PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 5 :
G01R 33/06, G01D 5/16

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 94/17426**

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 4. August 1994 (04.08.94)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE94/00016

(22) Internationales Anmeldedatum: 10. Januar 1994 (10.01.94)

(30) Prioritätsdaten:
P 43 01 704.5 22. Januar 1993 (22.01.93) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: VAN DEN BERG, Hugo [NL/DE]; Dr.-Daßler-Strasse 4, D-91074 Herzogenaurach (DE). SCHELTER, Wolfgang [DE/DE]; Eichendorffstrasse 7, D-91080 Uttenreuth (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

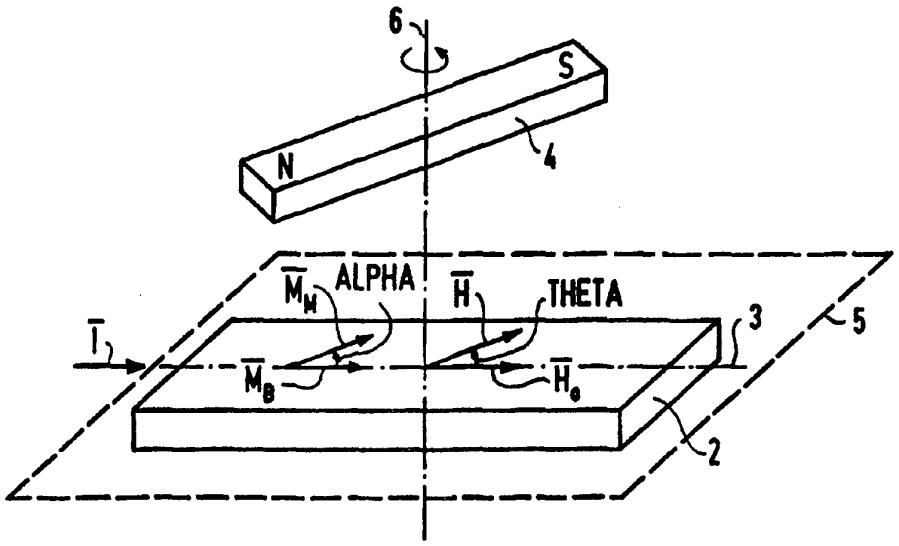
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: DEVICE FOR DETECTING THE ANGULAR POSITION OF AN OBJECT

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM ERFASSEN EINER WINKELPOSITION EINES OBJEKTES

(57) Abstract

A device for detecting the angular position of an object uses an MR-sensor (2) arranged in a magnetic field. One component (H or H_g) and one axis of reference (3) of the MR-sensor (2) are rotatable in an axis of rotation (5) with respect to each other around an angle of rotation (THETA or PHI) which is unambiguously correlated with the angular position of the object, whereas the electric resistance of the MR-sensor (2) unambiguously depends from said angle of rotation (THETA or PHI). According to the invention, the MR-sensor (2) is designed with a giant MR-layered system having at least one measurement layer (12) with a magnetisation ($\overline{M}_M$) which may be rotated by the magnetic field (H or H_g) and at least one biasing layer (16) with a constant magnetisation ($\overline{M}_B$) and whose resistance depends from the angle (ALPHA) between both said magnetisations ($\overline{M}_M$ and $\overline{M}_B$).



(57) **Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erfassen einer Winkelposition eines Objektes mit einem MR-Sensor (2), der in einem Magnetfeld angeordnet ist, wobei eine Magnetfeldkomponente ($\vec{H}$ oder H_g) und eine Bezugsachse (3) des MR-Sensors (2) in einer Drehachse (5) relativ zueinander um einen Drehwinkel (THETA bzw. PHI) drehbar sind, der mit der Winkelposition des Objekts eindeutig korreliert ist, und der elektrische Widerstand des MR-Sensors (2) eindeutig von diesem Drehwinkel (THETA bzw. PHI) abhängt. Gemäß der Erfindung ist der MR-Sensor (2) mit einem Giant-MR-Schichtsystem ausgebildet, das wenigstens eine Meßschicht (12) mit einer von dem Magnetfeld ($\vec{H}$ bzw. H_g) drehbaren Magnetisierung ($\vec{M}_M$) und wenigstens eine Biasschicht (16) mit einer konstanten Magnetisierung ($\vec{M}_B$) enthält und dessen Widerstand von dem Winkel (ALPHA) zwischen diesen beiden Magnetisierungen ($\vec{M}_M$ und $\vec{M}_B$) abhängt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	**GA**	Gabon	**MR**	Mauretanien
AU	Australien	**GB**	Vereinigtes Königreich	**MW**	Malawi
BB	Barbados	**GE**	Georgien	**NE**	Niger
BE	Belgien	**GN**	Guinea	**NL**	Niederlande
BF	Burkina Faso	**GR**	Griechenland	**NO**	Norwegen
BG	Bulgarien	**HU**	Ungarn	**NZ**	Neuseeland
BJ	Benin	**IE**	Irland	**PL**	Polen
BR	Brasilien	**IT**	Italien	**PT**	Portugal
BY	Belarus	**JP**	Japan	**RO**	Rumänien
CA	Kanada	**KE**	Kenya	**RU**	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	**KG**	Kirgisistan	**SD**	Sudan
CG	Kongo	**KP**	Demokratische Volksrepublik Korea	**SE**	Schweden
CH	Schweiz	**KR**	Republik Korea	**SI**	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	**KZ**	Kasachstan	**SK**	Slowakei
CM	Kamerun	**LI**	Liechtenstein	**SN**	Senegal
CN	China	**LK**	Sri Lanka	**TD**	Tschad
CS	Tschechoslowakei	**LU**	Luxemburg	**TG**	Togo
CZ	Tschechische Republik	**LV**	Lettland	**TJ**	Tadschikistan
DE	Deutschland	**MC**	Monaco	**TT**	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	**MD**	Republik Moldau	**UA**	Ukraine
ES	Spanien	**MG**	Madagaskar	**US**	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	**ML**	Mali	**UZ**	Usbekistan
FR	Frankreich	**MN**	Mongolei	**VN**	Vietnam

Vorrichtung zum Erfassen einer Winkelposition eines Objektes

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erfassen einer Winkelposition eines Objektes gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, die beispielsweise aus den "Technischen Informationen TI 901228 der Fa. Philips, Eigenschaften und Anwendungen der Magnetfeldsensoren KMZ 10" bekannt ist.

In einer Ausführungsform dieser bekannten Vorrichtung zum Messen einer Winkelposition ist ein magnetoresistiver Barberpole-Sensor im Feld eines drehbar gelagerten Magneten angeordnet.

Magnetoresistive Sensoren sind im allgemeinen aus einer dünnen Schicht aus einem magnetoresistiven Material aufgebaut, das in der Schichtebene magnetisiert ist. Bei Drehung der Magnetisierung der Schicht bezüglich der Stromrichtung eines in der Schicht fließenden Meßstromes durch ein zu messendes Magnetfeld tritt eine Widerstandsänderung auf, die einige Prozent des normalen isotropen Widerstandes betragen kann und als Meßsignal erfaßt wird. Diesen Effekt nennt man anisotropen Magnetowiderstand (AMR) oder anisotropen magnetoresistiven Effekt. Übliche magnetoresistive Materialien sind ferromagnetische Übergangsmetalle wie Nickel (Ni), Eisen (Fe) oder Kobalt (Co) und Legierungen mit diesen Metallen. Bei dem in der bekannten Winkelmeßvorrichtung eingesetzten magnetoresistiven Barberpole-Sensor ist wenigstens ein rechteckiger Streifen aus der ferromagnetischen NiFe-Legierung mit dem Handelsnamen "Permalloy" vorgesehen, der in seiner Längsrichtung magnetisiert ist. Auf dem Permalloy-Streifen sind mehrere dünne Metallstreifen unter einem Winkel von 45° gegen die Längs-

richtung des Permalloy-Streifens nebeneinander angeordnet. Wird nun an den Permalloy-Streifen in seiner Längsrichtung eine Spannung angelegt, so bildet sich zwischen den Metallstreifen ein elektrischer Strom aus, der im wesentlichen unter einem Winkel von ±45° oder ±135° entsprechend der Polung der Spannung zur Magnetisierung des Permalloy-Streifens gerichtet ist. Ein äußeres, zu messendes Magnetfeld mit einer Komponente senkrecht zur Magnetisierung dreht nun die Magnetisierung des Permalloystreifens relativ zur gleichbleibenden Stromrichtung. Diese Drehung führt zu einer Widerstandsänderung, die annähernd linear vom Magnetfeld abhängt. Die Widerstandskennlinie eines solchen Barberpole-Sensors ist eindeutig und wenigstens annähernd linear für einen Winkelbereich von annähernd 90°, der beispielsweise zwischen einem Winkel zwischen der Magnetisierung und dem Meßstrom von etwa +45° und etwa -45° oder auch einem Winkel von etwa -45° bis etwa +45° gewählt werden kann.

Das Magnetfeld des drehbaren Magneten ist dabei sowohl als Meßfeld als auch als Stützfeld zur Stabilisierung der Sensorkennlinie vorgesehen. Eine Drehung des Magneten um einen zu messenden Winkel bewirkt nun eine Änderung des Widerstandssignals des Barberpole-Sensors. Der Meßbereich dieser Winkelmeßvorrichtung ist auf maximal etwa ±90° beschränkt, weil der Sensor nur in diesem Winkelbereich eine eindeutige Kennlinie aufweist. Größere Winkel bis zu ±13,5° können durch ein Stützfeld eines weiteren Magneten erreicht werden. Winkel bis fast ±180° sind durch die Verwendung von zwei rechtwinklig zueinander angeordneten Sensoren und eine Auswertung ihrer Meßsignale in den einzelnen Winkelquadranten erreichbar. Mögliche Anwendungen dieser bekannten Vorrichtung sind Gaspedal- und Drossel-

klappengeber im Kraftfahrzeug, Neigungssensoren sowie Windrichtungsanzeiger.

In einer anderen, als Kompaß vorgesehenen Ausführungsform sind zwei senkrecht gekreuzte Barberpole-Sensoren drehbar in dem Magnetfeld einer Spule angeordnet, die zum Ummagnetisieren der Sensoren vorgesehen ist ("Technische Informationen TI 901228" der Firma Philips Components).

Es sind Mehrschichtsysteme bekannt mit mehreren, zu einem Stapel angeordneten ferromagnetischen Schichten, die durch nichtmagnetische metallische Zwischenschichten voneinander getrennt sind, und deren Magnetisierungen jeweils in der Schichtebene liegen. Die jeweiligen Schichtdicken sind dabei wesentlich kleiner als die mittlere freie Weglänge der Leitungselektronen gewählt. In solchen Schichtsystemen tritt nun bei Anlegen eines elektrischen Stromes zusätzlich zu dem anisotropen magnetoresistiven Effekt in den einzelnen Schichten der sogenannte Giant-magnetoresistive Effekt oder Giant-Magnetowiderstand (Giant-MR) auf, der auf der unterschiedlich starken, von der jeweiligen Magnetisierung abhängigen Streuung von Majoritäts- und Minoritäts-Leitungselektronen im Volumen der Schichten, insbesondere in Legierungen, sowie an den Grenzflächen zwischen den ferromagnetischen Schichten und den Zwischenschichten beruht. Dieser Giant-MR ist ein isotroper Effekt, d.h. er ist insbesondere unabhängig von der Stromrichtung, und , kann erheblich größer sein als der anisotrope MR mit Werten von bis zu 70 % des normalen isotropen Widerstandes.

Es sind zwei Grundtypen von solchen Giant-MR-Mehrschichtsystemen bekannt. Bei dem ersten Typ sind die ferromagnetischen Schichten über die Zwischenschichten antiferro-

magnetisch aneinander gekoppelt, so daß sich die in den Schichtebenen liegenden Magnetisierungen von zwei benachbarten ferromagnetischen Schichten ohne äußeres Magnetfeld antiparallel zueinander ausrichten. Ein Beispiel für diesen Typ sind Eisen-Chrom-Übergitter (Fe-Cr-Superlattices) mit ferromagnetischen Schichten aus Fe und antiferromagnetischen Zwischenschichten aus Cr. Durch ein entsprechend gerichtetes äußeres Magnetfeld werden nun die Magnetisierungen von benachbarten ferromagnetischen Schichten gegen die antiferromagnetischen Kopplungskräfte gedreht und parallel ausgerichtet. Diese Umorientierung der Magnetisierungen durch das Magnetfeld hat eine stetige Abnahme des Giant-MR zur Folge, die ein Maß für die Größe des Magnetfeldes ist. Bei einer Sättigungsfeldstärke H_s tritt keine Änderung des Giant-MR mehr auf, weil sämtliche Magnetisierungen dann parallel zueinander ausgerichtet sind ("Physical Review Letters", Vol. 61, No. 21, 21. Nov. 1988, Seiten 2472 - 2475).

Bei dem zweiten Typ eines Giant-MR-Mehrschichtsystems sind die ferromagnetischen Schichten durch dia- oder paramagnetische Zwischenschichten aus Metall voneinander getrennt. Die Zwischenschichten sind so dick gewählt, daß die magnetische Austauschkopplung zwischen den Magnetisierungen der ferromagnetischen Schichten möglichst gering ist. Jeweils benachbarte ferromagnetische Schichten weisen unterschiedliche Koerzitivfeldstärken auf.

An einem derartigen austauschentkoppelten Giant-MR-Schichtsystem mit magnetisch weicheren Meßschichten aus $Ni_{80}Fe_{20}$ und durch Zwischenschichten aus Cu von den Meßschichten getrennten, magnetisch härteren Biasschichten aus Co wurden bereits Messungen des Widerstands in Abhän-

gigkeit von dem Winkel THETA zwischen einem Sättigungsmagnetfeld H_0 und einem sich parallel zu den Schichtebenen drehenden Magnetfeld H_r durchgeführt. Das Drehfeld H_r wurde dabei so groß gewählt, daß nur die Magnetisierungen M_1 der Meßschichten der Drehung des Magnetfeldes H_r folgen und die Magnetisierungen M_2 der Biasschichten in ihrer durch das Sättigungsfeld H_0 vorgegebenen, ursprünglichen Richtung verharren. Es ergab sich, daß sich der gesamte elektrische Widerstand R des Schichtsystems in Abhängigkeit vom Winkel THETA in guter Näherung als Summe aus einem Anteil A_1 * cos (THETA) für den Giant-MR, einem Anteil A_2 * cos (2* THETA) für den AMR und einem konstanten Ohmschen Anteil R_0 darstellen läßt, wobei der Koeffizient A_2 des AMR-Anteils positiv und der Koeffizient A_1 des Giant-MR-Anteils negativ und betragsmäßig etwa 60 mal größer als A_2 sind. ("Journal of Magnetism and Magnetic Materials" (North-Holland), Vol. 113, 1992, Seiten 79 - 82).

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Messen einer Winkelposition eines Objektes der eingangs genannten Art derart zu verbessern, daß ein Winkelmeßbereich von wenigstens 180°, eine höhere Empfindlichkeit und ein größerer Feldbereich erreicht werden.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

Mit der Verwendung eines Giant-MR-Sensors erreicht man wegen der cos(THETA)-Abhängigkeit des Giant-MR vom Drehwinkel THETA zwischen einem sich in der Schichtebene drehenden Magnetfeld $\overline{H}$ und einem Ausgangsmagnetfeld $\overline{H}_0$ im Gegensatz zur cos(2* THETA)-Abhängigkeit des AMR wenig-

stens eine Verdoppelung des Meßbereichs. Außerdem kann die Empfindlichkeit auf bis etwa das Zehnfache gesteigert werden, und es können größere Magnetfelder eingesetzt werden.

In einer Ausführungsform gemäß Anspruch 2 wird eine Änderung der Winkelposition in eine Drehung eines Magnetfeldes $\overline{H}$ umgesetzt, während in einer Ausführungsform gemäß Anspruch 4 die Änderung der Winkelposition in eine entsprechende Drehung des Magnetowiderstands-Sensors gegenüber einem wenigstens annähernd konstanten, äußeren Magnetfeld $\overline{H}_g$ übergeführt wird. Die erste Ausführungsform ist beispielsweise für Gaspedal- oder Drosselklappengeber im Kraftfahrzeug geeignet, wo Winkel von etwa 140° auftreten, und vorzugsweise für ein kontaktloses Potentiometer zu verwenden und letztere Ausführungsform ist vorzugsweise als Kompaß einzusetzen.

Vorteilhafte weitere Ausgestaltungen gemäß der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in deren

FIG. 1 eine Vorrichtung zum Messen einer Winkelposition mit drehbarem Magneten,

FIG. 2 eine Vorrichtung zum Messen einer Winkelposition mit drehbarem Giant-MR-Sensor und

FIG. 3 und 4 jeweils ein Giant-MR-Schichtsystem für eine Vorrichtung gemäß der Erfindung

schematisch dargestellt sind. Einander entsprechende Teile sind mit denselben Bezugszeichen versehen.

In der Ausführungsform gemäß FIG. 1 ist ein MR-Sensor 2 mit einem nicht näher dargestellten Giant-MR-Schichtsystem vorgesehen, der in dem Magnetfeld eines um eine Drehachse 6 drehbaren Magneten 4 angeordnet ist. Der Magnet 4 erzeugt dabei ein Magnetfeld mit einer Komponente $\bar{H}$ in einer senkrecht zur Drehachse 6 gerichteten Drehebene 5, die parallel zu den Schichtebenen der einzelnen Schichten des Giant-MR-Schichtsystems gerichtet ist. Der MR-Sensor 2 weist eine Bezugsachse 3 in der Drehebene 5 auf und wird während der Messung von einem elektrischen Strom $\bar{I}$ durchflossen, der vorzugsweise parallel zur Bezugsachse 3 und zu den Schichtebenen gerichtet ist, jedoch auch senkrecht zu den Schichtebenen und zur Bezugsachse 3 verlaufen kann. Das Schichtsystem enthält wenigstens eine Meßschicht mit einer durch das Magnetfeld $\bar{H}$ drehbaren Magnetisierung $\bar{M}_M$ und wenigstens eine Biasschicht mit einer bezogen auf die Bezugsachse 3 zumindest annähernd festen (drehinvarianten) Magnetisierung $\bar{M}_B$. Der MR-Sensor 2 mit dem Schichtsystem ist als länglicher Streifen ausgebildet, dessen Längsrichtung der Bezugsachse 3 entspricht. Vorzugsweise ist auch die Magnetisierung $\bar{M}_B$ der Biasschicht parallel zur Längsrichtung des MR-Sensors 2 gerichtet. Dadurch können die entmagnetisierenden Felder abgeschwächt werden.

In einer besonders vorteilhaften, nicht dargestellten Ausführungsform sind der MR-Sensor 2 und die Schichten seines Giant-MR-Schichtsystems wenigstens annähernd kreisrund ausgebildet, um störende Randeffekte durch entmagnetisierende Felder zu reduzieren.

Ist nun das Magnetfeld $\bar{H}$ des Magneten 4 in seiner Ausgangslage parallel zur Bezugsachse 3 des MR-Sensors 2, die als Ausgangsmagnetfeld $\bar{H}_0$ bezeichnet ist, so sind die

Magnetisierungen $\bar{M}_M$ der Meßschicht und $\bar{M}_B$ der Biasschicht parallel zueinander gerichtet und der Winkel ALPHA zwischen ihnen ist 0°. Der Winkel ALPHA kann allerdings auch 180° betragen, wenn die Magnetisierung $\bar{M}_B$ antiparallel zum Ausgangsmagnetfeld $\bar{H}_0$ gewählt wird. Wird der Magnet 4 um die Drehachse 6 gedreht, so dreht sich das Magnetfeld $\bar{H}$ in der Drehebene 5 um einen entsprechenden Drehwinkel THETA gegenüber dem Ausgangsmagnetfeld $\bar{H}_0$.

Gleichzeitig wird auch die Magnetisierung $\bar{M}_M$ der Meßschicht mitgedreht, so daß sich ein neuer Winkel ALPHA zwischen der gedrehten Magnetisierung $\bar{M}_M$ der Meßschicht und der festen Magnetisierung $\bar{M}_B$ der Biasschicht einstellt. Dieser Winkel ALPHA ist im allgemeinen etwa gleich dem Drehwinkel THETA bzw. gleich 180°+THETA. Der elektrische Widerstand R des von dem Strom $\bar{I}$ durchflossenen Giant-MR-Schichtsystems ist nun in einem Winkelbereich von 180° eindeutig abhängig von dem Winkel ALPHA zwischen den beiden Magnetisierungen $\bar{M}_M$ und $\bar{M}_B$, und zwar ist der Widerstand R maximal für ALPHA = 180° und minimal für ALPHA = 0°.

Mit dieser Vorrichtung kann nun eine Winkelposition eines in einer zur Drehebene 5 parallelen Ebene liegenden Körpers gemessen werden, indem man beispielsweise über eine Welle dessen Winkelpositionsänderung in eine Drehung des Magneten 4 um die Drehachse 6 umsetzt und den Widerstand R des MR-Sensors 2 mißt.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist die Vorrichtung als kontaktloses Potentiometer vorgesehen.

Durch eine Dreheinrichtung, beispielsweise einen Stellknopf, werden über eine Welle der Magnet 4 und sein Magnetfeld $\vec{H}$ gedreht, und der Widerstand R des Schichtsystems wird entsprechend verändert. Ein solches Potentiometer hat den Vorteil, daß sein elektrisch kontaktierter Teil nicht mechanisch mit dem drehenden Teil gekoppelt ist. Man kann daher zusätzliche Trennwände zwischen diesen beiden Teilen, nämlich dem Magneten 4 mit der Welle und der Dreheinrichtung einerseits und dem Schichtsystem mit entsprechend elektrischen Kontakten andererseits, anordnen, solange diese Trennwände das Streufeld des Magneten 4 nicht zu sehr abschwächen. Außerdem ist bei diesem Potentiometer ein gegen Verschleiß und Korrosion anfälliger Schleifkontakt nicht mehr notwendig.

Eine weitere vorteilhafte Anwendung der Vorrichtung gemäß der Erfindung ist die Drehzahlmessung und -regelung von Elektromotoren. Die Drehachse 6 wird dabei vorzugsweise parallel zur Laufachse des Elektromotors angeordnet. Es sind nun Mittel zum Messen der Drehzahl vorgesehen durch Messen der Winkelposition der Motorachse in regelmäßigen Zeitintervallen. Gegenüber bekannten induktiven Aufnehmern hat dieser Drehzahlmesser den Vorteil, daß auch niedrige Drehzahlen erfaßt werden können und daß das Signal drehzahlunabhängig ist.

Mit einer Anordnung von zwei MR-Sensoren mit senkrecht zueinander gerichteten Bezugsachsen kann überdies sowohl die ruhende als auch die bewegte absolute Winkelposition der Motorachse durch eine Quadratur der Meßsignale der beiden MR-Sensoren bestimmt werden.

FIG. 2 zeigt eine Ausführungsform mit einem um die Dreh-

achse 6 drehbaren MR-Sensor, der in einem räumlich festen Magnetfeld $\bar{H}_g$ angeordnet ist. Diese Vorrichtung eignet sich vor allem als Kompaß, wobei das Magnetfeld $\bar{H}_g$ dann das Erdmagnetfeld ist. Eine Drehung der Bezugsachse 3 des MR-Sensors 2 um einen Drehwinkel PHI aus einer Ausgangslage parallel zum Magnetfeld $\bar{H}_g$ führt wieder zu einer entsprechenden Drehung der Magnetisierung $\bar{M}_M$ der Meßschicht. Es stellt sich ein Winkel ALPHA zwischen den Magnetisierungen $\bar{M}_M$ und $\bar{M}_B$ der Meßschicht bzw. der Biasschicht ein und in Abhängigkeit von diesem Winkel ALPHA ändert sich das Widerstandssignal des MR-Sensors 2.

In den FIG. 3 und 4 sind Ausführungsformen von Giant-MR-Schichtsystemen gemäß der Erfindung veranschaulicht.

FIG. 3 zeigt eine Ausführungsform mit einer Meßschicht 12 mit einer Magnetisierung $\bar{M}_M$ in ihrer Schichtebene und einer Biasschicht 16 mit einer festen Magnetisierung $\bar{M}_B$ in ihrer Schichtebene. Die Meßschicht 12 und die Biasschicht 16 sind über eine elektrisch leitende, nicht magnetische Zwischenschicht 14 magnetisch weitgehend austauschentkoppelt. Zwischen den beiden Magnetisierungen $\bar{M}_M$ und $\bar{M}_B$ stellt sich entsprechend der Lage des nicht dargestellten Magnetfeldes $\bar{H}$ ein Winkel ALPHA ein. Die Magnetisierung $\bar{M}_B$ der Biasschicht 16 ist in dieser Ausführungsform durch eine auf der von der Meßschicht 12 abgewandten Seite antiferromagnetisch an die Biasschicht 16 angekoppelte zusätzliche Magnetschicht 18 mit einer zu $\bar{M}_B$ antiparallelen Magnetisierung $\bar{M}_{AF}$ stabilisiert.

In einer anderen, nicht dargestellten Ausführungsform ist die Biasschicht 16 mit einer Vorzugsachse versehen und parallel zu dieser Vorzugsachse magnetisiert.

In einer weiteren Ausführungsform gemäß FIG. 4 ist an die Biasschicht 16 ein antiferromagnetisches Schichtsystem antiferromagnetisch angekoppelt, das aus zwei Magnetschichten 18 und 22 mit gleichgerichteten Magnetisierungen $\bar{M}_{AF1}$ in den Schichtebenen und einer dazwischen angeordneten dritten Magnetschicht 20 mit einer zu $\bar{M}_{AF1}$ antiparallelen Magnetisierung $\bar{M}_{AF2}$, die jeweils über eine Zwischenschicht 19 an die Magnetschichten 18 bzw. 22 antiferromagnetisch angekoppelt ist, besteht. Auch mit dieser Anordnung der Schichten kann die Magnetisierung $\bar{M}_B$ der Biasschicht 16 in ihrer Richtung fixiert werden.

Das antiferromagnetische Schichtsystem kann auch aus nur zwei antiferromagnetisch gekoppelten Magnetschichten aufgebaut sein.

Zwischen den Magnetschichten des antiferromagnetischen Schichtsystems sind vorzugsweise Zwischenschichten angeordnet. Zwischen der Biasschicht 16 und dem antiferromagnetisch angekoppelten antiferromagnetischen Schichtsystem oder der einzelnen Schicht in der Ausführungsform gemäß FIG. 3 kann ebenfalls eine Zwischenschicht angeordnet sein.

In einer besonderen Ausführungsform sind die Meßschicht 14 und die Biasschicht 16, vorzugsweise über eine Zwischenschicht, antiferromagnetisch oder ferromagnetisch aneinander austauschgekoppelt, so daß ihre Magnetisierungen $\bar{M}_M$ und $\bar{M}_B$ ohne Magnetfeld $\bar{H}$ antiparallel bzw. parallel zueinander gerichtet sind.

Vorzugsweise ist eine Vielzahl von den bisher beschriebenen Schichtsystemen mit einer Meßschicht 12 und einer Biasschicht 16 zu einem vorzugsweise periodischen Stapel

angeordnet. Typischerweise werden bis etwa 100 solcher Schichtsysteme aufeinandergestapelt.

Zur Messung wird das gesamte Giant-MR-Schichtsystem mit wenigstens zwei Kontakten versehen. Diese Kontakte werden entweder beide auf der obersten Schicht angeordnet, so daß der Strom $\bar{I}$ im Mittel parallel zu den Schichtebenen fließt (current-in-plane = cip), oder es wird jeweils ein Kontakt auf der obersten und auf der untersten Schicht angeordnet, so daß der Strom $\bar{I}$ im Mittel senkrecht zu den Schichtebenen fließt (current-perpendicular-to-planes = cpp).

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erfassen einer Winkelposition eines Objekts bezüglich einer vorgegebenen Nullage mit einem Magnetowiderstands(MR)-Sensor (2), der eine feste Bezugsachse (3) und Kontakte zum Einspeisen eines elektrischen Stromes ($\bar{I}$) aufweist sowie in einem Magnetfeld angeordnet ist, wobei eine Magnetfeldkomponente ($\bar{H}$ oder $\bar{H}_g$) des Magnetfeldes und die Bezugsachse (3) des MR-Sensors (2) in einer Drehebene (5) gegeneinander um einen Drehwinkel (THETA bzw. PHI) drehbar sind, der mit der zu erfassenden Winkelposition eindeutig korreliert ist und der elektrische Widerstand des MR-Sensors (2) eindeutig von diesem Drehwinkel (THETA bzw. PHI) abhängt, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der MR-Sensor (2) mit einem Schichtsystem aus mehreren aufeinander angeordneten Schichten mit wenigstens annähernd parallel zur Drehebene (5) gerichteten Schichtebenen ausgebildet ist, das

(i) wenigstens eine Meßschicht (12) mit einer durch das Magnetfeld ($\bar{H}$ bzw. $\bar{H}_g$) in ihrer Schichtebene drehbaren Magnetisierung ($\bar{M}_M$) und wenigstens eine Biasschicht (16) mit einer von dem Magnetfeld ($\bar{H}$ bzw. $\bar{H}_g$) zumindest weitgehend unabhängigen Magnetisierung ($\bar{M}_B$) in ihrer Schichtebene enthält und

(ii) dessen elektrischer Widerstand von dem Winkel (ALPHA) zwischen der Magnetisierung ($\bar{M}_M$) der Meßschicht (12) und der Magnetisierung ($\bar{M}_B$) der Biasschicht (16) abhängt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß

a) der MR-Sensor (2) räumlich fest angeordnet ist und

b) Mittel (4) vorgesehen sind zum Erzeugen eines gegenüber der Bezugsachse (3) des MR-Sensors (2) in der Drehebene (5) drehbaren Magnetfeldes ($\overline{H}$).

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung als kontaktloses Potentiometer verwendet wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
a) das Magnetfeld ($\overline{H}_g$) räumlich fest ist und
b) die Bezugsachse (3) des MR-Sensors (2) in der Drehebene (5) drehbar ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßschicht (12) von der Biasschicht (16) durch eine Zwischenschicht (14) wenigstens annähernd magnetisch austauschentkoppelt ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Biasschicht (16) eine Koerzitivfeldstärke aufweist, die betragsmäßig größer ist als das Magnetfeld ($\overline{H}$ bzw. $\overline{H}_g$), und die Meßschicht (12) eine Koerzitivfeldstärke aufweist, die betragsmäßig kleiner ist als das Magnetfeld $\overline{H}$ bzw. ($\overline{H}_g$).

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßschicht (12) und die Biasschicht (16) durch eine Zwischenschicht (14) austauschgekoppelt sind.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Biasschicht (16) mit einer magnetischen Vorzugsachse versehen ist und entlang dieser Vorzugsachse magnetisiert ist.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf der von der Meßschicht (12) abgewandten Seite wenigstens einer Biasschicht (16) ein antiferromagnetisches Schichtsystem mit wenigstens einer Magnetschicht (18) angeordnet ist, das antiferromagnetisch mit der Biasschicht (16) gekoppelt ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Biasschicht (16) mit der Magnetschicht (18) direkt verbunden ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Biasschicht (16) über eine Zwischenschicht (17) mit der Magnetschicht (18) verbunden ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das antiferromagnetische Schichtsystem zwei antiferromagnetisch gekoppelte Magnetschichten (18 und 20) enthält

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das antiferromagnetische Schichtsystem drei antiferromagnetisch aneinander gekoppelte Magnetschichten (18, 20 und 22) enthält.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zwischen den Magnetschichten (18, 20 bzw. 22) wenigstens teilweise Zwischenschichten (19) angeordnet sind.

15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Schichten zu einem Stapel mit periodischer Schichtfolge angeordnet sind.

16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Schichtsystem wenigstens annähernd kreisförmig ausgebildet ist.

17. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß Mittel zum Erfassen einer Drehbewegung durch Erfassen der Winkelposition in regelmäßigen zeitlichen Abständen vorgesehen sind.

18. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zwei MR-Sensoren vorgesehen sind mit senkrecht zueinander gerichteten Bezugsachsen.

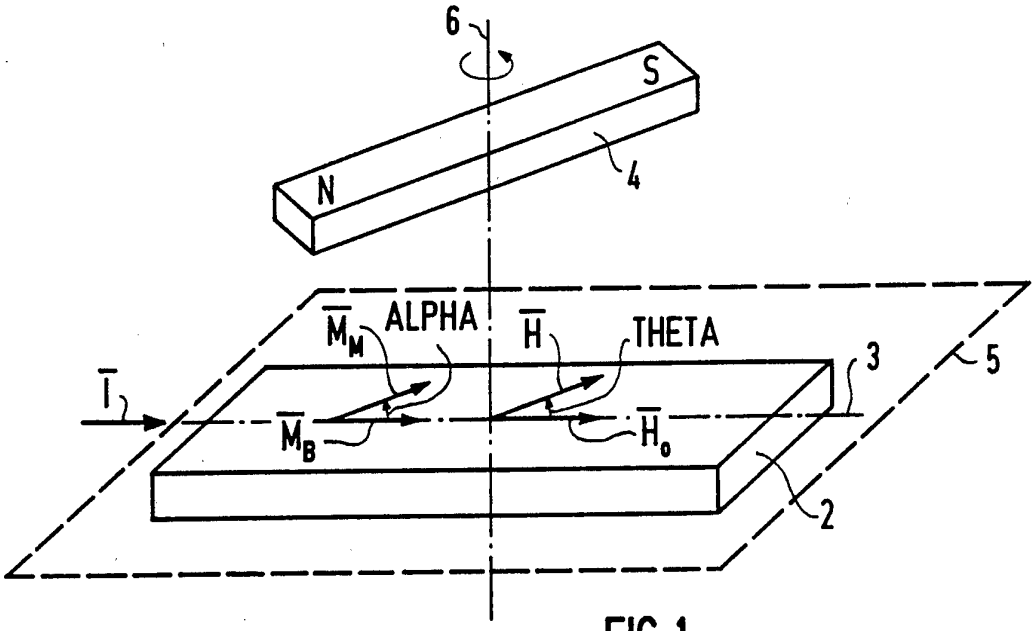

6
S
N
4
$\overline{M}_M$
ALPHA
$\overline{H}$
THETA
3
5
$\overline{I}$
$\overline{M}_B$
$\overline{H}_o$
2

FIG 1

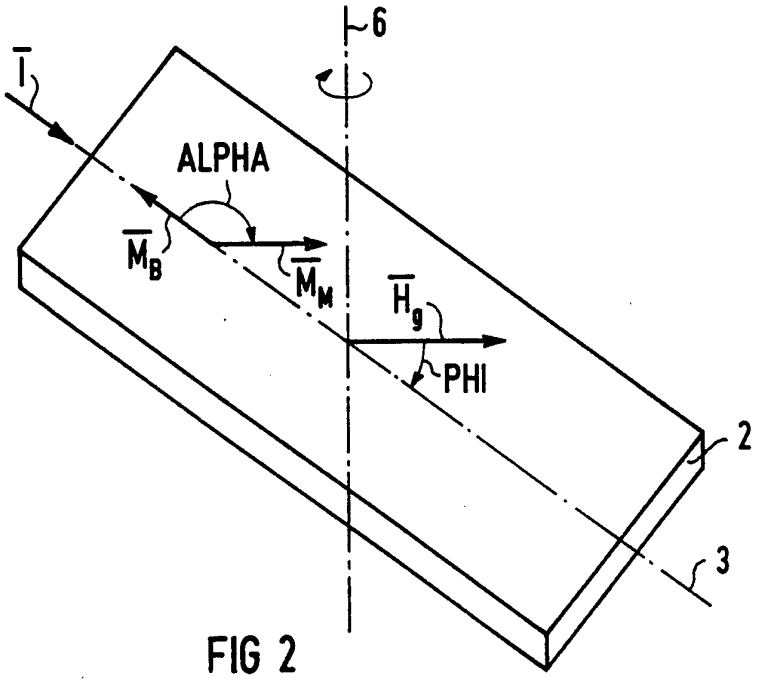

6
$\overline{I}$
ALPHA
$\overline{M}_B$
$\overline{M}_M$
$\overline{H}_g$
PHI
2
3

FIG 2

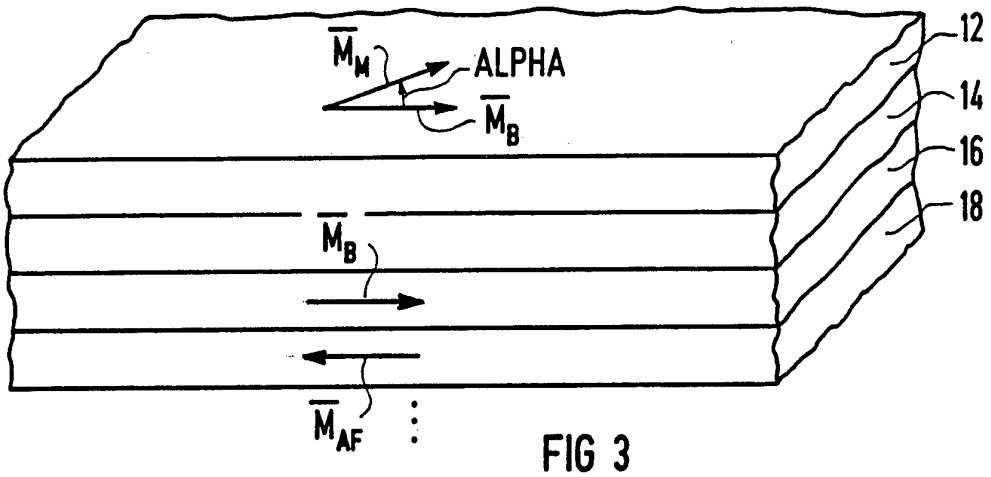

$\overline{M}_M$
ALPHA
$\overline{M}_B$
$\overline{M}_B$
$\overline{M}_{AF}$
12
14
16
18

FIG 3

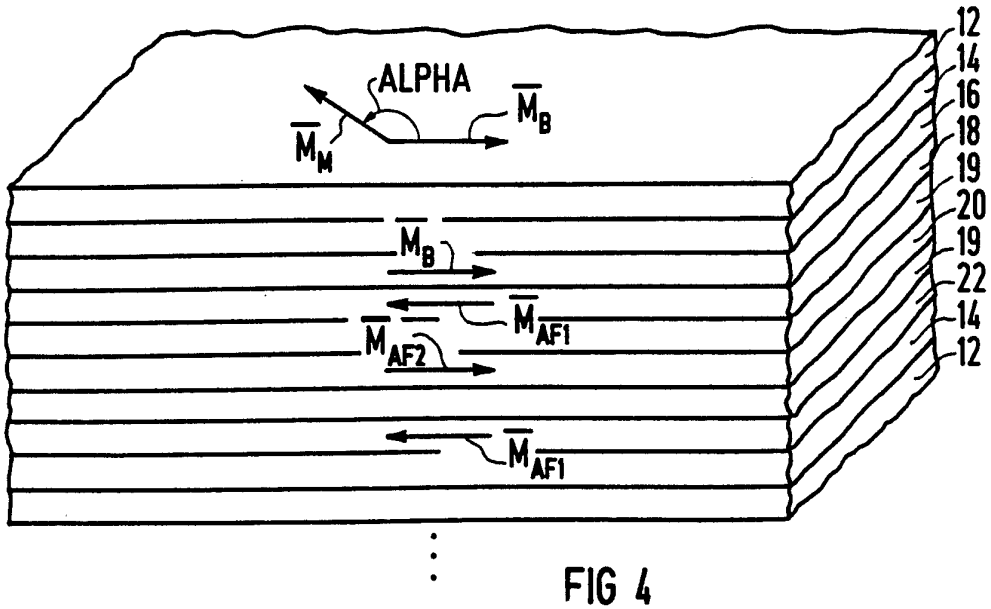

ALPHA
$\overline{M}_B$
$\overline{M}_M$
$\overline{M}_B$
$\overline{M}_{AF1}$
$\overline{M}_{AF2}$
$\overline{M}_{AF1}$
12
14
16
18
19
20
19
22
14
12

FIG 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/DE 94/00016

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 5 G01R33/06 G01D5/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 5 G01R H01F G01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP,A,0 498 668 (IBM CORPORATION) 12 August 1992 see page 3, line 1 - page 4, line 27; figures 1-7	1,2,5,7, 8
Y		3
A		6

Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 6, no. 95 (E-110)3 June 1982 & JP,A,57 027 081 (COPAL CO LTD) 13 February 1982 see abstract	3

	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

1

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
28 March 1994	18. 04. 94

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+ 31-70) 340-3016	Chapple, I

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/DE 94/00016

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	IEEE TRANSACTION ON MAGNETICS vol. MAG-22, no. 5 , September 1986 , NEW YORK, USA pages 394 - 396 T.J. NELSON ET AL 'Shear-sensitive Magnetoresistive Robotic Tactile Sensor' see page 394, right column, paragraph 4 - page 395, left column, last paragraph; figure 2	1,2,5,7
A	EP,A,0 406 060 (THOMSON-CSF) 2 January 1991 see column 4, line 8 - line 52; figures 2A,2B	9,11
A	EP,A,0 485 129 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 13 May 1992 see the whole document	9-15

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International application No.
PCT/DE 94/00016

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP-A-0498668	12-08-92	US-A-	5159513	27-10-92
EP-A-0406060	02-01-91	FR-A-	2648942	28-12-90
		JP-A-	3052111	06-03-91
		US-A-	5134533	28-07-92
EP-A-0485129	13-05-92	JP-A-	4212402	04-08-92

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 94/00016

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 5 G01R33/06 G01D5/16

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 5 G01R H01F G01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP,A,0 498 668 (IBM CORPORATION) 12. August 1992 siehe Seite 3, Zeile 1 - Seite 4, Zeile 27; Abbildungen 1-7	1,2,5,7, 8
Y		3
A		6

Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 6, no. 95 (E-110)3. Juni 1982 & JP,A,57 027 081 (COPAL CO LTD) 13. Februar 1982 siehe Zusammenfassung	3

	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
28. März 1994	18. 04. 94
Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+ 31-70) 340-3016	**Bevollmächtigter Bediensteter** Chapple, I

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 94/00016

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	IEEE TRANSACTION ON MAGNETICS Bd. MAG-22, Nr. 5 , September 1986 , NEW YORK, USA Seiten 394 - 396 T.J. NELSON ET AL 'Shear-sensitive Magnetoresistive Robotic Tactile Sensor' siehe Seite 394, rechte Spalte, Absatz 4 - Seite 395, linke Spalte, letzter Absatz; Abbildung 2	1,2,5,7
A	EP,A,0 406 060 (THOMSON-CSF) 2. Januar 1991 siehe Spalte 4, Zeile 8 - Zeile 52; Abbildungen 2A,2B	9,11
A	EP,A,0 485 129 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 13. Mai 1992 siehe das ganze Dokument	9-15

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 94/00016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP-A-0498668	12-08-92	US-A-	5159513	27-10-92
EP-A-0406060	02-01-91	FR-A-	2648942	28-12-90
		JP-A-	3052111	06-03-91
		US-A-	5134533	28-07-92
EP-A-0485129	13-05-92	JP-A-	4212402	04-08-92