(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 695 32 396 T2** 2004.12.09

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 696 356 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **695 32 396.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB95/00089**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **95 907 117.6**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 95/23342**
(86) PCT-Anmeldetag: **10.02.1995**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **31.08.1995**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **14.02.1996**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **07.01.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **09.12.2004**

(51) Int Cl.[7]: **G01R 33/09**

(30) Unionspriorität:
94200506 **28.02.1994** **EP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT, SE

(73) Patentinhaber:
Koninklijke Philips Electronics N.V., Eindhoven, NL

(74) Vertreter:
Meyer, M., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 52076 Aachen

(72) Erfinder:
WIDDERSHOVEN, Petrus, Franciscus, NL-5621 BA Eindhoven, NL; VAN DE WALLE, Franciscus, Gerjan, NL-5621 BA Eindhoven, NL

(54) Bezeichnung: **MAGNETFELDMESSGERÄT**

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 Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Messen von Magnetfeldern, mit einer Gesamtheit aus zumindest drei Magnetfeldsensoren, von denen jeder eine Anzahl magnetoresistiver Sensorelemente umfasst, die in einer einzigen Ebene liegen und die die gleichen Vorzugsrichtungen der Magnetisierung aufweisen, wobei die genannten Sensorelemente einerseits an eine Speiseschaltung und andererseits an eine Signalverarbeitungsschaltung angeschlossen sind, wobei die Vorzugsrichtungen der Magnetisierung der Sensorelemente von unterschiedlichen Magnetfeldsensoren unterschiedlich sind, wobei die Gesamtheit aus Magnetfeldsensoren innerhalb einer Magnetisierungsspule angeordnet ist, die als elektrischer Leiter geformt ist, der in einer Anzahl Windungen um eine zentrale Achse verläuft und die zum Erzeugen eines Hilfsmagnetfeldes ausgebildet ist, das parallel zu der zentralen Achse verläuft, wobei die Magnetfeldsensoren innerhalb der Magnetisierungsspule in solcher Weise angeordnet sind, dass der Winkel zwischen der zentralen Achse und der Normalen zu der Ebene die Sensorelemente für jeden der Magnetfeldsensoren der gleiche ist und dass das Hilfsmagnetfeld am Ort jedes der Magnetfeldsensoren eine Komponente enthält, die parallel zur Vorzugsrichtung der Magnetisierung der Sensorelemente des betreffenden Magnetfeldsensors verläuft.

[0002] Eine gleichartige Einrichtung mit zwei Magnetsensoren ist aus Philips Technical Publication 268 bekannt. Bei einer der Ausführungsformen der bekannten Einrichtung ist die Magnetisierungsspule mit einem Stromimpulsgenerator verbunden, der ausgebildet ist, um abwechselnd Stromimpulse von entgegengesetzter Stromrichtung an die Magnetisierungsspule zu liefern, wobei die Anordnung so ist, dass jeder Stromimpuls in der Magnetisierungsspule ein Magnetfeld erzeugt, das parallel zu den Vorzugsrichtungen der Magnetisierung der Sensorelemente verläuft und stark genug ist, um die Richtung der inneren Magnetisierung der Sensorelemente umzukehren. Das Umkehren der inneren Magnetisierung der Sensorelemente dient dazu, Effekte zu beseitigen, die die Messung stören, beispielsweise Effekte, die durch Herstellungstoleranzen und durch Drift infolge von Temperaturschwankungen verursacht werden. Die Gesamtheit der bekannten Einrichtung kann zwei Magnetfeldsensoren umfassen, die, wie in **Fig.** 28 der zitierten Veröffentlichung gezeigt, in einer zylindrischen Magnetisierungsspule senkrecht zueinander montiert sind. Ein erster Nachteil der bekannten Einrichtung besteht darin, dass es nicht leicht möglich ist, einen dritten Magnetfeldsensor zu montieren, sodass die Vorzugsrichtung der Magnetisierung der Sensorelemente des dritten Magnetfeldsensors senkrecht zu der der Sensorelemente der ersten zwei Magnetfeldsensoren verläuft. Das Hilfsmagnetfeld würde dann senkrecht zur Ebene der Sensorelemente des dritten Magnetfeldsensors verlaufen, sodass es nicht die erwünschte Wirkung hätte. Daher wäre für den dritten Magnetfeldsensor eine separate Magnetisierungsspule nötig, die die Einrichtung besonders voluminös und schwer machen würde. Dennoch ist es häufig wünschenswert, drei zueinander senkrechte Komponenten eines Magnetfeldes zu detektieren. Dies ist beispielsweise bei Verwendung der Einrichtung in manchen Magnetkompassen der Fall, bei denen die Detektion der drei Komponenten des Erdmagnetfeldes wünschenswert ist. Wenn nur zwei Komponenten eines Magnetfeldes gemessen werden müssen, ist die bekannte Einrichtung geeignet. Es kann jedoch ungünstig sein, dass die Magnetisierungsspule verhältnismäßig voluminös und schwer ist, weil sie das gesamte durch die zueinander senkrechten Magnetfeldsensoren definierte Volumen umschließen muss. Daher ist die bekannte Einrichtung für Anwendungen, bei denen zumindest der den Magnetfeldsensor enthaltende Teil sehr klein und leicht sein muss, nicht sehr gut geeignet. Ein Beispiel für eine solche Anwendung ist ein Kompass in einem Fahrzeug, beispielsweise einem Auto. Die Einrichtung dient dann zur Bestimmung der Richtung der horizontalen Komponenten des Erdmagnetfeldes und es wäre wünschenswert, den Magnetfeldsensor außerhalb des Fahrzeugkörpers anzubringen, da der Fahrzeugkörper üblicherweise eine große Menge Eisen enthält und somit einen störenden Einfluss auf das lokale Erdfeld hat. Ein geeigneter Ort für den Sensor ist beispielsweise die Spitze einer auf dem Fahrzeug angebrachten Antenne. Der Sensor und die damit verbundene Magnetisierungsspule sollten dann jedoch extrem klein und leicht sein. Die zugehörigen Schaltungen können dann im Fahrzeug untergebracht sein, sodass sie voluminöser und schwerer sein dürfen

[0003] Der Erfindung liegt als Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zum Messen von Magnetfeldern zu verschaffen, bei der eine wesentlich kleinere und leichtere Magnetisierungsspule als in der bekannten Einrichtung verwendet werden kann und bei der es auch möglich ist, die Einrichtung für die Messung von drei zueinander senkrechten Magnetfeldkomponenten geeignet zu machen, ohne dass hierzu eine zusätzliche Magnetisierungsspule benötigt wird. Zur Lösung dieser Aufgabe umfasst die erfindungsgemäße Einrichtung eine Gesamtheit aus zumindest drei Magnetfeldsensoren und einer Spule, die als elektrischer Leiter geformt ist, der in einer Anzahl Windungen um eine zentrale Achse verläuft und die zum Erzeugen eines Hilfsmagnetfeldes ausgebildet ist, das parallel zu der zentralen Achse verläuft, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der Magnetfeldsensoren mehrere magnetoresistive Sensorelemente umfasst, die in einer einzigen Ebene liegen und die die gleichen Vorzugsrichtungen der Magnetisierung aufweisen, wobei die genannten Sensorelemente einerseits mit einer Speiseschaltung und andererseits mit einer

Signalverarbeitungsschaltung verbunden sind, wobei die Vorzugsrichtungen der Magnetisierung der Sensorelemente unterschiedlicher Magnetfeldsensoren unterschiedlich sind, wobei die Magnetfeldsensoren innerhalb der Magnetisierungsspule in solcher Weise angeordnet sind, dass der Winkel zwischen der zentralen Achse und der Normalen zu der Ebene, in der die Sensorelemente liegen, für jeden der Magnetfeldsensoren der gleiche ist und dass das Hilfsmagnetfeld am Ort der Magnetfeldsensoren eine Komponente enthält, die parallel zu den Vorzugsrichtungen der Magnetisierung der Sensorelemente des betreffenden Magnetfeldsensors verläuft, und die Richtung des Hilfsmagnetfeldes mit der Vorzugsrichtung der Magnetisierung der Sensorelemente jedes der Magnetfeldsensoren den gleichen Winkel α bildet, wobei $0° < \alpha < 90°$. 1 >. Infolge der Schritte der Erfindung weist das Hilfsmagnetfeld eine Komponente parallel zur Vorzugsrichtung der Magnetisierung jedes der Sensorelemente auf, wobei diese Komponenten für alle Sensorelemente gleich groß sind. Es sei bemerkt, dass eine Einrichtung zum Messen von Magnetfeldern mit Hilfe von drei Magnetfeldsensoren in einem von einer einzigen Magnetisierungsspule erzeugten Hilfsmagnetfeld an sich aus EP-A-0 290 811 bekannt ist. In der bekannten Einrichtung ist die Magnetisierungsspule auf einen torusförmigen Träger gewickelt, der mit Aussparungen zum Aufnehmen der Magnetfeldsensoren versehen ist, sodass das Hilfsmagnetfeld parallel zur Vorzugsrichtung der Magnetisierung für jeden Magnetfeldsensor verläuft. Der so gebildete Sensorteil ist verhältnismäßig voluminös und schwer.

[0004] EP-A-0411971 offenbart eine Einrichtung zum Messen von Magnetfeldern, die drei magnetoresistive Sensoren umfasst, die auf den drei Seiten einer Pyramide liegen. Eine in einer Ebene senkrecht zur Höhe der Pyramide liegende Magnetisierungsspule wird von den drei Sensoren umgeben.

[0005] Eine Ausführungsform der Einrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamtheit zwei Magnetfeldsensoren umfasst, die in solcher Weise angeordnet sind, dass ihre Sensorelemente in der gleichen Ebene oder in zueinander parallelen Ebenen liegen und die Vorzugsrichtungen der Magnetisierung der Sensorelemente zueinander senkrecht verlaufen und mit der zentralen Achse einen Winkel von 45° bilden. Diese Ausführungsform ist für die Messung von zwei zueinander senkrechten Komponenten eines Magnetfeldes geeignet. Weil die Sensorelemente der zwei Magnetfeldsensoren in einer einzigen Ebene oder in zueinander parallelen Ebenen liegen, füllt die aus den zwei Magnetfeldsensoren bestehende Gesamtheit nahezu vollständig ein sehr kleines, blockförmiges Volumen. Die Magnetisierungsspule kann eine an die Form dieses Volumens die angepasste Form haben, sodass sie erheblich kleiner sein kann als die Magnetisierungsspule der bekannten Einrichtung.

[0006] Eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamtheit drei Magnetfeldsensoren umfasst, die auf drei zueinander senkrechten Flächen eines Trägers montiert sind, wobei die Ebene der Sensorelemente jedes der Magnetfeldsensoren parallel zu einer der drei Flächen verläuft, wobei der genannte Träger innerhalb der Magnetisierungsspule in solcher Weise angeordnet ist, dass die Normalen zu den drei genannten Flächen mit der zentralen Achse gleiche Winkel bilden. Diese Ausführungsform ermöglicht die Messung von drei zueinander senkrechten Komponenten eines Magnetfeldes. Besonders einfaches Montieren der Magnetfeldsensoren kann bei dieser Ausführungsform durch Montieren der Magnetfeldsensoren auf ersten Teilen einer flexiblen Folie aus einem elektrisch isolierenden Material erreicht werden, die mit elektrischen Leiterbahnen versehen ist, wobei die Leiterbahnen Anschlussleiter zum Verbinden der Sensorelemente mit der Speiseschaltung und der Signalverarbeitungsschaltung bilden, wobei die Folie in solcher Weise um den Träger gefaltet ist, dass die ersten Teile der Folie gegen die genannten Flächen anliegen. Die Speise- und Signalverarbeitungsschaltungen können auf Wunsch auf der Folie selbst vorgesehen sein. In vielen Fällen wird es jedoch wünschenswert sein, ein erhöhtes Gewicht und Volumen der Kombination der Magnetfeldsensoren und Magnetisierungsspule infolge des Hinzufügens weiterer Komponenten zu vermeiden. In einer weiteren Ausführungsform können die genannten Schaltungen in einfacher Weise in gewissem Abstand zu den Magnetfeldsensoren montiert werden, welche Ausführungsform dadurch gekennzeichnet ist, dass die Folie auch einen streifenförmigen zweiten Teil umfasst, auf dem die Leiterbahnen sich fortsetzen und der aus der Magnetisierungsspule herausragt.

[0007] Bei einer Ausführungsform, die dadurch gekennzeichnet ist, dass der Träger die Form zumindest eines Teils eines Kubus hat, sodass die drei genannten Flächen an den gleichen Eckpunkt des Kubus grenzen, wobei die Achse der Magnetisierungsspule mit einer durch den genannten Eckpunkt verlaufenden Körperdiagonalen des Kubus zusammenfällt, kann die von den drei genannten Magnetfeldsensoren gebildete Gesamtheit sehr kompakt sein. Das Gewicht kann weiter verringert werden, wenn der Träger an der dem genannten Eckpunkt gegenüber liegenden Seite durch eine senkrecht zu der genannten Körperdiagonalen verlaufende Grenzfläche begrenzt wird. In den letzten beiden Ausführungsformen kann die Gesamtheit aus Magnetfeldsensoren das Innere der Magnetisierungsspule nahezu vollständig füllen, wenn die Magnetisierungsspule die Form eines rechtwinkligen Prismas hat, das einen Querschnitt in Form eines gleichseitigen Sechsecks aufweist.

[0008] Diese und andere Aspekte der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

[0009] **Fig.** 1 eine Draufsicht eines Magnetfeldsensors von einem Typ, der zur Verwendung in der erfindungsgemäßen Einrichtung geeignet ist,

[0010] **Fig.** 2 ein partielles Blockschaltbild einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Einrichtung,

[0011] **Fig.** 5 eine Perspektivansicht einer ersten Ausführungsform eines Sensorteils für eine Einrichtung, die zur Erläuterung der Erfindung nützlich ist,

[0012] **Fig.** 4a und 4b eine Folie bzw. einen Träger für eine erste Ausführungsform eines Sensorteils für die erfindungsgemäße Einrichtung,

[0013] **Fig.** 5a und 5b verschiedene Stadien der Herstellung der ersten Ausführungsform,

[0014] **Fig.** 6a und 6b eine Folie bzw. einen Träger für eine zweite Ausführungsform eines Sensorteils für die erfindungsgemäße Einrichtung und

[0015] **Fig.** 7a und 7b verschiedene Stadien der Herstellung der zweiten Ausführungsform.

[0016] **Fig.** 1 zeigt einen Magnetfeldsensor **1**, der an sich bekannt ist und der auf dem magnetoresistiven Effekt beruht. Dies ist das Phänomen, dass der elektrische Widerstandswert eines stromführenden magnetischen Materials sich bei Anwesenheit eines externen Magnetfeldes ändert. Diese Änderung wird durch eine Drehung der Magnetisierung relativ zur Stromrichtung verursacht. Beispielsweise führt im Fall von Permalloy (einer ferromagnetischen Legierung, die 20% Eisen und 80% Nickel enthält) eine Drehung der Magnetisierung um 90° (durch ein externes Feld bewirkt, das senkrecht zur Stromrichtung verläuft) zu einer Änderung des Widerstandswertes zwischen 2 und 3%. In dem dargestellten Magnetfeldsensor (Typ KMZ 10 von Philips) sind vier magnetoresistive Sensorelemente **3** auf einem Siliciumsubstrat **2** aufgebracht. Jedes der Sensorelemente **3** ist aus einem mäanderförmigen Streifen aus Permalloy gebildet, mit einer Vorzugsrichtung der Magnetisierung, die parallel zur Längsrichtung des Streifens, d. h. in Richtung des Pfeils **5** verläuft. Die Enden der Sensorelemente **3** sind miteinander verbunden, sodass sie die vier Zweige einer Wheatstone-Brücke bilden. Das Ausmaß des Brückenungleichgewichts kann als Maß für die Veränderung der Magnetfeldstärke in der Ebene der Sensorelemente **3** und senkrecht zur Richtung eines durch die Sensorelemente fließenden elektrischen Stroms verwendet werden. Die von den Sensorelementen **3** gebildete Brückenschaltung kann über Anschlusspunkte **7** mit einer Speiseschaltung einerseits und einer Signalverarbeitungsschaltung andererseits verbunden werden.

[0017] **Fig.** 2 zeigt ein Blockschaltbild einer Ausführungsform einer Einrichtung zum Messen von Magnetfeldern, in der ein Magnetfeldsensor des in **Fig.** 1 gezeigten Typs verwendet wird. Die von den Sensorelementen **3** gebildete Brückenschaltung ist einerseits mit einer Speiseschaltung **9** (im vorliegenden Fall ist das eine Batterie) und andererseits einer Signalverarbeitungsschaltung **11** verbunden. Beispiele für geeignete Signalverarbeitungsschaltungen sind beispielsweise in der zitierten Philips Technical Publication 268 beschrieben. In der zitierten Veröffentlichung wird auch mitgeteilt, dass es zur Beseitigung von Offseteffekten wünschenswert ist, den Magnetfeldsensor in solcher Weise zu montieren, dass die Sensorelemente **3** einem von einer Magnetisierungsspule **13** erzeugten Magnetfeld ausgesetzt sind. Die Magnetisierungsspule **13** ist mit einem Stromimpulsgenerator **15** verbunden, der ausgebildet ist, um abwechselnd Stromimpulse von entgegengesetzter Richtung an die Magnetisierungsspule **13** anzulegen, sodass abwechselnd entgegengesetzt gerichtete Magnetfelder in der Magnetisierungsspule erzeugt werden. Die Magnetisierungsspule **13** ist so angeordnet, dass die in dieser Spule erzeugten Magnetfelder parallel zur Vorzugsrichtung der Magnetisierung **5** der Sensorelemente **3** verlaufen. Die Eigenschaften der Magnetisierungsspule **13** und die vom Stromimpulsgenerator **15** gelieferte Stromstärke sind so gewählt, dass die erzeugten Hilfsmagnetfelder stark genug sind, um die Richtung der inneren Magnetisierung der Sensorelemente umzukehren. Der Einfachheit halber zeigt **Fig.** 2 nur einen einzigen Magnetfeldsensor. Bei der erfindungsgemäßen Einrichtung sind drei oder mehr Magnetfeldsensoren kombiniert, um eine Gesamtheit zu bilden, die einen Sensorteil **17** zusammen mit einer einzigen Magnetisierungsspule **13** bildet. Die von der Magnetisierungsspule **13** erzeugten Hilfsmagnetfelder enthalten Komponenten, die parallel zu den Vorzugsrichtungen der Magnetisierung **5** der Sensorelemente **3** jedes Magnetfeldsensors verlaufen. Diese Komponenten haben alle die gleiche Größe.

[0018] **Fig.** 3 zeigt eine Ausführungsform eines Sensorteils **17** für eine Einrichtung, die imstande ist, die Größe und Richtung zweier zueinander senkrechter Komponenten eines Magnetfeldes zu bestimmen. Eine Einrichtung dieser Art kann beispielsweise in einem magnetischen Kompass verwendet werden, der für die horizontalen Komponenten des Erdmagnetfeldes empfindlich ist. Der Sensorteil **17** umfasst eine Gesamtheit aus zwei Magnetfeldsensoren **1a** und **1b**, die zusammen in einem Gehäuse **19** aus nicht magnetischem Material montiert sind, beispielsweise einem geeigneten Kunststoff. Die zwei Magnetfeldsensoren **1a** und **1b** sind so montiert, dass ihre Sensorelemente (in **Fig.** 3 nicht gesondert dar-

gestellt) in einer einzigen Ebene liegen und die Vorzugsrichtungen der Magnetisierung **5a** und **5b** senkrecht zueinander verlaufen. Die Sensorelemente sind über Anschlussdrähte **21** mit Anschlussstiften **23** des Gehäuses **19** verbunden. Das Gehäuse **19** wird von einem Spulenkörper **25** aus einem Kunststoff umgeben, auf den die Magnetisierungsspule **13** gewickelt ist. Die Magnetisierungsspule **13** besteht aus einem elektrisch leitenden Draht, der um einer zentrale Achse **27** in einer Anzahl Windungen verläuft, wobei die zentrale Achse mit jeder der Vorzugsrichtungen **5a** und **5b** einen Winkel von 45° bildet. Die zwei Enden des die Magnetisierungsspule **13** bildenden Drahtes sind mit zwei der Anschlussstifte **23** verbunden. Wenn der Magnetisierungsspule **13** ein elektrischer Strom zugeführt wird, wird in dieser Spule ein Hilfsmagnetfeld H erzeugt, das parallel zu der zentralen Achse **27** verläuft, sodass es mit jeder der Vorzugsrichtungen einen Winkel von 45° bildet. Wie bekannt, ist die Größe einer Komponente H (α) in einer Richtung, die mit einem Magnetfeld H einen Winkel α bildet, gleich Hcosα. Im vorliegenden Fall ist die Größe der Komponente des Hilfsmagnetfeldes H, das parallel zu den Vorzugsrichtungen **5a** und **5b** verläuft, somit gleich Hcos45° = ½H√2. Daher muss die Stärke des Hilfsmagnetfeldes H√2 mal größer sein als die Stärke eines parallel zu den Vorzugsrichtungen verlaufenden Hilfsmagnetfeldes, um die gleiche Wirkung zu erhalten. Dies kann in einfacher Weise durch Anpassung der Stromstärke in der Magnetisierungsspule **13** oder der Anzahl Windungen dieser Spule erreicht werden.

[0019] Weil die beiden Magnetfeldsensoren **1a** und **1b** in einer einzigen Ebene nebeneinander liegen, ist die Dicke der Gesamtheit (das ist die Abmessung in einer Richtung senkrecht zu der genannten Ebene) sehr klein. Daher kann die Dicke des Gehäuses **19** auch sehr klein sein. Die Breite des Gehäuses **19** (die Abmessung in einer Richtung senkrecht zu der genannten Richtung und senkrecht zu der zentralen Achse **27**, d. h. in der Figur von links nach rechts) wird durch den Raum bestimmt, der für die Anschlussstifte **23** benötigt wird. Die Abmessungen des Spulenkörpers **25** sind so gewählt, dass das Gehäuse **19** mit geringem Spiel in den Hohlraum des Spulenkörpers passt. Der Raum innerhalb des Spulenkörpers **25** wird somit sehr wirksam verwendet und der vollständige Sensorteil **17** kann sehr klein und leicht sein. Dies ist auch der Fall, wenn die zwei Magnetfeldsensoren **1a** und **1b** nicht nebeneinander liegen, sondern gestapelt sind, wobei die Vorzugsrichtungen **5a** und **5b** in gleicher Weise wie in der Figur orientiert sind. In diesem Fall verlaufen die Ebenen der Sensorelemente parallel zueinander und die Gesamtheit wird eine Dicke haben, die größer ist, und eine Breite, die kleiner ist als in dem dargestellten Fall. Der Querschnitt des Gehäuses **19** sollte dann quadratischer sein und die Anschlussstifte **23** können dann beispielsweise in zwei parallelen Reihen angeordnet sein. In beiden Fällen ist der Sensorteil für die Messung zweier Magnetfelder geeignet, die senkrecht zu den Vorzugsrichtungen **5a** und **5b** in der Ebene der Sensorelemente gerichtet sind, d. h. wie mit den Pfeilen **28a** und **28b** angegeben. Diese Felder können beispielsweise zwei Komponenten des Erdmagnetfeldes sein. Auf Wunsch können auch andere Komponenten, wie z. B. eine integrierte Schaltung, in dem Gehäuse **19** untergebracht werden.

[0020] **Fig.** 4a ist eine Draufsicht einer flexiblen Folie **29** eines elektrisch isolierenden Materials, beispielsweise Kapton, die drei erste Teile **31** und einen zweiten Teil **33** umfasst. Auf einer Hauptfläche der Folie **29** sind mehrere elektrische Leiterbahnen **35** vorgesehen, die beispielsweise aus einem dünnen Kupferblech gebildet sind, wie es bei der Herstellung von Printplatten üblich ist. Jede Leiterbahn **35** beginnt an einem der ersten Teile **31** und setzt sich auf dem zweiten Teil **33** fort. Die ersten Teile **31** haben quadratische Form und der zweite Teil **33** ist streifenförmig. Auf jedem der ersten Teile **31** ist ein Magnetsensor **1a**, **1b** bzw. **1c** montiert, wobei die Sensorelemente (in der Figur nicht gesondert dargestellt) mit zugehörigen Leiterbahnen **35**, die als Anschlussleiter zum Anschließen der Sensorelemente an externe Schaltungen dienen, elektrisch verbunden.

[0021] Die Form der Folie **29** ist so gewählt, dass die Folie in solcher Weise entlang Faltlinien **37** gefaltet werden kann, mit gestreichelten Linien angegeben, dass die drei ersten Teile **31** in zueinander senkrechten Ebenen liegen. Die drei ersten Teile **31** entsprechen dann drei Seitenflächen eines Kubus, die an den gleichen Eckpunkt des Kubus grenzen. Die Folie **29** kann dann um einen Träger **39** gefaltet werden, wie in **Fig.** 4b gezeigt. Der Träger **39** hat die Form eines Kubus und kann beispielsweise aus einem geeigneten Kunststoffhergestellt sein. Der Kubus kann hohl oder massiv sein. Der Eckpunkt, an den die genannten drei Seitenflächen grenzen, wird in **Fig.** 4b mit dem Bezugszeichen **41** bezeichnet und eine Körperdiagonale des Kubus, die durch den betreffenden Eckpunkt verläuft und die mit einer Strich-Punkt-Linie dargestellt wird, wird mit dem Bezugszeichen **43** bezeichnet. Der Körper bildet mit den Normalen zu den genannten drei Seitenflächen gleiche Winkel.

[0022] **Fig.** 5a ist eine Perspektivansicht des nach dem Falten der Folie **29** um den Träger **39** erhaltenen Halbfabrikats. Die drei ersten Teile **31** berühren drei der Seitenflächen des Trägers **39** und der zweite Teil **33** ist entlang einer vierten Seitenfläche zurückgefaltet. Die auf diesem Teil vorhandenen Leiterbahnen **35** (nicht sichtbar in **Fig.** 5a) können direkt oder über ein Anschlusskabel (nicht abgebildet) mit der Speiseschaltung **9** und der Signalverarbeitungsschaltung **11** verbunden werden (**Fig.** 2). Auf Wunsch können zu diesen Schaltungen gehörende Komponenten direkt

auf dem zweiten Teil **33** montiert sein. Die Vorzugsrichtungen der Magnetisierung **5a**, **5b** und **5c** der Sensorelemente der drei Magnetfeldsensoren **1a**, **1b** und **1c** bilden mit der in **Fig.** 4b gezeigten Körperdiagonale **43** gleiche Winkel von 57,4°.

[0023] **Fig.** 5b ist eine Vorderansicht eines unter Verwendung des in **Fig.** 5a gezeigten Halbfabrikats hergestellten Sensorteils. Hierzu ist das Halbfabrikat in solcher Weise in einer Magnetisierungsspule **13** angeordnet, dass die Körperdiagonale **43** (**Fig.** 4b) mit der zentralen Achse **27** zusammenfällt, die senkrecht zur Zeichenebene in **Fig.** 5b verläuft. Die Richtung eines von der Magnetisierungsspule **13** erzeugten und parallel zur zentralen Achse **27** verlaufenden Hilfsmagnetfeldes bildet somit einen Winkel von 57,4° mit jeder der Vorzugsrichtungen **5a**, **5b** und **5c**. Die Magnetisierungsspule **13** der vorliegenden Ausführungsform hat die Form eines rechtwinkligen Prismas mit einem Querschnitt in Form eines gleichseitigen Sechsecks. Wie aus **Fig.** 5b ersichtlich hat die Projektion der kubischen Gesamtheit der Magnetfeldsensoren auf eine Ebene senkrecht zu der zentralen Achse **27** (der Zeichenebene) auch die Form eines gleichseitigen Sechsecks. Somit füllt diese Gesamtheit den Raum innerhalb der Magnetisierungsspule **13** nahezu vollständig, sodass die Abmessungen und das Gewicht des Sensorteils minimal sind. Wenn etwas größere Abmessungen und höheres Gewicht akzeptabel sind, kann die Magnetisierungsspule natürlich auch eine andere Form haben, beispielsweise die Form eines rechtwinkligen Kreiszylinders. Der zweite Teil **33** der Folie **29**, in **Fig.** 5b nicht sichtbar, ragt dann aus der Magnetisierungsspule **13** heraus.

[0024] **Fig.** 6a ist eine Draufsicht einer flexiblen Folie **129**, die der in **Fig.** 4a gezeigten Folie **29** in vielerlei Hinsicht ähnelt. Die Form der ersten Teile **131** der Folie **129** weicht jedoch von derjenigen der ersten Teile **31** der Folie **29** ab. Die Folie **129** ist auch mit elektrischen Leiterbahnen **135** versehen, die Anschlussleiter für die auf ersten Teilen **131** montierten Magnetfeldsensoren **1a**, **1b** und **1c** bilden. Die Folie **129** kann entlang gestrichelter Faltlinien **137** in solcher Weise gefaltet werden, dass die ersten Teile **131** in zueinander senkrechten Ebenen liegen, die in einem Punkt aneinander grenzen. Die Folie **129** kann somit um einen in **Fig.** 6b gezeigten Träger **139** gefaltet werden, der die Form einer Pyramide mit drei zueinander senkrechten Flächen hat, die in einem Punkt **141** aneinander grenzen, der die Spitze der Pyramide bildet. Geometrisch gesehen entsprechen diese drei Flächen drei Flächen eines Kubus, die in einem Eckpunkt aneinander grenzen, wobei die Körperdiagonale des genannten Kubus als Strich-Punkt-Linie **143** dargestellt wird. Der Kubus ist entlang einer Grenzfläche **145**, die senkrecht zur Körperdiagonale **143** verläuft und die Basis der Pyramide bildet, abgeschnitten.

[0025] **Fig.** 7a ist eine Perspektivansicht eines Halbfabrikats, das erhalten wird, wenn die Folie **129** in der angegebenen Weise um den Träger **139** gefaltet wird. Die drei ersten Teile **131** liegen gegen die Seitenflächen des Trägers **139** an und der zweite Teil **133** ist entlang der Basis **145** zurückgefaltet. Die auf diesem Teil vorhandenen Leiterbahnen **135** (in **Fig.** 7a nicht sichtbar) können wieder mit der Speiseschaltung **9** und der Signalverarbeitungsschaltung **11** verbunden werden (**Fig.** 2). Die Vorzugsrichtungen der Magnetisierung **5a**, **5b** und **5c** der Sensorelemente der drei Magnetfeldsensoren **1a**, **1b** und **1c** bilden mit der in **Fig.** 6b gezeigten Körperdiagonale **143** gleiche Winkel von 57,4°.

[0026] **Fig.** 7b ist eine Draufsicht eines mit dem Halbfabrikat von **Fig.** 7a hergestellten Sensorteils. Hierzu ist das Halbfabrikat in solcher Weise in einer Magnetisierungsspule **13** angeordnet, dass die Körperdiagonale **143** (**Fig.** 6b) mit der zentralen Achse **27** zusammenfällt, die senkrecht zur Zeichenebene in **Fig.** 7b verläuft. Die Richtung eines von der Magnetisierungsspule **13** erzeugten und parallel zur zentralen Achse **27** verlaufenden Hilfsmagnetfeldes bildet daher einen Winkel von 57,4° mit jeder der Vorzugsrichtungen **5a**, **5b** und **5c**. Die Magnetisierungsspule **13** dieser Ausführungsform hat wieder die Form eines rechtwinkligen Prismas, das einen Querschnitt in Form eines gleichseitigen Sechsecks hat. Um das Halbfabrikat von **Fig.** 7a für eine solche Spule geeignet zu machen, ist es wünschenswert, die Punkte **147** des Trägers **139**, die über die ersten Teile **131** der Folie **129** hinausragen, abzuschneiden. Der Träger hat somit die Form einer Pyramide mit abgeschnittenen Eckpunkten. Wie in der in **Fig.** 5b gezeigten Ausführungsform sind jedoch auch andere Formen der Magnetisierungsspule **13** möglich, wobei es zulässig ist, dass der Träger **139** so geformt ist, wie in **Fig.** 6b gezeigt. Wie bereits erwähnt, ist die beschriebene Einrichtung wegen der kleinen Abmessungen des Sensorteils besonders zur Verwendung in einem magnetischen Kompass für ein Fahrzeug geeignet, beispielsweise ein Auto, ein Schiff oder ein Flugzeug. Andere mögliche Anwendungen sind beispielsweise ein in eine Armbanduhr eingebauter Kompass (insbesondere die Version von beispielsweise **Fig.** 7, die für zwei Magnetfeldkomponenten empfindlich ist) oder ein unabhängiger Kompass als Sport- oder Autozubehör. Weitere mögliche Anwendungen sind Erdfeldkompensationsregelung für hochauflösende Bildmonitore und Verkehrsregelungssysteme (beispielsweise in Straßenflächen eingebettete Sensoren).

Patentansprüche

1. Einrichtung zum Messen von Magnetfeldern, mit einer Gesamtheit aus zumindest drei Magnetfeldsensoren (**1**) und einer Spule (**13**), die als elektrischer Leiter geformt ist, der in einer Anzahl Windun-

gen um eine zentrale Achse (**27**) verläuft, und die zum Erzeugen eines Hilfsmagnetfeldes ausgebildet ist, das parallel zu der zentralen Achse verläuft, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder der Magnetfeldsensoren (**1**) mehrere magnetoresistive Sensorelemente (**3**) umfasst, die in einer einzigen Ebene liegen und die die gleichen Vorzugsrichtungen der Magnetisierung (**5**) aufweisen, wobei die genannten Sensorelemente einerseits mit einer Speiseschaltung (**9**) und andererseits mit einer Signalverarbeitungsschaltung (**11**) verbunden sind, wobei die Vorzugsrichtungen der Magnetisierung der Sensorelemente unterschiedlicher Magnetfeldsensoren unterschiedlich sind, wobei die Magnetfeldsensoren innerhalb der Magnetisierungsspule in solcher Weise angeordnet sind, dass der Winkel zwischen der zentralen Achse und der Normalen zu der Ebene, in der die Sensorelemente liegen, für jeden der Magnetfeldsensoren der gleiche ist und dass das Hilfsmagnetfeld am Ort der Magnetfeldsensoren eine Komponente enthält, die parallel zu den Vorzugsrichtungen der Magnetisierung der Sensorelemente des betreffenden Magnetfeldsensors verläuft, und die Richtung des Hilfsmagnetfeldes mit der Vorzugsrichtung der Magnetisierung (**5a**, **5b**, **5c**) der Sensorelemente (**3**) jedes der Magnetfeldsensoren (**1a**, **1b**, **1c**) den gleichen Winkel α bildet, wobei $0° < \alpha < 90°$.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamtheit drei Magnetfeldsensoren (**1a**, **1b**, **1c**) umfasst, die auf drei zueinander senkrechten Flächen eines Trägers (**39**, **139**) montiert sind, wobei die Ebene der Sensorelemente (**3**) jedes der Magnetfeldsensoren parallel zu einer der drei Flächen verläuft, wobei der genannte Träger innerhalb der Magnetisierungsspule (**13**) in solcher Weise angeordnet ist, dass die Normalen zu den drei genannten Flächen mit der zentralen Achse (**27**) gleiche Winkel bilden.

3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetfeldsensoren (**1a**, **1b**, **1c**) auf ersten Teilen (**31**, **131**) einer flexiblen Folie (**29**, **129**) aus einem elektrisch isolierenden Material montiert sind, die mit elektrischen Leiterbahnen (**35**, **135**) versehen ist, wobei die Leiterbahnen Anschlussleiter zum Verbinden der Sensorelemente (**3**) mit der Speiseschaltung (**9**) und der Signalverarbeitungsschaltung (**11**) bilden, wobei die Folie in solcher Weise um den Träger (**39**, **139**) gefaltet ist, dass die ersten Teile der Folie gegen die genannten Flächen anliegen.

4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie (**29**, **129**) auch einen streifenförmigen zweiten Teil (**33**, **133**) umfasst, auf dem die Leiterbahnen (**35**, **135**) sich fortsetzen und der aus der Magnetisierungsspule (**13**) herausragt.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (**39**, **139**) die Form zumindest eines Teils eines Kubus hat, sodass die drei genannten Flächen an den gleichen Eckpunkt (**41**, **141**) des Kubus grenzen, wobei die Achse (**27**) der Magnetisierungsspule (**13**) mit einer durch den genannten Eckpunkt verlaufenden Körperdiagonalen (**43**, **143**) des Kubus zusammenfällt.

6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (**39**) an der dem genannten Eckpunkt (**141**) gegenüber liegenden Seite durch eine senkrecht zu der genannten Körperdiagonalen (**143**) verlaufende Grenzfläche (**145**) begrenzt wird.

7. Einrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetisierungsspule (**13**) die Form eines rechtwinkligen Prismas hat, das einen Querschnitt in Form eines gleichseitigen Sechsecks aufweist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

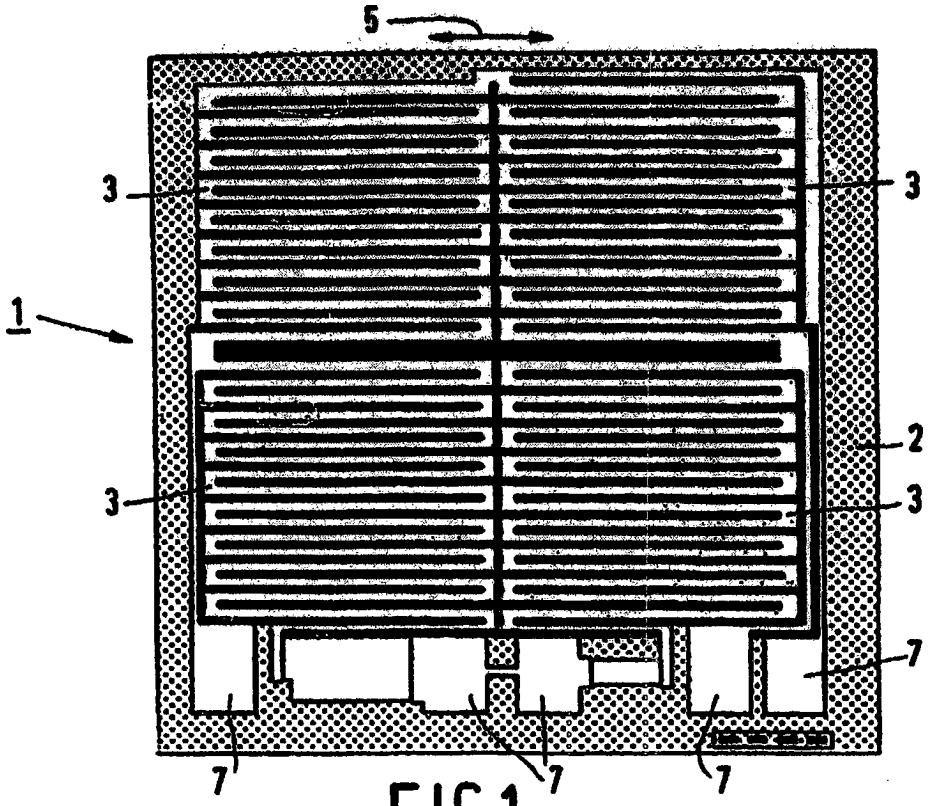


FIG.1

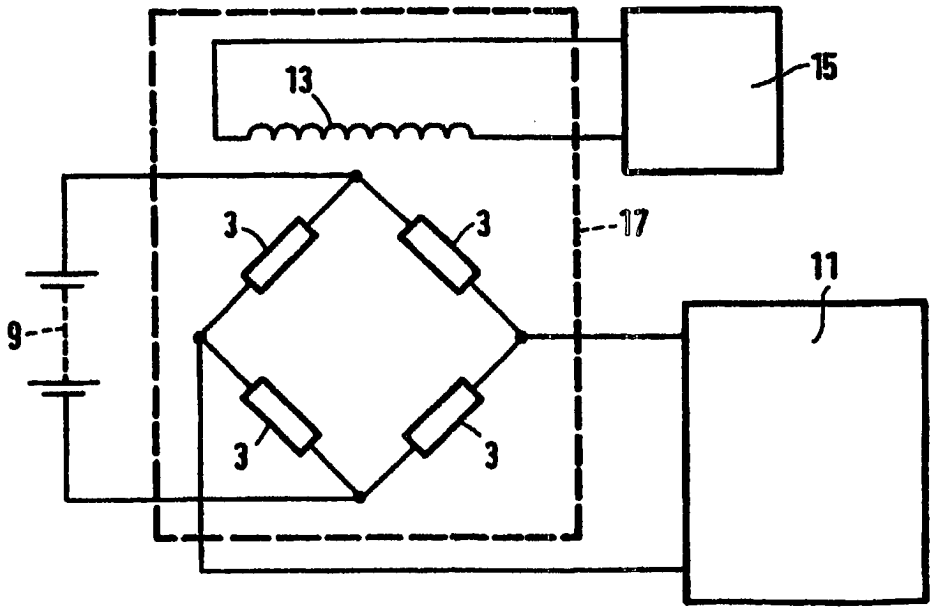


FIG.2

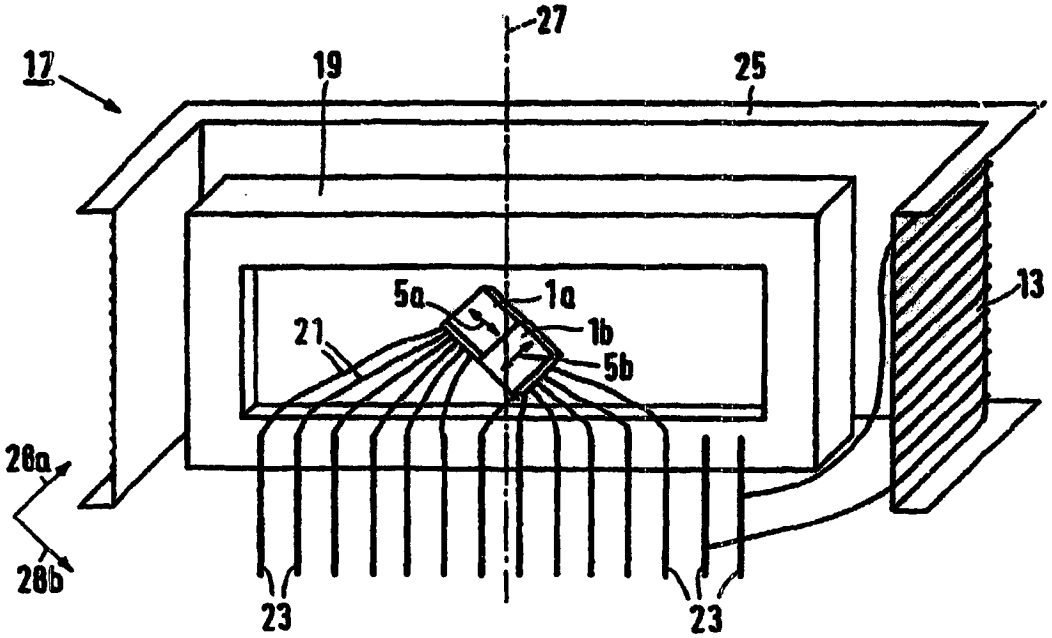


FIG.3

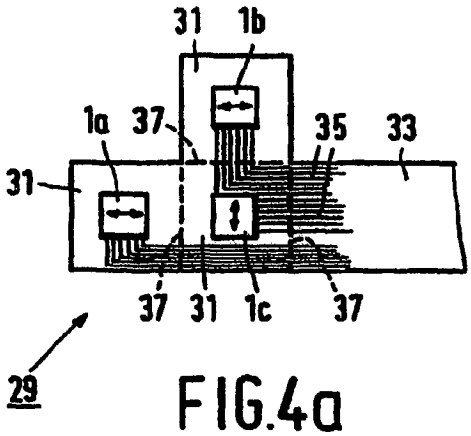


FIG.4a

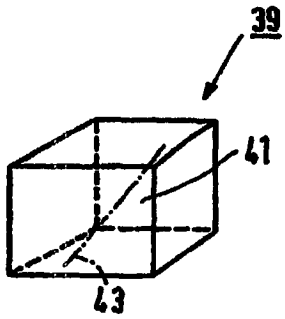


FIG.4b

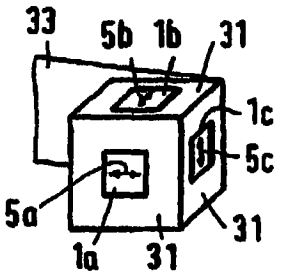


FIG.5a

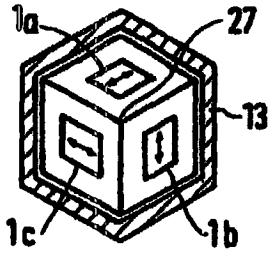


FIG.5b

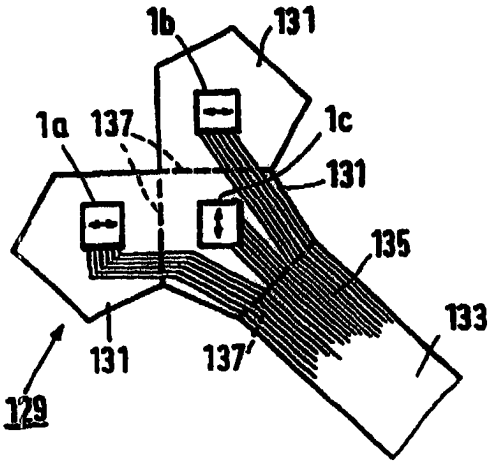


FIG.6a

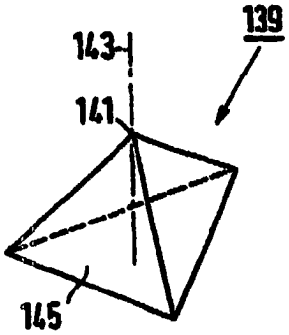


FIG.6b

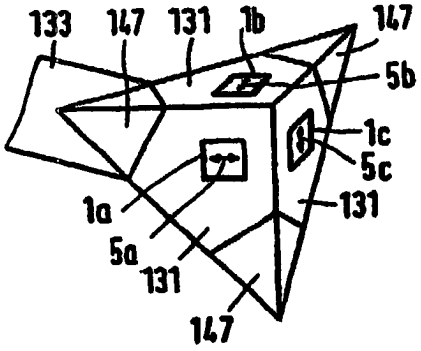


FIG.7a

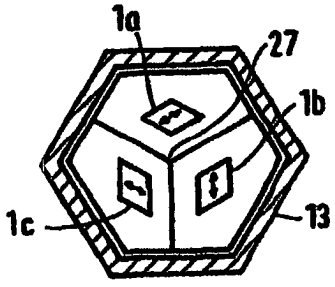


FIG.7b