



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 04 965 T2** 2005.08.18

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 207 416 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 04 965.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 127 261.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **16.11.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **22.05.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **18.08.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.08.2005**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **G02B 26/08**

**G02B 26/10, G02B 7/18**

(30) Unionspriorität:

**2000353145 20.11.2000 JP**

**2001292165 25.09.2001 JP**

(73) Patentinhaber:

**Olympus Optical Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP**

(74) Vertreter:

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

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Miyajima, Hiroshi, Hachioji-shi, Tokyo, JP; Ogata,  
Masanori, Hachioji-shi, Tokyo, JP; Aoki, Yukihiro,  
Hachioji-shi, Tokyo, JP; Nishimura, Yoshiro,  
Hachioji-shi, Tokyo, JP**

(54) Bezeichnung: **Optischer Deflektor**

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

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen optischen Deflektor, der eine Richtung einer Spiegeloberfläche, die mit einem Laserstrahl bestrahlt wird, ändert, um die Richtung des reflektierten Laserstrahls zu ändern.

**[0002]** Ein Konzept zur Herstellung eines optischen Deflektors durch Mikrobearbeitung von Silizium wurde von K. Peterson um 1980 vorgeschlagen. In den letzten Jahren ist ein praktischer optischer Deflektor entwickelt worden, und ein bemerkenswerter Fortschritt ist auch in einem Herstellungsverfahren erzielt worden. Jedoch kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht gesagt werden, dass ein etabliertes Verfahren in Bezug auf eine Montiertechnik bestünde.

**[0003]** Die internationale Patentanmeldung WO 0050950 A offenbart einen planaren optischen Scanner, der einen Siliziumwafer, welcher mit einem Spiegel auf der oberen Oberflächenseite einer beweglichen Platte versehen ist, die von Torsionsstäben beweglich gestützt wird, und eine Antriebsspule auf der Rückseite der beweglichen Platte umfasst, um ihre Fläche zu verringern.

**[0004]** Die Anmelderin der vorliegenden Anmeldung offenbarte in dem US Patent Nr. 6 122 089 einen optischen Deflektor vom Typ mit einem elektromagnetischen Antrieb. Dieser Deflektor ist nachfolgend mit Bezug auf [Fig. 13](#) bis [Fig. 15](#) beschrieben.

**[0005]** Der optische Deflektor umfasst einen optischen Deflektorspiegelabschnitt **100**, der aus einem Einkristall-Siliziumsubstrat gebildet ist, und der optische Deflektorspiegelabschnitt **100** umfasst eine bewegliche Platte **101**, zwei elastische Elemente **102** und zwei Träger **103**. Die bewegliche Platte **101** umfasst eine Antriebsspule **104** auf einer unteren Oberfläche (untere Oberfläche in [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#)), und eine Spiegeloberfläche **106** auf einer oberen Oberfläche (obere Oberfläche in [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#)).

**[0006]** Wie in [Fig. 15](#) gezeigt ist, ist der Träger **103** des optischen Deflektorspiegelabschnitts **100** an einem U-förmigen Befestigungselement **111** befestigt bzw. mit diesem gebondet. Um zu verhindern, dass das Befestigungselement **111** einen auf die Spiegeloberfläche **106** auftreffenden Lichtstrahl und einen an der Spiegeloberfläche **106** reflektierten Lichtstrahl blockiert, ist der optische Deflektorspiegelabschnitt **100** so an dem Befestigungselement **111** befestigt, dass die Oberfläche der beweglichen Platte mit der darauf ausgebildeten Antriebsspule **104** notwendigerweise zu dem Befestigungselement weist.

**[0007]** Der optische Deflektor umfasst ferner einen magnetischen Kreis, der einen Dauermagneten **108** und magnetische Joche **109**, **110** umfasst. Wie in

[Fig. 14](#) gezeigt ist, erstreckt sich das magnetische Joch **110** durch das Befestigungselement **111** in die Umgebung der beweglichen Platte **110**, um ein starkes Magnetfeld an die Antriebsspule **104** anzulegen.

**[0008]** Bei Spiegelstrukturen wie dem optischen Deflektorspiegelabschnitt **100**, wird die Oberfläche des Trägers auf einer Seite der Antriebsspule als eine Bondingoberfläche mit dem Befestigungselement verwendet. Da eine Energieversorgungskontaktstelle für die Antriebsspule üblicherweise auf der Oberfläche des Trägers auf der Seite der Antriebsspule gebildet ist, ist es schwierig, eine ebene Oberfläche mit einer ausreichenden Fläche zum Bonden zu gewährleisten.

**[0009]** Darüber hinaus ist bei der Spiegelstruktur der Träger mit dem Befestigungselement so verbunden, dass die Energieversorgungskontaktstelle zu dem Befestigungselement gerichtet ist. Daher muss, um eine Verdrahtung aus der Energieversorgungskontaktstelle herauszuführen, ein anisotroper, leitender Film (AFC) oder dergleichen verwendet werden, um Verdrahtungsmaterialien wie etwa eine flexible Leiterplatte (FPC) mit der Spiegelstruktur zu verbinden, bevor die Struktur mit dem Befestigungselement gebondet wird. Diese Einschränkung verschlechtert den Betriebswirkungsgrad während des Bondings mit dem Befestigungselement, und verschlechtert ebenfalls die Positionierungsgenauigkeit.

**[0010]** Ferner, da die Oberfläche der Spiegelstruktur auf der Seite der Antriebsspule an dem Befestigungselement befestigt ist, muss das magnetische Joch oder das Befestigungselement zu einer komplizierten Form verarbeitet werden, um das magnetische Joch in der Umgebung der Antriebsspule anzuordnen.

**[0011]** Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, einen optischen Deflektor bereitzustellen, der verbesserte Herstellungseigenschaften aufweist. Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, einen optischen Deflektor bereitzustellen, bei dem eine Spiegelstruktur mit hoher Zuverlässigkeit, zufriedenstellendem Betriebswirkungsgrad und hoher Positionierungsgenauigkeit befestigt werden kann. Es ist ein weiteres Objekt der vorliegenden Erfindung, einen optischen Deflektor bereitzustellen, bei dem ein magnetischer Kreis leicht gefertigt und befestigt werden kann.

**[0012]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein optischer Deflektor bereitgestellt, mit: einer Spiegelstruktur, einer Basis zum Halten der Spiegelstruktur und einem Antriebsmittel zum Antreiben der Spiegelstruktur. Die Spiegelstruktur umfasst ein Paar von Trägern, die an der Basis befestigt sind, eine bewegliche Platte, die bezüglich des Trägers bewegt wird, und ein Paar von elastischen Elementen, um die be-

wegliche Platte mit dem Träger zu verbinden. Die bewegliche Platte kann bezüglich des Trägers kippen, wobei das Paar von elastischen Elementen als Kippachse verwendet wird. Die Spiegelstruktur hat eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche, die in einer Vorn/Hinten-Beziehung zueinander stehen, das Antriebsmittel umfasst ein leitendes Element, das auf der ersten Oberfläche der beweglichen Platte gebildet ist, die bewegliche Platte weist eine Spiegeloberfläche auf, die auf der zweiten Oberfläche ausgebildet ist, die Träger sind an der Basis so befestigt, dass die zweite Oberfläche der Träger in Kontakt mit der Basis sind, und die Basis hat eine Öffnung zum Offenlegen der Spiegeloberfläche.

**[0013]** Die Träger umfassen vorzugsweise Elektrodenkontaktstellen, die elektrisch mit dem leitenden Element verbunden sind, die Basis umfasst Verdrahtungsmaterialien zur elektrischen Verbindung nach außen, die Verdrahtungsmaterialien umfassen Verbindungsabschnitte, die elektrisch mit den Elektrodenkontaktstellen verbunden sind, und die Elektrodenkontaktstellen sind elektrisch mit den Verbindungsabschnitten durch Drahtbonding verbunden.

**[0014]** Das leitende Element ist zum Beispiel eine Spule, die sich entlang eines Umfangsrandes der beweglichen Platte erstreckt, das Antriebsmittel umfasst einen magnetischen Kreis zum Anlegen eines Magnetfeldes an die Spule, und die bewegliche Platte wird mit Hilfe einer elektromagnetischen Kraft angetrieben, die zwischen der Spule und dem magnetischen Kreis wirkt. Der magnetische Kreis umfasst ein Paar von Permanentmagneten und ein Joch aus magnetischem Material, und wenigstens ein Teil des Jochs ist in der Umgebung der ersten Oberfläche der beweglichen Platte angeordnet.

**[0015]** Diese Zusammenfassung der Erfindung beschreibt nicht notwendigerweise alle notwendigen Merkmale, so dass die Erfindung auch eine Unterkombination dieser beschriebenen Merkmale sein kann.

**[0016]** Die Erfindung kann besser aus der nachfolgenden ausführlichen Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen verstanden werden, in denen:

**[0017]** [Fig. 1](#) eine perspektivische Explosionsansicht eines optischen Deflektors vom Typ mit einem elektromagnetischen Antrieb gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

**[0018]** [Fig. 2](#) eine vergrößerte perspektivische Ansicht eines Spiegelchips der [Fig. 1](#) ist;

**[0019]** [Fig. 3](#) eine vergrößerte perspektivische Ansicht eines Verdrahtungssubstrats von [Fig. 1](#) ist, die zeigt, dass ein Zuführungsdraht mit dem Verdrahtungssubstrat verbunden ist;

tungssubstrat verbunden ist;

**[0020]** [Fig. 4](#) eine vergrößerte perspektivische Ansicht des Verdrahtungssubstrats der [Fig. 1](#) ist, die zeigt, dass ein flexibles Substrat einteilig mit dem Verdrahtungssubstrat ausgebildet ist;

**[0021]** [Fig. 5](#) eine perspektivische Ansicht ist, die den Spiegelchip vor dem Zusammenbau zeigt;

**[0022]** [Fig. 6](#) eine perspektivische Ansicht einer Basis ist, mit dem der Spiegelchip vor dem Zusammenbau in [Fig. 5](#) verbunden ist.

**[0023]** [Fig. 7](#) eine perspektivische Ansicht der Basis ist, deren Träger des Spiegelchips vor dem Zusammenbau in [Fig. 6](#) teilweise entfernt ist;

**[0024]** [Fig. 8](#) eine vergrößerte perspektivische Ansicht eines magnetischen Kreises der [Fig. 1](#) ist;

**[0025]** [Fig. 9](#) eine Draufsicht des magnetischen Kreises der [Fig. 8](#) ist;

**[0026]** [Fig. 10](#) eine perspektivische Ansicht eines zusammengebauten Zustandes des in [Fig. 1](#) gezeigten optischen Deflektors ist;

**[0027]** [Fig. 11](#) eine Querschnittsansicht des optischen Deflektors entlang der Linie XI-XI von [Fig. 10](#) ist;

**[0028]** [Fig. 12](#) ebenfalls eine Querschnittsansicht des optischen Deflektors entlang der Linie XI-XI von [Fig. 10](#) ist, in die einige Parameter über Spiegel, Dauermagnet und Basis eingetragen sind;

**[0029]** [Fig. 13](#) eine Draufsicht eines optischen Deflektors nach dem Stand der Technik ist;

**[0030]** [Fig. 14](#) eine Querschnittsansicht des optischen Deflektors entlang der Linie A-A in [Fig. 13](#) ist; und

**[0031]** [Fig. 15](#) eine Querschnittsansicht des optischen Deflektors entlang der Linie B-B von [Fig. 13](#) ist.

**[0032]** Im Folgenden sind Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben.

**[0033]** Ein optischer Reflektor vom Typ mit elektromagnetischem Antrieb gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in [Fig. 1](#) gezeigt. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, umfasst ein optischer Deflektor **200** einen Spiegelchip **210** als Spiegelstruktur, eine Basis **230** zum Halten des Spiegelchips **210** und einen magnetischen Kreis **260** zum Antreiben des Spiegelchips **210**.

**[0034]** Wie im Einzelnen in [Fig. 2](#) gezeigt ist, umfasst der Spiegelchip **210** ein Paar von Trägern **212**, eine bewegliche Platte **214**, die bezüglich der Träger **212** bewegt wird, und ein Paar von elastischen Elementen **216**, um die bewegliche Platte **214** mit den Trägern **212** zu verbinden. Die bewegliche Platte **214** kann bezüglich der Träger **212** um das Paar von elastischen Elementen **216** als Kippachse kippen. Mit anderen Worten, die bewegliche Platte **214** ist mit Hilfe des Paares von elastischen Elementen **216** mittig bezüglich der Träger **212** kippbar gehalten.

**[0035]** Der Spiegelchip **210** weist zwei Oberflächen auf, die zum Beispiel in einer Vorn/Hinten-Relation zueinander stehen, eine erste Oberfläche, die in [Fig. 2](#) zu sehen ist, und eine zweite Oberfläche als eine Rückseite der ersten Oberfläche. Die bewegliche Platte **214** umfasst ein leitendes Element **220**, das auf der ersten Oberfläche gebildet ist, und eine Spiegeloberfläche **218**, die auf der zweiten Oberfläche gebildet ist. Das leitende Element **220** ist zum Beispiel eine Spule, die entlang eines Umfangsrandes der beweglichen Platte **214** angeordnet ist, ist jedoch nicht darauf begrenzt.

**[0036]** Das Paar von Trägern **212** umfasst ein Paar von Elektrodenkontaktstellen **224**. Eine (linke) Elektrodenkontaktfläche **224** ist über einen Draht **226**, der sich über ein (linkes) elastisches Element **216** erstreckt, elektrisch mit einem äußeren Ende der Spule **220** verbunden. Die weitere (rechte) Elektrodenkontaktfläche **224** ist elektrisch über einen Draht **227**, der sich über das weitere (rechte) elastische Element **216** erstreckt und einen Überbrückungsdraht **228**, der über die Spule **220** führt, welche entlang des Umfangsrandes der beweglichen Platte **214** angeordnet ist, mit einem inneren Ende der Spule **220** verbunden.

**[0037]** Der Spiegelchip **210** ist zum Beispiel aus einem Einkristall-Siliziumsubstrat unter Verwendung einer Halbleiterherstellungstechnik gefertigt. Das heißt, die Spule **220**, die Elektrodenkontaktfläche **224** und die Drähte **226**, **227** sind als ebene Schaltungselemente in planarer Form ausgebildet, und der Überbrückungsdraht **228** ist zum Beispiel gebildet, indem eine Mehrschicht-Verdrahtungstechnik verwendet wird. Der Spiegelchip **210** ist jedoch nicht hierauf beschränkt. Zum Beispiel können, außer dem Einkristall-Siliziumsubstrat andere Materialien wie etwa polykristallines Silizium, Siliziumverbindungen und organische Materialien zur Herstellung des Chips verwendet werden. Darüber hinaus kann der Chip aus anderen Substraten als dem Einkristall-Siliziumsubstrat hergestellt sein. Ferner kann der Chip mit anderen Techniken als der Halbleiterherstellungstechnik hergestellt sein.

**[0038]** Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, umfasst die Basis **230** ein Hauptsubstrat **232**, ein Paar von Bondingab-

schnitten **236**, an die der Spiegelchip **210** gebondet ist, ein Paar von Befestigungsabschnitten **238**, an denen der magnetische Kreis **260** befestigt ist, und ein starres Substrat **240**, das auf dem Hauptsubstrat **232** befestigt ist. Das Hauptsubstrat **232** weist eine Öffnung **234** zur Offenlegung der Spiegeloberfläche **218** auf, die auf der beweglichen Platte **214** des Spiegelchips **210** ausgebildet ist.

**[0039]** Das Hauptsubstrat **232** weist eine Ebene **232a** auf, die der zweiten Oberfläche des Spiegelchips **210** gegenüberliegt. Jeder der Bondingabschnitte **236** ragt von der Ebene **232a** des Hauptsubstrats **232** hervor und hat eine flache Bondingoberfläche **236a**, die im Wesentlichen parallel zu der Ebene **232a** angeordnet ist. Ebenso ragt jeder der Befestigungsabschnitte **238** von der Ebene **232a** des Hauptsubstrats **232** hervor und hat eine ebene Befestigungsfläche **238a**, die im Wesentlichen parallel zu der Ebene **232a** angeordnet ist. Die Bondingabschnitte **236** und die Befestigungsabschnitte **238** sind zum Beispiel einteilig mit dem Hauptsubstrat **232** ausgebildet, können jedoch getrennte Elemente sein, die auf dem Hauptsubstrat **232** mittels zum Beispiel einer Klebeverbindung befestigt sein.

**[0040]** Das starre Substrat **240** ist ein Verdrahtungssubstrat, mit Drähten zur elektrischen Verbindung nach außen. Das Verdrahtungssubstrat **240** befindet sich innerhalb der Ebene **232a** des Hauptsubstrats **232**. Das heißt, das Verdrahtungssubstrat **240** ragt nicht über das Hauptsubstrat **232** hinaus. Dies verhindert wirksam ein Lösen bzw. Durchtrennen durch Kontakt mit weiteren Elementen während des Auf- bzw. Zusammenbaus des optischen Deflektors. Das Verdrahtungssubstrat **240** ist länglich, erstreckt sich im Wesentlichen U-förmig und weist gegenüberliegende Enden auf, die in der Umgebung der Bondingabschnitte angeordnet sind.

**[0041]** Wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist, umfasst das Verdrahtungssubstrat **240** ein Paar von Drähten **242** zur elektrischen Verbindung mit den Elektrodenkontaktstellen **224** des Spiegelchips **210**, und einen Erdungsdraht (GND-Draht) **244** zur Erdung. Das Paar von Drähten **242** erstreckt sich entlang des Verdrahtungssubstrats **240** und weist gegenüberliegende Enden auf, die elektrisch mit den Bondinseln **246** verbunden sind, die an Enden des Verdrahtungssubstrats **240** angeordnet sind.

**[0042]** Der GND-Draht **244** ist mit einer GND-Kontaktfläche verbunden, die auf der Vorderseite des Verdrahtungssubstrats **240** angeordnet ist, und ist darüber hinaus über ein Durchgangsloch mit einer GND-Kontaktfläche verbunden, die auf der Rückseite des Verdrahtungssubstrats **240** angeordnet ist. Das Hauptsubstrat **232** ist das Hauptsubstrat **232** leitend, das Verdrahtungssubstrat **240** ist auf dem Hauptsubstrat **232** unter Verwendung eines leitenden Klebe-

mittels befestigt, und die GND-Kontaktfläche auf der Rückseite des Verdrahtungssubstrats **240** ist elektrisch mit dem Hauptsubstrat **232** verbunden.

**[0043]** In [Fig. 3](#) sind die jeweiligen Drähte **242**, **244** des Verdrahtungssubstrats **240** zur elektrischen Verbindung mit externen Geräten wie etwa einer Antriebssteuerungsschaltung gelötet an und verbunden mit einem flexiblen Zuleitungsdraht **252**. Das heißt, bei der Basis **230** ist der flexible Zuleitungsdraht **252** mit den Drähten **242**, **244** des Verdrahtungssubstrats **240** verbunden. Das Verdrahtungssubstrat **240** ist mit den externen Geräten des optischen Deflektors wie etwa der Antriebssteuerungsschaltung über den Zuleitungsdraht **252** verbunden. Die Verbindung zu dem externen Gerät mit Hilfe des Zuleitungsdrahts **252** ist für einen optischen Deflektor geeignet, der relativ weit von dem externen Gerät entfernt ist. Wenn eine Länge des Zuleitungsdrahts **252** eingestellt wird, kann die Verbindung vorteilhafterweise auf eine Vielfalt von Anordnungen des optischen Deflektors und des externen Geräts angewendet werden.

**[0044]** Die Art der elektrischen Verbindung zu dem externen Gerät ist jedoch nicht hierauf begrenzt. Zum Beispiel können die Drähte **242**, **244** des Verdrahtungssubstrats **240** elektrisch mit einem flexiblen Substrat **254** verbunden sein, das einteilig mit dem Verdrahtungssubstrat **240** ausgebildet ist, wie es in [Fig. 4](#) gezeigt ist. Das heißt, die Basis **230** kann das flexible Substrat **254** enthalten, das einteilig mit dem Verdrahtungssubstrat **240** ausgebildet ist. Das Verdrahtungssubstrat **240** ist über das flexible Substrat **254** mit dem externen Gerät verbunden. Die Verbindung zu dem externen Gerät unter Verwendung des flexiblen Substrats **254** ist für einen optischen Deflektor geeignet, der in der Umgebung des externen Geräts angeordnet ist. Dies hat den Vorteil, dass für den Zuleitungsdraht erforderlichen Verbindungsvorgänge, wie etwa ein Lötvorgang, unnötig sind.

**[0045]** Ein Spiegelchip **210A** vor dem Zusammenbau ist in [Fig. 5](#) gezeigt. Der Spiegelchip **210A** vor dem Zusammenbau umfasst einen rahmenförmigen Träger **212A**, der die bewegliche Platte **214** umgibt. Wenn ein Teil der zweiten Oberfläche des Trägers **212A** mit den Bondingoberflächen **236a** (siehe [Fig. 1](#)) der Bondingabschnitte **236** gebondet ist, ist der Spiegelchip **210A** vor dem Zusammenbau an der Basis **230** befestigt, wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist. Anschließend, wie es in [Fig. 7](#) gezeigt ist, werden instabile Abschnitte des Trägers **212A** des Spiegelchips **210A** vor dem Zusammenbau, die nicht an den Bondingabschnitten **236** befestigt sind, das heißt ein Paar von Abschnitten des Trägers, die sich parallel zu dem elastischen Element **216** erstrecken, entfernt. Als Folge davon bildet der Spiegelchip **210A** vor dem Zusammenbau, der den rahmenförmigen Träger **212A** aufweist, den Spiegelchip **210** mit dem Paar von Trägern **212**.

**[0046]** Wenn zuvor in abzuschneidenden Abschnitten Nuten ausgebildet werden und die unnötigen Abschnitte entlang der Nut abgebrochen werden, kann die Träger **212A** leicht und gleichmäßig teilweise entfernt werden. Die Nuten werden durch Ausführen eines Halbschnitts mittels Ätzen oder Vereinzeln ausgeführt (Schneiden mit einer Tiefe von nur einem Teil der Waferdicke). Wie ausführlich in der USP 6 122 089 beschrieben ist, ist dieses System wirksam zur Anordnung eines Dauermagneten des magnetischen Kreises **260**, der später in der Nähe der beweglichen Platte **214** montiert wird.

**[0047]** Ferner werden die Elektrodenkontaktstellen **224** des Spiegelchips **210** mit den Bondinseln **246** des Verdrahtungssubstrats **240** durch Drahtbonding verbunden, wie es in [Fig. 6](#) gezeigt ist. Das heißt, die Elektrodenkontaktstellen **224** des Spiegelchips **210** sind durch Bondingdrähte **248** elektrisch mit den Bondinseln **246** des Verdrahtungssubstrats **240** verbunden. Zusätzlich sind die Bondingdrähte **248** vorzugsweise durch ein (nicht gezeigtes) Harz versiegelt, um die Zuverlässigkeit zu erhöhen.

**[0048]** Wie in [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) gezeigt ist, umfasst der magnetische Kreis **260** ein Joch **262** aus magnetischem Material und ein Paar von Dauermagneten **268**. Das Joch **262** umfasst ein äußeres Joch **264**, das eine rechteckige Rahmenform aufweist, und ein inneres Joch **266**, das eine Mitte eines inneren Raums durchquert. Das heißt, das Joch **262** umfasst ein Paar von rechteckigen Durchgangslöchern. Das Joch **262** ist zum Beispiel durch teilweises Aushöhlen des magnetischen Materials und Herstellen von zwei rechteckigen Durchgangslöchern gebildet.

**[0049]** Das Paar von Dauermagneten **268** ist in einem Paar von Durchgangslöchern des Jochs **262** enthalten und in Kontakt mit dem äußeren Joch **262** befestigt. Dadurch sind Lücken **270** zwischen den jeweiligen Dauermagneten **268** und dem inneren Joch **266** gebildet. Die Lücken **270** werden magnetische Spalte genannt. Der magnetische Kreis **260**, der dieses innere Joch **266** aufweist, hat im Vergleich zu einem Kreis, der kein inneres Joch aufweist, eine höhere magnetische Flussdichte in dem magnetischen Spalt **270**.

**[0050]** Wie in [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) gezeigt ist, ist der magnetische Kreis **260** an den Befestigungsabschnitten **238** der Basis **230** befestigt. Wie in [Fig. 11](#) gezeigt, ist diese Befestigung zum Beispiel dadurch realisiert, dass ein Teil des Jochs **262** an die Befestigungsoberflächen **238a** der Befestigungsabschnitte **238** gebondet ist. Das heißt, der magnetische Kreis **260** ist an der Basis **230** auf der gleichen Seite wie diejenige Seite befestigt, auf der der Spiegelchip **210** angeordnet ist.

**[0051]** Wie in [Fig. 11](#) gezeigt ist, ist das innere Joch



**266** in der Umgebung einer Mitte der beweglichen Platte **214** und in der Umgebung der ersten Oberfläche der beweglichen Platte **214**, auf der die Spule **220** ausgebildet ist, angeordnet. Darüber hinaus weist jeder der Permanentmagnete **268** eine Oberfläche **268a** auf, die dem Hauptsubstrat **232** am nächsten liegt, und eine Oberfläche **268b**, die am weitesten von dem Hauptsubstrat **232** entfernt angeordnet ist. Die Spule **220** der beweglichen Platte **214** ist bezüglich einer Richtung einer Normalen auf die Oberfläche **232a** des Hauptsubstrats **232** zwischen den Oberflächen **268a** und **268b** der Dauermagnete **268** angeordnet. Mit anderen Worten, die Spule **220** ist so angeordnet, dass sie, betrachtet von einer Richtung parallel zu der ersten und der zweiten Oberfläche des Spiegelchips **210**, die Dauermagnete **268** überlappt.

**[0052]** Als Folge davon ist die Spule **220** im Wesentlichen in den magnetischen Spalten **270** zwischen den Dauermagneten **268** und dem inneren Joch **266** angeordnet, sowohl bezüglich einer vertikalen Richtung auf die Oberfläche **232a** des Hauptsubstrats **232** als auch einer Richtung, die sich parallel zu der vertikalen Richtung erstreckt und die elastischen Elemente **216**, d. h. die Kippachse, in einem rechten Winkel schneidet. Die Position der Spule in vertikaler Richtung ist besonders wichtig. Wenn die Position gegenüber den magnetischen Spalten **270** abweicht, verringert sich die magnetische Flussdichte sehr schnell. Durch diese Anordnung ist die Spule **220** in einer hohen magnetischen Flussdichte angeordnet.

**[0053]** Der magnetische Kreis **260**, der auf der Basis **230** befestigt ist, und die Spule **220**, die auf der beweglichen Platte **214** ausgebildet ist, bilden ein elektromagnetisches Antriebsmittel zum Antreiben des Spiegelchips **210**. Mit anderen Worten, der optische Deflektor **200** umfasst ein elektromagnetisches Antriebsmittel zum Antreiben des Spiegelchips **210**. Das Antriebsmittel umfasst die Spule **220**, die sich entlang des Umfangsrandes der beweglichen Platte **214** erstreckt, und den magnetischen Kreis **260** zum Anlegen eines Magnetfeldes an die Spule **220**. Die bewegliche Platte **214** wird durch eine elektromagnetische Kraft angetrieben, die zwischen der Spule **220** und dem magnetischen Kreis **260** wirkt, und die Richtung der Platte kann in geeigneter Weise geändert werden.

**[0054]** Wie in [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) gezeigt ist, ist die Spiegeloberfläche **218**, die auf der zweiten Oberfläche der beweglichen Platte **214** ausgebildet ist, über die Öffnung **234**, die in dem Hauptsubstrat **232** der Basis **230** ausgebildet ist, offengelegt. Die Spiegeloberfläche **218** der beweglichen Platte **214** wird durch die Öffnung **234** mit einem Lichtstrahl **Bi** beleuchtet. Eine Richtung eines Lichtstrahls **Br**, der von der Spiegeloberfläche **218** reflektiert wird, wird in Abhängigkeit von der Richtung der beweglichen Platte **214** geändert, das heißt der Strahl wird abgelenkt.

**[0055]** Die Öffnung **234** der Basis **230** weist vorzugsweise eine Größe auf, die den auf die Spiegeloberfläche **218** zu einem neutralen Zeitpunkt in einem Einfallswinkel von  $45^\circ$  über die gesamte wirksame Breite der Spiegeloberfläche auftreffenden Lichtstrahl nicht unterbricht. Mit anderen Worten, die Öffnung **234** hat vorzugsweise eine Größe, die verhindert, dass der Lichtstrahl unterbrochen wird. Das heißt, vorzugsweise ermöglicht die Öffnung **234** dem ganzen Lichtstrahl, dort hindurch zu treten. Darüber hinaus sind die Dauermagnete **268** vorzugsweise so angeordnet, dass sie den zu dem neutralen Zeitpunkt in dem Einfallswinkel von  $45^\circ$  über die ganze effektive Breite der Spiegeloberfläche auftreffenden Lichtstrahl nicht unterbricht. Mit anderen Worten, die Dauermagnete **268** sind vorzugsweise so angeordnet, dass verhindert wird, dass der Lichtstrahl unterbrochen wird. Hier bezieht sich die Spiegeloberfläche **218** der neutralen Zeit auf die Spiegeloberfläche **218** in einem Zustand, in dem die bewegliche Platte **214** überhaupt nicht angetrieben wird. Darüber hinaus ist mit der wirksamen Breite der Spiegeloberfläche ein Wert bezeichnet, den man durch Subtraktion einer Breite eines Abschnitts, der einen Verarbeitungsfehler, einen Filmbildungsdefekt oder dergleichen haben könnte, von einer Breite der beweglichen Platte gewinnt.

**[0056]** Um zu verhindern, dass der in der neutralen Zeit in dem Einfallswinkel von  $45^\circ$  über die ganze wirksame Breite der Spiegeloberfläche auf die Spiegeloberfläche **218** auftreffende Lichtstrahl **Bi** unterbrochen wird, können konkret, wie es in [Fig. 12](#) gezeigt ist, eine wirksame Breite  $w_m$  der Spiegeloberfläche, ein Abstand  $w_p$  zwischen den Dauermagneten, eine Breite  $w_b$  der Öffnung der Basis, eine Höhe  $h_p$  des Dauermagneten bezüglich der Spiegeloberfläche und eine Höhe  $h_b$  einer oberen Oberfläche der Basisöffnung bezüglich der Spiegeloberfläche die Bedingungen:  $w_p > w_m + 2h_p$  und  $w_b > w_m + 2h_b$  erfüllen.

**[0057]** In einer Anordnung, die diese Bedingungen erfüllt, erreicht der Lichtstrahl die Spiegeloberfläche **218** ohne Unterbrechung. Daher sind die Lichtverluste gering. Die Anordnung des optischen Deflektors, bei dem der Lichtstrahl in dem Einfallswinkel von  $45^\circ$  auftrifft, ist eine Anordnung für die allgemeinsten Zwecke, bei der weitere optische Elemente leicht angeordnet werden können.

**[0058]** Die Erfinder der vorliegenden Erfindung stellen den optischen Deflektor mit der wirksamen Spiegeloberflächenbreite  $w_m = 4,3 \text{ mm}$  ( $\mu\text{m}$ ), einem Abstand  $w_p = 5,5 \text{ mm}$  der oberen Oberflächen der Dauermagnete, einer Breite der Basisöffnung  $w_b = 13,2 \text{ mm}$ , einer Höhe  $h_p = 0,6 \text{ mm}$  der oberen Oberfläche des Dauermagneten bezüglich der Spiegeloberfläche und einer Höhe  $h_b = 3,6 \text{ mm}$  der oberen Oberfläche der Basisöffnung auf Versuchsbasis tatsächlich her. Bei dem auf Versuchsbasis hergestellten Deflektor

wurde an einer Position der Antriebsspule eine magnetische Flussdichte von ungefähr 0,6 (T) erreicht.

**[0059]** Darüber hinaus wurde bei einer Simulation, in der die jeweiligen oben genannten Parameter verwendet wurden, eine magnetische Flussdichte von ungefähr 0,63 (T) an der Position der Antriebsspule gewonnen. Dieser Wert ist ungefähr 1,6-mal so groß wie ein Wert eines magnetischen Flusses von ungefähr 0,39 (T), den man bei einem Aufbau erhält, bei dem die Antriebsspule in einer Höhe angeordnet ist, die der Höhe der oberen Oberfläche des Dauermagneten entspricht.

**[0060]** Wie der obigen Beschreibung zu entnehmen ist, ist bei dem optischen Deflektor der vorliegenden Erfindung die Antriebsspule **220** bezüglich einer senkrechten Richtung auf die Spiegeloberfläche **218** angeordnet zwischen der oberen und der unteren Oberfläche der Dauermagnete **268**. Somit ist der Wirkungsgrad erhöht.

**[0061]** Der optische Deflektor der vorliegenden Ausführungsform hat die folgenden Vorteile.

**[0062]** Gemäß dem optischen Deflektor **200** der vorliegenden Ausführungsform, kann das innere Joch leicht in der Umgebung der Spule der beweglichen Platte angeordnet werden, da sowohl der Spiegelchip **210** als auch der magnetische Kreis **260** auf derselben Seite der Basis **230** angeordnet sind. Das heißt, während der Spiegelchip **210** an der Basis **230** befestigt ist, existiert kein Element auf der Oberfläche, auf der die Spule ausgebildet ist, das heißt, der ersten Oberfläche des Spiegelchips **210**. Daher kann der magnetische Kreis **260** einschließlich des inneren Jochs einfach ausgelegt werden, und der magnetische Kreis **260** kann leicht angebracht werden.

**[0063]** Da der Spiegelchip **210** unter Verwendung der zweiten Oberfläche, auf der die Spiegeloberfläche **218** ausgebildet ist, d. h. die ebene Oberfläche, auf der keine Elektrode ausgebildet ist, mit der Basis **230** gebondet ist, kann eine große Bondingfläche leicht gewährleistet werden, und der Chip kann sicher befestigt werden.

**[0064]** Da der Spiegelchip **210** allein an der Basis **230** befestigt wird und das Verdrahtungssubstrat **240** zuvor darauf befestigt wurde, ohne Verdrahtungsmaterial zu benötigen, ist der Betriebswirkungsgrad höher, und die Positioniergenauigkeit ist erhöht. Da der Spiegelchip **210** durch Drahtbonding mit dem Verdrahtungssubstrat **240** verbunden ist, können niedrige Kosten und eine hohe Zuverlässigkeit erreicht werden.

**[0065]** Jeweilige Anordnungen der vorliegenden Erfindung können verschiedentlich modifiziert oder geändert werden.

**[0066]** Zum Beispiel kann der optische Deflektor ein Erfassungselement zur Erfassung einer Geschwindigkeit und eines Winkels umfassen. Zum Beispiel kann der optische Deflektor eine Erfassungsspule oder ein Hall-Element umfassen, die bzw. das auf der beweglichen Platte ausgebildet ist. Darüber hinaus kann der optische Deflektor ein Piezowiderstandselement umfassen, das auf dem elastischen Element gebildet ist, oder eine Elektrode, die auf der beweglichen Platte oder dem elastischen Element gebildet ist, um eine Änderung der Kapazität zu erfassen. Bei dem optischen Deflektor, der das Erfassungselement umfasst, vergrößert sich der Abschnitt des Drahtbonding während des Zusammenbaus, dies erhöht jedoch nicht die Schwierigkeit des Drahtbonding.

### Patentansprüche

1. Ein optischer Deflektor (**200**), mit:
  - einer Spiegelstruktur (**210**), die eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche aufweist, welche in einer Vorn/Hinten-Relation zueinander stehen, wobei die Spiegelstruktur (**210**) ein Paar von Trägern (**212**) umfasst, die eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche aufweisen, eine bewegliche Platte (**214**) umfasst, die eine erste Oberfläche und eine zweite Oberfläche aufweist und die bezüglich der Träger (**212**) bewegt wird, und ein Paar von elastischen Elementen (**216**) umfasst, um die bewegliche Platte (**214**) und die Träger (**222**) so zu verbinden, dass die bewegliche Platte (**214**) bezüglich der Träger (**212**) um das Paar von elastischen Elementen (**216**) als Kippachse gekippt werden kann;
  - einer einzigen Plattenbasis (**230**) zum Halten der Spiegelstruktur (**210**); und
  - einem Antriebsmittel (**220**, **260**, **262**, **268**) zum Antreiben der Spiegelstruktur (**210**), wobei das Antriebsmittel (**220**, **260**, **262**, **268**) ein leitendes Element (**220**), das auf der ersten Oberfläche der beweglichen Platte (**214**) ausgebildet ist, und Magnetfelderzeugungselemente (**268**) umfasst, die auf der Basis (**230**) angebracht sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass
    - die bewegliche Platte (**214**) eine Spiegeloberfläche (**218**) auf der zweiten Oberfläche aufweist, die Basis (**230**) eine Öffnung (**234**) zur Offenlegung der Spiegeloberfläche (**218**) aufweist und die Träger (**212**) der Spiegelstruktur (**210**) auf der Basis (**230**) so befestigt sind, dass die zweiten Oberflächen der Träger (**212**) mit der Basis (**230**) in Kontakt sind;
    - die Magnetfelderzeugungselemente (**268**) auf der gleichen Seite der Basis (**230**) angeordnet sind wie eine Seite, auf der die Spiegelstruktur (**210**) angebracht ist;
    - das leitende Element (**220**) so angeordnet ist, dass es die Magnetfelderzeugungselemente (**268**) aus der Sicht einer Richtung überlappt, die parallel zu der ersten und der zweiten Oberfläche der Spiegelstruktur (**210**) ist; und
    - das Antriebsmittel (**220**, **260**, **262**, **268**) ferner ein

Joch (262) aus einem magnetischen Material umfasst, das mit den Magnetfelderzeugungselementen (268) zusammenwirkt, um einen magnetischen Kreis (260) zu bilden, und dass wenigstens ein Teil des Jochs (262) in der Nähe der ersten Oberfläche der beweglichen Platte (214) angeordnet ist.

2. Der optische Deflektor (200) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Träger (212) Elektrodenkontaktstellen (224) aufweisen, die mit dem leitenden Element (220) elektrisch verbunden sind, dass die Basis (230) Verdrahtungsmaterialien (242, 244, 246) zur elektrischen Verbindung nach außen umfasst, dass die Verdrahtungsmaterialien (242, 244, 246) Verbindungsabschnitte (246) aufweisen, die mit den Elektrodenkontaktstellen (224) elektrisch verbunden sind, und dass die Elektrodenkontaktstellen (224) elektrisch mit den Verbindungsabschnitten (246) durch Drahtbonding verbunden sind.

3. Der optische Deflektor (200) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Basis (230) ein Hauptsubstrat (232) umfasst, dass die Öffnung (234) aufweist, und ein starres Substrat (240) umfasst, das auf dem Hauptsubstrat (232) befestigt ist, und dass die Verdrahtungsmaterialien (242, 244, 246) auf dem starren Substrat (240) ausgebildet sind.

4. Der optische Deflektor (200) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das starre Substrat (240) innerhalb des Hauptsubstrats (232) angeordnet ist.

5. Der optische Deflektor (200) nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Hauptsubstrat (232) leitend ist, dass die Verdrahtungsmaterialien (242, 244, 246) einen Erdungsdraht (244) zur Erdung umfassen und dass der Erdungsdraht (244) elektrisch mit dem Hauptsubstrat (232) verbunden ist.

6. Der optische Deflektor (200) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Basis (230) ferner ein flexibles Substrat (254) umfasst, das einteilig mit dem festen Substrat (240) ausgebildet ist.

7. Der optische Deflektor (200) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Basis (230) ferner einen flexiblen Anschlussdraht (252) umfasst, der mit den Verdrahtungsmaterialien (242, 244, 246) des starren Substrats (240) verbunden ist.

8. Der optische Deflektor (200) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das leitende Element (220) entlang einem Umfangsrand der beweglichen Platte (214) angeordnet ist.

9. Der optische Deflektor (200) nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass die Basis (230) ferner Bondingabschnitte (236) umfasst, die von dem Hauptsubstrat hervorragen, und dass die Spiegelstruktur (210) durch Klebung so an den Bondingabschnitten (210) befestigt ist, dass die Spiegelstruktur (210) entfernt von dem Hauptsubstrat (232) angeordnet ist.

10. Der optische Deflektor (200) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnung (234) der Basis (230) eine Größe aufweist, die den zu einem neutralen Zeitpunkt in einem Einfallswinkel von  $45^\circ$  über einer vollwirksamen weite der Spiegeloberfläche (218) auf die Spiegeloberfläche (218) auftreffenden Lichtstrahl nicht unterbricht, und dass die Magnetfelderzeugungselemente (268) so angeordnet sind, dass sie den zu dem neutralen Zeitpunkt in dem Einfallswinkel von  $45^\circ$  über der vollwirksamen Weite der Spiegeloberfläche auf die Spiegeloberfläche (218) einfallenden Lichtstrahl nicht unterbrechen.

11. Der optische Deflektor (200) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetfelderzeugungselemente (268) so angeordnet sind, dass das leitende Element (220), das auf der ersten Oberfläche der beweglichen Platte (214) ausgebildet ist, dazwischen angeordnet ist und dass eine wirksame Spiegeloberflächenweite  $w_m$ , ein Zwischenraum  $w_p$  der Magnetfelderzeugungselemente, eine Basisöffnungsweite  $w_b$ , eine Höhe  $h_p$  der Magnetfelderzeugungselemente bezüglich der Spiegeloberfläche (218) und eine Höhe  $h_b$  einer oberen Oberfläche der Basisöffnung (234) bezüglich der Spiegeloberfläche (218) den Beziehungen genügen:  $w_p > w_m + 2h_p$  und  $w_b > w_m + 2h_b$ .

12. Der optische Deflektor (200) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das leitende Element (200) eine Spule (220) ist und die Magnetfelderzeugungselemente Permanentmagnete (268) sind.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen



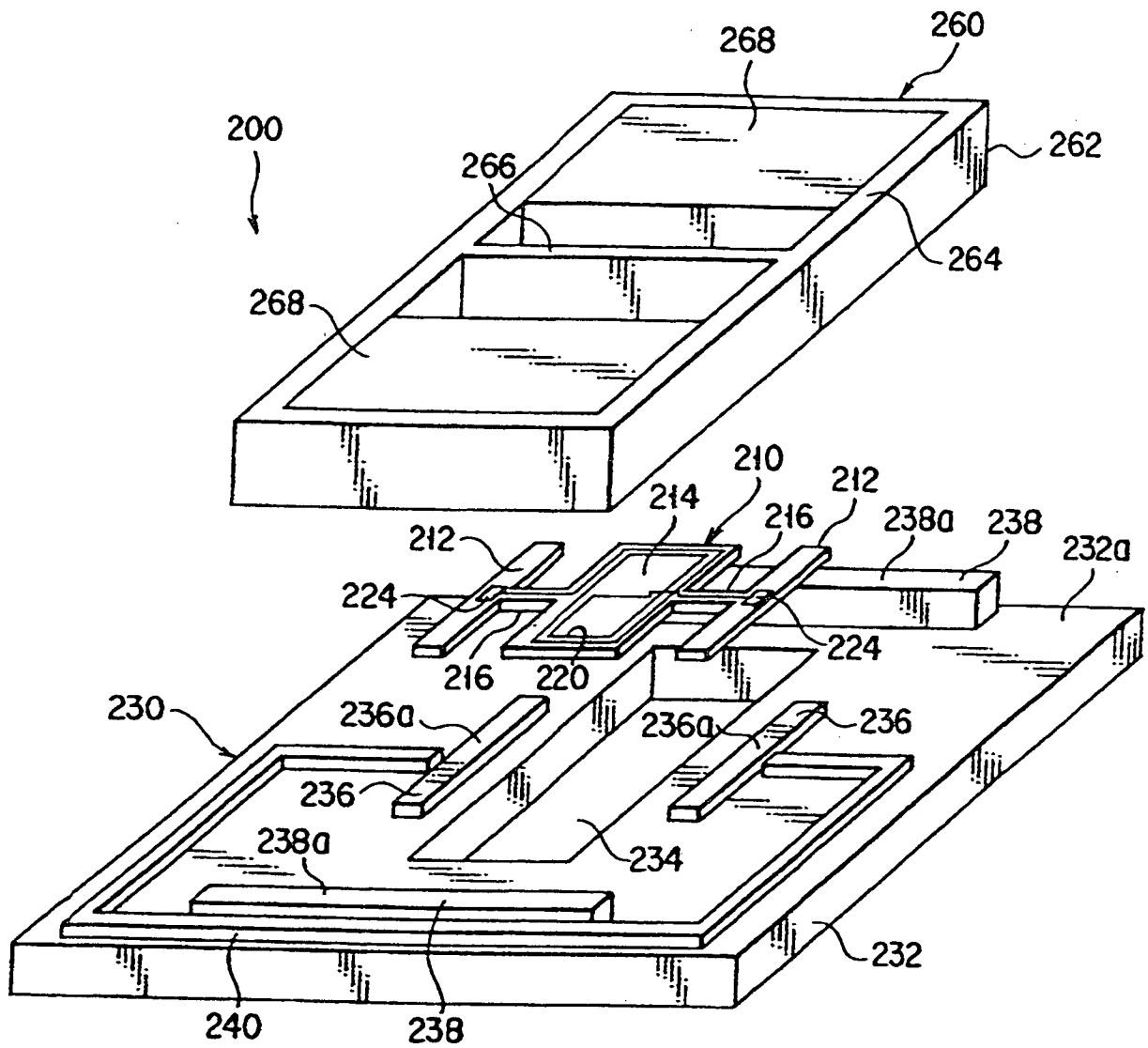


FIG. 1

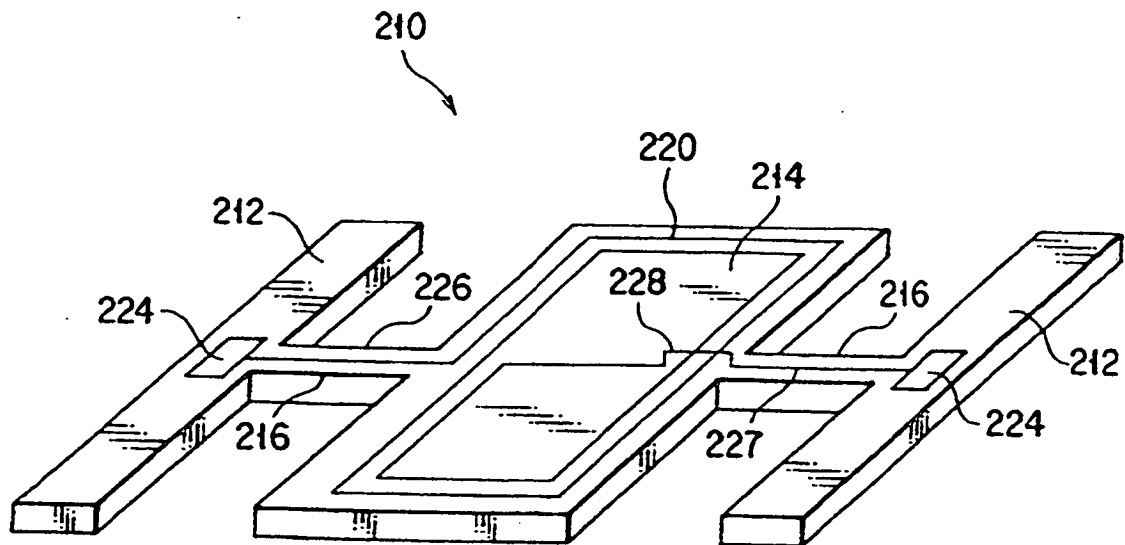


FIG. 2

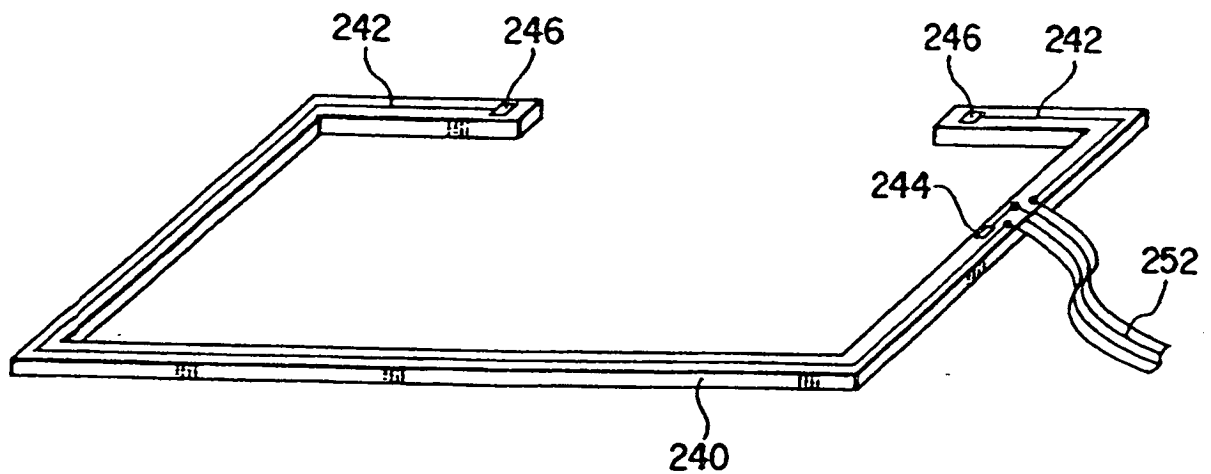


FIG. 3

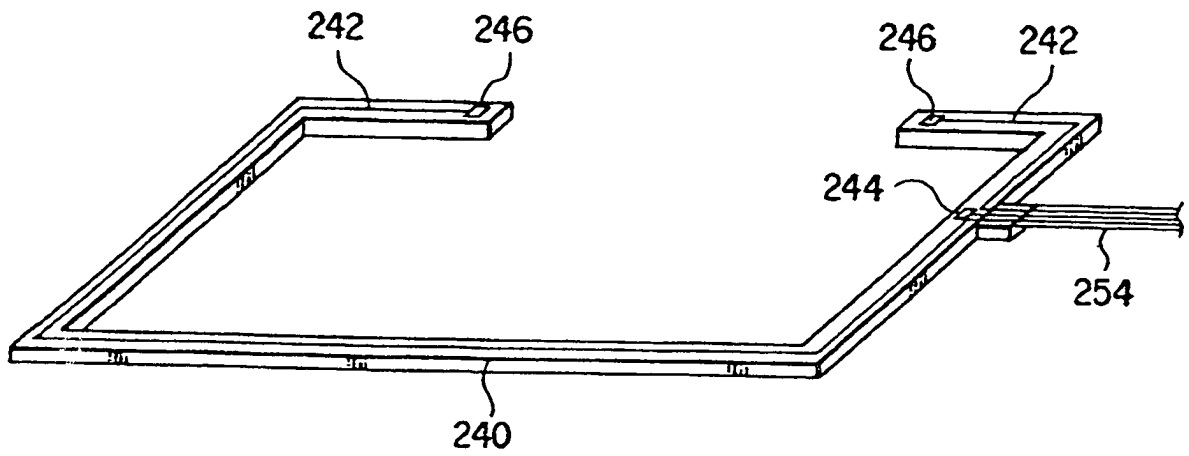


FIG. 4

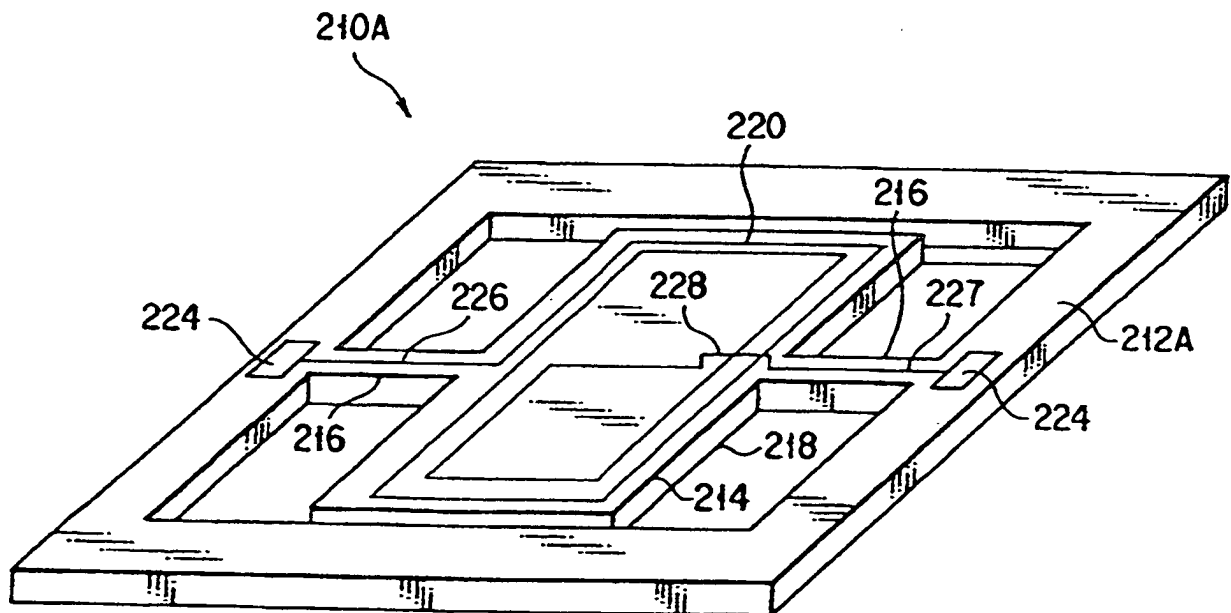


FIG. 5

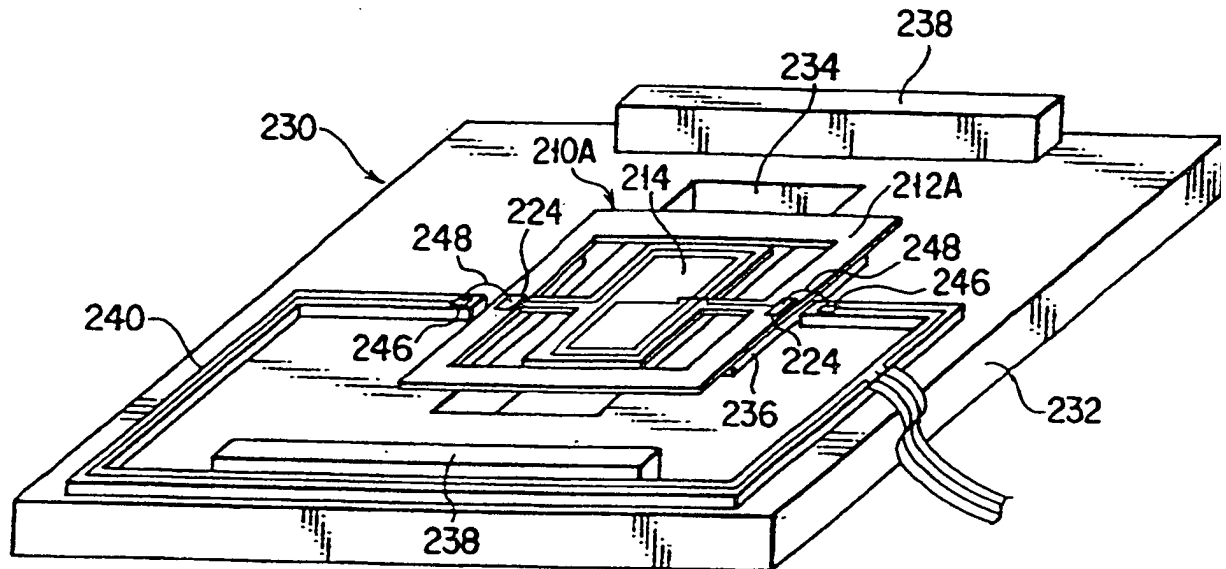


FIG. 6

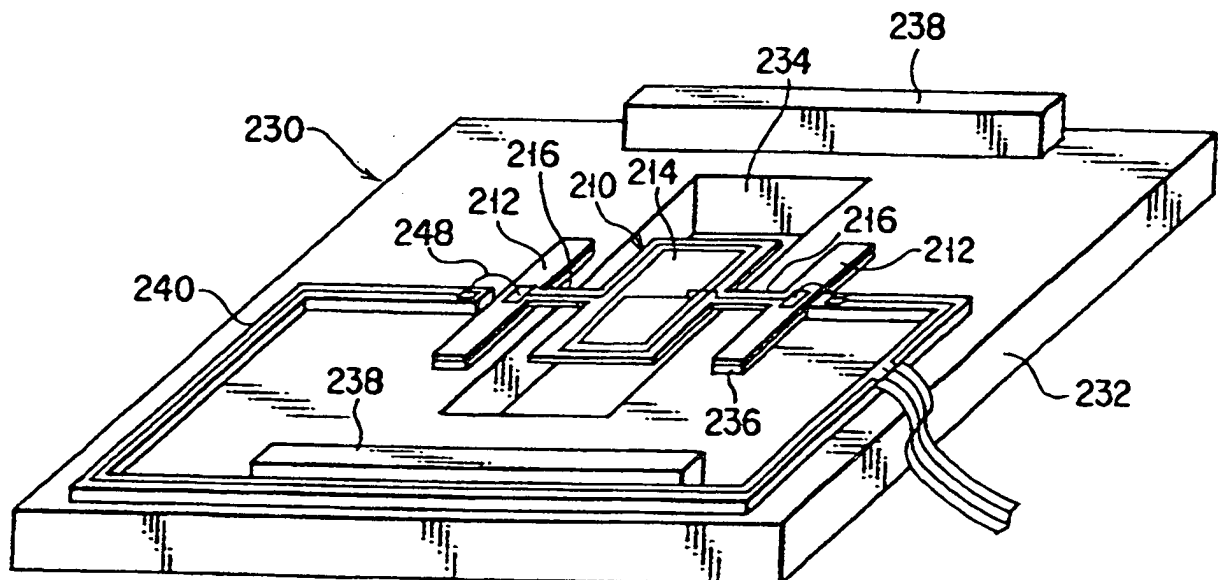


FIG. 7

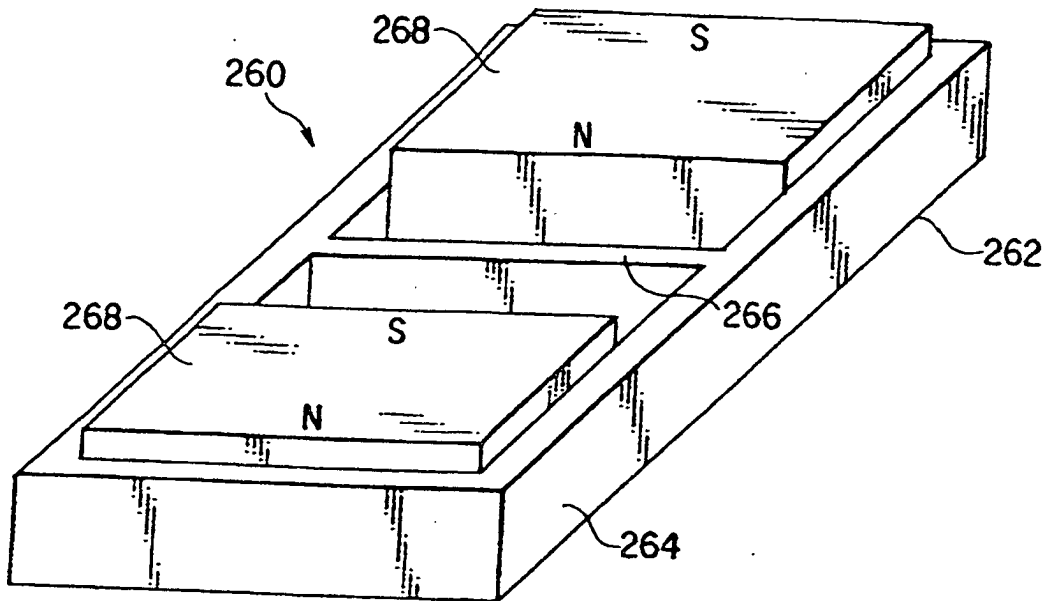


FIG. 8

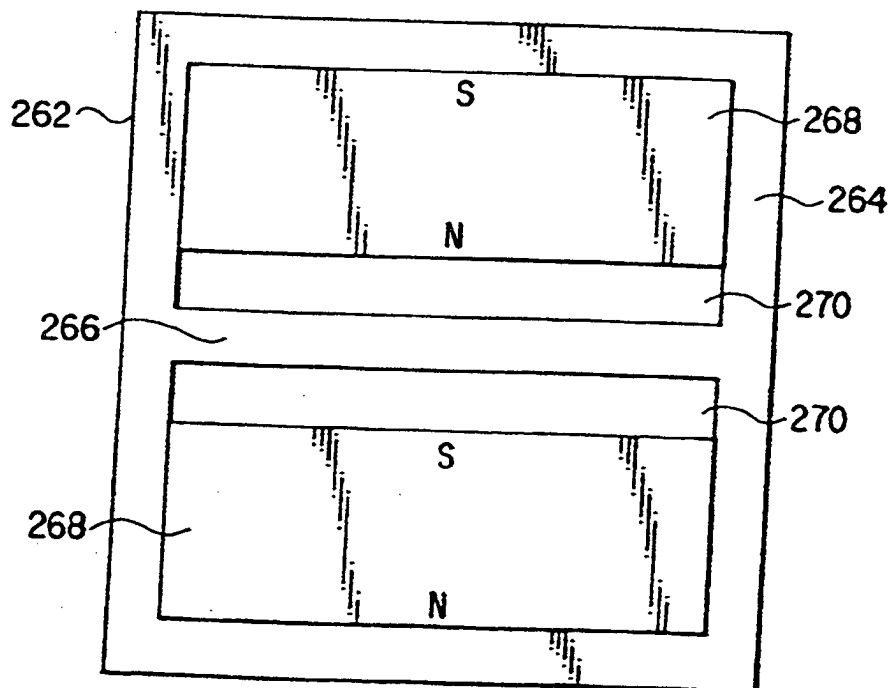
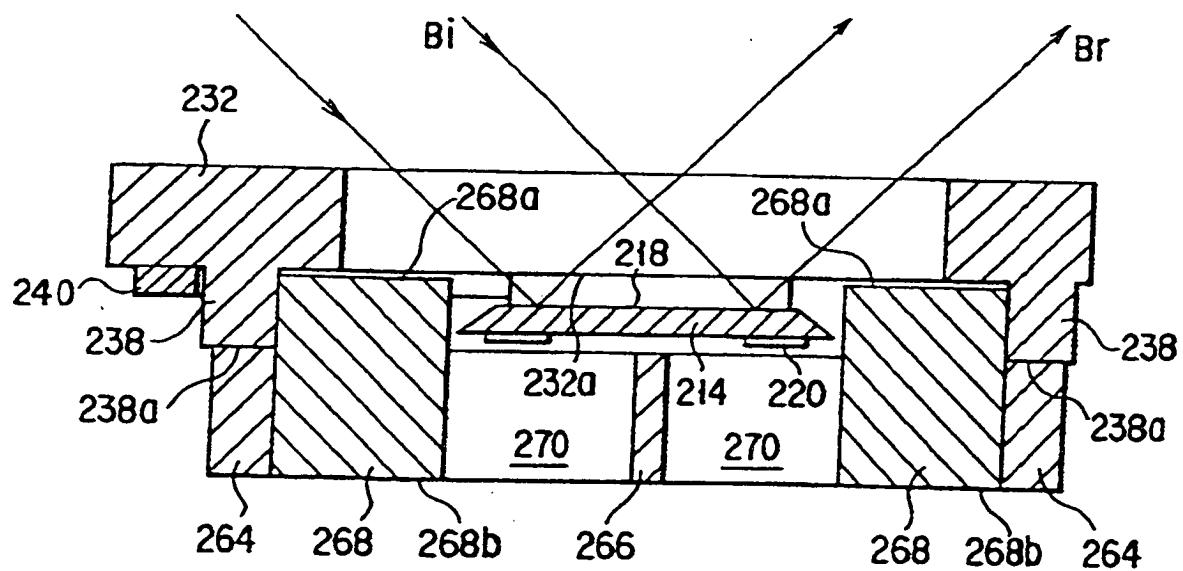
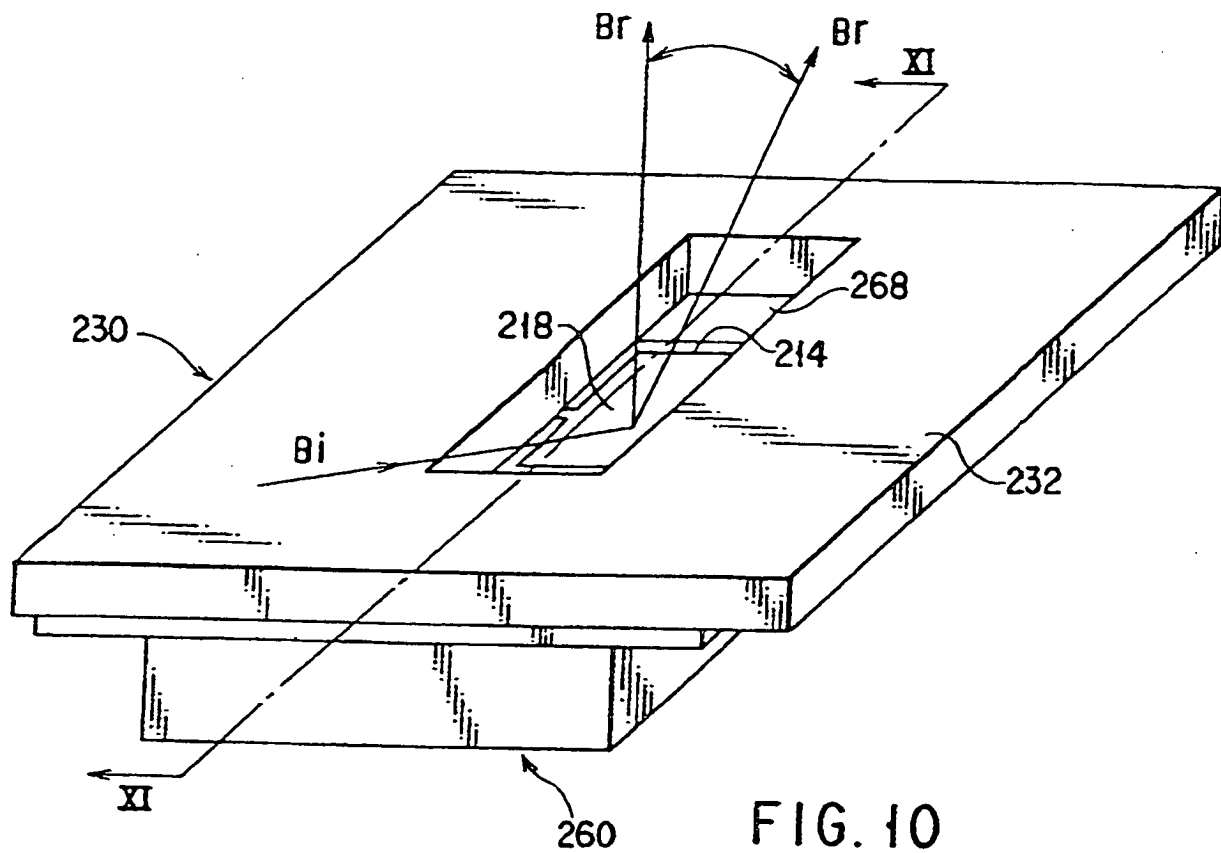


FIG. 9





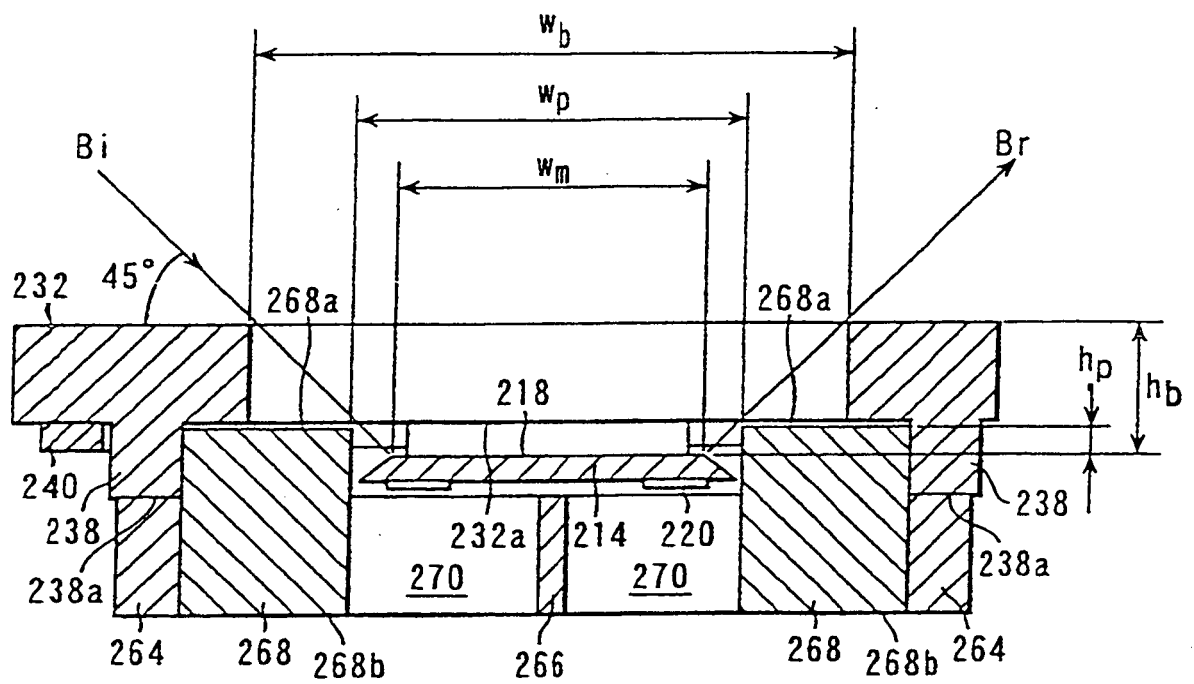


FIG. 12

