmige Anstouerelektroden; Federelemente; Drehplatte; Spitze
(57) Die Erfindung betrifft eine zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung. Sie beinhaltet eine mikromechanische Bewegungseinrichtung, die es gestattet, eine zweidimensionale gesteuerte Ablenkung und/oder Aussendung und/oder Aufnahme und Aussendung von physikalischen Größen vorzunehmen. Hauptanwendungsgebiete sind die Informationstechnik, die Gerätetechnik, die Medizintechnik, die Meßtechnik usw. Aufgabe der Erfindung ist es, mit nur einem mechanisch bewegten Teil eine direkte 2dimensionale Bewegungsrichtungsänderung zu erzielen. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einer Anordnung gelöst, die aus Elektrodenplatte (4) und Reflexionsplatte besteht, wobei die Elektrodenplatte (4) oberseitig eine Erhöhung (6) in Form einer Spitze besitzt, um die symmetrisch Anstouerelektroden (5a-5d) angeordnet sind und die Reflexionsplatte aus Rahmen (1), Drehplatte (2) und Federelementen (3) besteht, wobei die Drehplatte (2) unterseitig eine Elektrode besitzt und über mindestens 2 Federelemente (3), die eine Auslenkung in 2 Bewegungsrichtungen ermöglichen und vorzugsweise in Well- oder Mäanderform ausgebildet sind, mit dem Rahmen (1) der Reflexionsplatte verbunden ist. Fig. 1

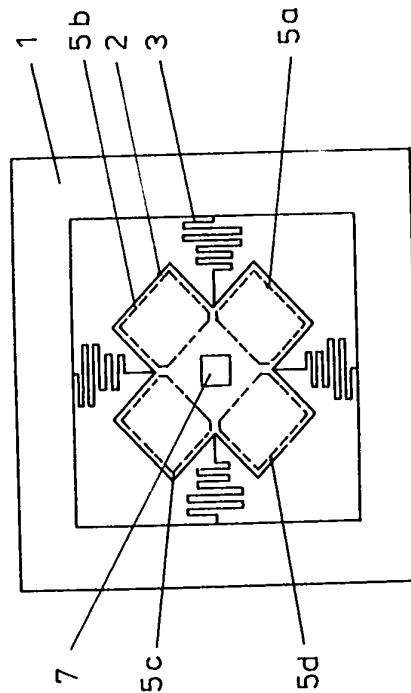


Fig. 1

Patentanspruch:

1. Zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung, die aus einkristallinem Silizium, Glas, Keramik oder Kunststoff oder aus einer Kombination von diesen nach Technologien der Mikromechanik hergestellt wird, bestehend aus Elektrodenplatte, auf der sich Ansteuerelektroden befinden, und einer Reflexionsplatte, wobei die Elektrodenplatte und Reflexionsplatte durch elektrostatisches Bonden oder geeignete Klebverfahren verbunden sind und bei Beaufschlagung der Ansteuerelektroden mit einer elektrischen Spannung, die Drehplatten jeweils in einer Ebene ein Kippmoment erzeugen, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Elektrodenplatte (4) oberseitig eine Erhöhung (6) in Form einer Spitze besitzt, um die symmetrisch 2 oder 4 Ansteuerelektroden (5 a, 5 b) oder (5 a, 5 b, 5 c, 5 d), die als Flächenelektroden ausgebildet sind, angeordnet sind, und daß die Reflexionsplatte aus Rahmen (1), Drehplatte (2) und Federelementen (3) besteht, wobei die Drehplatte (2) unterseitig mindestens eine Elektrode besitzt und über mindestens 2 Federelemente (3), die eine Auslenkung in 2 Bewegungsrichtungen ermöglichen und vorzugsweise in Well- oder Mäanderform ausgebildet sind, mit dem Rahmen (1) der Reflexionsplatte verbunden ist.
2. Zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß jede Ansteuerelektrode (5 a, 5 b ... 5 d) aus mindestens 2 Einzelelektroden (5 a 1, 5 a 2 ... 5 a n; 5 b 1, 5 b 2 ... 5 b n; ... 5 d 1, 5 d 2 ... 5 d n) besteht, wobei die Einzelelektroden einer Ansteuerelektrode auf einem unterschiedlichen Niveau liegen können, das stufenförmig von der Elektrodenplatte (4) zur Erhöhung (6) steigend angeordnet ist und die Einzelelektroden als ganzes, einzeln oder benachbarte Einzelelektroden einer Ansteuerelektrode gleichzeitig elektrisch ansteuerbar sind.
3. Zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Drehplatte (2) unterseitig im Drehpunkt ein Gegenlager in Form einer Vertiefung besitzt, in die die Erhöhung (6) eingreift.
4. Zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung nach Anspruch 1 und 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Drehplatte (2) und die Federelemente (3) gegenüber dem Rahmen (1) der Reflexionsplatte abgesetzt sind.
5. Zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung nach Anspruch 1, 3 und 4, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Unterseite der Drehplatte (2) zum Rand der Drehplatte (2) hin stufenförmig verjüngt abgesetzt ist.
6. Zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung nach Anspruch 1 und 3 bis 5, **gekennzeichnet dadurch**, daß auf der Drehplatte (2) mindestens ein Funktionselement (7) angeordnet ist, wobei unter Funktionselement eine reflektierende Oberfläche, ein Sensorelement oder ein Aktorelement zu verstehen ist.
7. Zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung nach Anspruch 1 und 3 bis 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Federelemente (3) die gleiche Federsteifigkeit besitzen.
8. Zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung nach Anspruch 1 und 3 bis 7, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Drehplatte (2) außermittig bezüglich des Flächenschwerpunktes durch die Erhöhung (6) abgestützt wird, die Ansteuerelektroden (5 a, 5 b) vor der Erhöhung (6) parallel angeordnet sind und die Federelemente (3) gegenüber dem Federelement (3.1) eine unterschiedliche Steifigkeit aufweisen, wobei vorzugsweise die 2 Federelemente (3) als Well- oder Mäanderfedern und das andere Federelement (3.1) als Blattfeder ausgebildet sind.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Anwendung betrifft eine mikromechanische Einrichtung, die es gestattet, eine direkte zweidimensionale gesteuerte Ablenkung und/oder Aufnahme und Absendung und/oder Absendung von physikalischen Größen mit sehr kleinen Weg- oder Winkelauslenkungen vorzunehmen. Hauptanwendungsgebiete sind unter anderem die Informationstechnik, die Gerätetechnik, die Medizintechnik sowie die Meßtechnik. Da die Auslenkung in jeder Koordinatenrichtung sowohl stetig, als auch diskret erfolgen kann, sind durch das Anlegen entsprechender Steuerspannungen Signalpositionierungen (Auslenkungen, Zeichendarstellungen, Abtastungen etc.) ebenso möglich, wie diskrete Schalfunktionen. Ein weiteres mögliches Einsatzgebiet ist die Realisierung von Anzeige- und Signalelementen. Die auf der Erfindung basierenden mikromechanischen Strukturen können aktorisch oder sensorisch eingesetzt werden.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Anordnungen zur zweidimensionalen Ablenkung eines Lichtstrahls sind in nur wenigen Variationen bekannt. Sie bestehen jedoch meist aus einer Vielzahl von Einzelelementen, dazu einer großen Anzahl bewegter Teile und besitzen große Abmessungen. So werden zur zweidimensionalen Ablenkung eines Lichtstrahl zwei bewegliche Spiegel verwendet, die einzeln durch elektromagnetische bzw. mechanische Beeinflussung positioniert werden (DE-OS 312449 A1, DE-AS 2557814, DE-OS 2542233, DE-AS 2531069, DE-OS 2643580, DE-OS 2643581). Drehbar gelagerte Spiegel werden in den genannten Lösungen durch zwei elektromagnetische Systeme beeinflusst.

In der Patentschrift DE-AS 2321211 ist ein Strahlableiter vorgestellt, der mit piezoelektrisch angetriebenen schwenkbaren Spiegeln ausgerüstet ist (EP 0154870).

Einige Anordnungen (DE-OS 2346090, DE-OS 2643588) verwenden zur Ablenkung in einer Koordinatenrichtung Polygonspiegel, die mit einer bestimmten konstanten Drehzahl die Horizontal- oder Vertikalauslenkung realisieren.

In der DE-OS 2550390 wird eine Lösung vorgeschlagen, die eine Lichtstrahlableitung unter Verwendung von Lichtleitfasern gestattet. Einzelne Lichtleitfasern werden elektromagnetisch bzw. mechanisch in einer oder zwei Koordinatenrichtungen ausgelenkt. Mit einer solchen Anordnung kann sowohl aktorisch als auch sensorisch gearbeitet werden.

Die in DE-OS 3232953 A1 beschriebenen Lichtablenkvorrichtung für die Auslenkung in x-y-Richtung mittels Spiegeln besitzt eine kardanische Aufhängung und wird elektromagnetisch angetrieben. Der Aufbau ist mit relativ großen Massen behaftet und in traditioneller Technik ausgeführt.

Die Patentschrift EP 0190650 zeigt eine mechanische 3-Punktaufhängung, wobei durch Translation von zwei Aufhängungen eine x-y-Auslenkung realisiert wird.

Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung elektro-mechanischer Systeme, die durch die vorhandenen Massen aber träge sind, wobei übertragbare Frequenzen bis 250 Hz gebräuchlich sind (DD 246383, DD 259468).

In EP 0040302 wird eine Vorrichtung zur optischen Strahlableitung beschrieben, die aus einkristallinem Silizium geätzt wurde und aus, für die Strahlableitung in einer Koordinatenebene, mindestens 2 Bauteilen besteht, wobei das Grundteil mit einer Vertiefung versehen ist, auf dessen Grund linienförmig mehrere Erhöhungen vorhanden sind, und sich parallel zu diesen Erhöhungen 2 Flächenelektroden befinden sowie eine Drehplatte, in der über 2 Torsionsbänder eine Drehplatte angeordnet ist.

Diese Drehplatte besitzt eine polierte Oberfläche und erzeugt bei Beaufschlagung der Flächenelektroden mit einer elektrischen Spannung ein Kippmoment in einer Ebene. Eine zweidimensionale Strahlableitung mit dieser Anordnung ist bei Verwendung von zwei Drehplatten möglich, wenn diese um 90° versetzt zueinander angeordnet sind, wobei ein zusätzlicher Spiegel zur Übertragung der Signale oberhalb und zwischen beiden Drehplatten angeordnet ist. Nachteilig bei dieser Lösung ist, daß durch die geometrische Trennung der beiden Drehplatten, von denen eine für die Horizontal- und die andere für die Vertikalauslenkung benötigt wird, sowie durch den zusätzlichen Umlenkspiegel, der die beiden Drehplatten untereinander optisch koppelt, eine große Anzahl von mechanisch bewegten Teilen vorhanden ist und das es durch diese zweifache Umlenkung des einfallenden Strahls leicht zu Positionierfehlern des auftretenden Strahls kommt, wobei der Aufwand für die elektrische Ansteuerung der Flächenelektroden kompliziert und aufwendig ist.

In der Patentschrift EP 0050970 (Optomechanical scanning mechanism) werden zur Lichtstrahlbeeinflussung in einkristallines Silizium geätzte Strukturen verwendet, die elektrostatisch angeregt werden. Das Spiegelement und die für die Bewegung notwendigen Torsionsfederelemente bilden zusammen mit dem Rahmen eine stofflich-konstruktive Einheit. Um eine Lichtstrahlbeeinflussung in zwei Koordinatenrichtungen zu erreichen, müssen zwei um 90° verdrehte Spiegelemente über einen dritten Spiegel, der sich in der Mitte über den beiden Drehspiegeln befindet, miteinander verknüpft werden. Die beiden, um 90° versetzten Einzelelemente können dabei eine stoffliche Einheit bilden. Durch die geometrische Trennung von Horizontal- und Vertikalspiegel und die Verknüpfung über einen Umlenkspiegel, der konstruktiv in einer bestimmten und damit fehlerbehafteten Entfernung von der Spiegelebene angeordnet ist, kommt es zu einem Positionierfehler des austretenden Lichtstrahls, sowie zur Tonnenverzeichnung.

Eine direkte zweidimensionale Strahlbeeinflussung ist bei keiner der genannten Anordnungen möglich. Durch den Einsatz von 3 Spiegelementen zur Umlenkung ist der technologische Aufwand zur Herstellung dieser Einrichtungen groß. Eine genaue und schnelle Positionierung des Lichtstrahls ist, bedingt durch das Eigenschwingungsverhalten der Anordnungen, nicht realisierbar.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die zur zweidimensionalen direkten Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffende physikalische Größen eine möglichst geringe Anzahl von mechanisch bewegten Einzelteilen benötigt, kostengünstig in hohen Stückzahlen hergestellt werden kann sowie universell einsetzbar ist.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die mit nur einem mechanisch bewegten Teil eine direkte zweidimensionale Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffenden physikalischen Größen ermöglicht sowie Eigenschwingungen größtenteils selbst kompensiert.

Die zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung wird aus einkristallinem Silizium, Glas, Keramik oder Kunststoff oder aus einer Kombination von diesen, nach Technologien der Mikromechanik hergestellt. Die Einzelteile der erfindungsgemäßen Lösung werden nach der Fertigung justiert und durch elektrostatisches Bonden oder geeignete Klebe- bzw. Fügeverfahren untereinander verbunden.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die zur zweidimensionalen direkten Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffende physikalische Größen eine möglichst geringe Anzahl von mechanisch bewegten Einzelteilen benötigt, kostengünstig in hohen Stückzahlen hergestellt werden kann sowie universell einsetzbar ist.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die mit nur einem mechanisch bewegten Teil eine direkte zweidimensionale Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffenden physikalischen Größen ermöglicht sowie Eigenschwingungen größtenteils selbst kompensiert.

Die zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung wird aus einkristallinem Silizium, Glas, Keramik oder Kunststoff oder aus einer Kombination von diesen, nach Technologien der Mikromechanik hergestellt. Die Einzelteile der erfindungsgemäßen Lösung werden nach der Fertigung justiert und durch elektrostatisches Bonden oder geeignete Klebe- bzw. Fügeverfahren untereinander verbunden.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die zur zweidimensionalen direkten Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffende physikalische Größen eine möglichst geringe Anzahl von mechanisch bewegten Einzelteilen benötigt, kostengünstig in hohen Stückzahlen hergestellt werden kann sowie universell einsetzbar ist.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die mit nur einem mechanisch bewegten Teil eine direkte zweidimensionale Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffenden physikalischen Größen ermöglicht sowie Eigenschwingungen größtenteils selbst kompensiert.

Die zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung wird aus einkristallinem Silizium, Glas, Keramik oder Kunststoff oder aus einer Kombination von diesen, nach Technologien der Mikromechanik hergestellt. Die Einzelteile der erfindungsgemäßen Lösung werden nach der Fertigung justiert und durch elektrostatisches Bonden oder geeignete Klebe- bzw. Fügeverfahren untereinander verbunden.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die zur zweidimensionalen direkten Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffende physikalische Größen eine möglichst geringe Anzahl von mechanisch bewegten Einzelteilen benötigt, kostengünstig in hohen Stückzahlen hergestellt werden kann sowie universell einsetzbar ist.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die mit nur einem mechanisch bewegten Teil eine direkte zweidimensionale Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffenden physikalischen Größen ermöglicht sowie Eigenschwingungen größtenteils selbst kompensiert.

Die zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung wird aus einkristallinem Silizium, Glas, Keramik oder Kunststoff oder aus einer Kombination von diesen, nach Technologien der Mikromechanik hergestellt. Die Einzelteile der erfindungsgemäßen Lösung werden nach der Fertigung justiert und durch elektrostatisches Bonden oder geeignete Klebe- bzw. Fügeverfahren untereinander verbunden.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die zur zweidimensionalen direkten Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffende physikalische Größen eine möglichst geringe Anzahl von mechanisch bewegten Einzelteilen benötigt, kostengünstig in hohen Stückzahlen hergestellt werden kann sowie universell einsetzbar ist.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die mit nur einem mechanisch bewegten Teil eine direkte zweidimensionale Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffenden physikalischen Größen ermöglicht sowie Eigenschwingungen größtenteils selbst kompensiert.

Die zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung wird aus einkristallinem Silizium, Glas, Keramik oder Kunststoff oder aus einer Kombination von diesen, nach Technologien der Mikromechanik hergestellt. Die Einzelteile der erfindungsgemäßen Lösung werden nach der Fertigung justiert und durch elektrostatisches Bonden oder geeignete Klebe- bzw. Fügeverfahren untereinander verbunden.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die zur zweidimensionalen direkten Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffende physikalische Größen eine möglichst geringe Anzahl von mechanisch bewegten Einzelteilen benötigt, kostengünstig in hohen Stückzahlen hergestellt werden kann sowie universell einsetzbar ist.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die mit nur einem mechanisch bewegten Teil eine direkte zweidimensionale Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffenden physikalischen Größen ermöglicht sowie Eigenschwingungen größtenteils selbst kompensiert.

Die zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung wird aus einkristallinem Silizium, Glas, Keramik oder Kunststoff oder aus einer Kombination von diesen, nach Technologien der Mikromechanik hergestellt. Die Einzelteile der erfindungsgemäßen Lösung werden nach der Fertigung justiert und durch elektrostatisches Bonden oder geeignete Klebe- bzw. Fügeverfahren untereinander verbunden.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die zur zweidimensionalen direkten Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffende physikalische Größen eine möglichst geringe Anzahl von mechanisch bewegten Einzelteilen benötigt, kostengünstig in hohen Stückzahlen hergestellt werden kann sowie universell einsetzbar ist.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die mit nur einem mechanisch bewegten Teil eine direkte zweidimensionale Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffenden physikalischen Größen ermöglicht sowie Eigenschwingungen größtenteils selbst kompensiert.

Die zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung wird aus einkristallinem Silizium, Glas, Keramik oder Kunststoff oder aus einer Kombination von diesen, nach Technologien der Mikromechanik hergestellt. Die Einzelteile der erfindungsgemäßen Lösung werden nach der Fertigung justiert und durch elektrostatisches Bonden oder geeignete Klebe- bzw. Fügeverfahren untereinander verbunden.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die zur zweidimensionalen direkten Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffende physikalische Größen eine möglichst geringe Anzahl von mechanisch bewegten Einzelteilen benötigt, kostengünstig in hohen Stückzahlen hergestellt werden kann sowie universell einsetzbar ist.

Das Ziel der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, die mit nur einem mechanisch bewegten Teil eine direkte zweidimensionale Bewegungsrichtungsänderung von auf diese Einrichtung auftreffenden physikalischen Größen ermöglicht sowie Eigenschwingungen größtenteils selbst kompensiert.

Erfindungsgemäß besteht die zweidimensionale mikromechanische Bewegungseinrichtung aus einer Elektrodenplatte, die oberseitig eine Erhöhung, die in Form einer Spitze ausgebildet ist, besitzt, um die symmetrisch 2 oder 4 Ansteuerelektroden angeordnet sind und jede Ansteuerelektrode aus mindestens 2 Einzelelektroden besteht, wobei die Einzelelektroden jeder Ansteuerelektrode auf einem unterschiedlichen Niveau liegen können, das stufenförmig von der Elektrodenplatte zur Erhöhung steigend angeordnet ist und die Einzelelektroden als ganzes, einzeln oder benachbarte Einzelelektroden einer Ansteuerelektrode gleichzeitig ansteuerbar sind und einer Reflexionsplatte, die aus Rahmen, Feder-elementen und Drehplatte besteht, wobei die Drehplatte unterseitig eine Elektrode besitzt und über mindestens zwei Feder-elemente mit dem Rahmen verbunden ist. Die Unterseite der Drehplatte kann als eine Elektrode ausgeführt oder entsprechend der Anzahl der Ansteuerelektroden strukturiert sein.

Auf der Unterseite der Drehplatte ist in ihrem Drehpunkt eine Vertiefung vorgesehen, die ein Gegenlager zu der auf der Elektrodenplatte angeordneten Erhöhung bildet. Damit ist es möglich, eine unbeabsichtigte Bewegung in der Ebene, beispielsweise ein Verrutschen und damit eine unbeabsichtigte Verlagerung des Drehpunktes der Drehplatte zu verhindern. Es wäre ebenfalls möglich, auf der Unterseite der Drehplatte die Erhöhung sowie das Gegenlager auf der Elektrodenplatte anzuordnen.

Elektrodenplatte sowie Reflexionsplatte stellen strukturierte monolithische und beschichtete Körper dar, wobei Beschichtungen im Sinne der Verbesserung der optischen Eigenschaften oder der elektrischen Eigenschaften im Sinne der Beeinflussung der Dielektrizitätskonstante (Elektretschicht) und der Isolation zu verstehen sind.

Durch die stufenförmige Gestaltung der Ansteuerelektroden sowie durch die separate Ansteuerbarkeit der Einzelelektroden ist es möglich, den Anteil der elektrostatischen Kraft, der in der Nähe des durch die Erhöhung geschaffenen Drehpunktes wirkt, zu erhöhen.

Es ist vorteilhaft, die Unterseite der Drehplatte stufenförmig verjüngt zum Rand der Drehplatte hin auszubilden. Dadurch ist es möglich, den Auslenkwinkel der Drehplatte zu erhöhen sowie das Massenträgheitsmoment der Drehplatte zu verringern. In dieser Variante können die stufenförmigen Ansteuerelektroden auch auf der Unterseite der Drehplatte angeordnet werden. Für die Empfindlichkeit der Anordnung sind ebenfalls die Anzahl, Art und Ausführung der Feder-elemente maßgebend, mit der die Drehplatte am Rahmen befestigt ist. Wird die Drehplatte mittels einer geraden Anzahl von Feder-elementen, beispielsweise 2 oder 4, bezüglich des Flächenschwerpunktes aufgehängt und erfolgt die Abstützung der Drehplatte durch die Erhöhung mittig der Drehplatte, so besitzen die Feder-elemente vorzugsweise die gleiche Federsteifigkeit.

Erfolgt die Abstützung der Drehplatte außermittig bezüglich des Flächenschwerpunktes durch die Erhöhung, so ist es günstig, Feder-elemente mit unterschiedlicher Federsteifigkeit zu verwenden, wobei bei einer Verwendung von drei Feder-elementen, die zwei Feder-elemente, die weiter weg vom Drehpunkt angeordnet sind, die gleiche Federsteifigkeit besitzen und vorzugsweise als Well- oder Mäanderfeder ausgebildet sind, während das andere Feder-element als Blattfeder ausgebildet ist. In dieser Variante sind die beiden Ansteuerelektroden parallel zueinander vor der Erhöhung angeordnet.

Es hat sich als günstig erwiesen, wellfederförmig bzw. mäanderförmig strukturierte Feder-elemente zu verwenden, da bei diesen die Forderung nach einer geringen Beweglichkeit in der Ebene am besten erfüllt wird, wobei bedingt durch die Herstellungstechnologie der Artenvielfalt Grenzen gesetzt sind.

An die Ansteuerelektroden und die Drehplatte werden Ansteuerspannungen gelegt. Die elektrostatische Vermittlung erzeugt über jeder Ansteuerelektrode eine nach bekannten physikalischen Gesetzmäßigkeiten zu berechnende Kraft, die auf die Drehplatte wirkt. Die Überlagerung der Teilkräfte erzeugt, in Abhängigkeit von der Ansteuerspannung, in der über den Ansteuerelektroden befindlichen Drehplatte ein resultierendes Moment, welches durch die vorhandene Spitze und die dem elektrischen Moment entgegenwirkenden mechanischen Momente, die durch Feder-elemente erzeugt werden, eine Verkippung der Drehplatte. Die mechanischen und elektrischen Eigenschaften der Anordnung werden von der Struktur und Dicke der Feder-elemente sowie der Drehplatte einerseits und dem Abstand zwischen Ansteuerelektroden und Drehplatte andererseits bestimmt. Um Dicke und Abstand den geforderten Parametern anzupassen, ist es günstig, die Ansteuerelektroden stufenförmig zu strukturieren und damit der gegenüber dem Rahmen abgedünnten Drehplatte sowie der Feder-elemente einen Abstand zu den Ansteuerelektroden im nichtausgelenkten Zustand zu geben. Dem Ziel der Erhöhung der elektrostatischen Kraft können auch zusätzliche Beschichtungen von Drehplatte und/oder Ansteuerelektroden dienen, wobei die Dielektrizitätskonstante beeinflusst wird. Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der notwendigen Ansteuerspannung besteht in der Nutzung der sowohl abstoßenden als auch anziehenden Wirkung elektrischer Ladungen bei der Ansteuerung mehrerer Ansteuerelektroden. Es ist ebenfalls möglich, die Einzelelektroden einer Ansteuerelektrode mit unterschiedlichen Spannungen zu beaufschlagen, wobei sich diese Ansteuerung hinsichtlich der Feinauslenkung sowie der Dämpfung der Anordnung als vorteilhaft erweist.

Zur universellen Einsetzbarkeit der erfindungsgemäßen Lösung ist es vorteilhaft, an der Oberseite der Drehplatte, möglichst nahe am Drehpunkt oder gegenüber des Gegenlagers im Drehpunkt, mindestens ein Funktionselement anzuordnen. Als Funktionselemente wären beispielsweise ein oder mehrere integrierte Schaltungen, optoelektrische oder akustische Sensorelemente, Spiegelemente oder eine Kombination dieser Elemente untereinander möglich.

Wird beispielsweise die Oberseite der Drehplatte oder ein Teil davon ganz oder teilweise poliert oder verspiegelt, so ist es möglich, einen auf diese Fläche auftreffenden Lichtstrahl zweidimensional zu beeinflussen bzw. abzulenken. Weiterhin besteht die Möglichkeit, mehrere Elemente auf der Oberfläche der Drehplatte unterzubringen oder als Funktionselemente Sender und/oder Empfänger einzusetzen.

Die Erfindung weist gegenüber bekannten Lösungen eine Verringerung der Anzahl der notwendigen Bauelemente, die Möglichkeit der direkten zweidimensionalen Bewegungsrichtungsänderung an einer Drehplatte und damit eine Verbesserung der Zuverlässigkeit, der Genauigkeit, der Baugröße sowie der Fertigungs-, Montage- und Justierprozesse auf.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachfolgend an Hand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. Dazu gehören folgende Zeichnungen

- Fig. 1: erfinderische Lösung mit 4 mäanderförmigen Federelementen in der Draufsicht
- Fig. 2: Schnitt A-A der erfindungsgemäßen Lösung
- Fig. 3: stufenförmige Anordnung der Einzelelektroden auf der Elektrodenplatte
- Fig. 4: erfindungsgemäße Lösung im Schnitt mit stufenförmig abgesetzter Drehplatte
- Fig. 5: Elektrodenplatte mit gestuften Einzelelektroden in der Draufsicht
- Fig. 6: erfindungsgemäße Lösung mit 4 wellfederförmigen Federelementen in der Draufsicht
- Fig. 7: Wellfederelement in x-y-Richtung
- Fig. 8: Wellfederelement in x-z-Richtung
- Fig. 9: erfindungsgemäße Lösung mit 3 Federelementen.

Im ersten Ausführungsbeispiel wird die Grundaussführung der erfindungsgemäßen Lösung beschrieben. Sie besteht generell aus den beiden Einzelteilen Reflexionsplatte und Elektrodenplatte 4, wobei die Reflexionsplatte aus Rahmen 1, Drehplatte 2 und 4 Federelementen 3, die vorzugsweise als flache Mäanderfedern ausgeführt sind, besteht. Diese Bestandteile bilden eine stoffliche Einheit. Die in Fig. 1 dargestellte Reflexionsplatte ist an der Oberfläche mit einer Isolierschicht versehen und darüber metallisiert. Die Metallisierung auf der Unterseite der Drehplatte 2 dient als Elektrode. Die auf der Oberseite, insbesondere im Bereich der Drehplatte 2 vorhandene Metallisierung dient entweder zur Verbesserung der optischen Reflexionseigenschaften, kann aber auch in strukturierter Form zur elektrischen Kontaktierung eines oder mehrerer optoelektronischer Sender und/oder Empfänger dienen, die auf der Oberfläche angeordnet sind. Auf der Unterseite der Drehplatte 2 befindet sich eine kleine Vertiefung, die im montierten Zustand der Teile aus Fig. 1 und Fig. 2 in Verbindung mit der Erhöhung 6 die Zentrierung der Drehplatte 2 realisiert und den Drehpunkt darstellt. In diesem Ausführungsbeispiel werden 4 separat elektrisch ansteuerbare Ansteuerelektroden 5a, 5b, 5c, 5d verwendet, die als Flächenelektroden ausgeführt sind und auf einem Niveau liegen. In Fig. 2 ist die erfindungsgemäße Lösung im Schnitt dargestellt. Sie besteht aus einer Elektrodenplatte 4 mit der Erhöhung 6 in Form einer Spitze und den gegenüber der Drehplatte 2 angeordneten Ansteuerelektroden 5a-5d, deren geometrische Position auch in Fig. 1 angezeigt ist. Die Federelemente 3 halten die Drehplatte 2 in Nulllage, gestatten aber gleichzeitig deren Auslenkung in z-Richtung bei Beaufschlagung der Ansteuerelektroden 5a-5d mit unterschiedlichen Ladungen. Die Drehplatte 2 wird bei der Ansteuerung auf konstanter positiver oder negativer elektrischer Ladung gehalten. Durch die Zuführung von, im Verhältnis zur Drehplatte 2 gleichen oder entgegengesetzten Ladungen an die Ansteuerelektroden 5a, 5b, 5c, 5d lassen sich gesteuerte Auslenkungen der Flächennormale der Drehplatte 2 erzielen. Es ist somit möglich, einen an der Oberfläche der Drehplatte 2 reflektierten oder erzeugten Lichtstrahl über ein, entsprechend der maximalen Auslenkwinkel begrenztes Projektionsfeld zu führen oder im umgekehrten Fall dieses abzutasten. Die folgende Tabelle zeigt die Ablenkung der Flächennormale bei Beaufschlagung der Ansteuerelektroden 5a-5d mit Ladungen. Eine Auslenkung in Richtung der Ansteuerelektrode 5a ist gleichbedeutend mit einer Ablenkung in positiver x-Richtung, 5b entspricht +y, 5c -x und 5d -y. 0 bedeutet, die Ansteuerelektrode läuft leer mit.

Ladung der Ansteuerelektroden				Ablenkrichtung	
a	b	c	d	x	y
+	0	-	0	+	
+	+	-	-	+	+
0	+	0	-		+
-	+	+	-	-	+
-	0	+	0	-	
-	-	+	+	-	-
0	-	0	+		-
+	-	-	+	+	-

In dieser Tabelle sind einige statische Zustände aufgenommen. Beliebige Ablenkrichtungen sind durch Ansteuerung mit gewichteten Ladungen auf den Ansteuerelektroden 5a-5d möglich. Diese gewichteten Ladungen können durch entsprechende Gleichspannungssignale erzeugt werden. Eine Verbesserung der Ansprechempfindlichkeit der Auslenkung kann durch Nutzung der leerlaufenden Ansteuerelektroden erreicht werden, indem diese die gleichen Ladungen erhalten, wie die Gegenelektrode an der Unterseite der Drehplatte 2, diese sind in der Tabelle mit „-“ gekennzeichnet. Damit wird vom Gesamtsystem sowohl die Anziehung als auch die Abstoßung elektrischer Ladungen realisiert und durch unterschiedliche Kraftwirkung über die gesamte Drehplatte 2 eine Verdrehung in z-Richtung um die Erhöhung 6 erreicht. Der erreichbare Auslenkwinkel der Drehplatte 2 wird durch den Spalt s, der sich zwischen der Drehplattenunterseite und den Ansteuerelektroden ausbildet, und der wirksamen Drehplattenlänge über der jeweiligen Ansteuerelektrode bestimmt. Aus der parallelen Anordnung der elektrisch wirksamen Elektroden ergibt sich, in Verbindung mit dem entgegenwirkenden mechanischen System, das notwendige elektrische Mindestmoment $M_{el_{min}}$, welches eine Auslenkung der Drehplatte 2 aus der Nulllage bewirkt. Dieses Mindestmoment wird durch eine Mindestspannung U_{min} charakterisiert.

Für die Ausgangslage gilt für eine Ansteuerelektrode:

$$M_{el_{min}} = \frac{U_{min}^2 a b (a/2 + r)}{2s^2} C$$

- wobei: a Länge der Ansteuer Elektrode
 b Breite der Ansteuer Elektrode
 r Abstand zwischen Erhöhung 6 und Ansteuer Elektrode
 s Spalt zwischen Drehplattenunterseite und Ansteuer Elektrode
 C Dielektrizitätskonstante und Korrekturfaktor

Im zweiten Ausführungsbeispiel wird eine Variante der Ansteuer Elektroden in stufenförmiger Ausführung gemäß Fig. 5 beschrieben.

Die Ansteuer Elektroden 5a-5d werden gemäß Tabelle im ersten Ausführungsbeispiel angesteuert. Um das Überspringen zu unterdrücken, wird kurz vor Erreichen der Nennspannung die der jeweils angesteuerten Ansteuer Elektrode gegenüberliegende Ansteuer Elektrode z. B. 5a und 5c oder 5b und 5d kurzzeitig so aufgeladen, daß zum Beispiel dem von der Ansteuer Elektrode 5a ausgehenden elektrischen Moment an der Ansteuer Elektrode 5c ein Moment dämpfend entgegenwirkt. Der gleiche Effekt ist auch zu erreichen, wenn die Ansteuer Elektroden 5a-5d mit dem gewünschten Auslenkverhalten optimal angepaßten Ansteuerspannungsverlauf beaufschlagt werden. Um die Auslenkung über die Ansteuer Elektroden 5a-5d besser zu beeinflussen, können die Ansteuer Elektroden 5a-5d, wie in Fig. 5 für die Ansteuer Elektrode 5b gezeigt, in Einzelelektroden 5b1, 5b2, 5b3 unterteilt ausgeführt sein. Für die anderen Ansteuer Elektroden 5a, 5c, 5d gilt analoges. Je nach einzelner oder kombinierter Ladungsbeaufschlagung wird ein von der Ladungsmenge und dem Ladungsort abhängiges Drehmoment auf die Drehplatte 2 wirken. Die Einzelelektroden jeder Ansteuer Elektrode können dabei auf einem einheitlichen Stufenniveau liegen und auf die gestufte oder ebene Drehplattelektrode wirken oder selbst auf je einem unterschiedlichen Stufenniveau, z. B. Einzelelektroden 5b1, 5b2, 5b3, liegen oder über mehrere benachbarte Stufen, z. B. Einzelelektrode 5b3, wirken. Bei gleicher Mindestspannung und gleichem maximalen Auslenkwinkel ist eine Erhöhung der wirksamen elektrischen Momente durch stufenförmige Anordnung der Einzelelektroden 5a1-5a3, 5b1-5b3, 5c1-5c3, 5d1-5d3 möglich. Die Stufung b wirkt effektiv eine Annäherung der Elektroden. Dies nutzend, kann, im Verhältnis zu einer Anordnung gemäß Fig. 2, bei ansonsten gleicher Geometrie:

- die Ansteuerspannung vermindert werden, wobei der maximale Auslenkwinkel und das wirksame Moment gleich bleiben,
- die Auslenkung erhöht werden, da sich bei gleicher Ansteuerspannung das wirksame Moment vergrößert, der maximale Auslenkwinkel jedoch erhalten bleibt.
- der Abstand zwischen den stufenförmigen Einzelelektroden und der Drehplatte 2 um einen solchen Betrag vergrößert werden, daß sich das gleiche Moment ergibt, mit gleicher Ansteuerspannung gearbeitet werden kann, der maximale Auslenkwinkel jedoch vergrößert wird.

Eine stufenförmige Elektrodenanordnung läßt sich auch auf der Unterseite der Drehplatte 2 realisieren, wie dies in Fig. 4 gezeigt ist. Das hat den technologischen Vorteil, daß die gestufte Oberfläche komplett metallisiert wird und die Metallisierung der strukturierten Einzelelektroden 5a-5d in einer Ebene liegt. Eine Anordnung gemäß Fig. 4 gestattet die gleichen Variationen wie die zu Fig. 3 genannten. Darüber hinaus ist eine Anordnung nach Fig. 4 durch ein geringeres Massenträgheitsmoment der zu bewegenden Drehplatte 2 gekennzeichnet. Daraus folgt gegenüber einer Lösung mit einer konstanten Drehplattendicke, welche in Fig. 2 dargestellt ist, eine Verbesserung der dynamischen Eigenschaften der Gesamtanordnung, da die Eigenfrequenz durch einen höheren Wert charakterisiert ist. Die erfindungsgemäße Anordnung stellt ein sehr schwach gedämpftes mechanisches Feder-Massen-System mit ausgeprägtem Resonanzverhalten dar. Da zwar über sehr klein gehaltenen Trennspalten zwischen den beweglichen Teilen und dem Rahmen 1 die Luftdämpfung etwas erhöht, die Schwingneigung aber nur unwesentlich herabgesetzt werden kann, ist eine elektrische Dämpfung sinnvoll. Die dynamische Ansteuerung der Drehplatte 2 mit dem Ziel der zweidimensionalen Bewegung der Flächennormale der Drehplatte 2 hat an der Drehplatte 2 Querkräfte zur Folge, die von den in x-, y- und z-Richtung gleichermaßen frei beweglichen flachen Mäanderfedern nicht stärker kompensiert werden und somit diese ungewünschte Bewegung an der Drehplatte 2 zu berücksichtigen ist. Mit der in den Figuren 6, 7 und 8 prinzipiell angegebenen Lösung ist für die Drehplatte 2 eine bessere Beweglichkeit in z-Richtung als in x- und y-Richtung gegeben. Diese unterschiedliche Beweglichkeit resultiert aus der Richtungsabhängigkeit der Federzahl für die verwendete Wellfeder, deren Beweglichkeit in z-Richtung größer als in x-y-Richtung ist. Damit werden Querkräfte stärker kompensiert und die Funktion der zweidimensionalen mikromechanischen Bewegungseinrichtung wird besser erfüllt.

Die erfindungsgemäße Anordnung ist auch mit 2 gegenüberliegenden Federelementen 3 funktionsfähig, wobei hier die Aufhängung der Drehplatte bezüglich des Flächenschwerpunktes von besonderer Bedeutung ist.

Das dritte Ausführungsbeispiel wird an Hand von Fig. 9 näher erläutert. Diese Anordnung verfügt nur über 2 Ansteuer Elektroden 5a, 5b, die parallel zueinander vor der Erhöhung 6 angeordnet sind. Im Vergleich zum ersten und zweiten Ausführungsbeispiel kann mit dieser Anordnung nur ein eingeschränktes Positionierfeld überstrichen werden, da in einer Koordinatenrichtung nur in positiver Richtung eine Ablenkung erfolgen kann, d. h., die Ansteuer Elektroden 5a und 5b sind nur auf Anziehung anzusteuern. Der Auflagepunkt der Erhöhung 6 befindet sich in dieser Anordnung außermittig unter der Drehplatte 2. Die Federn 3 sind für die Vertikalbewegung der Drehplatte 2 zuständig und sollten als Wellfedern gemäß Fig. 7 und Fig. 8 ausgebildet sein, damit eine möglichst kleine Querbewegung auftritt. Die Feder 3.1 ist als Blattfeder ausgebildet, die eine Dreh- und Vertikalbewegung der Drehplatte 2 um den Auflagepunkt zuläßt. Die Stufung der Ansteuer Elektroden 5a, 5b oder eine Stufung der Elektrode auf der Unterseite der Drehplatte 2 bringt in dieser Anordnung kaum Vorteile, da sie konzentrisch um den Auflagepunkt ausgebildet sein müßte. Diese Anordnung ist zwar hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit eingeschränkt, bringt aber den Vorteil, nur über zwei Ansteuer Elektroden 5a, 5b zu verfügen und damit letztlich eine verminderte Ansteuerschaltung zu bedingen.

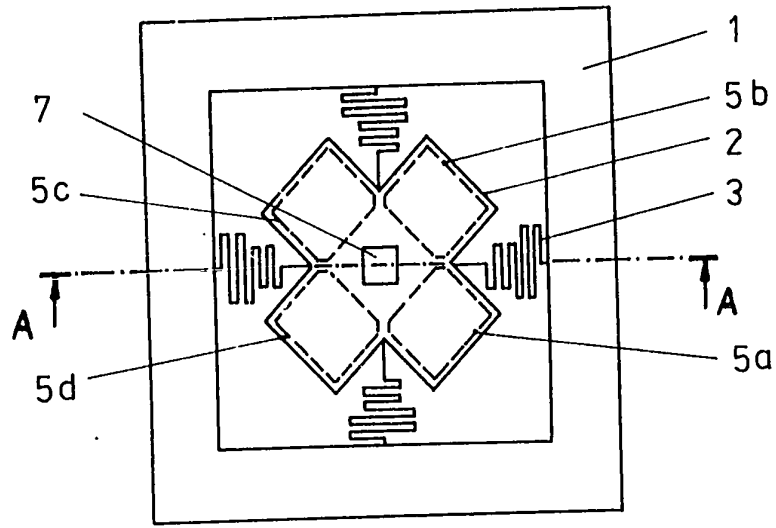


Fig. 1

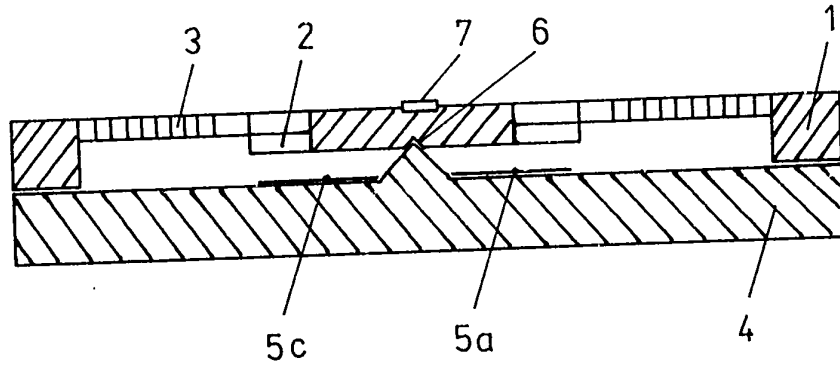


Fig. 2

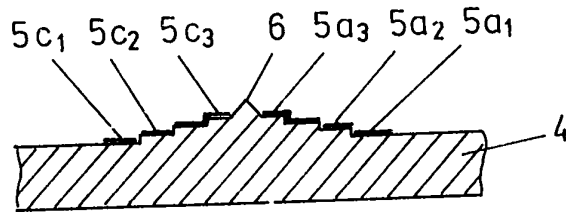


Fig. 3

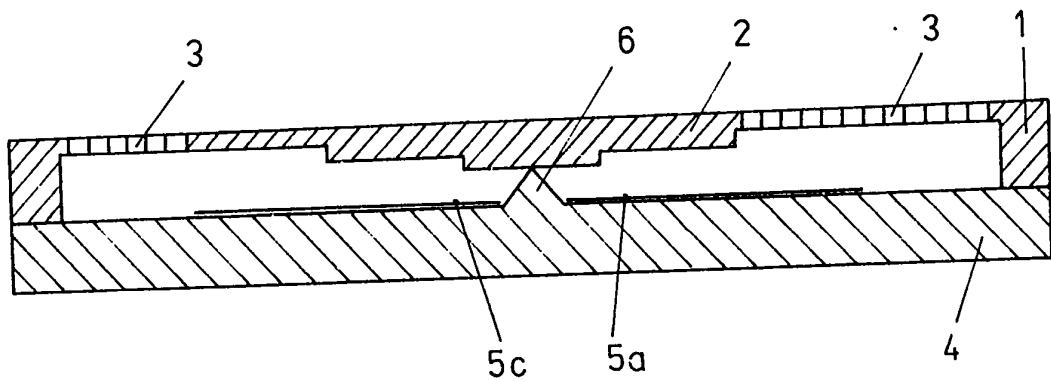


Fig. 4

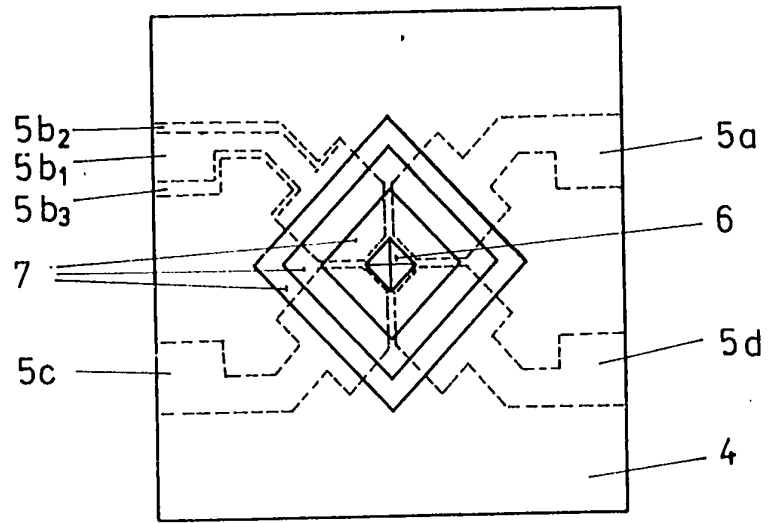


Fig. 5

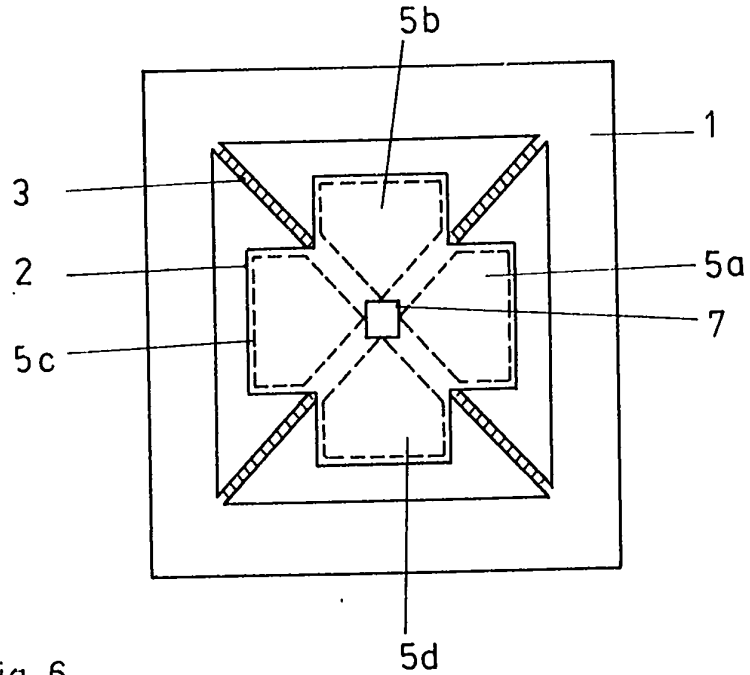


Fig. 6

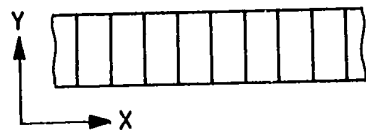


Fig. 7

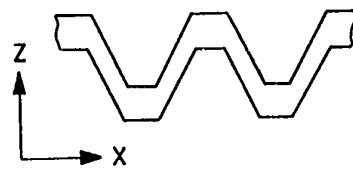


Fig. 8

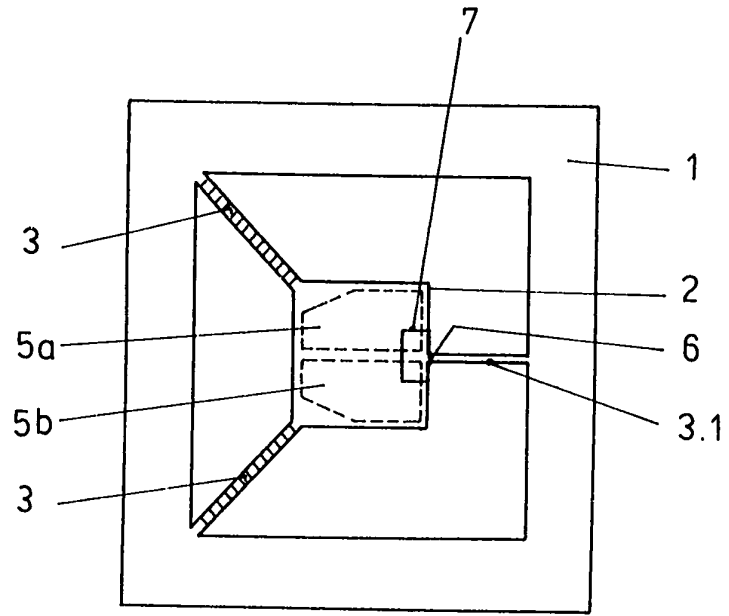


Fig. 9