

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

696 859 A5

(51) Int. Cl.: G01R 15/20 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Gesuchsnummer: 00760/03

(22) Anmeldedatum: 30.04.2003

(30) Priorität: 31.08.2002 DE 102 40 241.8

(24) Patent erteilt: 31.12.2007

(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.12.2007

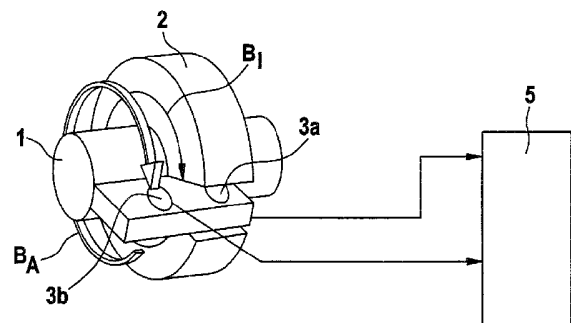
(73) Inhaber:
ROBERT BOSCH GMBH, Postfach 30 02 20
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
Stephan Ernst, 73760 Ostfildern (DE)
Wolfgang Feiler, 72766 Reutlingen (DE)
Henning Hausenstein, 72762 Reutlingen (DE)

(74) Vertreter:
SCINTILLA AG Direktion, Postfach 632
4501 Solothurn (CH)

(54) **Stromsensor mit mehreren Magnetfeldsensoren.**

(57) Die Erfindung betrifft einen Stromsensor zur berührungslosen Strommessung nach dem Prinzip der Messung des von einem stromführenden Leiter (1) erzeugten Magnetfeldes, mit einem Magnetfeldkonzentrator (2) aus hochpermeablem Material, der um den stromführenden Leiter (1) herum angeordnet ist und diesen wenigstens teilweise umschliesst, und einem Magnetfeldsensor (3a), der in dem vom Magnetfeldkonzentrator (2) verstärkten Magnetfeld angeordnet ist. Zur Verbesserung der Messgenauigkeit und zur Erweiterung des Messbereichs ist ein zweiter Magnetfeldsensor (3b) vorgesehen, der ausserhalb des verstärkten Magnetfeldes angeordnet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Stromsensor zur berührungslosen Strommessung nach dem Prinzip der Messung des von einem stromführenden Leiter erzeugten Magnetfeldes gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Stromsensoren der genannten Art arbeiten mit einem Magnetfeldsensor, der das von einem elektrischen Leiter erzeugte magnetische Feld misst und daraus den im Leiter fliessenden Strom ermittelt. Als Magnetfeldsensoren werden insbesondere Hall-Sensoren, Magneto-Transistoren, magnetoresistive Widerstände etc. verwendet.

[0003] Eine aus dem Stand der Technik bekannte Messanordnung ist in Fig. 1 dargestellt. Fig. 1 zeigt einen zentralen stromdurchflossenen Leiter 1, der von einem Magnetfeldkonzentrator 2 umgeben ist, der das vom Leiter 1 erzeugte Magnetfeld B konzentriert und für die Messung verstärkt. Die Messanordnung umfasst ferner einen Magnetfeldsensor 3, der in einem Luftspalt 4 angeordnet ist und vom Magnetfeld des Magnetfeldkonzentrators 2 durchflutet wird.

[0004] Magnetische Materialien, wie sie für den Magnetfeldkonzentrator 2 eingesetzt werden, i.A. Ferrite oder nickel- und kobalthaltige Verbindungen, besitzen ein Hysterese-Verhalten, auf Grund dessen auch bei fehlendem Stromfluss durch den Leiter ein remanentes Magnetfeld zurückbleibt, das vom Magnetfeldsensor 3 gemessen wird. Aus dem Fachbuch «Das Techniker Handbuch» von 1979 (ISBN 3-528-24 053-9), Seite 678–679, ist bekannt, dass ferromagnetische Materialien wie Ferrite oder nickel- und kobalthaltige Verbindungen eine hohe Permeabilität $\gg 1$ aufweisen.

[0005] Gerade bei der Messung kleiner Magnetfelder verursacht diese Remanenz erhebliche Messfehler.

[0006] Eine aus dem Stand der Technik bekannte Möglichkeit zur Verbesserung der Messgenauigkeit eines solchen Stromsensors ist z.B. das Closed-Loop-Verfahren, bei dem das vom Leiter 1 erzeugte magnetische Feld nicht direkt gemessen, sondern mittels einer Spule 8 ein Gegenfeld am Ort des Magnetfeldsensors 3 erzeugt wird, welches so stark ist, dass sich die beiden Felder gegeneinander aufheben. Aus der Kenntnis des von der Spule 8 erzeugten Gegenfeldes kann unmittelbar auf das zu messende Magnetfeld zurück geschlossen werden.

[0007] Vorteil dieser bekannten Kompensationsmethode liegt darin, dass nur sehr kleine Feldstärken im Flusskonzentrator erreicht werden und somit keine bzw. nur geringe Remanenz auftritt. Da der Magnetfeldsensor 3 nur den Nullabgleich des Magnetfeldes messen muss, kann ein sehr sensibler Sensor verwendet werden. Der Magnetfeldsensor 3 wird ausserdem nie in Sättigung gehen, da er stets nur in der Nähe des Nullabgleichs arbeitet.

[0008] Der Nachteil des genannten Verfahrens ist jedoch ein eingeschränkter Messbereich, da durch die Kompensationsspule 8 nicht beliebig viel Strom getrieben werden kann, d.h. das Kompensationsfeld ist auf einen bestimmten maximalen Betrag begrenzt. Hinzu kommt, dass die Kompensationsspule ein zusätzliches Bauteil darstellt, welches darüber hinaus eine aufwendige Beschaltung und zusätzlichen Bauraum benötigt.

[0009] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen hochgenauen Stromsensor zu schaffen, der wesentlich einfacher und kleiner aufgebaut und darüber hinaus kostengünstiger ist.

[0010] Gelöst wird diese Aufgabe gemäss der Erfindung durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von abhängigen Patentansprüchen.

[0011] Der wesentliche Gedanke der Erfindung besteht darin, einen Stromsensor zur Messung des auf einem Leiter geführten Stromes, der einen den Leiter wenigstens teilweise umgebenden Magnetfeldkonzentrator aufweist, mit mindestens zwei Magnetfeldsensoren auszustatten, von denen der erste in dem vom Magnetfeldkonzentrator verstärkten Magnetfeld und der zweite ausserhalb des vom Magnetfeldkonzentrator verstärkten Magnetfeldes angeordnet ist. Eine solche Anordnung ist besonders einfach und kostengünstig realisierbar.

[0012] Der Stromsensor wird vorzugsweise derart betrieben, dass der erste, im verstärkten Magnetfeld angeordnete Magnetfeldsensor schwache Magnetfelder misst, während stärkere Magnetfelder mit dem zweiten Sensor erfasst werden. Für das Umschalten der Messbereiche bzw. Sensoren sind vorzugsweise Schwellenwerte vorgegeben, wobei z.B. eine automatische Umschaltung der Messbereiche erfolgt, wenn eine vorgegebene Feldstärke überschritten wird. Auf diese Weise kann ein weitaus grösserer Messbereich abgedeckt werden als bei Verwendung nur eines einzelnen Magnetfeldsensors, wobei nur sehr geringe Mehrkosten durch den zweiten Sensor entstehen.

[0013] Gemäss einer anderen Ausführungsform der Erfindung werden, insbesondere in einem Messbereich mit geringen Feldstärken, die Messsignale beider Magnetfeldsensoren ausgewertet, um die Remanenz im Magnetfeldkonzentrator zu bestimmen (dies funktioniert nur bis zu einer Empfindlichkeitsuntergrenze des zweiten Sensors oder wenn das zu messende Feld Null ist). Zur Bestimmung der Remanenz im hochpermeablen Material des Magnetfeldkonzentrators können die Messsignale der beiden Magnetfeldsensoren beispielsweise ins Verhältnis gesetzt werden. Die Abweichung des Verhältnisses von einem physikalisch vorgegebenen Wert bildet dabei ein Mass für die im Magnetfeldkonzentrator vorhandene Remanenz, die dann bei der Messung mit dem ersten, im verstärkten Magnetfeld angeordneten, Sensor berücksichtigt und aus dem Messergebnis herausgerechnet werden kann.

[0014] Wahlweise kann die ermittelte Remanenz auch dazu verwendet werden, den Magnetfeldkonzentrator z.B. mit Hilfe einer Spule wieder zu entmagnetisieren. Hierzu wird an der Spule z.B. ein oszillierendes Entmagnetisierungsfeld angelegt, mit dem im Material des Magnetfeldkonzentrators eine hinreichend hohe Feldstärke erzeugt wird, um das Remanenzfeld zu reduzieren und im Idealfall zu Null werden zu lassen.

[0015] Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der zweite Magnetfeldsensor innerhalb eines vom Magnetfeldkonzentrator umschlossenen Gebiets positioniert, in dem im Wesentlichen nur die unverstärkte Feldstärke des vom Leiter erzeugten Magnetfelds herrscht. Wegen der zusätzlich abschirmenden Wirkung des Magnetfeldkonzentrators vor externen Störfeldern kann hierdurch die Störfestigkeit des Stromsensors wesentlich erhöht werden.

[0016] Gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung können magnetische Linsen vorgesehen sein, die das vom Magnetfeldkonzentrator verstärkte Magnetfeld nochmals verstärken und auf den ersten Magnetfeldsensor fokussieren. Der Abstand der beiden Magnetfeldsensoren kann somit reduziert und Störeinflüsse minimiert werden.

[0017] Der Magnetfeldkonzentrator besteht vorzugsweise aus einer Vergussmasse mit hoher magnetischer Permeabilität, in der der Leiter und der Magnetfeldsensor eingebettet sind. Die Vergussmasse ist besonders vorteilhaft, da sie einfach und kostengünstig hergestellt werden kann.

[0018] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung umfasst drei Magnetfeldsensoren, von denen der erste und zweite wie vorstehend beschrieben positioniert und der dritte Magnetfeldsensor ausserhalb des vom Magnetfeldkonzentrator umschlossenen Bereichs angeordnet ist. Eine Auswertung des Messsignals des zweiten und dritten Magnetfeldsensors liefert somit zusätzliche Information über externe Störfelder, die bei der Messauswertung berücksichtigt werden können. Das Messergebnis des ersten oder zweiten Magnetfeldsensors kann somit entsprechend korrigiert werden.

[0019] Der Stromsensor mit zwei oder mehr Magnetfeldsensoren kann selbstverständlich auch in Verbindung mit der eingangs beschriebenen Kompensationsmethode verwendet werden.

[0020] Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Messanordnung zur Strommessung mit einem Magnetfeldsensor gemäss dem Stand der Technik;

Fig. 2 einen Stromsensor mit zwei Magnetfeldsensoren gemäss der Erfindung in perspektivischer Ansicht;

Fig. 3 eine Seitenansicht eines Stromsensors mit einer speziellen Anordnung von zwei bzw. drei Magnetfeldsensoren; und

Fig. 4 eine vergrösserte Teilansicht eines Stromsensors mit magnetischen Linsen.

[0021] Bezüglich der Erläuterung von Fig. 1 wird auf die Beschreibungseinleitung verwiesen.

[0022] Fig. 2 zeigt einen Stromsensor, der das von einem elektrischen Leiter 1 erzeugte Magnetfeld der Flussdichte B misst. Der Stromsensor umfasst einen um den Leiter 1 herum angeordneten Magnetfeldkonzentrator 2 sowie zwei Magnetfeldsensoren 3a, 3b, von denen der erste 3a in der vom Magnetfeldkonzentrator 2 verstärkten magnetischen Flussdichte B_i und der zweite Magnetfeldsensor 3b in der unverstärkten äusseren Flussdichte B_A angeordnet ist.

[0023] Die Magnetfeldsensoren 3a, 3b sind mit einer Auswerteeinheit 5 verbunden, die in der Lage ist, aus den Messsignalen der beiden Magnetfeldsensoren 3a, 3b das im Magnetfeldkonzentrator 2 vorhandene Remanenzfeld zu ermitteln. Dieses wird insbesondere bei der Messung kleiner Magnetfelder mit dem ersten Magnetfeldsensor 3a berücksichtigt und aus dem Messergebnis herausgerechnet.

[0024] Zur Ermittlung des Remanenzfeldes kann beispielsweise das Messergebnis der beiden Magnetfeldsensoren 3a, 3b ins Verhältnis gesetzt werden. Die Abweichung des Verhältnisses von einem physikalisch vorgegebenen Wert bildet dabei ein Mass für die im Magnetfeldkonzentrator 2 vorhandene Remanenz, die dann bei der Messung mit dem ersten Sensor 3a berücksichtigt und aus dem Messergebnis herausgerechnet werden kann.

[0025] Der Stromsensor wird derart betrieben, dass der erste, im verstärkten Magnetfeld angeordnete Magnetfeldsensor 3a schwache Magnetfelder B misst, während stärkere Magnetfelder B mit dem zweiten Sensor 3b erfasst werden. Die Messung erfolgt hierbei alternativ entweder durch den ersten oder zweiten Magnetfeldsensor. Bei Überschreiten einer vorgegebenen Feldstärke wird das Magnetfeld vorzugsweise ausschliesslich vom zweiten Magnetfeldsensor 3b gemessen.

[0026] Fig. 3 zeigt eine Seitenansicht eines Stromsensors mit einem ringförmig ausgebildeten Magnetfeldkonzentrator 2, der um einen Leiter 1 mit rechteckigem Leiterquerschnitt angeordnet ist. Wie zu erkennen ist, wird die magnetische Flussdichte B_i durch das Material des Magnetfeldkonzentrators 2 verstärkt, wogegen im Bereich zwischen Magnetfeldkonzentrator 2 und Leiter 1 nur die vom Stromfluss I erzeugte Flussdichte B_A vorherrscht.

[0027] Der dargestellte Stromsensor umfasst ebenfalls zwei Magnetfeldsensoren 3a, 3b, wobei der erste Magnetfeldsensor 3a im Bereich verstärkter magnetischer Flussdichte B_A , und der zweite Magnetfeldsensor 3b im Bereich unverstärkter Flussdichte B_i angeordnet ist.

[0028] Im Gegensatz zur Anordnung von Fig. 2 ist der zweite Magnetfeldsensor 3b hier in einem Bereich angeordnet, der vom Magnetfeldkonzentrator 2 umschlossen wird. Externe Felder und Störeinflüsse werden somit weitestgehend durch den Magnetfeldkonzentrator 2 abgeschirmt.

[0029] Wie gestrichelt dargestellt ist, kann der Stromsensor noch einen dritten Magnetfeldsensor 3c aufweisen, der ausserhalb des vom Magnetfeldkonzentrator 2 umschlossenen Bereichs angeordnet ist. Eine Auswertung des Messsignals

des zweiten und dritten Magnetfeldsensors 3b, 3c liefert somit zusätzliche Information über externe Störfelder, die bei der Messung berücksichtigt werden können. Das Messergebnis des ersten oder zweiten Magnetfeldsensors 3a, 3b kann somit entsprechend korrigiert werden.

[0030] Fig. 4 zeigt eine vergrösserte Teilansicht eines Stromsensors, bei dem der Magnetfeldkonzentrator 2 zusätzlich magnetische Linsen 6 aufweist, die die magnetische Flussdichte B_i nochmals verstärken und auf den ersten Magnetfeldsensor 3a fokussieren. Der Magnetfeldkonzentrator 2 ist ferner im Bereich des Magnetfeldsensors 3a verjüngt gebildet.

[0031] Die Magnetfeldsensoren 3a, 3b sind zusammen mit einer Auswertelogik (nicht gezeigt) auf einem Sensorchip 7 monolithisch integriert.

Bezugszeichenliste

[0032]

1	elektrischer Leiter
2	Magnetfeldkonzentrator
3a, 3b, 3c	Magnetfeldsensoren
4	Luftspalt
5	Auswerteeinheit
6	Magnetische Linsen
7	Sensorchip
B_i	verstärkte magnetische Flussdichte
B_A	unverstärkte Flussdichte

Patentansprüche

1. Stromsensor zur berührungslosen Strommessung nach dem Prinzip der Messung des von einem stromführenden Leiter (1) erzeugten Magnetfeldes, umfassend
 - einen Magnetfeldkonzentrator (2) aus magnetischem Material, das eine hohe magnetische Permeabilität aufweist und ein Ferrit ist oder nickel- und kobalthaltige Verbindungen aufweist, wobei der Magnetfeldkonzentrator (2) um den stromführenden Leiter (1) herum angeordnet ist und diesen wenigstens teilweise umschliesst, und
 - einen ersten Magnetfeldsensor (3a), der in der vom Magnetfeldkonzentrator (2) verstärkten magnetischen Flussdichte (B_i) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Magnetfeldsensor (3b) vorgesehen ist, der ausserhalb der verstärkten magnetischen Flussdichte (B_i) angeordnet ist.
2. Stromsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Auswerteeinheit (5) vorgesehen ist, die in der Lage ist, durch Auswertung der Messsignale des ersten und zweiten Magnetfeldsensors (3a, 3b) eine im Magnetfeldkonzentrator (2) vorhandene Remanenz zu bestimmen.
3. Stromsensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Magnetfeldsensor (3b) in einem Bereich misst, in welchem stärkere Magnetfeldstärken vorliegen als in einem Bereich, in welchem schwächere Magnetfeldstärken vorliegen und in welchem der erste Magnetfeldsensor (3a) misst.
4. Stromsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Magnetfeldsensor (3b) in einem vom Magnetfeldkonzentrator (2) umschlossenen Bereich, ausserhalb der verstärkten magnetischen Flussdichte (B_i) angeordnet ist.
5. Stromsensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass magnetische Linsen (6) vorgesehen sind, die die vom Magnetfeldkonzentrator (2) verstärkte Flussdichte (B_i) nochmals verstärken und auf den ersten Magnetfeldsensor (3a) fokussieren.
6. Stromsensor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein dritter Magnetfeldsensor (3c) vorgesehen ist, der ausserhalb des vom Magnetfeldkonzentrator (2) umschlossenen Bereichs angeordnet ist.

Fig. 1

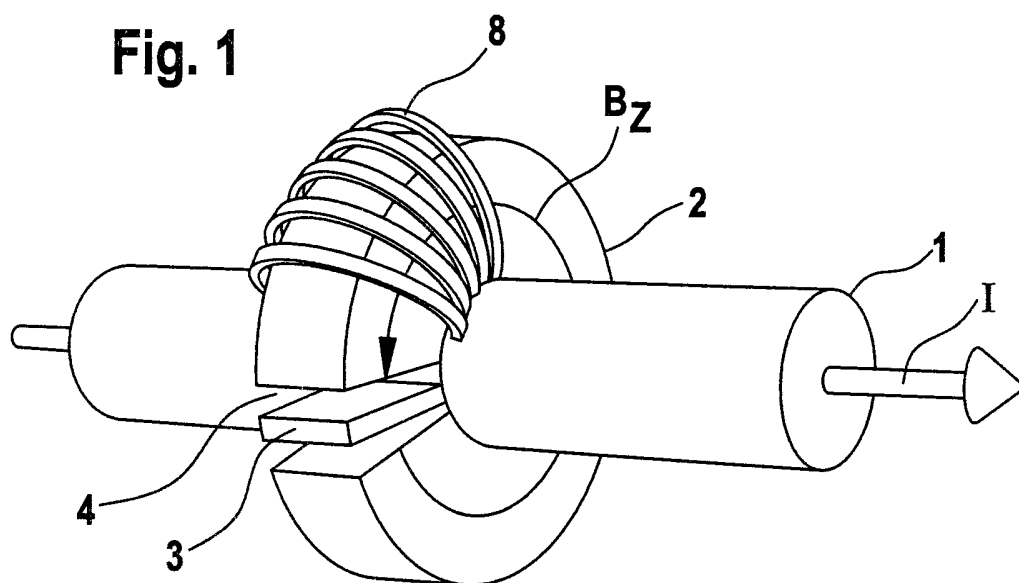


Fig. 2

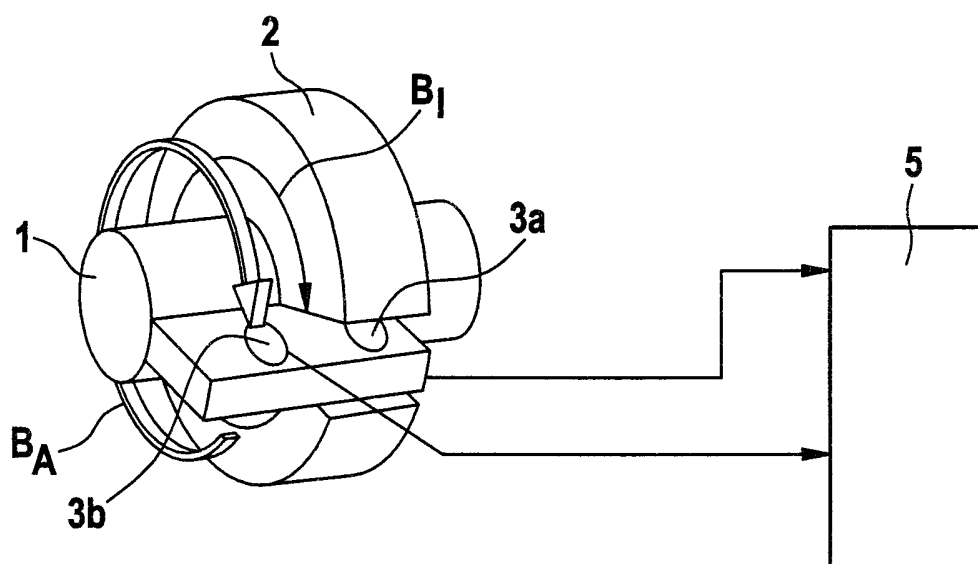


Fig. 3

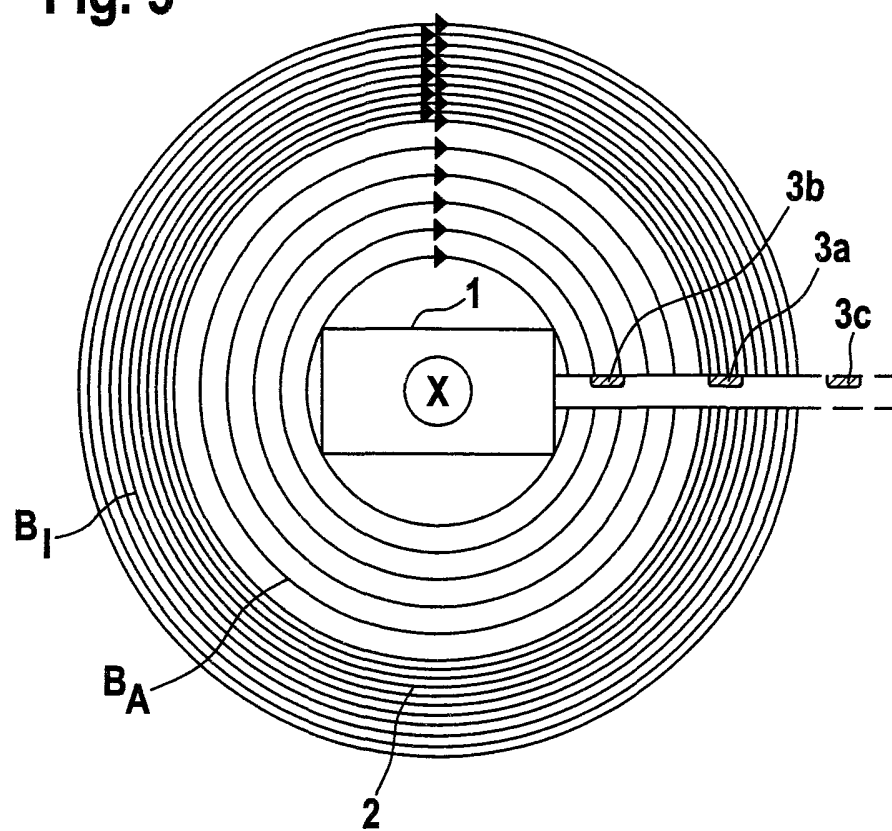


Fig. 4

