



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 13 232 T2** 2006.07.06

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 252 616 B1**

(51) Int Cl.⁸: **G09F 3/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 13 232.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR01/00322**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 904 039.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/057831**

(86) PCT-Anmeldetag: **02.02.2001**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **09.08.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **30.10.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **07.09.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.07.2006**

(30) Unionspriorität:

0001403 **04.02.2000** **FR**

0003148 **13.03.2000** **FR**

0012860 **09.10.2000** **FR**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(73) Patentinhaber:

Société Novatec S.A., Montauban, FR

(72) Erfinder:

**BOURRIERES, Francis, F-82000 Montauban, FR;
KAISER, Clement, F-82000 Montauban, FR**

(74) Vertreter:

**Patent- und Rechtsanwälte Kraus & Weisert,
80539 München**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Lesen eines Identifizierungsmittels und Identifizierungsmittel**

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 betrifft Relais. Speziell betrifft die vorliegende Erfindung magnetische Mikroverriegelungsrelais mit niedrigem Energieverbrauch sowie Verfahren für die Herstellung und den Betrieb magnetischer Mikrorelais.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Relais stellen typischerweise elektrische gesteuert Einrichtungen mit zwei Zuständen dar, die elektrische Kontakte öffnen und schließen, um den Betrieb von Einrichtungen in einer elektrischen Schaltung zu bewirken. Anders ausgedrückt, arbeiten Relais typischerweise als Schalter, welche Abschnitte einer elektrischen, optischen oder anderen Einrichtung aktivieren oder deaktivieren. Relais werden üblicherweise in zahlreichen Anwendungen eingesetzt, einschließlich Telekommunikation, Funkfrequenzkommunikation (RF-Kommunikation), tragbare Elektronikgeräte, Unterhaltungselektronik und industrielle Elektronik, Luft- und Raumfahrt, und andere Systeme.

[0003] Obwohl die ersten Relais mechanische oder Festkörpereinrichtungen waren, haben kürzliche Entwicklungen der Technologien mikroelektrischer mechanischer Systeme (MEMS) und der Mikroelektronikherstellung mikroelektrostatische und mikro-magnetische Relais ermöglicht. Derartige magnetische Mikrorelais weisen typischerweise einen Elektromagneten auf, die einen Anker mit Energie versorgen, um einen elektrischen Kontakt herzustellen oder zu unterbrechen. Wenn der Magnet nicht mit Energie versorgt wird, stellt eine Feder oder eine andere mechanische Kraft typischerweise den Anker auf eine Ruhelage zurück. Derartige Relais weisen typischerweise eine Anzahl deutlicher Nachteile auf, da sie üblicherweise nur eine einzelne stabile Ausgangsgröße aufweisen (also den Ruhezustand), und sich nicht verriegeln (also keine konstante Ausgangsgröße aufrechterhalten, wenn die Energieversorgung von dem Relais getrennt wird). Darüber hinaus kann die Feder, die bei herkömmlichen magnetischen Mikrorelais erforderlich ist, im Verlauf der Zeit ihre Eigenschaften verschlechtern oder brechen.

[0004] Ein anderes magnetisches Mikrorelais ist im US-Patent Nr. 5,847,631 beschrieben, das am 08. Dezember 1998 an Taylor et al erteilt wurde. Das in diesem Dokument geschilderte Relais weist einen Permanentmagneten und einen Elektromagneten zur Erzeugung eines Magnetfeldes auf, das intermittierend dem von dem Permanentmagneten erzeugten Feld entgegenwirkt. Obwohl dieses Relais angeblich bistabil ist, benötigt das Relais Energieverbrauch in dem Elektromagneten, um zumindest einen seiner

Ausgangszustände aufrecht zu erhalten. Weiterhin ist die zur Erzeugung des entgegengesetzten Feldes erforderliche Leistung signifikant, so dass das Relais ungeeignet zum Einsatz in der Raumfahrt, bei tragbaren Elektronikgeräten, und anderen Anwendungen wird, die einen geringen Energieverbrauch benötigen.

[0005] Daher ist ein bistabiles, verriegelndes Relais erwünscht, das keine Energie zum Halten der Zustände benötigt. Ein derartiges Relais sollte weiterhin verlässlich sein, eine einfache Konstruktion aufweisen, kostengünstig, und einfach herzustellen sein.

[0006] Das Dokument EP-A-1093141, veröffentlicht am 18.04.2001, beschreibt ein verriegelndes MEMS-Mikrorelais, welches magnetische Stellglieder verwendet. Das Dokument US-A-5475353 beschreibt eine magnetische Mikroverriegelungseinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung ist ein Relais geeignet so ausgebildet, dass es einen offenen Zustand und einen geschlossenen Zustand aufweist. Das Relais wird dadurch betätigt, dass ein Ausleger vorgesehen wird, der auf Magnetfelder reagiert, so dass der Ausleger einen ersten Zustand entsprechend dem offenen Zustand des Relais und einen zweiten Zustand entsprechend dem geschlossenen Zustand des Relais aufweist. Ein erstes Magnetfeld kann dazu vorgesehen sein, ein magnetisches Drehmoment in dem Ausleger zu induzieren, und der Ausleger kann zwischen dem ersten Zustand und dem zweiten Zustand durch ein zweites Magnetfeld umgeschaltet werden, das beispielsweise von einem Leiter erzeugt werden kann, der auf einem Substrat zusammen mit dem Relais vorgesehen ist.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGSFIGUREN

[0008] Die voranstehenden und weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden nachstehend in der folgenden, detaillierten Beschreibung beispielhafter Ausführungsformen erläutert, die zusammen mit den beigefügten Zeichnungsfiguren gelesen werden sollen, in welche gleiche Bezugszeichen zur Bezeichnung gleicher oder ähnlicher Teile in den verschiedenen Ansichten verwendet werden, und

[0009] [Fig. 1A](#) eine Seitenansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Verriegelungsrelais ist;

[0010] [Fig. 1B](#) eine Aufsicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Verriegelungsrelais ist;

[0011] [Fig. 2A](#)–H Seitenansichten sind, die ein beispielhaftes Verfahren zur Herstellung eines Verriegelungsrelais zeigen;

[0012] [Fig. 3A](#) eine Seitenansicht einer zweiten beispielhaften Ausführungsform eines Verriegelungsrelais ist;

[0013] [Fig. 3B](#) eine Aufsicht auf eine zweite beispielhafte Ausführungsform eines Verriegelungsrelais ist;

[0014] [Fig. 3C](#) eine Perspektivansicht eines beispielhaften Auslegers ist, der zum Einsatz bei der zweiten beispielhaften Ausführungsform eines Verriegelungsrelais geeignet ist;

[0015] [Fig. 4A](#) eine Seitenansicht einer dritten beispielhaften Ausführungsform eines Verriegelungsrelais ist;

[0016] [Fig. 4B](#) eine Aufsicht auf eine dritte beispielhafte Ausführungsform eines Verriegelungsrelais ist;

[0017] [Fig. 4C](#) und [Fig. 4D](#) Perspektivansichten beispielhafter Ausleger sind, die zum Einsatz bei der dritten beispielhaften Ausführungsform eines Verriegelungsrelais geeignet sind; und

[0018] [Fig. 5](#) eine Seitenansicht einer vierten beispielhaften Ausführungsform eines Verriegelungsrelais ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEISPIELHAFTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0019] Zum Zwecke der Kürze kann es sein, dass herkömmliche Elektronik, Herstellung, MEMS-Technologie und andere funktionelle Aspekte der Systeme (und Bauteile der einzelnen Betriebsbauteile der Systeme) hier nicht im einzelnen beschrieben werden. Weiterhin wird zum Zwecke der Kürze die Erfindung häufig hier so beschrieben, dass sie ein mikroelektronisch bearbeitetes Relais zum Einsatz bei elektrischen oder elektronischen Systemen betrifft. Es wird darauf hingewiesen, dass zahlreiche andere Herstellungsverfahren dazu verwendet werden könnten, die hier beschriebenen Relais zu erzeugen, und dass die hier beschriebenen Vorgehensweisen bei mechanischen Relais, optischen Relais oder jeder anderen Schalteinrichtung eingesetzt werden können. Weiterhin sind die Vorgehensweisen geeignet zum Einsatz bei elektrischen Systemen, optischen Systemen, der Unterhaltungselektronik, der Industrielektronik, bei drahtlosen Systemen, bei Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt, oder anderen Anwendungen. Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass die Beschreibungen räumlicher Verhältnisse hier nur zum Zwecke der Erläuterung erfolgen, und dass Verriegelungsrelais in der Praxis räumlich in je-

der Orientierung oder Art und Weise angeordnet sein können. Auch Arrays aus diesen Relais können dadurch ausgebildet werden, dass sie auf geeignete Arten und Weisen und mit geeigneten Einrichtungen verbunden werden.

Ein Verriegelungsrelais

[0020] Die [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) sind eine Seitenansicht bzw. Aufsicht eines Verriegelungsrelais. Wie aus den [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) hervorgeht, weist ein beispielhaftes Verriegelungsrelais **100** einen Magneten **102** auf, ein Substrat **104**, eine Isolierschicht **106**, die einen Leiter **114** aufnimmt, einen Kontakt **108**, und einen Ausleger **112**, der oberhalb des Substrats durch eine Stegschicht **110** angeordnet ist.

[0021] Der Magnet **102** ist jede Art eines Magneten, beispielsweise ein Permanentmagnet, ein Elektromagnet, oder jede andere Art eines Magneten, der ein Magnetfeld H_0 **134** erzeugen kann, wie dies nachstehend genauer erläutert wird. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Magnet **102** ein Magnet des Modells 59-P09213T001, erhältlich von der Dexter Magnetic Technologies Corporation in Fremont, Kalifornien, obwohl selbstverständlich auch andere Arten von Magneten verwendet werden könnten. Das Magnetfeld **134** kann auf jede Art und Weise erzeugt werden, so von etwa 80 Ampere-Windungen/Meter (A/m) bis 800 kA/m (ein Oersted bis 10^4 Oersted). Bei der in [Fig. 1](#) gezeigten, beispielhaften Ausführungsform kann das Magnetfeld H_0 **134** annähernd parallel zur Z-Achse erzeugt werden, und mit einer Stärke in der Größenordnung von etwa 29,6 kA/m (370 Oersted), obwohl andere Ausführungsformen andere Orientierungen und Stärken des Magnetfeldes **134** einsetzen. Bei verschiedenen Ausführungsformen kann ein einzelner Magnet **102** zusammen mit einer Anzahl an Relais **100** eingesetzt werden, die sich ein gemeinsames Substrat **104** teilen.

[0022] Das Substrat **104** ist aus jeder Art von Substratmaterial hergestellt, beispielsweise Silizium, Galliumarsenid, Glas, Kunststoff, Metall oder jedem anderen Substratmaterial. Bei verschiedenen Ausführungsformen kann das Substrat **104** mit einem Isoliermaterial (beispielsweise einem Oxid) beschichtet sein, und eingeebnet oder auf andere Art und Weise flach ausgebildet sein. Bei verschiedenen Ausführungsformen kann sich eine Anzahl an verriegelnden Relais **100** ein einzelnes Substrat **104** teilen. Alternativ können andere Einrichtungen (beispielsweise Transistoren, Dioden, oder andere elektronische Einrichtungen) auf dem Substrat **104** zusammen mit einem oder mehreren Relais **100** vorgesehen sein, unter Verwendung beispielsweise herkömmlicher Herstellungsverfahren für integrierte Schaltungen. Alternativ kann der Magnet **102** als ein Substrat verwendet werden, und können dann die zusätzlichen Bauteile, die nachstehend erläutert werden, direkt auf

dem Magneten **102** ausgebildet werden. Bei derartigen Ausführungsformen kann ein getrenntes Substrat **104** nicht erforderlich sein.

[0023] Die Isolierschicht **106** wird aus jedem Material wie beispielsweise Oxid oder einem anderen Isolator hergestellt. Bei einer beispielhaften Ausführungsform besteht die Isolierschicht aus dem Material Probimid **7510**. Die Isolierschicht **106** nimmt in geeigneter Weise den Leiter **114** auf. Der Leiter **114** ist in den [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) als einzelner Leiter dargestellt, der zwei Enden **126** und **128** aufweist, die in einem Spulenmuster angeordnet sind. Alternative Ausführungsformen des Leiters **114** verwenden einzelne oder mehrere leitende Segmente, die in irgendeinem geeigneten Muster angeordnet sind, beispielsweise einem Mäandermuster, einem Serpentinmuster, einem statistischen Muster, oder in jedem anderen Muster. Der Leiter **114** ist aus jedem Material hergestellt, welches elektrischen Strom leiten kann, beispielsweise Gold, Silber, Kupfer, Aluminium, Metall oder dergleichen. Wenn der Leiter **114** elektrischen Strom leitet, wird ein Magnetfeld um den Leiter **114** herum erzeugt, wie dies nachstehend genauer erläutert wird.

[0024] Der Ausleger **112** ist jeder Anker, Fortsatz, Kragarm oder jedes Teil, der bzw. das durch eine magnetische Kraft beeinflusst werden kann. Bei der in [Fig. 1A](#) gezeigten Ausführungsform weist der Ausleger **112** eine magnetische Schicht **118** und eine leitende Schicht **120** auf. Die magnetische Schicht **118** kann aus Permalloy (beispielsweise einer NiFe-Legierung) oder jedem anderen, magnetisch empfindlichen Material bestehen. Die leitende Schicht **120** kann aus Gold, Silber, Kupfer, Aluminium, Metall oder jedem anderen leitenden Material hergestellt sein. Bei verschiedenen Ausführungsformen weist der Ausleger **112** zwei Zustände auf, die dem entsprechen, ob das Relais **100** "offen" oder "geschlossen" ist, wie dies nachstehend genauer erläutert wird. Bei vielen Ausführungsformen wird das Relais **100** als "geschlossen" bezeichnet, wenn eine leitende Schicht **120** die Stegschicht **110** mit dem Kontakt **108** verbindet. Im Gegensatz hierzu kann das Relais als "offen" bezeichnet werden, wenn der Ausleger **112** nicht in elektrischem Kontakt mit dem Kontakt **108** steht. Da sich der Ausleger **112** körperlich in Kontakt und außer Kontakt mit bzw. von dem Kontakt **108** bewegen kann, ist bei verschiedenen Ausführungsformen des Auslegers **112** dieser flexibel, so dass sich der Ausleger **112** geeignet biegen kann. Flexibilität kann dadurch erzeugt werden, dass die Dicke des Auslegers (oder seiner verschiedenen Schichtbestandteile) variiert wird, durch Musterbildung oder Herstellung von Löchern oder Schlitten in dem Ausleger auf andere Art und Weise, oder durch Verwendung immer flexiblerer Materialien. Alternativ kann der Ausleger **112** als eine "scharnierartig angelenkte" Anordnung ausgebildet werden, beispielsweise jene,

die nachstehend im Zusammenhang mit **Fig. 3** beschrieben wird.

[0025] Obwohl sich selbstverständlich die Abmessungen des Auslegers **112** dramatisch ändern können, von Implementierung zu Implementierung, kann ein beispielhafter Ausleger **112**, der zum Einsatz in einem magnetischen Mikrorelais **100** geeignet ist, eine Länge in der Größenordnung von 10–1000 Mikrometer aufweisen, eine Dicke von 1–40 Mikrometer, und eine Breite von 2–600 Mikrometer. So kann beispielsweise ein beispielhafter Ausleger gemäß der in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsform Abmessungen von etwa 600 Mikrometer × 10 Mikrometer aufweisen, oder von 1000 Mikrometer × 600 Mikrometer × 25 Mikrometer, oder irgendwelche anderen, geeigneten Abmessungen.

[0026] Der Kontakt **108** und die Stegschicht **110** werden in geeigneter Art und Weise auf der Isolierschicht **106** aufgebracht. Bei verschiedenen Ausführungsformen lagert die Stegschicht **110** den Ausleger **112** oberhalb der Isolierschicht **106**, wobei ein Spalt **116** geschaffen wird, der sich unter Vakuum befinden kann, oder mit Luft oder einem anderen Gas oder einer Flüssigkeit wie beispielsweise Öl gefüllt werden kann. Obwohl sich die Größe des Spaltes **116** stark bei unterschiedlichen Implementierungen ändert, kann ein beispielhafter Spalt **116** in der Größenordnung von 1–100 Mikrometer liegen, beispielsweise etwa 20 Mikrometer. Der Kontakt **108** kann den Ausleger **112** empfangen, wenn sich das Relais **100** im geschlossenen Zustand befindet, wie nachstehend geschildert. Der Kontakt **108** und die Stegschicht **110** können aus jedem leitenden Material hergestellt sein, beispielsweise Gold, eine Goldlegierung, Silber, Kupfer, Aluminium, Metall oder dergleichen. Bei verschiedenen Ausführungsformen werden der Kontakt **108** und die Stegschicht **110** aus gleichen leitenden Materialien hergestellt, und wird das Relais als "geschlossen" angesehen, wenn der Ausleger **112** eine Schaltung zwischen der Stegschicht **110** und dem Kontakt **108** schließt. Andere Ausführungsformen verwenden unterschiedliche Ausbildungen des Kontakts **108** und der Stegschicht **110**, beispielsweise jene, die nachstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 3** und **4** erläutert werden. Bei bestimmten Ausführungsformen, bei welchen der Ausleger **112** keinen elektrischen Strom leitet, kann die Stegschicht **110** aus einem nicht leitenden Material hergestellt sein, beispielsweise aus Probimid-Material, Oxid, oder jedem anderen Material. Alternativ kann bei alternativen Ausführungsformen die Stegschicht **110** nicht erforderlich sein, falls der Ausleger **112** auf andere Art und Weise oberhalb der Isolierschicht **106** gelagert wird.

Arbeitsprinzip

[0027] Bei einem breiten Aspekt der Erfindung er-

zeugt der Magnet **102** ein Magnetfeld H_0 **134**, das eine Magnetisierung (m) im Ausleger **112** induziert.

[0028] Die Magnetisierung erzeugt auf geeignete Art und Weise ein Drehmoment, das auf den Ausleger **112** einwirkt, und den Ausleger **112** zum Kontakt **108** oder weg vom Kontakt **108** zwingt, abhängig von der Richtung der Magnetisierung, wodurch das Relais **100** in einen offenen oder geschlossenen Zustand versetzt wird. Die Richtung der Magnetisierung im Ausleger **112** kann durch ein zweites Magnetfeld eingestellt werden, das vom Leiter **114** in geeigneter Art und Weise erzeugt wird, wie dies nachstehend genauer erläutert wird.

[0029] Wie ebenfalls aus den [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) hervorgeht, kann das Magnetfeld H_0 **134** durch den Magneten **102** hauptsächlich in Richtung parallel zur Z-Achse angelegt werden, so dass das Feld senkrecht zur primären Abmessung (beispielsweise der Länge) des Auslegers **112** verläuft. Das Magnetfeld **134** induziert in geeigneter Weise eine Magnetisierung im Ausleger **112**, der aus weich magnetischem Material bestehen kann. Infolge der Geometrie des Auslegers **112** richtet sich die Magnetisierung im Ausleger **112** geeignet entlang der Längsachse des Auslegers aus, welche die Länge des Auslegers **112** (parallel zur X-Achse) in [Fig. 1](#) ist.

[0030] Die Orientierung der Magnetisierung im Ausleger **112** hängt geeignet von dem Winkel (Alpha) zwischen dem angelegten Magnetfeld **134** und der Längsachse des Auslegers **112** ab. Im Einzelnen zeigt, wenn der Winkel (Alpha) kleiner ist als 90 Grad, das magnetische Moment (m) im Ausleger **112** vom Ende **130** des Auslegers **112** zum Ende **132**. Die Wechselwirkung zwischen dem magnetischen Moment und dem Magnetfeld H_0 **134** erzeugt daher ein Drehmoment in Gegenuhrzeigerrichtung um das Ende **130** des Auslegers **112**, welches das Ende **132** nach oben bewegt, in geeigneter Art und Weise, wodurch die Schaltung zwischen der Stegschicht **110** und dem Kontakt **108** unterbrochen wird. Im Gegensatz hierzu zeigt, wenn der Winkel (Alpha) größer ist als 90 Grad, das magnetische Moment (m) im Ausleger **112** vom Ende **132** zum Ende **130**, wodurch ein Drehmoment in Uhrzeigerrichtung um das Ende **130** erzeugt wird. Das Drehmoment im Uhrzeigersinn bewegt das Ende **132** nach unten, um die Schaltung zwischen der Stegschicht **110** und dem Kontakt **108** zu schließen. Da sich die Magnetisierung (m) des Auslegers **112** nicht ändert, es sei denn, es änderte sich der Winkel (Alpha) zwischen der Längsachse des Auslegers **112** und dem angelegten Magnetfeld **134**, bleibt das angelegte Drehmoment bestehen, bis eine externe Störung einwirkt. Das elastische Drehmoment des Auslegers oder ein Anschlag (beispielsweise der Kontakt) gleicht das angelegte magnetische Drehmoment aus, und daher weist das Relais **100** zwei stabile Zustände entsprechend der Auf-

wärts- bzw. der Abwärtsposition des Auslegers **112** auf (und daher entsprechend dem offenen bzw. geschlossenen Zustand des Relais **100**).

[0031] Das Schalten wird durch jedes geeignete Schaltverfahren erzielt. Bei einer beispielhaften Ausführungsform wird das Schalten dadurch erreicht, dass ein zweites Magnetfeld erzeugt wird, das eine Komponente entlang der Längsachse des Auslegers **112** aufweist, und das stark genug ist, um die Magnetisierung (m) des Auslegers **112** zu beeinflussen. Bei der in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsform ist die relevante Komponente des zweiten Magnetfeldes die Komponente des Feldes entlang der X-Achse. Da die Stärke des zweiten Magnetfeldes entlang der Längsachse des Auslegers **112** hauptsächlich von Interesse ist, ist die Gesamtstärke des zweiten Magnetfeldes typischerweise signifikant niedriger als die Stärke des Magnetfeldes **134** (obwohl selbstverständlich Felder jeder Stärke in verschiedenen Ausführungsformen eingesetzt werden könnten). Ein beispielhaftes, zweites Magnetfeld kann in der Größenordnung von 1,6 kA/m (20 Oersted) liegen, obwohl selbstverständlich stärkere oder schwächere Felder bei anderen Ausführungsformen eingesetzt werden könnten.

[0032] Das zweite Magnetfeld kann beispielsweise durch einen Magneten erzeugt werden, beispielsweise einen elektronisch gesteuerten Elektromagneten. Alternativ kann das zweite Magnetfeld durch Hindurchleiten eines Stroms durch den Leiter **114** erzeugt werden. Wenn Strom durch den Leiter **114** hindurchgeht, wird ein Magnetfeld entsprechend einer "Dreifingerregel" erzeugt. So erzeugt beispielsweise ein Strom, der vom Punkt **126** zum Punkt **128** auf dem Leiter **114** ([Fig. 1B](#)) fließt, typischerweise ein Magnetfeld "in" das Zentrum der dargestellten Spule, entsprechend den Feldpfeilen **122** in [Fig. 1A](#). Im Gegensatz hierzu erzeugt ein vom Punkt **128** zum Punkt **126** in [Fig. 1](#) fließender Strom ein Magnetfeld, welches "aus" dem Zentrum der dargestellten Spule fließt, entsprechend den gestrichelten Feldpfeilen **124** in [Fig. 1A](#). Das Magnetfeld kann eine Schleife um den Leiter **114** bilden, auf eine Art und Weise, die ebenfalls in [Fig. 1A](#) gezeigt ist, so dass eine horizontale (X) Komponente des Magnetfeldes auf den Ausleger **112** einwirkt.

[0033] Durch Ändern der Richtung des Stroms oder Stromimpulses, der im Leiter **114** fließt, kann dann die Richtung des zweiten Magnetfeldes je nach Wunsch geändert werden. Durch Ändern der Richtung des zweiten Magnetfeldes kann die Magnetisierung des Auslegers **112** beeinflusst werden, und kann das Relais **100** geeignet offen oder geschlossen geschaltet werden. Liegt beispielsweise das zweite Magnetfeld in Richtung der Feldpfeile **122**, so zeigt die Magnetisierung des Auslegers **112** zum Ende **130** hin. Diese Magnetisierung erzeugt ein Drehmoment im Uhrzeigersinn um das Ende **130**,

welches den Ausleger **112** in einen Zustand "abwärts" versetzt, der geeignet das Relais **100** schließt. Im Gegensatz hierzu zeigt, wenn das zweite Magnetfeld in Richtung der gestrichelten Feldpfeile **124** liegt, die Magnetisierung des Auslegers **112** zum Ende **132** hin, und wird ein Drehmoment im Gegenuhrzeigersinn erzeugt, welches den Ausleger **112** in einen Zustand "aufwärts" versetzt, der geeignet das Relais **100** öffnet. Der Zustand "aufwärts" oder "abwärts" des Auslegers **112** (und daher der Zustand "offen" oder "geschlossen" des Relais **100**) kann daher durch Steuern des Stroms eingestellt werden, der durch den Leiter **114** fließt. Da die Magnetisierung des Auslegers **112** ohne äußere Störungen konstant bleibt, kann das zweite Magnetfeld in Form von "Impulsen" oder auf andere Art und Weise intermittierend angelegt werden, wie dies erforderlich ist, um das Relais zu schalten. Wenn das Relais keine Änderung des Zustands erfordert, kann die Energieversorgung für den Leiter **114** abgeschaltet werden, wodurch ein bistabiles, verriegelndes Relais **100** geschaffen wird, ohne Energieverbrauch in Ruhezuständen. Ein derartiges Relais ist gut geeignet für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt, bei tragbaren Elektronikgeräten, und dergleichen.

Herstellung eines verriegelnden Relais

[0034] Fig. 2 enthält eine Anzahl an Seitenansichten, die ein beispielhaftes Verfahren zur Herstellung eines verriegelnden Relais **100** zeigen. Es wird darauf hingewiesen, dass der hier geschilderte Prozess nur als ein Beispiel für eines der zahlreichen Verfahren dient, die zur Herstellung eines verriegelnden Relais **100** eingesetzt werden könnten.

[0035] Ein beispielhafter Herstellungsprozess beginnt geeignet durch Bereitstellung eines Substrats **102**, welches eine wahlweise Isolierschicht benötigen kann. Wie voranstehend erwähnt, kann jedes Substratmaterial dazu verwendet werden, ein verriegelndes Relais **100** zu erzeugen, so dass die Isolierschicht beispielsweise dann nicht erforderlich ist, wenn ein isolierendes Substrat verwendet wird. Bei Ausführungsformen, welche eine Isolierschicht enthalten, kann die Schicht eine Schicht aus Siliziumdioxid (SiO_2) oder einem anderen Isoliermaterial sein, die eine Dicke in der Größenordnung von 100 nm (1000 Angström) aufweist. Wiederum können das als Isoliermaterial ausgewählte Material und die Dicke der Schicht in Abhängigkeit von der speziellen Implementierung verschieden sein.

[0036] Wie in Fig. 1A gezeigt, wird der Leiter **114** in geeigneter Art und Weise auf dem Substrat **104** ausgebildet. Der Leiter **114** kann durch jedes Verfahren wie Ablagerung (beispielsweise Elektronenstrahlablagerung), Verdampfung, Plattieren mit und ohne Strom, oder dergleichen hergestellt werden. Bei verschiedenen Ausführungsformen wird der Leiter **114**

mit einem Spulenmuster ausgebildet, ähnlich jenem, das in Fig. 1 gezeigt ist. Alternativ wird der Leiter **114** mit einem Muster in Form einer Linie, einer Serpentine, eines Kreises, eines Mäanders, oder in Form eines statistischen Musters hergestellt. Eine Isolierschicht **106** kann durch Schleudern oder auf andere Art und Weise auf das Substrat **104** und den Leiter **114** aufgebracht werden, wie in Fig. 2B gezeigt. Die Isolierschicht **106** kann als eine Schicht aus Photoresist, Siliziumdioxid, Materialprobimid-7510, oder jedem anderen Isoliermaterial aufgebracht werden, welches die oberen Einrichtungen elektrisch isolieren kann. Bei verschiedenen Ausführungsformen wird die Oberfläche des Isoliermaterials durch jedes Verfahren eingeebnet, beispielsweise chemisch-mechanisches Einebnen (CMP).

[0037] Kontaktanschlussflächen **108** und **110** können auf der Isolierschicht **106** durch jedes Verfahren wie Photolithografie, Ätzen oder dergleichen ausgebildet werden (Fig. 2C). Die Anschlussflächen **108** und **110** können dadurch ausgebildet werden, dass eine oder mehrere Schichten aus leitfähigem Material auf der Isolierschicht **106** abgelagert werden, und dann die Anschlussflächen beispielsweise durch Nassätzen mit einem Muster versehen werden. Bei einer beispielhaften Ausführungsform weisen die Anschlussflächen **108** und **110** geeignet eine erste Schicht aus Chrom (zur Verbesserung der Haftung an der Isolierschicht **106**) und eine zweite Schicht aus Gold, Silber, Kupfer, Aluminium, oder einem anderen leitenden Material auf. Zusätzliche Metallschichten können den Kontakten hinzugefügt werden, durch Plattierungsverfahren mit und ohne Strom, um die Verlässlichkeit der Kontakte zu verbessern, und den Widerstand zu verringern.

[0038] Wie in Fig. 2D gezeigt, können die Kontaktanschlussflächen **108** und **110** geeignet mit einer Schicht aus Photoresist, Aluminium, Kupfer, oder einem anderen Material zur Ausbildung einer Opferschicht **202** abgedeckt werden. Eine Öffnung **106** in der Opferschicht **202** über den Ausleger-Basisbereichen kann durch Photolithografie, Ätzen oder einen anderen Prozess festgelegt werden. Der Ausleger **106** kann durch Ablagern, Sputtern, oder Anordnen auf andere Art und Weise einer oder mehrerer Schichten eines Materials oben auf der Opferschicht **202**, die sich über die Öffnung **206** erstrecken, wie in Fig. 2E gezeigt, hergestellt werden. Bei einer beispielhaften Ausführungsform kann eine Basissschicht **204** aus Chrom oder einem anderen Material auf der Opferschicht **202** zur Verbesserung der Haftung angeordnet werden, und können eine oder mehrere leitfähige Schichten **120** ebenfalls ausgebildet werden. Die Schichten **204** und **120** können beispielsweise durch Ablagerung, an welche sich chemisches oder mechanisches Ätzen anschließt, ausgebildet werden. Die Schicht **120** kann dadurch verdickt werden, dass eine andere Leiterschicht (beispielsweise aus

Gold, einer Goldlegierung, usw.) durch Plattierungsverfahren mit oder ohne Strom hinzugefügt wird. Der Ausleger **112** wird weiterhin dadurch ausgebildet, dass durch Plattieren mit Strom oder Anbringen auf andere Art und Weise eine Schicht **118** aus Permalloy (beispielsweise NiFe-Permalloy) oben auf der leitenden Schicht **120** ausgebildet wird, wie in [Fig. 2F](#) gezeigt. Die Dicke der Permalloy-Schicht **118** kann dadurch gesteuert werden, dass der Strom und die Zeit beim Plattieren mit Strom geändert werden. Plattieren mit Strom bei 0,02 Ampere pro Quadratzentimeter für einen Zeitraum von 60 Minuten, zum Beispiel, kann zu einer beispielhaften Permalloy-Schichtdicke von etwa 20 Mikrometer führen. Bei verschiedenen Ausführungsformen kann eine zusätzliche Permalloy-Schicht **306** (gezeigt in [Fig. 3](#)) durch Plattieren unter Strom auf der Oberseite des Auslegers **112** ausgebildet werden, um das Reaktionsvermögen des Auslegers **112** gegenüber Magnetfeldern zu erhöhen.

[0039] Wie aus [Fig. 2G](#) hervorgeht, kann die Opferschicht **206** entfernt werden, beispielsweise durch nasses oder trockenes Ätzen (beispielsweise Sauerstoffplasma), um den Spalt **116** zwischen dem Ausleger **112** und der Isolierschicht **106** zu erzeugen. Bei verschiedenen Ausführungsformen wird die Haftschiicht **204** geeignet durch mikromechanisches Ätzen oder eine andere Vorgehensweise entfernt, um das Relais **100** ([Fig. 2H](#)) auszubilden. Das Relais **100** kann dann geschnitten werden, mit dem Magneten **102** (gezeigt in [Fig. 1](#)) versehen werden, oder je nach Erfordernis auf andere Art und Weise bearbeitet werden. Es wird darauf hingewiesen, dass der Permanentmagnet **102** auch direkt auf dem Substrat hergestellt werden kann, oben auf dem Ausleger, oder dass die Spule und der Ausleger direkt auf einem Permanentmagnetsubstrat hergestellt werden können.

Alternative Ausführungsformen verriegelnder Relais

[0040] Die [Fig. 3](#) und [4](#) zeigen alternative Ausführungsformen von Verriegelungsrelais **100**. Die [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) zeigen eine Seitenansicht bzw. Aufsicht einer alternativen Ausführungsform eines verriegelnden Relais, das einen um ein Scharnier drehbaren Ausleger **112** aufweist. Die Perspektive der [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) ist um 90 Grad in der X-Y-Ebene gegenüber der in den [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigten Perspektive gedreht, um die Einzelheiten des um ein Scharnier drehbaren Auslegers besser zu zeigen. Wie in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) gezeigt, weist ein um ein Scharnier drehbarer Ausleger **112** geeignet einen Strang oder mehrere Stränge **302** und **304** auf, die ein magnetisch empfindliches Teil **306** oberhalb der Isolierschicht **106** lagern. Das Teil **306** kann relativ dick (in der Größenordnung von etwa 50 Mikrometer) im Vergleich zu den Strängen **302** und **304** sein, die aus leitendem Material beste-

hen können. Wie bei den Relais **100**, die voranstehend im Zusammenhang mit [Fig. 1](#) erläutert wurden, können Relais **100** mit um ein Scharnier drehbaren Auslegern auf Magnetfelder reagieren, beispielsweise jene, die durch den Magneten **104** und den Leiter **114** erzeugt werden. Bei verschiedenen Ausführungsformen steht ein Strang, oder stehen beide Stränge **302** und **304**, in elektrischer Verbindung mit der Kontaktanschlussfläche **108**, wenn sich das Relais in einem "geschlossenen" Zustand befindet. Selbstverständlich kann jede Anzahl an Strängen verwendet werden. So kann beispielsweise ein einzelner Strang so hergestellt werden, dass er das Gesamtgewicht des Teils **306** lagert. Darüber hinaus können die Stränge an jedem Punkt auf dem Teil **306** angeordnet sein. Obwohl [Fig. 3](#) die Stränge **302** und **304** in der Nähe des Zentrums des Teils **306** zeigt, können die Stränge in der Nähe des Endes des Teils **306** zum Kontakt **108** hin angeordnet sein, um das Drehmoment zu erhöhen, das von dem Magneten **102** erzeugt wird, zum Beispiel.

[0041] [Fig. 3C](#) ist eine Perspektivansicht eines beispielhaften Auslegers **112**, der zur Verwendung bei den in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) gezeigten Ausführungsformen geeignet ist. Der Ausleger **112** weist geeignet das Teil **306** auf, das mit der leitenden Schicht **120** verbunden ist. Löcher **310** und/oder **312** können in der leitenden Schicht **120** vorgesehen sein, um die Flexibilität des Auslegers **112** zu verbessern, und wahlweise können Kontakthöcker **308** auf der Oberfläche der leitenden Schicht **120** so vorgesehen sein, dass sie in Kontakt mit dem Kontakt **108** gelangen. Die Stränge **302** und **304** (in [Fig. 3C](#) nicht gezeigt) können auf dem Ausleger **112** je nach Erfordernis an jedem Ort (beispielsweise im Zentrum der leitenden Schicht **120** oder an beiden Enden der leitenden Schicht **120**) befestigt oder auf andere Art und Weise hergestellt sein. Alternativ können die Stränge aus nicht leitenden Materialien bestehen, und kann der Ausleger **112** einen leitenden Weg zwischen zwei getrennten Leitern zur Verfügung stellen, die gleichzeitig von dem Ausleger im geschlossenen Zustand berührt werden, wie dies nachstehend erläutert wird.

[0042] Die [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) sind eine Seitenansicht bzw. Aufsicht einer alternativen Ausführungsform eines verriegelnden Relais **100**. Wie dort gezeigt, können verschiedene Ausführungsformen des Auslegers **112** nicht direkt elektrischen Strom von der Stegschicht **110** zum Kontakt **108** leiten. Bei derartigen Ausführungsformen kann ein leitendes Element **402** am Ausleger **112** angebracht sein, um auf geeignete Weise einen elektrischen Kontakt zwischen Kontakten **108** und **408** bereitzustellen, wenn sich das Relais **100** im "geschlossenen" Zustand befindet. Die [Fig. 4C](#) und [Fig. 4D](#) sind Perspektivansichten alternativer, beispielhafter Ausführungsformen des Auslegers **112**. Bei derartigen Ausführungsformen kann der Ausleger **112** einen magnetisch empfindli-

chen Abschnitt **118** getrennt von einem leitenden Abschnitt **402** durch eine Isolierschicht **410** aufweisen, die beispielsweise ein dielektrischer Isolator sein kann. Wahlweise Kontakthöcker **308** können ebenfalls, wie dargestellt, auf dem leitenden Abschnitt **402** vorgesehen sein. Wenn sich der Ausleger **112** in einem Zustand entsprechend dem "geschlossenen" Zustand des Relais **100** befindet, kann Strom dem Weg folgen, der durch Pfeile **412** dargestellt ist, zwischen den Kontaktanschlussflächen **108** und **408**, in geeigneter Art und Weise.

[0043] **Fig. 5** ist eine Seitenansicht einer alternativen, beispielhaften Ausführungsform des Relais **100**. Wie in **Fig. 5** gezeigt, kann ein Relais **100** einen Magneten **102**, ein Substrat **104** und einen Ausleger **112** wie voranstehend geschildert aufweisen (beispielsweise im Zusammenhang mit **Fig. 1**). Anstelle des Leiters **114** (oder zusätzlich zu diesem), der auf dem Substrat **104** vorgesehen ist, kann jedoch, wie gezeigt, der Leiter **114** auf einem zweiten Substrat **504** ausgebildet werden. Das zweite Substrat **504** kann jede Art von Substrat sein, beispielsweise Kunststoff, Glas, Silizium, oder dergleichen. Wie bei den voranstehend geschilderten Ausführungsformen kann der Leiter **114** je nach Erfordernis mit einer Isolierschicht **506** beschichtet sein. Zur Erzeugung eines Relais **100** können die verschiedenen Bauteile auf Substraten **104** und **504** ausgebildet werden, und können dann in geeigneter Art und Weise die Substrate ausgerichtet und positioniert werden. Die beiden Substrate **104** und **504** (und die verschiedenen, darauf vorgesehenen Bauteile) können voneinander durch Abstandsstücke wie beispielsweise Abstandsstücke **510** und **512** in **Fig. 5** getrennt sein, die aus jedem Material hergestellt sein können.

[0044] Wie ebenfalls aus **Fig. 5** hervorgeht, kann der Kontakt **108** auf der Isolierschicht **106** vorgesehen sein, wie voranstehend geschildert. Alternativ kann der Kontakt **508** auf dem zweiten Substrat **504** vorgesehen sein, wie in **Fig. 5** gezeigt (selbstverständlich kann der Ausleger **112** so hergestellt sein, dass ein leitender Abschnitt des Auslegers **112** in Kontakt mit dem Kontakt **508** gelangt). Bei anderen Ausführungsformen können sowohl Kontakte **108** als auch **508** vorgesehen sein, so dass sich das Relais **100** in einem ersten Zustand befindet, wenn der Ausleger **112** in Kontakt mit dem Kontakt **108** steht, in einem zweiten Zustand, wenn der Ausleger **112** in Kontakt mit dem Kontakt **508** steht, und/oder einem dritten Zustand, wenn der Ausleger **112** weder mit dem Kontakt **108** noch mit dem Kontakt **508** in Kontakt steht. Selbstverständlich kann das allgemeine Layout des Relais **100**, dargestellt in **Fig. 5**, mit jedem der Verfahren und der Layouts kombiniert werden, die voranstehend beschrieben wurden, um neue Ausführungsform des Relais **100** zu schaffen.

[0045] Es wird darauf hingewiesen, dass zahlreiche

andere Ausführungsformen hergestellt werden können, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen. So kann beispielsweise dadurch ein Umschaltrelais geschaffen werden, das ein zusätzlicher Kontakt **108** vorgesehen wird, der in Kontakt mit dem Ausleger **112** gelangt, wenn sich der Ausleger in seinem geöffneten Zustand befindet. Entsprechend können verschiedene Topografien und Geometrien des Relais **100** dadurch erzeugt werden, dass das Layout der verschiedenen Bauteile variiert wird (beispielsweise der Anschlussflächen **108** und **110** und des Auslegers **112**).

[0046] Der Umfang der Erfindung soll durch die beigefügten Patentansprüche anstatt durch die voranstehend gegebenen Beispiele bestimmt werden.

Patentansprüche

1. Magnetische Mikro-Verriegelungseinrichtung (**100**), mit einem Substrat (**104**), einem von dem Substrat gelagerten beweglichen Element (**112**) mit einer Längsachse, und einem ersten Permanentmagneten (**102**), der ein erstes Magnetfeld (**134**) produziert, das eine Magnetisierung in dem magnetischen Material induziert; **dadurch gekennzeichnet**, dass das bewegliche Element aus einem magnetischen Material gemacht ist und die Magnetisierung einen Magnetisierungsvektor hat, der entlang der Längsachse des beweglichen Elements zeigt, wobei das erste Magnetfeld (**134**) ungefähr rechtwinklig zu der Längsachse ist, und weiter gekennzeichnet durch einen Leiter (**114**), der eine Spule aufweist, die ein zweites Magnetfeld (**122**, **124**) produziert, um das bewegliche Element zwischen zwei stabilen Umständen umzuschalten, wobei ein temporärer Strom durch den Leiter das zweite Magnetfeld so produziert, dass eine Komponente des zweiten Magnetfelds parallel zu der Längsachse die Richtung des Magnetisierungsvektors verändert, um so das bewegliche Element (**112**) zwischen den beiden stabilen Zuständen umzuschalten.

2. Verriegelungseinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher das bewegliche Element (**112**) durch eine von dem Substrat (**104**) gelagerte Stegschicht (**110**) gelagert ist.

3. Verriegelungseinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher das bewegliche Element (**112**) mittels eines von dem Substrat gelagerten Scharniers gelagert ist.

4. Verriegelungseinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher der Leiter (**114**) einen Elektromagneten aufweist.

5. Verriegelungseinrichtung nach Anspruch 4, bei welcher der Elektromagnet eine Spule aufweist.

6. Verriegelungseinrichtung nach Anspruch 5, bei

welcher die Spule auf dem Substrat ausgebildet ist.

Scharniers gelagerter Ausleger ist.

7. Verriegelungseinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher das bewegliche Element (**112**) einen mittels eines Scharniers an dem Substrat (**104**) gelagerten Ausleger aufweist.

8. Verriegelungseinrichtung nach Anspruch 7, bei welcher das Scharnier den Ausleger ungefähr in der Mitte entlang seiner Längsachse lagert.

9. Verriegelungseinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher das bewegliche Element (**112**) sich auf einer ersten Seite des Substrats (**104**) befindet und der erste Magnet (**102**) auf einer zweiten Seite des Substrats.

10. Verriegelungseinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher das magnetische Material ein hochpermeables Material aufweist.

11. Verriegelungseinrichtung nach Anspruch 10, bei welcher das hochpermeable Material ein Permalloy aufweist.

12. Verfahren zum Betätigen einer magnetischen Mikro-Verriegelungseinrichtung (**100**) mit den folgenden Schritten:

Vorsehen eines beweglichen Elements (**112**), das mittels eines Substrats (**104**) gelagert ist, mit einem magnetischen Material und einer Längsachse, Produzieren eines ersten Magnetfelds (**134**) mit einem ersten Permanentmagneten (**102**), der dadurch eine Magnetisierung in dem magnetischen Material induziert, wobei die Magnetisierung gekennzeichnet ist durch einen Magnetisierungsvektor, der entlang der Längsachse des beweglichen Elements zeigt, wobei das erste Magnetfeld (**134**) ungefähr rechtwinklig zu der Längsachse verläuft, Erzeugen eines zweiten Magnetfelds (**122, 124**) in einem Leiter (**114**), der eine Spule aufweist, um das bewegliche Element (**112**) zwischen zwei stabilen Zuständen umzuschalten, wobei nur ein temporäres Aufbringen des zweiten Magnetfelds erforderlich ist, um die Richtung des Magnetvektors zu verändern und das bewegliche Element (**112**) so zwischen den beiden stabilen Zuständen umzuschalten.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei welchem das zweite Magnetfeld (**122, 124**) in einem Elektromagneten produziert wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei welchem der Elektromagnet eine Spule ist.

15. Verfahren nach Anspruch 14, mit dem Ausbilden der Spule auf dem Substrat (**104**).

16. Verfahren nach Anspruch 12, bei welchem das bewegliche Element (**112**) ein mittels eines

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei welchem der Ausleger mittels des Scharniers ungefähr in der Mitte entlang seiner Längsachse gelagert ist.

18. Verfahren nach Anspruch 12, mit dem Vorsehen des beweglichen Elements (**112**) auf einer ersten Seite des Substrats und des ersten Magneten (**102**) auf einer zweiten Seite des Substrats (**104**).

19. Verfahren nach Anspruch 12, bei welchem das magnetische Material ein hochpermeables Material ist.

20. Verfahren nach Anspruch 19, bei welchem das hochpermeable Material ein Permalloy ist.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

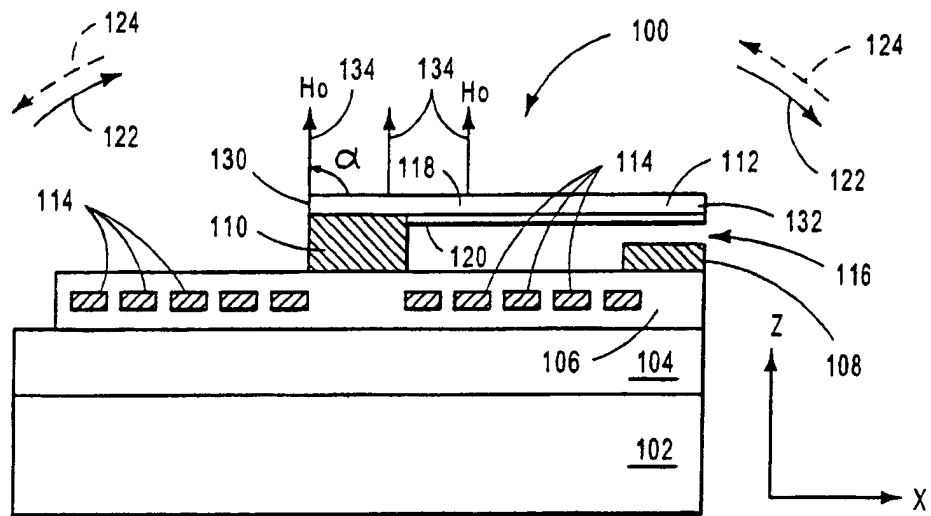


FIG. 1A

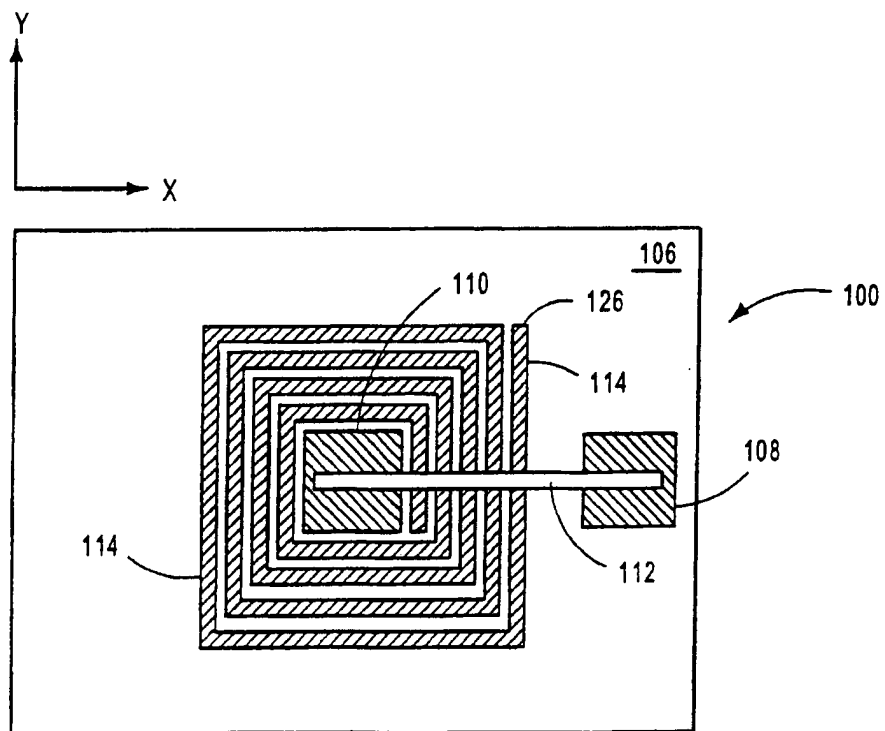


FIG. 1B

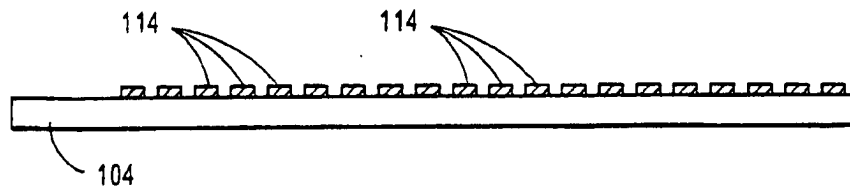


FIG. 2A



FIG. 2B

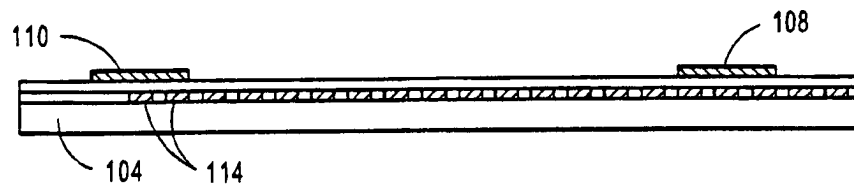


FIG. 2C

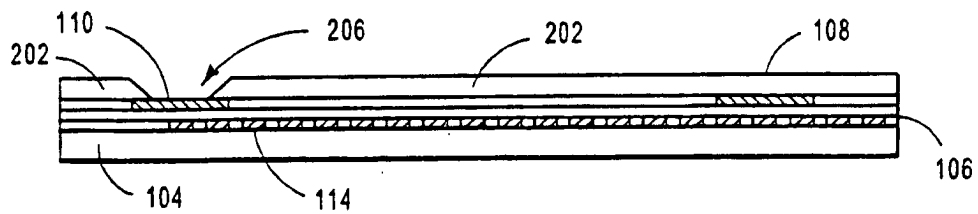


FIG. 2D

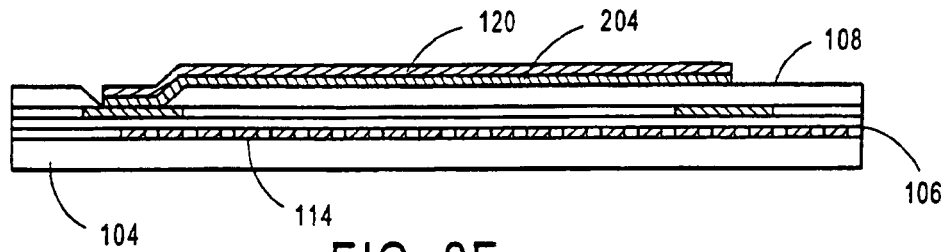


FIG. 2E

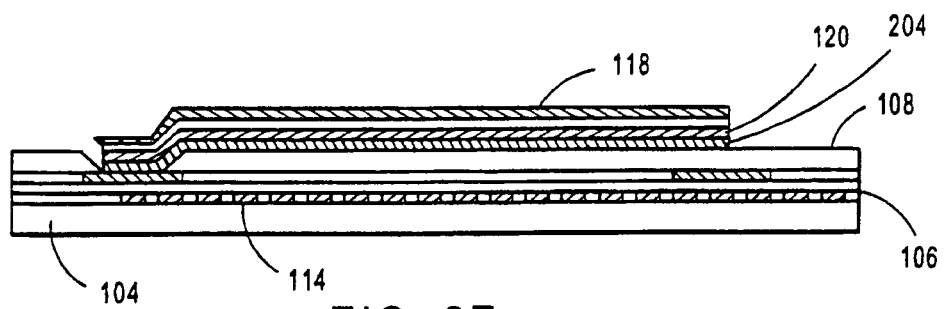


FIG. 2F

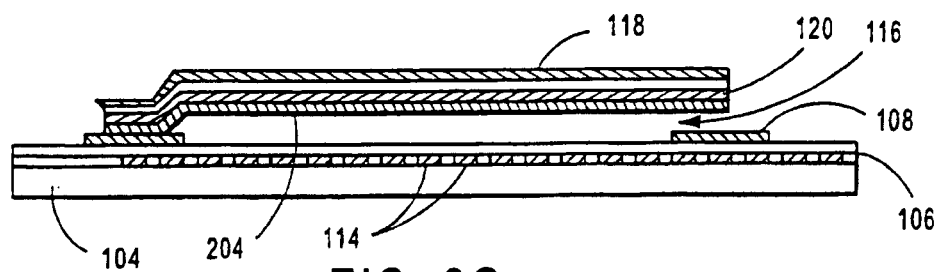


FIG. 2G

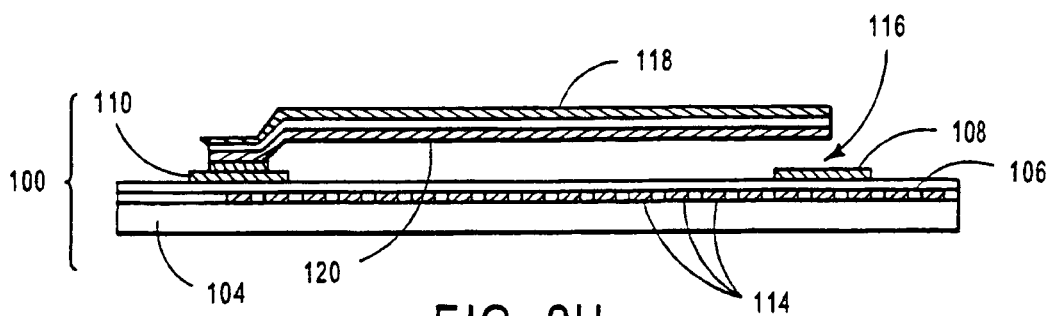


FIG. 2H

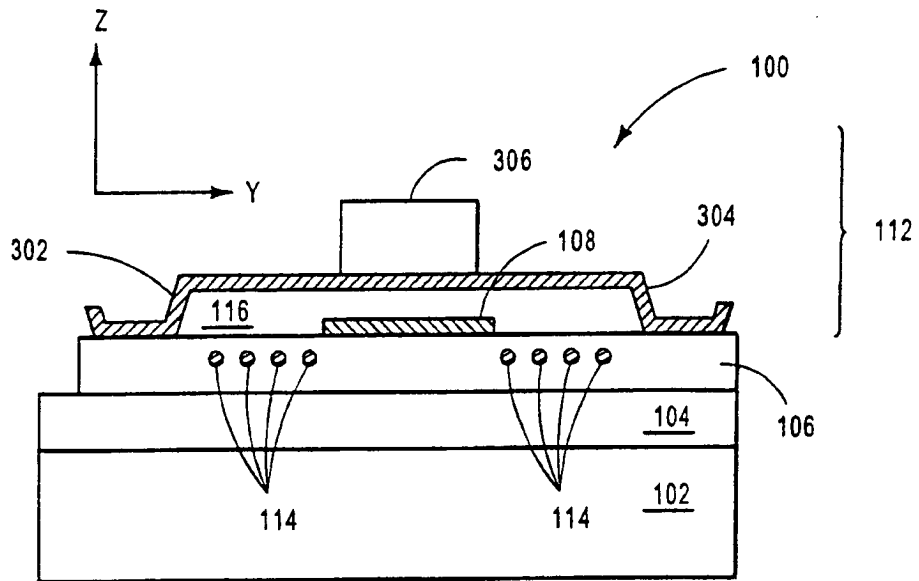


FIG. 3A

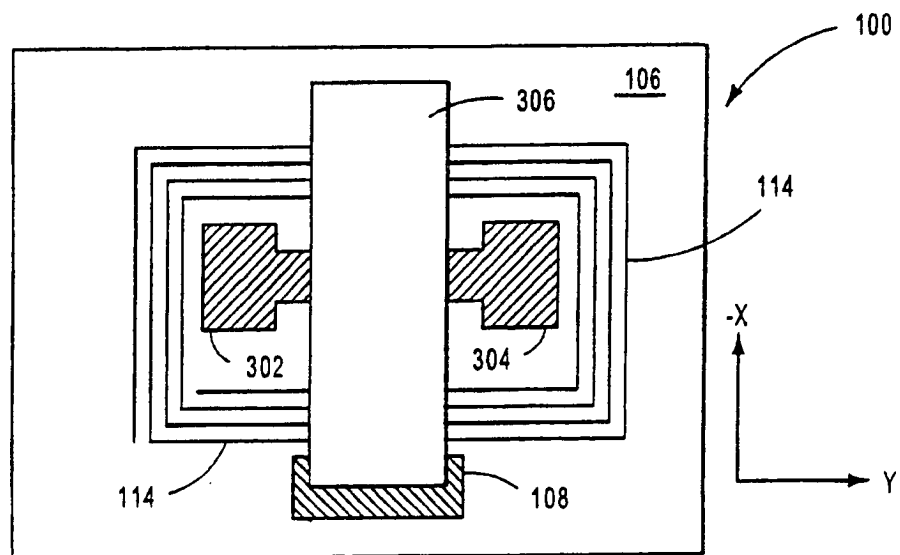


FIG. 3B

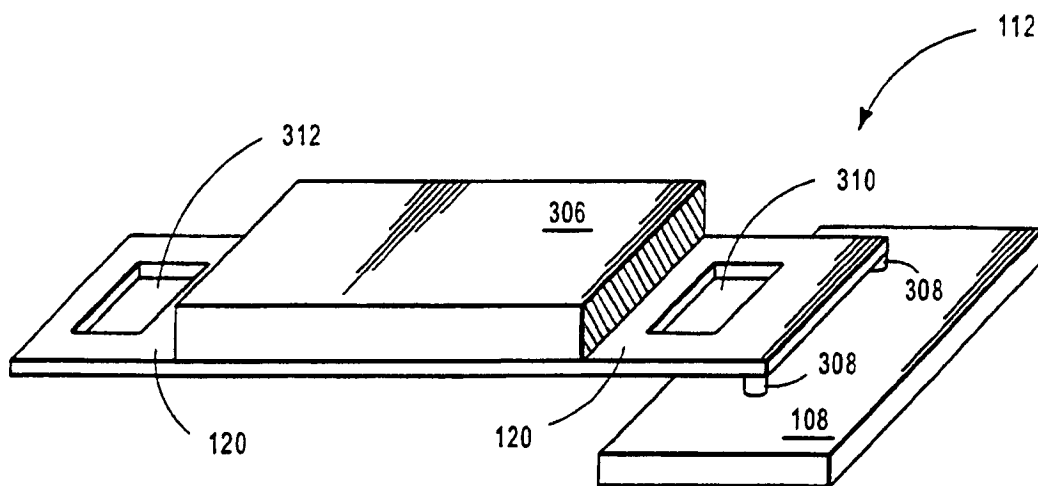


FIG. 3C

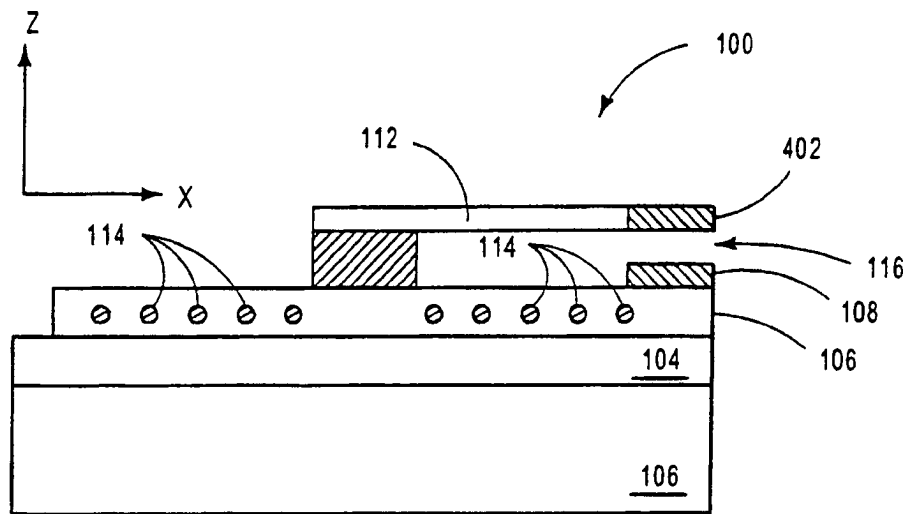


FIG. 4A

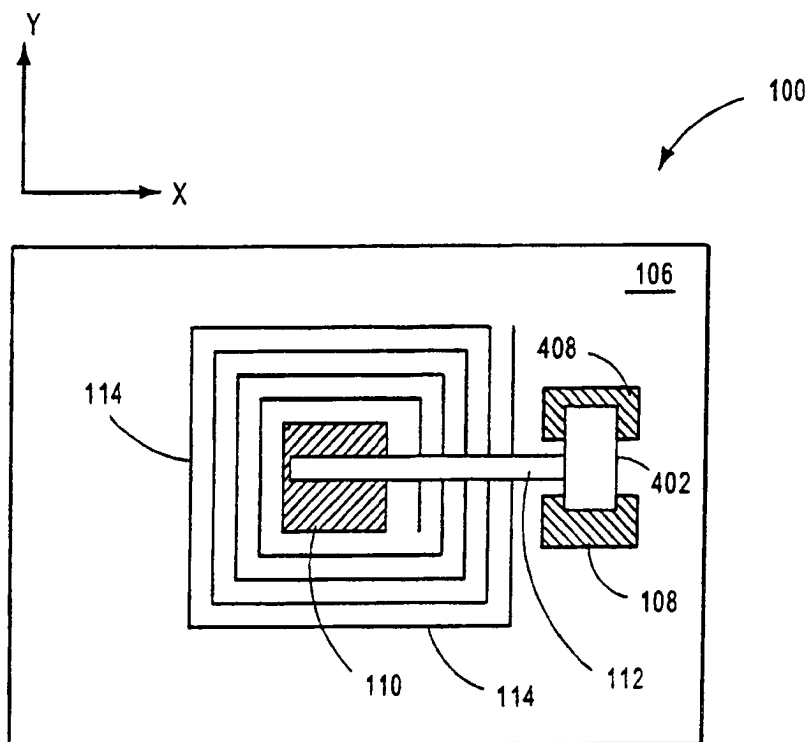


FIG. 4B

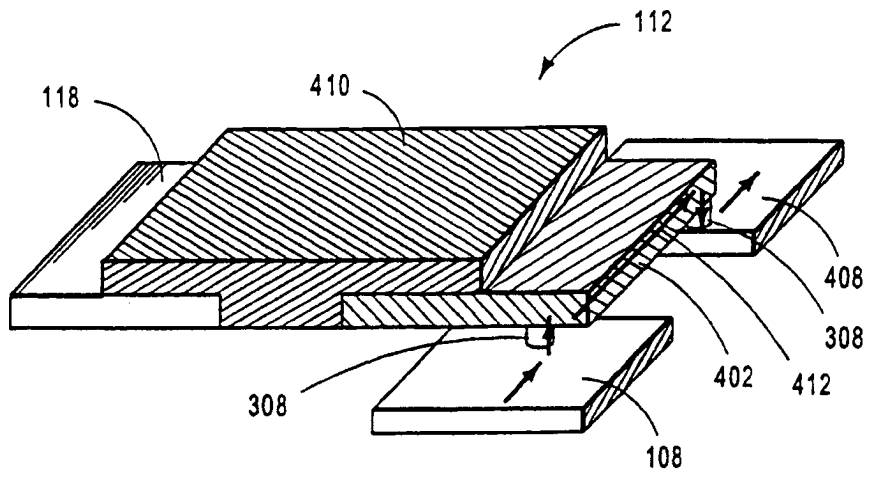


FIG. 4C

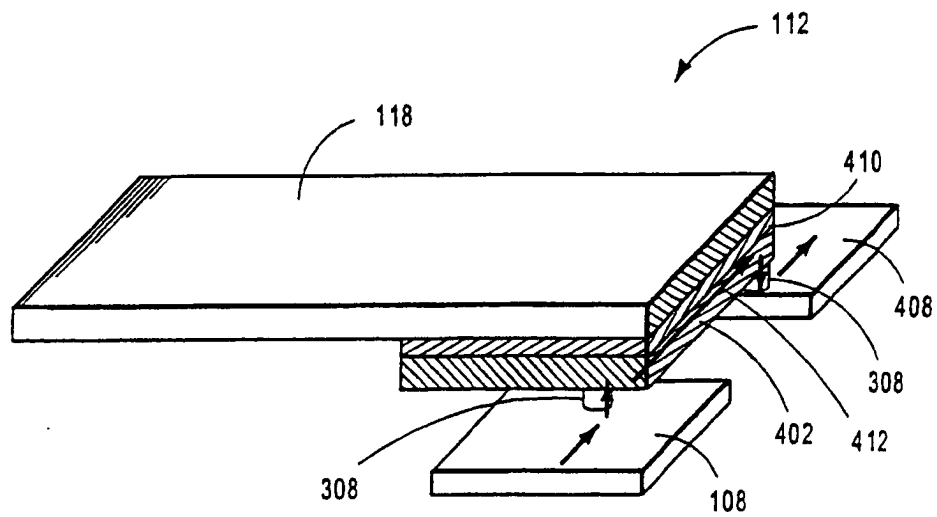


FIG. 4D

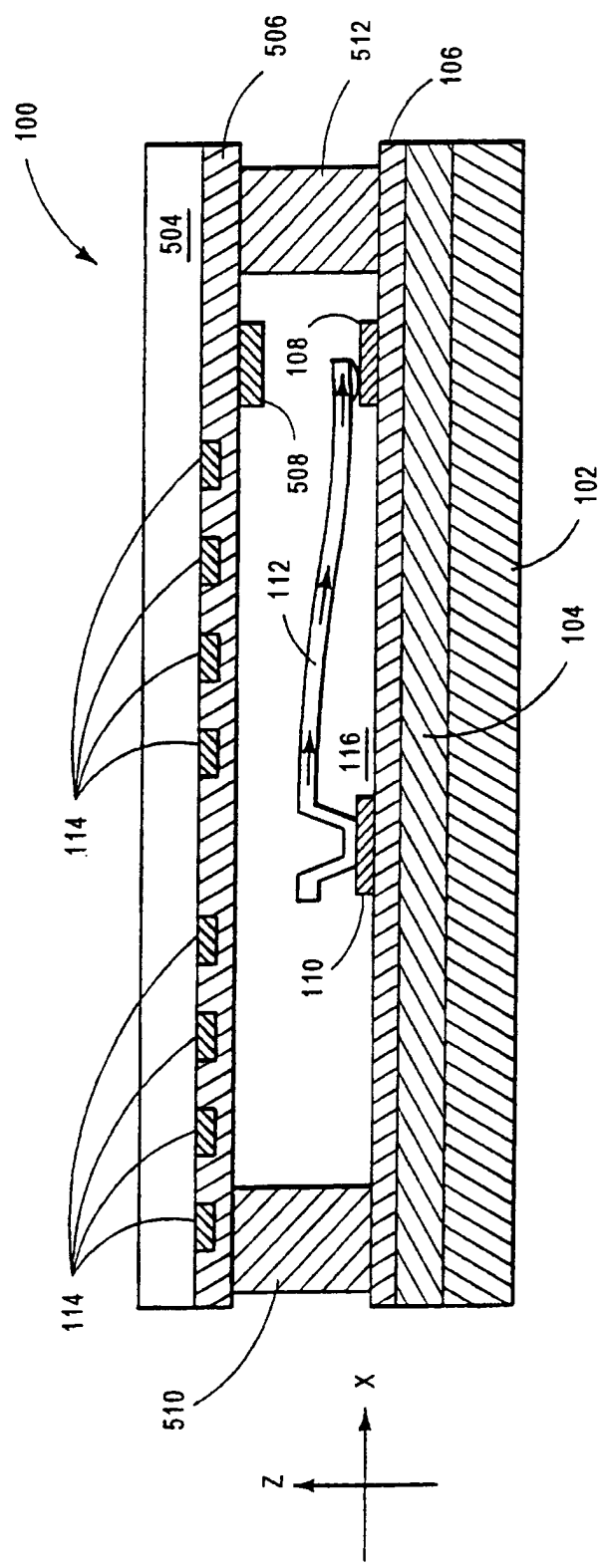


FIG. 5