(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 196 22 561 B4** 2006.10.05

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **196 22 561.2**
(22) Anmeldetag: **05.06.1996**
(43) Offenlegungstag: **12.12.1996**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **05.10.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G01V 3/08*** (2006.01)
G01D 5/20 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
485697 07.06.1995 US

(73) Patentinhaber:
Allegro Microsystems, Inc., Worcester, Mass., US

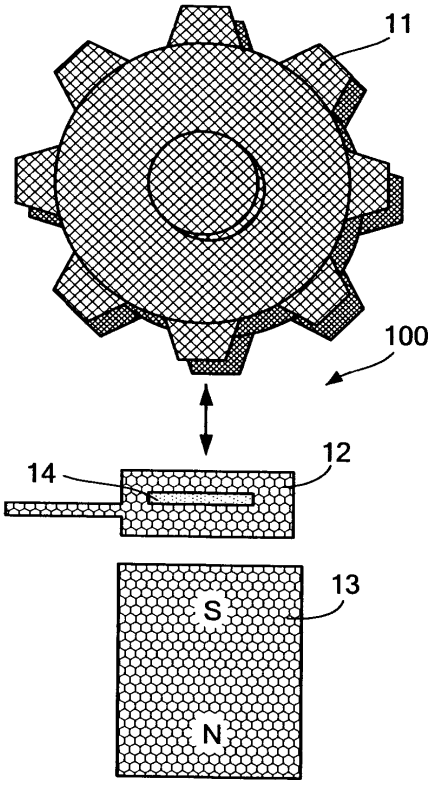
(74) Vertreter:
Fuchs, Mehler, Weiß & Fritzsche, 65201 Wiesbaden

(72) Erfinder:
Vig, Ravi, Bow, N.H., US; Tu, Teri, Bow, N.H., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 44 18 151 A1
DE 42 37 929 A1
DE 42 27 831 A1
DE 41 28 808 A1
DE 40 20 228 A1
DE 94 15 257 U1
US 53 36 998 A
US 49 35 698 A
US 49 22 197 A
US 44 92 922 A
EP 03 79 180 A2
EP 02 66 585 A1

(54) Bezeichnung: **Halleffekt-Sensor**

(57) Hauptanspruch: Halleffekt-Sensor zum Erfassen eines ferromagnetischen Gegenstandes bestehend aus
einem ebenen Hallelement,
welches mit seiner Ebene senkrecht zur für eine Sensormessung relevanten Achse des Sensors angeordnet ist, und
welches zentral in dieser Sensorachse platziert ist,
einer Magnetstruktur,
die zwei magnetisierte Elemente aufweist, die parallel zu der Sensorachse angeordnet sind,
wobei jedes magnetisierte Element einen ersten magnetischen Pol aufweist, der in einer Vorderfläche der Magnetstruktur angeordnet ist und wobei diese Vorderfläche benachbart zum ebenen Hall-Element ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein drittes magnetisiertes Element (18) in der Sensorachse zwischen den beiden anderen magnetisierten Elementen (16, 17) und damit auch in Nachbarschaft zu dem ebenen Hall-Element (14) angeordnet ist, und
das dritte magnetisierte Element (18) in der Vorderfläche der Magnetstruktur eine zur Polung der anderen beiden magnetisierten Elemente entgegengesetzte Polung aufweist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Halleffekt-Sensor zum Erfassen eines ferromagnetischen Gegenstandes nach dem Gattungsbegriff des Patentanspruches 1.

Stand der Technik

[0002] Ein derartiger Halleffekt-Sensor ist aus der DE 44 18 151 A1 bekannt. Dieser bekannte Sensor weist jedoch eine Ansprechempfindlichkeit auf, die sehr stark von dem Luftspalt zwischen Sensor und dem ferromagnetischem Gegenstand abhängt.

Aufgabenstellung

[0003] Von diesem Stand der Technik ausgehend, ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, das Ausgangssignal des Sensors unempfindlicher gegen variierende Luftspalte zu machen.

[0004] Die Lösung dieser Aufgabe gelingt durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Halleffekt-Sensors gemäß der vorliegenden Erfindung können den abhängigen Ansprüchen entnommen werden.

Ausführungsbeispiel

[0005] Das Wesen der Erfindung kann am besten durch Bezugnahme auf eine ihrer strukturellen Formen verstanden werden, wie diese in den beiligenden Zeichnungen veranschaulicht sind, in welchen:

[0006] Fig. 1 eine schematische Ansicht ist, in der die allgemeinen Merkmale der Sensorsysteme gezeigt sind, auf die die vorliegende Erfindung bezogen ist.

[0007] Fig. 2 eine schematische Ansicht ist, in der die Art und Weise dargestellt wird, in der die vorliegende Erfindung verwirklicht ist.

[0008] Fig. 3 eine Draufsicht entlang der Achse des Magneten ist.

[0009] Fig. 4 eine Ansicht des bevorzugten Entwurfs der Magnetstruktur ist, wobei der Blick auf die vordere Magnetfläche erfolgt.

[0010] Fig. 5 eine Seitenansicht des bevorzugten Entwurfs der Magnetstruktur ist.

[0011] Fig. 6 eine perspektivische Ansicht des bevorzugten Entwurfs der Magnetstruktur ist, wobei sich die Achse nach oben und aus der Papierebene von der vorderen Verbundfläche erstreckt.

[0012] Fig. 7a eine Flußdarstellung ist, die die Veränderung des magnetischen Feldes in Abhängigkeit von dem Luftspalt zwischen dem Hall-Element und dem Zahn zeigt.

[0013] Fig. 7b ähnlich zu Fig. 7a ist, mit der Ausnahme, daß Fig. 7b einen Gegenstand benutzt mit breiteren Zähnen und einer breiteren Lücke zwischen den Zähnen.

[0014] Fig. 8 die Verbundkonfiguration der vorliegenden Erfindung betrifft und die Flußdarstellung bei der Spannungseinschaltung mit einer Flußdichte in Tesla für verschiedene Luftspalte (Abstand zwischen Zahn und Sensor) bei der Drehung des Gegenstandes (Zahnes), zeigt.

[0015] Fig. 9 ähnlich zu Fig. 8 ist, soweit beide die Verbundkonfiguration der vorliegenden Erfindung betreffen.

[0016] Fig. 10 eine Flußdichte-Darstellung präsentiert über der Fläche eines Sandwich-Magneten (Nord-Süd-Nord), bei dem zwei Magnete mit Nordpolen an der Fläche durch ein Polstück getrennt sind, welches bünding mit der Fläche ist und einen Südpol der Fläche repräsentiert.

[0017] Fig. 11 die Auswirkung der Magnetposition in Bezug auf die Rückseite des Hall-Elementes auf die Grund-Feldstärke für einen Sandwich-Magneten mit bündigem T-förmigen Polstück zeigt.

[0018] Fig. 12 den Einfluß des rückwärtigen Versatzes des Polstückes von der Magnetfläche um Z mm auf die Grund-Flußdichte (Zahnlücke vorhanden) über der Fläche des Sandwich-Magneten mit einem T Polstück zeigt.

[0019] Fig. 13 eine Flußdichte über der Fläche eines T-Polstückes bei einem Sandwich-Magneten zeigt, wobei ein Polstück um 1,5 mm zurückversetzt ist.

[0020] Fig. 14 ähnlich zu Fig. 13 ist mit der Ausnahme, daß der für die Erzeugung der Daten in Fig. 14 verwendete Magnet ein Sandwich-Magnet ist, bei dem das zentrale Element ein invertierter Stangenmagnet ist (nicht ein T-Polstück und nicht bloß ein Polstück), der ebenfalls um 1,5 mm zurückversetzt ist.

[0021] Fig. 15 einen Halleffekt-Zahnradsensor mit Einzelpol des Typs zeigt, wie er im Stand der Technik bekannt ist.

[0022] Fig. 16 eine schematische Darstellung eines Zahnrades zeigt, welches in eine Position in einiger Entfernung von dem Sensor gemäß Fig. 15 bewegt wird.

[0023] Fig. 17 den Sensor und das Zahnrad von Fig. 16 zeigt, wobei das Zahnrad gedreht ist, um den Zahn in seine nächste Position auf der Drehstrecke zu bringen.

[0024] Fig. 18 ein Zahnrad zeigt, welches gegenüber Fig. 16 noch näher an dem Sensor positioniert ist.

[0025] Fig. 19 die Drehung des Zahnrades in Fig. 18 zeigt, so daß der Zahn sich in seiner nahesten Position zu dem Sensor befindet.

[0026] Fig. 20 eine schematische Ansicht der vorliegenden Erfindung zeigt, wie sie der bekannten Struktur gemäß Fig. 15 entspricht. In Fig. 20 ist die magnetische Fläche, oberhalb der der Hall-Sensor angeordnet ist, als eine Verbundstruktur gezeigt.

[0027] Fig. 21 den Einfluß des sich bewegenden und zu erfassenden Zahnes in einer relativ entfernten Position von dem Sensor zeigt.

[0028] Fig. 22 den Einfluß zeigt, wenn der Zahn gemäß Fig. 21 gedreht wird, um den Zahn in Nachbarschaft zu dem Sensor zu bringen.

[0029] Fig. 23 eine Anordnung zeigt, in welcher der Zahn, obgleich er sich noch in der Zwischen-Zahnstellung befindet, enger an dem Sensor angeordnet ist, gegenüber den Anordnungen in den Fig. 21 und Fig. 22.

[0030] Fig. 24 eine Position zeigt, in der die Drehung des Zahnes, der gemäß Fig. 23 positioniert ist, den Zahn am dichtesten zu dem Sensor bewegt.

[0031] Fig. 25 eine Schnittansicht einer Anwendungsumgebung ist, in der das Sensorpaket der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann, und wobei insbesondere die Figur das Radachsenende eines Automobiles zeigt.

[0032] Fig. 26 ein Computermodell des Einflußes eines rechteckförmigen ferromagnetischen Gegenstandes auf das magnetische Feld um eine Magnetstruktur ist, die die Prinzipien der vorliegenden Erfindung aufweist.

[0033] Fig. 27 Fig. 26 entspricht und zeigt, wie die Bewegung des Gegenstandes gegen die Magnetstruktur, die Flußlinien zwischen dem Gegenstand und der Magnetstruktur veranlasst, sich axial nach innen zu konzentrieren.

[0034] Zunächst bezugnehmend auf Fig. 1, in welcher die allgemeinen Merkmale von Sensorsystemen **100** dargestellt sind, auf die die vorliegende Erfindung bezogen ist, umfaßt das System einen ferromagnetischen Gegenstand **11**, wie beispielsweise ein stählernes Zahnrad, einen Halleffekt-Sensorchip **12** und eine Magnetstruktur **13**. In Fig. 1 ist die Magnetstruktur vom herkömmlichen Stangen-Magnettyp mit dem Südpol an einem Ende in Nachbarschaft zu dem Chip und dem Nordpol an dem anderen Ende. Dieses System kann eines oder zwei Hall-Elemente in dem Chip aufweisen, wobei beide Ausführungen, wie zuvor beschrieben, Probleme besitzen.

[0035] Wie in Fig. 2 gezeigt, ersetzt die vorliegende Erfindung die Magnetstruktur **13** hinter dem Chip durch eine Verbund-Magnetstruktur **15**, welche sowohl den.

[0036] Südpol als auch den Nordpol der Rückseite des Chips untereinander benachbart gegenüber stellt. Diese Geometrie bildet ein besser geeignetes Magnetfeld um das ebene Hall-Element **14**. Fig. 2 zeigt eine einfache Sandwich-Konstruktion, bei der zwei anhaftende Stangenmagnete **16** und **17** mit einer Kernstange **18** verbunden sind. Die Kernstange **18** kann ein Permanentmagnet sein, der mit Polen entgegengesetzt zu jenen der anhaftenden Magnete ausgerichtet ist. Alternativ könnte die Kernstange ein Polstück sein, welches eine hohe magnetische Permeabilität aufweist (den magnetischen Fluß leicht leitet), aber selbst kein Permanentmagnet ist. Die anhaftenden Magnete induzieren einen zeitweiligen Magnetismus in dem Polstück und veranlassen es wie ein entgegengesetzt gepolter Magnet zu wirken, so lange die Sandwich-Struktur beibehalten wird. In beiden Fällen präsentiert die Magnetstruktur sowohl die Süd- als auch die Nordpole der Rückseite des Chips und setzt das Hall-Element dem magnetischen Feld aus, welches vor der multipolaren Oberfläche vorliegt. Ein solcher Aufbau kann ebenfalls erzielt werden durch Verwendung eines einzelnen Stückes aus permanent magnetisierbarem Material, welches in drei getrennten Zonen magnetisiert worden ist, um die zuvor beschriebene Polstruktur zu bilden. Fig. 3 ist eine Draufsicht entlang der Achse des Magneten. Die Achse ist senkrecht zu der Fläche des Verbundmagneten und zu den vorder- und rückwärtigen Flächen des Chips und zu der Ebene des Hall-Elementes innerhalb des Chips.

[0037] Die Fig. 4, Fig. 5 and Fig. 6 repräsentieren den bevorzugten Aufbau der Magnetstruktur. Fig. 6 ist eine perspektivische Ansicht des bevorzugten Aufbaus der Magnetstuktur, wobei sich die Achse aufrecht und nach außen aus der Papierebene von der vorderen Verbundfläche erstreckt. Eine längliche Abflachung ist dargestellt und gestattet elektronischen Leitungen von einem Chip, der auf der vorderen Fläche angeordnet ist, den Durchgang entlang der Länge des Magneten, ohne sich außerhalb des kreisförmigen Entwurfsprofiles des Querschnittes des Magneten parallel zu der vorderen Magnetfläche zu erstrecken. Fig. 4 ist eine Ansicht des bevorzugten Entwurfs, wobei auf die vordere Magnetfläche ge-

schaut wird. Fig. 5 ist eine Seitenansicht des bevorzugten Entwurfs.

[0038] Die Magnetstruktur kann eine große Anzahl von Formen einnehmen, wie dies unten beschrieben wird. Das kritische Merkmal ist jenes, daß die Magnetstruktur ein magnetisches Feld um das Hall-Element bilden muß, welches Feld die Effekte erzeugt, wenn sich das Element in Nachbarschaft zu zwei unterschiedlichen Polen befindet, die einander benachbart sind. Typischer Weise sind die zwei Pole zu der Rückenfläche des Hall-IC gerichtet. Der rückwärtige Ersatz eines oder mehrerer der Pole kann das Feld optimieren.

[0039] Die Erfindung gibt einen Halleffekt-Sensor vor, der zur Erfassung eines ferromagnetischen Gegenstandes geeignet ist und der einen integrierten Schaltkreischip einschließlich eines ebenen Hall-Elementes aufweist, welches in dem Chip und parallel zu diesem positioniert ist und der eine Sensorebene mit einer Vorderseite und einer Rückseite definiert und wobei das Element senkrecht um eine Sensorachse zentriert ist und wobei eine Magnetstruktur einen Nordpol und einen Südpol besitzt und die Magnetstruktur hinter der Sensorebene so positioniert ist, daß ein Südpol und ein Nordpol zueinander benachbart und beide zu dem Element benachbart sind.

[0040] Der Halleffekt-Sensor ist geeignet, die Gegenwart eines ferromagnetischen Gegenstandes in der Nähe des Sensors zu erfassen, den Abstand zwischen dem Sensor und einem ferromagnetischen Gegenstand zu erfassen, die Position eines ferromagnetischen Gegenstandes in Beziehung zu dem Sensor zu erfassen und/oder die Geschwindigkeit zu erfassen, mit der ein ferromagnetischer Gegenstand an dem Sensor vorbeiläuft.

[0041] Es wird ein Halleffekt-Sensor vorgegeben, bei dem die Magnetstruktur ein magnetisches Sensorfeld vor dem Magneten bildet, das sich von der Sensorebene nach vorne erstreckt, wobei das Feld eine magnetische Flußdichte-Komponente in und senkrecht zu dem Hall-Element auferlegt und der Wert der Komponente auf die Position des ferromagnetischen Gegenstandes in dem Feld bezogen ist.

[0042] Es wird ein Halleffekt-Sensor vorgegeben, bei dem die Magnetstruktur ein magnetisches Sensorfeld vor dem Magneten bildet, das sich von der Sensorebene nach vorne erstreckt, wobei das Feld eine magnetische Flußdichte-Komponente in und Senkrecht zu dem Hall-Element erzeugt, wobei der Wert der Komponente auf die Position des ferromagnetischen Gegenstandes in dem Feld bezogen ist und wobei der Wert der Komponente einen Grundwert besitzt, welcher einen Absolutwert in der Nähe von 0 Tesla aufweist und der auftritt, wenn sich der Gegenstand in einem Abstand außerhalb des Bereichs des Sensors befindet. Der nahe bei 0 liegende Wert besitzt einen Absolutwert entsprechend 0,04 Tesla oder weniger. Der außerhalb des Bereichs liegende Abstand ist größer oder gleich 10 mm. Das Hall-Element befindet sich in einem Abstand von 0,5 bis 2,0 mm von der Magnetstruktur. Das Hall-Element befindet sich in einem Abstand von 1 mm von der Magnetstruktur.

[0043] Es wird ein Halleffekt-Sensor vorgegeben, bei dem die Magnetstruktur eine flache Vorderfläche in Nachbarschaft zu dem Chip und parallel zu der Sensorebene besitzt, wobei die Magnetstruktur wenigstens zwei Teile umfaßt von denen einer einen Nordpol der Vorderfläche präsentiert und der andere einen Südpol der Vorderfläche präsentiert.

[0044] Es wird ein Halleffekt-Sensor vorgegeben, bei dem die Magnetstruktur eine flache Vorderfläche in Nachbarschaft zu dem Chip und parallel zu der Sesorebene aufweist, wobei die Magnetstruktur wenigstens zwei Teile aufweist, von denen einer einen Nordpol der Vorderfläche präsentiert und der andere einen Südpol der Vorderfläche präsentiert und bei denen einer der Teile von der Fläche zurückversetzt ist, um das durch die Magnetstruktur gebildete magnetische Feld einzustellen.

[0045] Es wird ein Halleffekt-Sensor vorgegeben, bei dem die Magnetstruktur eine flache Vorderfläche in Nachbarschaft zu dem Chip und parallel zu der Sensorebene aufweist, wobei die Magnetstruktur wenigstens zwei Permanentmagnete umfaßt, von denen einer einen Nordpol der Vorderfläche präsentiert und der andere einen Südpol der Vorderfläche präsentiert.

[0046] Es wird ein Halleffekt-Sensor vorgegeben, bei dem die Magnetstruktur eine flache Vorderfläche in Nachbarschaft zu dem Chip und parallel zu der Sensorebene aufweist, wobei die Magnetstruktur wenigstens einen Stangen-Permanentmagneten und wenigstens ein Polstück aufweist, welches temporär durch seine Gegenwart in der Magnetstruktur magnetisiert ist, wobei ein Element einen Nordpol der Vorderfläche präsentiert und das andere Element einen Südpol der Vorderfläche präsentiert.

[0047] Es wird ein Halleffekt-Sensor vorgegeben, bei dem die Magnetstruktur eine flache Vorderfläche in Nachbarschaft zu dem Chip und parallel zu der Sensorebene aufweist, wobei die Magnetstruktur wenigstens zwei Permanentmagnete und wenigstens ein Polstück aufweist, welches zwischen den Permanentmagneten angeordnet ist und durch seine Gegenwart in der Magnetstruktur temporär magnetisiert ist, wobei ein Permanentmagnet wenigstens einen der magnetischen Pole der Vorderfläche präsentiert und das Polstück den anderen Magnetpol der Vorderfläche präsentiert.

[0048] Es wird ein Halleffekt-Sensor vorgegeben, bei dem die Magnetstruktur die Form eines Zylinders mit einer Magnetachse und einer flachen Vorderfläche in Nachbarschaft zu dem Chip und parallel zu der Sensorebene besitzt, wobei die Magnetstruktur wenigstens einen Permanent-Stangenmagneten und wenigstens ein Polstück aufweist, welches durch seine Gegenwart in der Magnetstruktur temporär magnetisiert ist, wobei ein Element einen Nordpol der Vorderfläche präsentiert und das andere Element einen Südpol der Vorderfläche präsentiert.

[0049] Es wird ein Halleffekt-Sensor vorgegeben, bei dem die Magnetstruktur die Form eines Zylinders mit einer Magnetachse und einer flachen Vorderfläche in Nachbarschaft zu dem Chip und parallel zu der Sensorebene besitzt, wobei die Magnetstruktur wenigstens zwei Permanentmagnete und wenigstens ein Polstück aufweist, welches zwischen den Permanentmagneten positioniert ist und welches temporär durch seine Gegenwart in der Magnetstruktur magnetisiert wird, wobei die Permanentmagnete einen der Magnetpole der Vorderfläche präsentieren und das Polstück den anderen Magnetpol der Vorderfläche präsentiert.

[0050] Fig. 7a betrifft einen Aufbau mit einem Einzelpol des Magneten in Nachbarschaft zu dem Hall-Element, der so konfiguriert ist, daß er den Vorbeilauf von ferromagnetischen Zähnen Oberwacht. Fig. 7a ist eine Flußdarstellung, die die Veränderung des magnetischen Feldes in Abhängigkeit von dem Luftspalt zwischen dem Hall-Element und dem Zahnrad zeigt. Die Darstellung erfolgt in negativen Teslawerten, so daß der Grundwert (zwischen den Zähnen) die obere Kurve einer jeden Datenlinie ist. Die Amplitude der Datenlinien wächst mit abnehmenden Luftspalt (Abstand zwischen Zahn und Sensor) an. Das Grundfeld ist extrem hoch, d.h. das magnetische Kraftfeld beträgt 0,3 T (tatsächlich –0,3 T, da der Pol gegenüber dem Hall-Chip der Südpol ist und der Fluß negativ ist) für den in diesem Fall benutzten Sm-Co-Magneten. Um bei großen Luftspalten zu arbeiten, muß eine extrem geringe Magnetfeldänderung bezüglich eines großen Grundfeldes gemessen werden. Beispielsweise bildet der Luftspalt von 2 mm (80 mil) ein Signal von 0,01 T auf einem Grundfeld von 0,3 T. Dies ist eine extrem schwierige Aufgabe. Zudem bewegt sich in einigen Fällen das Grundfeld mit dem Luftspalt aufgrund des Übersprechens zwischen benachbarten Zähnen. Wenn das Hintergrund-Signairauschen betrachtet wird, welches in den tatsächlichen Situationen immer vorliegt, so wird das Problem noch ernsthafter.

[0051] Fig. 7b ist ähnlich zu Fig. 7a mit der Ausnahme, daß Fig. 7b ein Objekt mit breiteren Zähnen und einem breiteren Spalt zwischen den Zähnen benutzt.

[0052] Fig. 8 betrifft die Verbundkonfiguration (in diesem Fall Süd-Nord-Süd) der vorliegenden Erfindung und ist eine Flußdarstellung der Flußdichte in Tesla bei eingeschalteter Spannung für verschiedene Luftspalte (Abstände zwischen Zahn und Sensor) bei der Drehung des Objektes (Zahnrad). Das Objekt ist im wesentlichen das Gleiche, wie es in Fig. 7b benutzt wurde. Das Zentrum des Zahnes befindet sich bei 0°. Die Verbundkonfiguration senkt das Grundfeld (auf ungefähr –0,01 T) auf der Fläche des Hall-Elementes ab, in dem sie beide Pole des magnetischen Feldes unmittelbar hinter das Hall-Element bringt. Die Nähe der entgegengesetzten Pole dient dem Kurzschluß der Flußlinien in dem offenen Schaltkreis (wenn die Einbuchtung und nicht der Zahn vorhanden ist). Die bildet ein geringes Grundfeld, da die Linien des magnetischen Flußes parallel zu dem Hall-Element in dem Chip und unterhalb desselben verlaufen. Ein geeigneter Entwurf gestattet dem Grundfeld eine Annäherung an 0 Tesla, wenn dies durch das Hall-Element gemessen wird. Wenn der Zahn vorliegt, so wird der magnetische Kreis verändert und die Flußlinien werden zu dem Zahn und durch das Hall-Element und senkrecht zu diesem gezogen. So dann mißt das Hall-Element einen hohen Wert. Somit verursacht der Zahn eine Konzentration der Flußlinien und kann ebenfalls den Kurzschluß in dem System bewirken oder auf ein Minimum bringen. Das Ergebnis dieses Kurzschlußes bei abwesendem Zahn und der Konzentration bei vorhandenem Zahn ist in der Flußdarstellung in Fig. 8 veranschaulicht, die durch ein sich drehendes Zahnrad mit großer Teilung hinter dem Sensor bei verschiedenen Luftspalten zwischen dem Zahnumfang und dem Sensor gebildet wurde. Wie dargestellt bleibt der Grundwert, der die Einbuchtung anzeigt, konstant und auf geringem Wert (nahe bei 0), wenn der Luftspalt variiert. Andererseits fällt die die Gegenwart des Zahnes anzeigende Flußdichte mit abnehmendem Luftspalt ab (die negative Flußdichte wird größer). Die Flußdichten sind negativ, da bei dem Hall-Element die magnetischen Kraftlinien, wie bei der früheren Konfiguration, in die Südpole eintreten und durch das Objekt konzentriert werden.

[0053] Da es eine sehr beträchtliche und leicht erkennbare Differenz zwischen dem Signal bei vorhandenem Zahn und dem Signal bei abwesendem Zahn bei eingeschalteter Spannung gibt, d.h., wenn das System beim ersten Mal an Spannung gelegt wird, gibt der Sensor der vorliegenden Erfindung eine sehr zuverlässige Anzeige dieses sehr kritischen Zustandes, beispielsweise in dem Verteiler einer Verbrennungskraftmaschine, um die Luftverschmutzung beim Anlauf auf ein Minimum zu bringen.

[0054] Die bei Hall-Sensoren verwendete Vorzeichen-Übereinkunft ist die, daß der Fluß von einem Nordpol vor dem Sensor zu einem Südpol hinter dem Sensor negativ ist.

[0055] Fig. 9 ist ähnlich zu Fig. 8 insofern als beide die Verbundkonfiguration der vorliegenden Erfindung betreffen. Fig. 9 ist eine Flußdarstellung der Flußdichte in Tesla bei Spannungseinschaltung für verschiedene Luftspalte (Abstände zwischen Zahn und Sensor) über der Drehung des Objektes (Zahnrad). 0° entspricht der Mittelstellung des Zahnes. Die Verbundkonfiguration senkt das Grundfeld (ungefähr 0,0075 T) auf der Fläche des Hall-Elementes ab, indem es beide Pole des magnetischen Feldes der Rückseite des Hall-Elementes präsentiert. Die Nähe der entgegengesetzten Pole dient dem Kurzschluß der Flußlinien in dem offenen Kreis (wenn die Einbuchtung und nicht der Zahn vorliegt). Dies bildet ein niedriges Grundfeld, da die Linien des magnetischen Flusses parallel zu dem Hall-Element in dem Chip und unterhalb desselben verlaufen. Ein geeigneter Entwurf gestattet dem Grundfeld eine Annäherung an einen Wert von 0 Tesla, wenn dies durch das Hall-Element gemessen wird. Wenn der Zahn vorhanden ist, so wird der magnetische Kreis verändert und die Flußlinien werden zu dem Zahn und senkrecht zu dem Hall-Element gezogen. Sodann mißt das Hall-Element einen hohen Wert. Somit verursacht der Zahn eine Verteilung der Flußlinien, um den Kurzschluß in dem System auf ein Minimum zu bringen. Das Ergebnis dieses Kurzschlusses, wenn der Zahn abwesend ist, und die Verteilung, wenn der Zahn vorliegt, ist in der Flußdarstellung in Fig. 9 veranschaulicht, die durch ein rotierendes Zahnrad mit großer Teilung hinter dem Sensor bei verschiedenen Luftspalten zwischen dem Zahnumfang und dem Sensor gebildet wurde. Wie dargestellt, bleibt der Grundwert, der die Einbuchtung anzeigt, konstant und auf geringem Wert (nahe bei 0), wenn der Luftspalt variiert. Andererseits wächst die durch die Gegenwart des Zahnes hervorgerufene Flußdichte mit abnehmendem Luftspalt an. Das Vorzeichen des Flusses ist positiv, da diese Konfiguration (Nord-Süd-Nord) die Flußlinien an dem Hall-Element aus den Nordpolen austreten läßt, die durch das Objekt konzentriert werden.

[0056] Fig. 10 gibt eine Flußdichte-Darstellung über der Fläche eines Sandwich-Magneten (Nord-Süd-Nord) vor, bei der zwei Magnete mit Nordpolen an der Fläche durch ein Polstück getrennt werden, welches bündig mit der Fläche ist und einen Südpol der Fläche präsentiert. Der Sandwich-Magnet ist über der Fläche 8 mm breit, wobei das Polstück eine Breite von 1 mm aufweist und die Seitenmagnete jeweils eine Breite von 3,5 mm aufweisen. Im Zentrum der Fläche und des Polstückes beträgt der Fluß 0,05 T. Der Wert ist negativ, da der Punkt einem Südpol benachbart ist. Wenn sich der Meßpunkt seitwärts über die Fläche bewegt, so bewegt sich der Fluß gegen 0 und erreicht einen Wert von 0 leicht außerhalb der Grenze von Polstück und Magnet. Wenn sich sodann der McBpunkt weiter seitwärts bewegt, so wächst der Fluß positiv an, wenn er sich über den Nordpol bewegt, bis zu einem Maximalwert von 0,1 T bei einem Abstand von 1 mm von der Grenze zwischen dem Polstück und dem Magneten. Das Meßwerkzeug gelangt in die Sättigung und zeichnet keinen Wert oberhalb 0,1 T auf. Es versteht sich, daß diese Darstellung nur die Flußkomponente senkrecht zu der Magnetfläche darstellt.

[0057] Fig. 11 zeigt den Effekt der Magnetposition relativ zu der Rückseite des Hall-Elementes auf die Grund-Feldstärke für einen Sandwich-Magneten mit bündigem T förmigem Polstück. Die Darstellung zeigt die Flußdichte über der Position des Magneten hinter der Hall-Einrichtung für verschiedene Luftspalte.

[0058] Fig. 12 zeigt den Einfluß des rückwärtigen Versatzes des Polstückes gegenüber der Magnetfläche um Z mm auf die Grund-Flußdichte (Einbuchtung vorhanden) über der Fläche eines Sandwich-Magneten mit T-förmigem Polstück. Es ist erkennbar, daß ein Wert von Z mit 1,25 mm den zentralen Grundfluß gegen 0 gehen läßt.

[0059] Fig. 13 zeigt eine Flußdarstellung über der Fläche eines Sandwich-Magneten mit T förmigem Polstück, wobei das Polstück um 1,5 mm zurückversetzt ist.

[0060] Fig. 14 ist ähnlich zu Fig. 13, mit der Ausnahme, daß der verwendete Magnet, um die Daten von Fig. 14 zu erzeugen, ein Sandwich-Magnet ist, bei dem das zentrale Element ein invertierter Stangenmagnet (nicht ein T und nicht bloß ein Hohlstück) ist, der um 1,5 mm ebenfalls zurückversetzt ist.

[0061] Obgleich die Physik, die der vorliegenden Erfindung ihr unerwartetes und nützliches Ergebnis zu erzielen gestattet, nicht gänzlich verstanden wird, gibt das folgende Modell ein wirksames Werkzeug für Entwurfsversionen der vorliegenden Erfindung und für die Vorhersage ihrer Funktion vor. Dieses Modell basiert auf dem Modell des magnetischen Kreises.

[0062] Fig. 15 zeigt einen Einzelpol-Halleffekt-Zahnradsensor des bekannten Typs. Der zylindrische Permanentmagnet **13** besitzt flache Enden an seien Nord- und Südpolen. Ein Halleffekt-Sensor **14** ist an dem Ende des Südpoles angeordnet. Die Sensorebene des Sensors ist senkrecht zu der Nord-Südachse des Magneten. Da der Halleffekt-Sensor **14** die Komponente der magnetischen Flußdichte senkrecht zu der Sensorebene des Sensors mißt, und da die Linien des magnetischen Flusses aus dem Unendlichen kommen und sodann gebündelt werden und in den Südpol des Magneten eintreten, parallel zu der Magnetachse, stellt der Sensor einen sehr hohen (großer Absolutwert) negativen magnetischen Fluß in der normalen Konfiguration und bei keinem ferromagnetischen Material in dem Sensorfeld fest, wie dies in Fig. 15 gezeigt ist. Somit besitzt das durch

den Halleffekt-Sensor erzeugte Grundsignal einen relativ hohen Absolutwert.

[0063] Die in Fig. 15 gezeigte Konfiguration kann als eine Situation betrachtet werden, bei der der zu erfassende ferromagnetische Gegenstand im Unendlichen von dem Sensor positioniert ist.

[0064] Fig. 16 zeigt eine schematische Darstellung eines Zahnrades **11**, welches in eine Position in einiger Entfernung von dem Sensor bewegt wird, wobei die Zähne auf jeder Seite des Sensors positioniert sind, so daß der Sensor den Raum zwischen den Zähnen erfaßt. Das Vorliegen des ferromagnetischen Zahnrades innerhalb des magnetischen Flußfeldes verursacht eine Sammlung des Flusses und eine Konzentration geringfügig in Richtung der Nord-Süd-Achse des Magneten. Die Folge ist, daß der magnetische Fluß, der durch den Sensor erfaßt wird, anwächst. Diese Position ist als ein angewachsenes Hallsignal dargestellt. Da das Grundsignal, das durch die Position gebildet wird, wie sie in Fig. 15 gezeigt ist, relativ hoch ist, ergibt der relativ geringe Zuwachs des Signales der Position gemäß Fig. 16, ein relativ geringes Signal/Rauschverhältnis.

[0065] Wenn das Zahnrad, welches gemäß Fig. 16 positioniert ist, gedreht wird, um den Zahn in seine naheste Position auf dem Drehweg zu bringen, wie dies in Fig. 17 gezeigt ist, so werden die Flußlinien noch mehr gesammelt, und die Flußdichte senkrecht zu dem Hallsensor wächst noch mehr an.

[0066] Fig. 18 zeigt ein Zahnrad, welches noch näher an dem Sensor positioniert ist. Diese Position des Sensors ruft eine Sammlung der Flußlinien hervor, die zwischen den Positionen in den Fig. 15 und Fig. 16 entsprechend liegen.

[0067] Fig. 19 zeigt die Drehung des Zahnrades, das in Fig. 18 gezeigt ist, so daß der Zahn seine naheste Position zu dem Sensor einnimmt. Diese Ausrichtung des Zahnes und des Magnetpoles fokusiert den maximalen Flußbetrag direkt durch den Sensor und liefert daher das höchste Hallsignal.

[0068] Da alle durch die Positionen erzeugten Signale relativ klein im Vergleich zu dem Grundsignal sind, ist das Signal/Rauschverhältnis des Signales, das erzeugt wird, wenn sich das Zahnrad vor dem Sensor dreht, relativ gering. Infolgedessen wird der Luftspalt zwischen dem Zahn und dem Sensor extrem kritisch für die zuverlässige Wirkungsweise des Zahnrad-Sensors.

[0069] Fig. 20 zeigt eine schematische Ansicht der vorliegenden Erfindung, die der bekannten Struktur in Fig. 15 entspricht. In Fig. 20 ist die Magnetfläche, auf der der Hallsensor **14** angeordnet ist, als eine Verbundstruktur **15** dargestellt. Diese Klasse von Verbundmagneten wird manchmal als Haltemagnet bezeichnet, die die sehr stark ferromagnetischen Gegenstände in Kontakt zu sich halten. Die in den Fig. 20-Fig. 24 gezeigte Magnetstruktur ist aus zwei Standard-Süd-Nord-Stangenmagneten **16** und **17** aufgebaut, die parallel auf einem ferromagnetischen Polstück **18** mit T-förmigem Querschnitt angeordnet sind. Da die Magnete ein magnetisches Feld in dem Polstück induzieren wird der Teil des Polstückes in Nachbarschaft und zwischen den Südpolenden des Magneten zu einem virtuellen Nordpol. Daher wirkt der Magnet als ob ein Nordpol zwischen den zwei Südpolen vorhanden wäre. Wie in Fig. 20 gezeigt, liegt die Wirkung dieser Magnetgeometrie darin, einen "Kurzschluß" der magnetischen Flußlinien hervorzurufen, so daß die Flußlinien anstatt nach außen von der Magnetfläche ins Unendliche entlang der Magnetachse abzustrahlen in Nachbarschaft zu der Achse das Bestreben haben, in einer hochkonzentrierten Form von dem Nordpol des Polstückes zu jedem Südpol zu verlaufen.

[0070] Der Teil des zentralen Polstücks, der sich nach außen erstreckt und die rückwärtigen Enden der Magnetelemente abdeckt, wird als eine Stützplatte bezeichnet. Sie kann ein Teil des zentralen Polstückes sein oder sie kann ein getrenntes Polstück sein. Sie kann ebenfalls benutzt werden, wenn das zentrale Element ein Permanentmagnet ist. Der relevante Effekt der Stützplatte liegt in der Erhöhung der Vorwärts-Reichweite des magnetischen Feldes vor der Magnetstruktur und dadurch in der Erhöhung des Bereiches des Sensors.

[0071] Wie aus Fig. 20 erkennbar, sind die Flußlinien, welche der Achse der Magneten und dem Hall-Element benachbart sind, von dem Nordpol des Polstückes zu jedem der Südpole hochkonzentriert in der Nähe der Endoberfläche des Magneten, und sie wandern im wesentlichen radial nach außen von dem Nordpol und der Achse des Magneten zu den Südpolen, wobei sie der Ebene des Hall-Sensors parallel sind. Infolgedessen ist, obgleich es eine sehr hohe magnetische Flußdichte sehr nahe an der Oberfläche des Magneten gibt, die Flußdichte an dem Hall-Element beträchtlich reduziert oder beinahe nicht vorliegend. Da der Hall-Sensor nur die Komponente des magnetischen Flusses erfaßt, der senkrecht zu der Ebene des Hall-Elementes ist, erfaßt ferner der Hall-Sensor effektiv keinen magnetischen Fluß bei der neuen in Fig. 20 gezeigten Konfiguration. Diese entspricht einer Situation, wo der zu erfassende ferromagnetische Gegenstand sich im Unendlichen befindet. Das Hall-Signal nähert sich dem Wert 0 an.

[0072] Fig. 21 zeigt den Einfluß des sich bewegenden Zahnrades **11**, wenn es in einer relativ entfernten Position von dem Sensor erfaßt wird. Da die Flußdichte in der vorliegenden Erfindung so nahe an der Oberfläche des Magneten liegt, ist die Gegenwart

des Zahnrades, das mit seinem Zahn den Sensor überstreift, beinahe ohne Einfluß auf den Sensor. Diese Position hat einen geringen oder beinah gar keinen Einfluß auf das Hall-Signal.

[0073] Fig. 22 zeigt die Auswirkung, wenn das Zahnrad gemäß Fig. 21 gedreht wird, um den Zahn in Nachbarschaft zu dem Sensor zu bringen. Wie erkennbar, zieht die nahe Position des Zahnrades den magnetischen Fluß, welcher an den Südpolen eintritt, axial nach innen und konzentriert die Flußlinien nahe der Achse des Magneten und des Hall-Elementes. Infolgedessen verläuft eine wesentliche Anzahl von Flußlinien tatsächlich durch das Hall-Element und besitzt beträchtliche Komponenten senkrecht zu der Ebene des Hall-Elementes. Infolgedessen liegt das Signal wesentlich über der Zwischen-Zahnposition im Absolutwert, d.h. es besitzt in der Süd-Nord-Süd-Konfiguration einen negativeren Wert.

[0074] Fig. 23 zeigt eine Anordnung, in welcher das Zahnrad, obgleich es sich noch in der Zwischen-Zahnposition befindet, noch näher an dem Sensor als bei den Anordnungen gemäß den Fig. 21 und Fig. 22 angeordnet ist. Wie bei der anderen Zwischen-Zahnposition gemäß Fig. 21 ist die Gegenwart des Zahnes in seiner Zwischen-Zahnausrichtung nicht ausreichend, um axial die Flußlinien durch das Hall-Element zu konzentrieren und eine beträchtliche Anzahl von Flußlinien durch dieses zu ziehen. Infolgedessen gibt es keinen beträchtlichen Zuwachs des Signales bei dieser Ausrichtung.

[0075] Fig. 24 zeigt eine Position, bei der die Drehung des Zahnrades in Fig. 23 den Zahn am dichtesten zu dem Sensor bewegt. Wie in Fig. 24 erkennbar, konzentriert der Einfluß des Ferromagnetismus des Zahnes axial einen sehr großen Betrag des Flusses und zieht die Flußlinien durch den Hallsensor. Aufgrund der wesentlichen Dichte des Flusses durch den Sensor und senkrecht zu der Ebene des Sensors ist das Signal relativ stark (sehr negativ).

[0076] Fig. 25 zeigt ein Sensorpaket **10** der vorliegenden Erfindung in einer typischen Anwendungssituation. In diesem Fall ist das Sensorpaket **10** mit seiner Frontfläche gegenüber dem Außenumfang eines gezahnten Getrieberades **101** mit einem Zahn **102** angeordnet. Das Getrieberad **101** ist koaxial mit der Achse eines gelagerten Rades eines Fahrzeuges verbunden, so daß die Drehung des Rades **103** des Fahrzeuges proportional zu der Drehung des Zahnrades **101** ist. Das Sensorpaket **10** ist in der Lage, den Vorbeilauf der Zähne vor der Fläche des Sensors **10** zu überwachen und ein elektrisches Signal zu erzeugen, das auf die Geschwindigkeit bezogen ist, mit der die Zähne an dem Sensor **10** vorbeilaufen. Das elektrische Signal wird in einem Signalprozessor **105** verarbeitet, welcher seinerseits das Signal an den Anwender in einer für die Anwendung geeigneten Form weiterreicht. Beispielsweise kann der Sensor verwendet werden, um die Geschwindigkeit eines Fahrzeuges festzustellen, die Motordrehzahl festzustellen und das Zünden der Zündkerzen durch Überwachung der Position eines Nockens innerhalb eines Verteilers zu steuern.

[0077] Fig. 26 ist ein Computermodell des Einflusses eines rechteckigen ferromagnetischen Objektes **11a** auf das magnetische Feld um eine Magnetstruktur **15a**, das die Prinzipien der vorliegenden Erfindung beinhaltet. Die Magnetstruktur **15a** besitzt zwei Magnete **16a** und **17a** und ein T förmiges Polstück **18a**, welches ein zentrales Stück und eine Stützplatte aufweist. Das zentrale Stück ist von der Vorderfläche (gegen das Objekt gerichtet) der Magnetstruktur zurückversetzt.

[0078] Fig. 27 entspricht Fig. 26 und zeigt wie die Bewegung des Objektes **11a** gegen die Magnetstruktur die Flußlinien zwischen dem Objekt und der Magnetstruktur zur Konzentration axial nach innen veranlaßt. Ein Hall-Element auf der Achse und zwischen dem Objekt und der Magnetstruktur trifft auf eine größere Flußdichte, wenn sich das Objekt gegen die Magnetstruktur bewegt. Dieses Modell stützt die Erläuterung, daß das magnetische Feld ohne Objekt eine magnetische "Neutralzone" entlang der Magnetachse und vor dem auseinanderlaufenden Feld in der Nähe der Frontfläche der Magnetstruktur aufweist. Ein magnetischer Feldsensor, der in dieser "Neutralzone" angeordnet ist, trifft auf wenig oder gar keinen magnetischen Fluß, wenn kein Objekt vorliegt, erfaßt aber einen Fluß, wenn die Längs-Flußlinien axial nach innen durch den Sensor gezogen werden beim Vorliegen des Objektes.

[0079] Es liegt auf der Hand, daß geringfügige Änderungen in der Form und dem Aufbau der Erfindung vorgenommen werden können, ohne daß von ihrem wesentlichen Geist abgewichen wird. Es ist jedoch nicht erwünscht, die Erfindung auf die exakte hier gezeigte und beschriebene Form zu beschränken, sondern es ist erwünscht, alles zu umfassen, was in geeigneter Weise in dem beanspruchten Rahmen liegt

Patentansprüche

1. Halleffekt-Sensor zum Erfassen eines ferromagnetischen Gegenstandes bestehend aus
einem ebenen Hallelement,
welches mit seiner Ebene senkrecht zur für eine Sensormessung relevanten Achse des Sensors angeordnet ist, und
welches zentral in dieser Sensorachse platziert ist,
einer Magnetstruktur,
die zwei magnetisierte Elemente aufweist, die parallel zu der Sensorachse angeordnet sind,
wobei jedes magnetisierte Element einen ersten ma-

gnetischen Pol aufweist, der in einer Vorderfläche der Magnetstruktur angeordnet ist und wobei diese Vorderfläche benachbart zum ebenen Hall-Element ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein drittes magnetisiertes Element (**18**) in der Sensorachse zwischen den beiden anderen magnetisierten Elementen (**16**, **17**) und damit auch in Nachbarschaft zu dem ebenen Hall-Element (**14**) angeordnet ist, und
das dritte magnetisierte Element (**18**) in der Vorderfläche der Magnetstruktur eine zur Polung der anderen beiden magnetisierten Elemente entgegengesetzte Polung aufweist.

2. Halleffekt-Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Hall-Element (**14**) in einem integrierten Schaltkreischip (**12**) angeordnet ist.

3. Halleffekt-Sensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß alle magnetisierten Elemente (**16**, **17**, **18**) Permanentmagnete sind.

4. Halleffekt-Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und zweiten magnetisierten Elemente (**16**, **17**) Permanentmagnete sind und das dritte magnetisierte Element (**18**) ein Polstück ist.

5. Halleffekt-Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das dritte magnetisierte Element (**18**) ein Permanentmagnet ist und die ersten und zweiten magnetisierten Elemente (**16**, **17**) Polstücke sind.

6. Halleffekt-Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Element (**16**, **17**, **18**) der Magnetstruktur (**15**) einen rückwärtigen Teil im Abstand von dem Hall-Element (**14**) aufweist und die Magnetstruktur (**15**) eine Stützplatte aufweist, welche alle rückwärtigen Teile abdeckt.

7. Halleffekt-Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Element (**16**, **17**, **18**) der Magnetstruktur (**15**) einen rückwärtigen Teil im Abstand von dem Hall-Element (**14**) aufweist und die Magnetstruktur (**15**) eine Stützplatte umfaßt, welche Teil von wenigstens einem der Elemente ist und alle rückwärtigen Teile abdeckt.

8. Halleffekt-Sensor nach Anspruch 2; dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetstruktur (**15**) eine flache Vorderfläche in Nachbarschaft zu dem Schaltkreischip (**12**) und parallel zu der Sensorebene aufweist, wobei die Magnetstruktur wenigstens zwei Permanentmagnete (**16**, **17**) und wenigstens ein Polstück umfaßt, welches zwischen den Permanentmagneten angeordnet ist und welches temporär durch seine Gegenwart in der Magnetstruktur magnetisiert ist, wobei einer der Permanentmagnete wenigstens einen magnetischen Pol der Vorderfläche präsentiert.

9. Halleffekt-Sensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetstruktur (**15**) die Form eines Zylinders aufweist mit einer Magnetachse und einer flachen Vorderfläche in Nachbarschaft zu dem Schaltkreischip (**12**) und parallel zu der Sensorebene.

10. Halleffekt-Sensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetstruktur (**15**) die Form eines Zylinders aufweist mit einer Magnetachse und einer flachen Vorderfläche in Nachbarschaft zu dem Schaltkreischip (**12**) und parallel zu der Sensorebene, wobei die Magnetstruktur wenigstens zwei Permanentmagnete (**16**, **17**) und wenigstens ein Polstück (**18**) umfaßt, welches zwischen den Permanentmagneten positioniert ist und welches temporär durch seine Gegenwart in der Magnetstruktur magnetisiert ist, wobei ein Permanentmagnet wenigstens einen der magnetischen Pole der Vorderfläche und das Polstück den anderen magnetischen Pol der Vorderfläche repräsentiert.

Es folgen 19 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

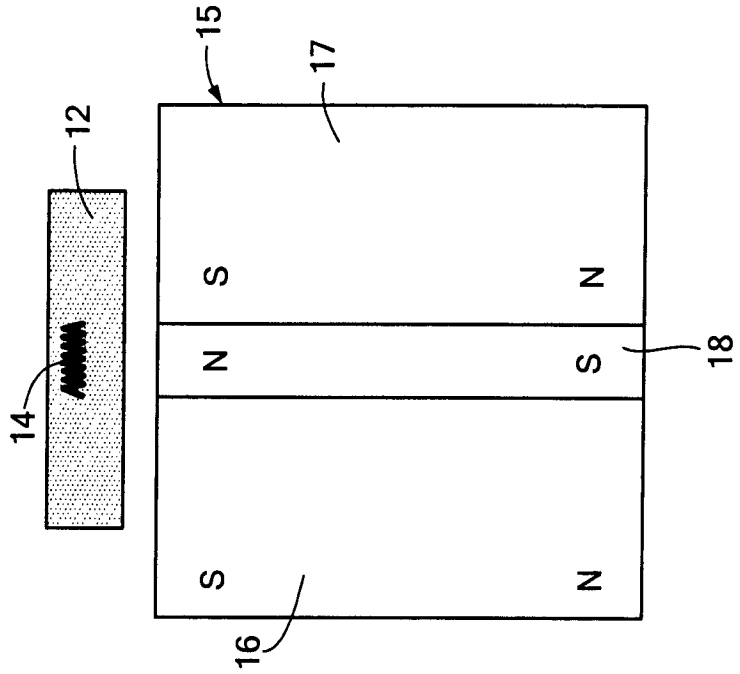


FIG. 2

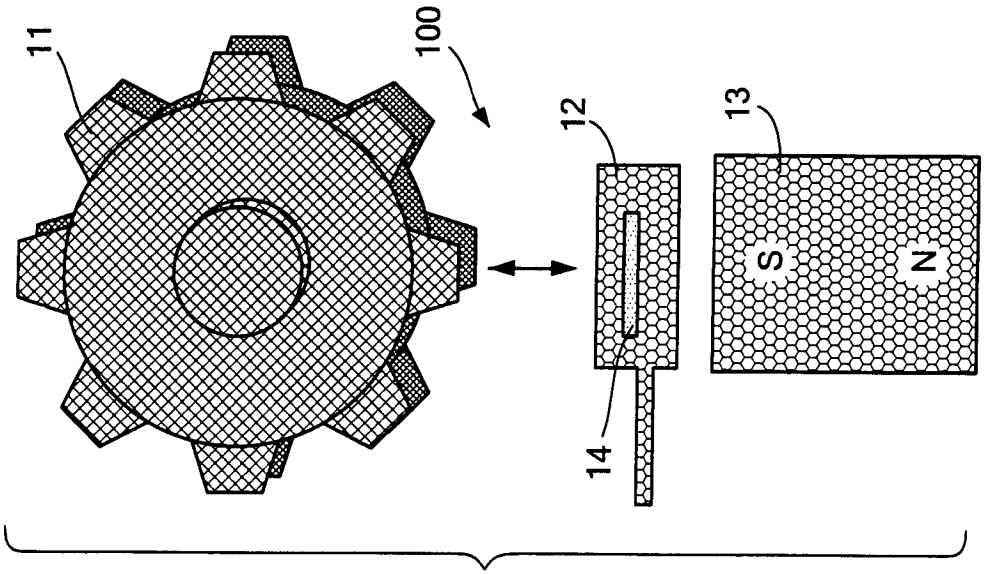


FIG. 1

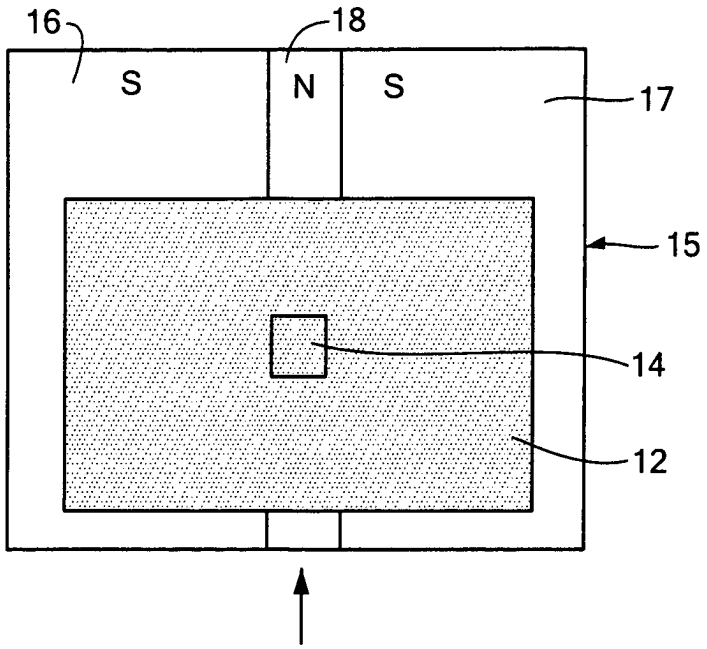


FIG. 3

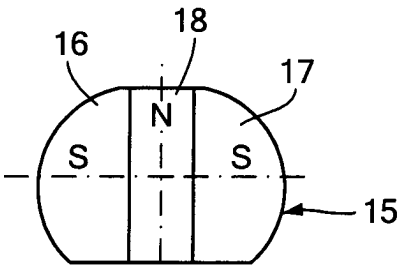


FIG. 4

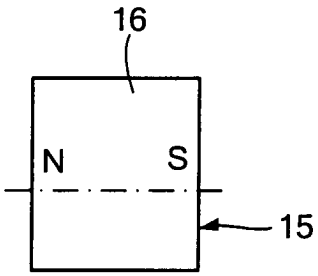


FIG. 5

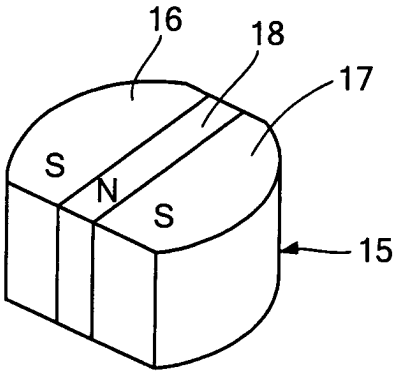


FIG. 6

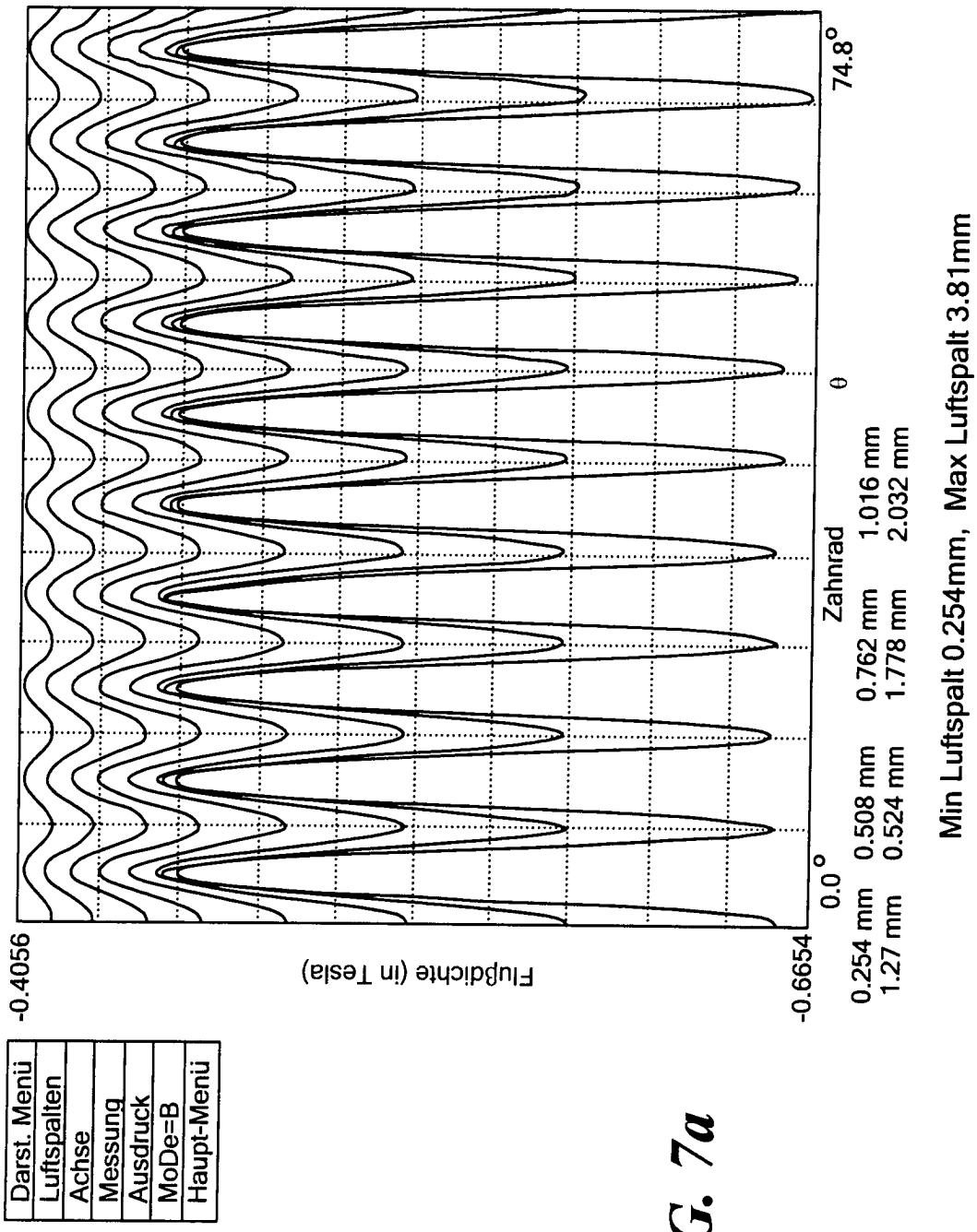

Darst. Menü
Luftspalten
Achse
Messung
Ausdruck
MoDe=B
Haupt-Menü
-0.4056
Flußdichte (in Tesla)
-0.6654
0.0°
Zahnrad
θ
74.8°
0.254 mm 0.508 mm 0.762 mm 1.016 mm
1.27 mm 0.524 mm 1.778 mm 2.032 mm
Min Luftspalt 0.254mm, Max Luftspalt 3.81mm

FIG. 7a

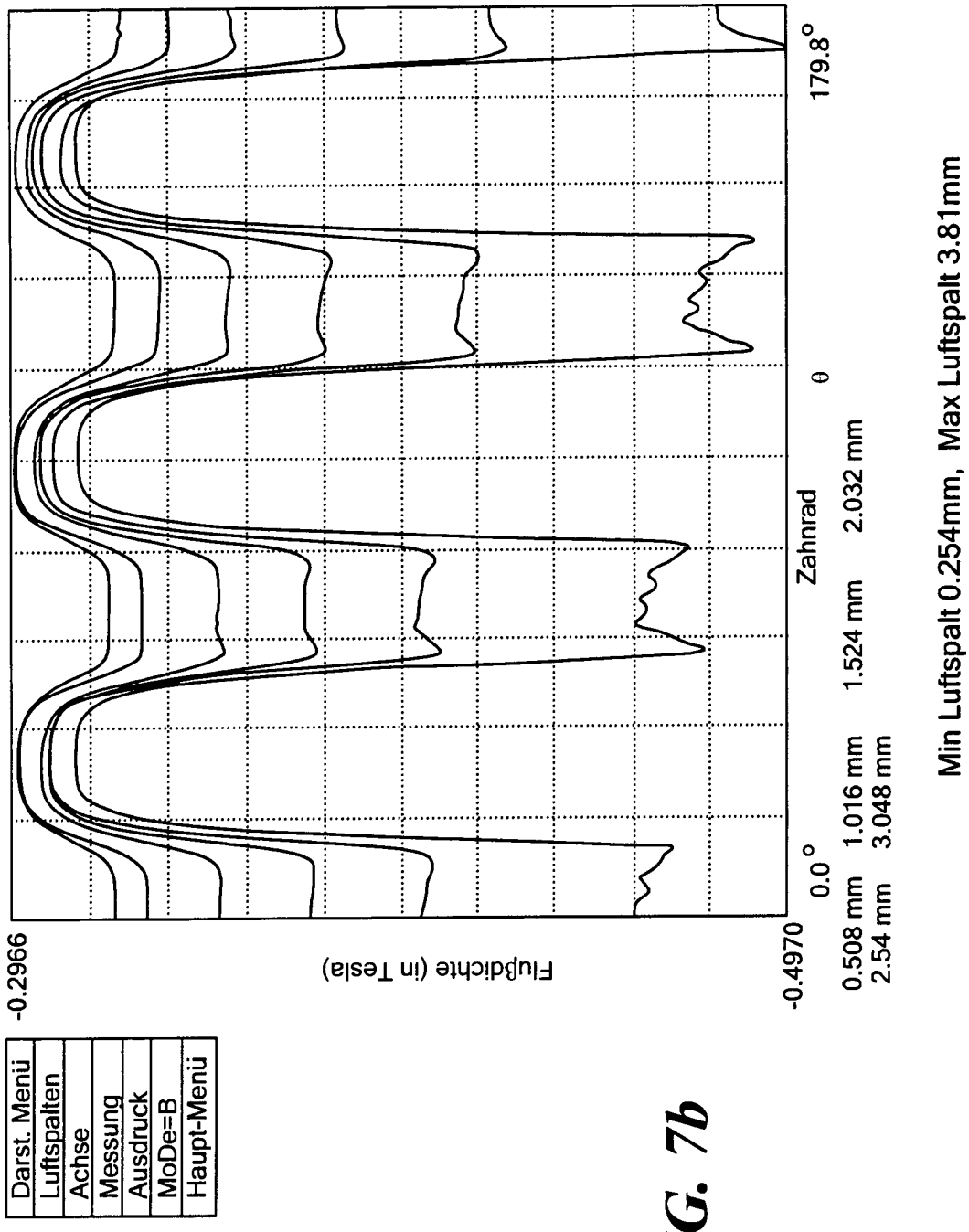

Darst. Menü
Luftspalten
Achse
Messung
Ausdruck
MoDe=B
Haupt-Menü
-0.2966
Flußdichte (in Tesla)
-0.4970
0.0°
Zahnrad
θ
179.8°
0.508 mm 1.016 mm 1.524 mm 2.032 mm
2.54 mm 3.048 mm
Min Luftspalt 0.254mm, Max Luftspalt 3.81mm

FIG. 7b

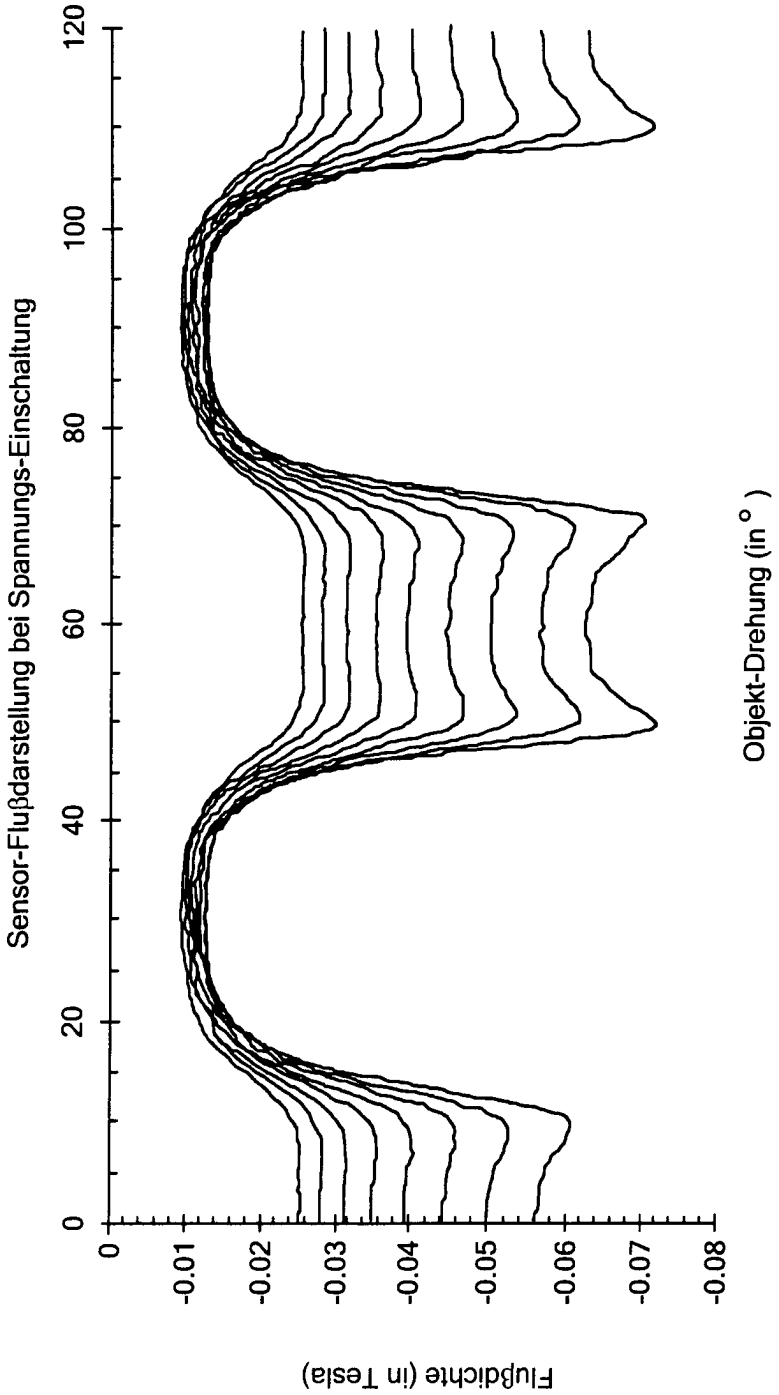

Sensor-Flußdarstellung bei Spannungs-Einschaltung
0
20
40
60
80
100
120
0
-0.01
-0.02
-0.03
-0.04
-0.05
-0.06
-0.07
-0.08
Flußdichte (in Tesla)
Objekt-Drehung (in °)

FIG. 8

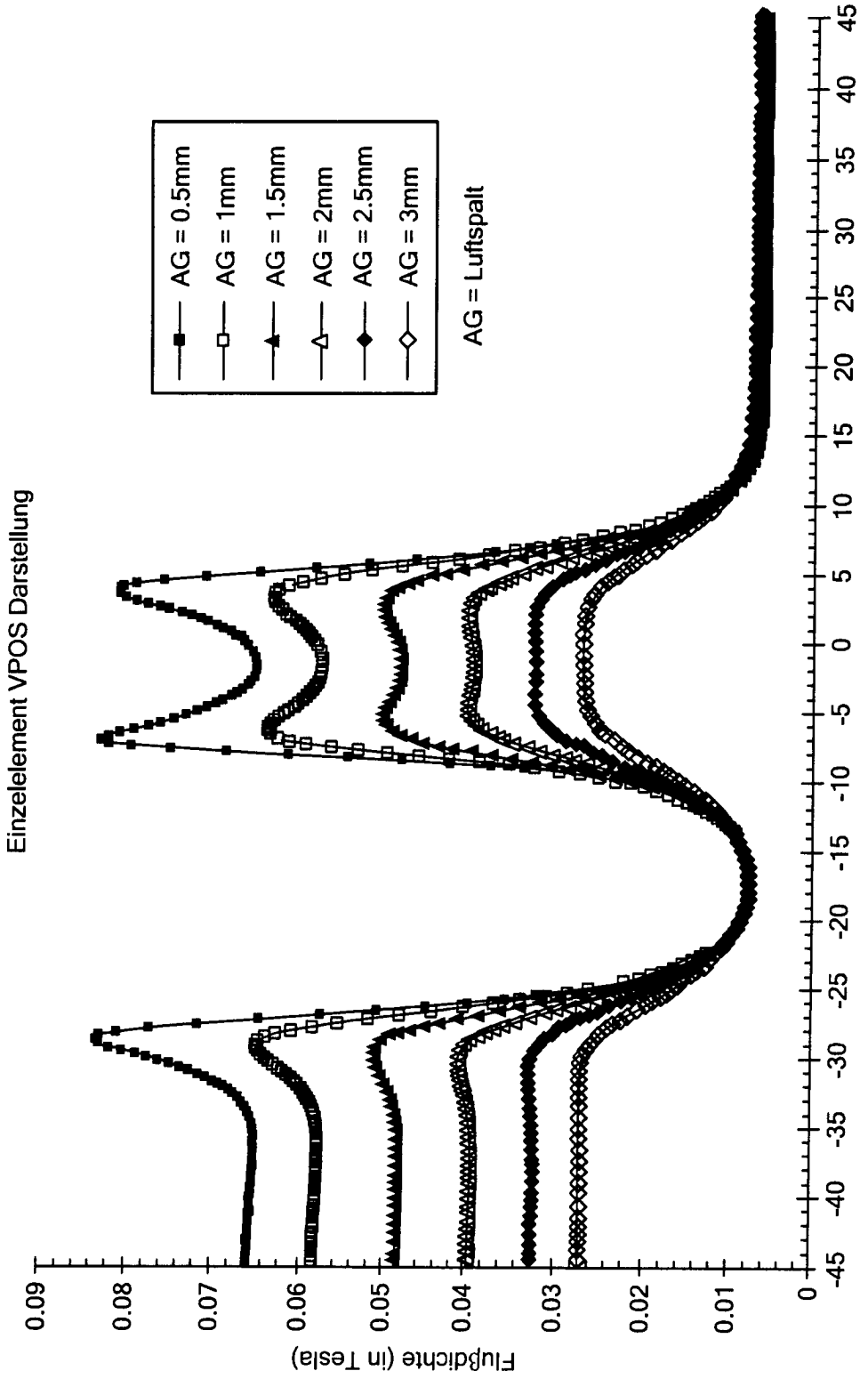

Einzelelement VPOS Darstellung
AG = 0.5mm
AG = 1mm
AG = 1.5mm
AG = 2mm
AG = 2.5mm
AG = 3mm
AG = Luftspalt
Flußdichte (in Tesla)
Position des Objektes
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
-45
-40
-35
-30
-25
-20
-15
-10
-5
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45

FIG. 9

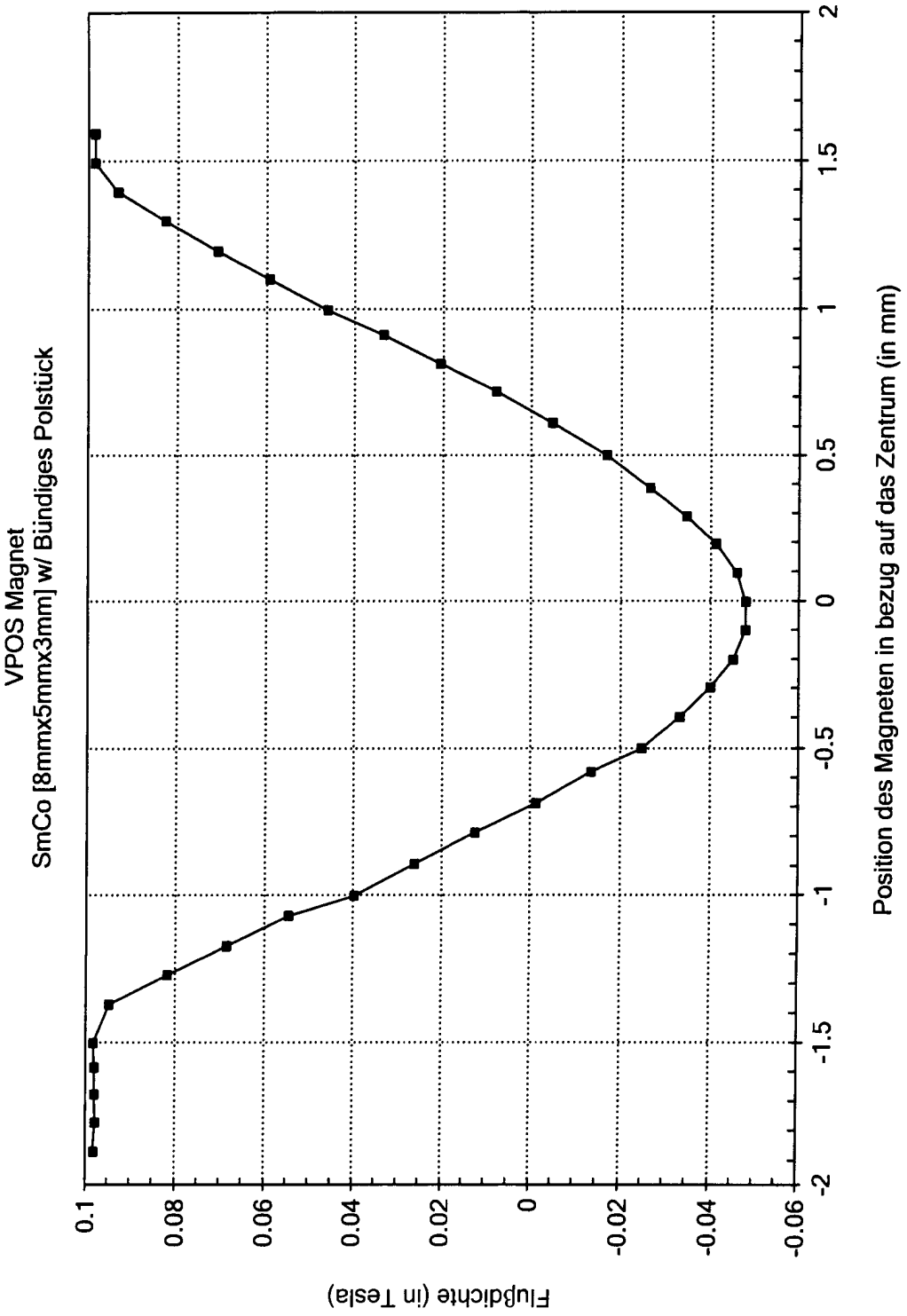

VPOS Magnet
SmCo [8mmx5mmx3mm] w/ Bündiges Polstück
Flußdichte (in Tesla)
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
-0.02
-0.04
-0.06
Position des Magneten in bezug auf das Zentrum (in mm)
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
-2

FIG. 10

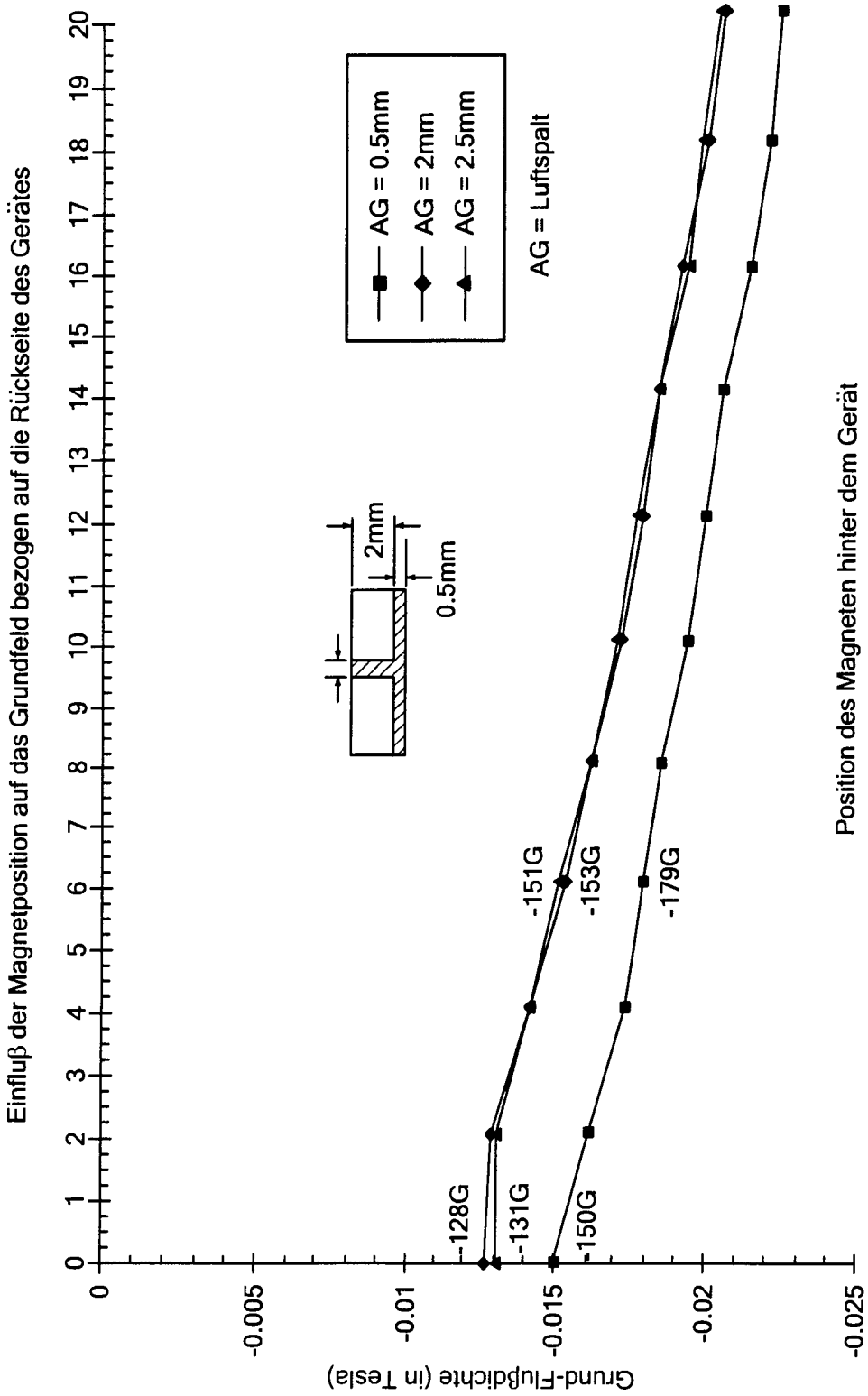

Einfluß der Magnetposition auf das Grundfeld bezogen auf die Rückseite des Gerätes
Grund-Flußdichte (in Tesla)
Position des Magneten hinter dem Gerät
AG = 0.5mm
AG = 2mm
AG = 2.5mm
AG = Luftspalt
2mm
0.5mm
-128G
-131G
-150G
-151G
-153G
-179G
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
-0.005
-0.01
-0.015
-0.02
-0.025

FIG. 11

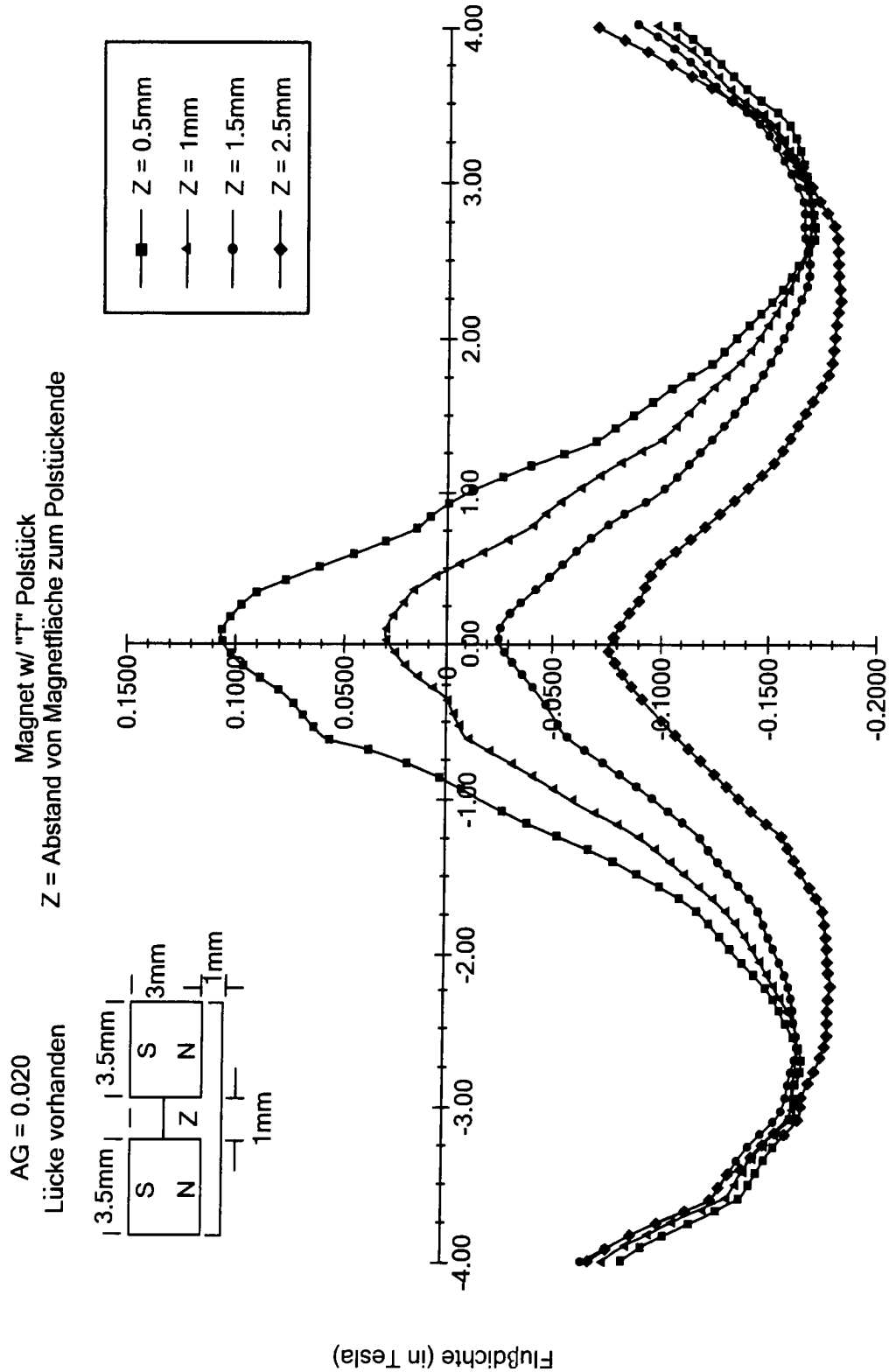

Magnet w/ "T" Polstück
Z = Abstand von Magnetfläche zum Polstückende
AG = 0.020
Lücke vorhanden
3.5mm
3.5mm
3mm
1mm
1mm
S
N
Z
S
N
Z = 0.5mm
Z = 1mm
Z = 1.5mm
Z = 2.5mm
0.1500
0.1000
0.0500
0.00
-0.0500
-0.1000
-0.1500
-0.2000
4.00
3.00
2.00
1.00
-1.00
-2.00
-3.00
-4.00
Flußdichte (in Tesla)

FIG. 12

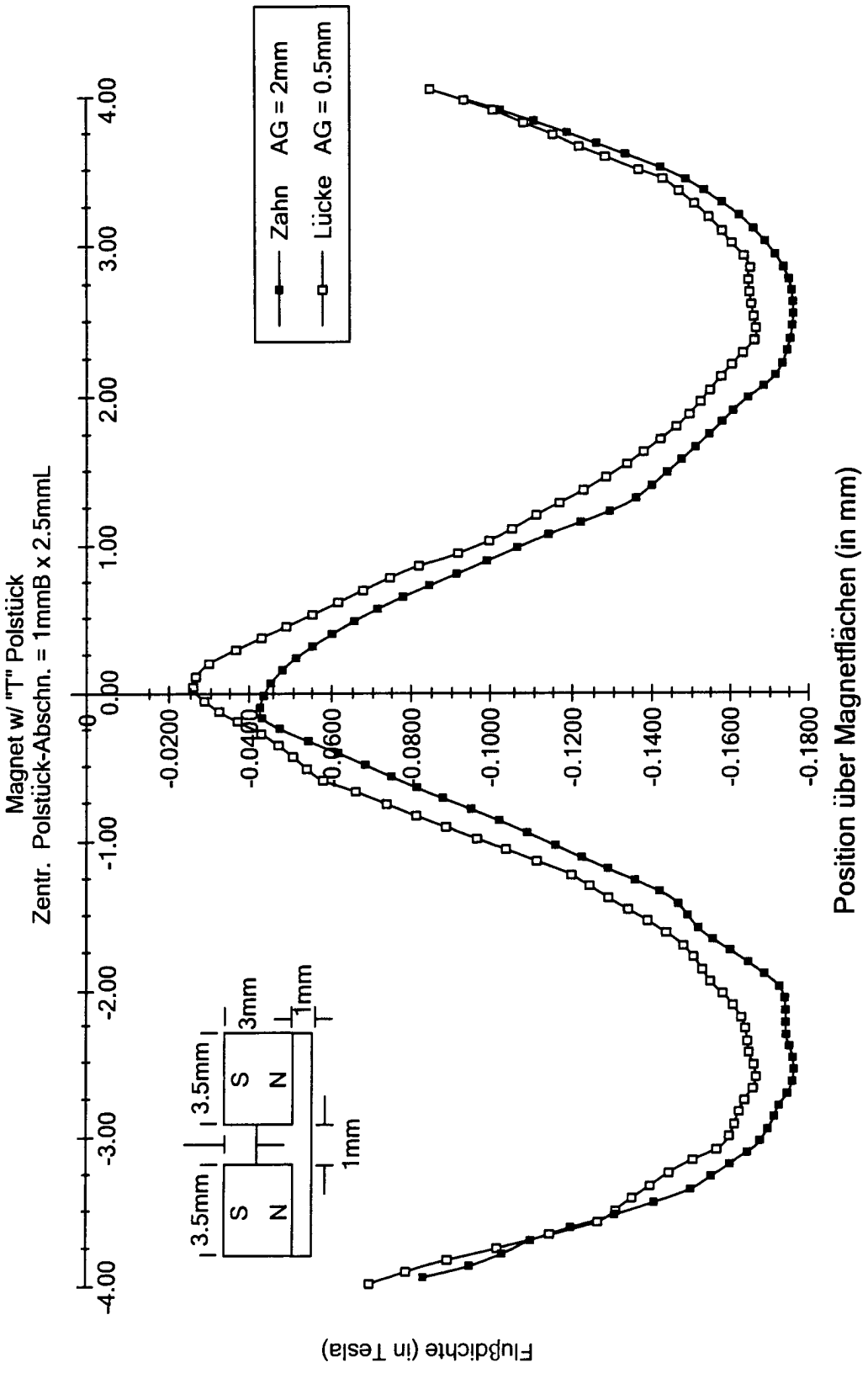

Magnet w/ "T" Polstück
Zentr. Polstück-Abschn. = 1mmB x 2.5mmL
Zahn AG = 2mm
Lücke AG = 0.5mm
Flußdichte (in Tesla)
Position über Magnetflächen (in mm)
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
-1.00
-2.00
-3.00
-4.00
-0.0200
-0.0400
-0.0600
-0.0800
-0.1000
-0.1200
-0.1400
-0.1600
-0.1800
3.5mm
3mm
1mm
S
N

FIG. 13

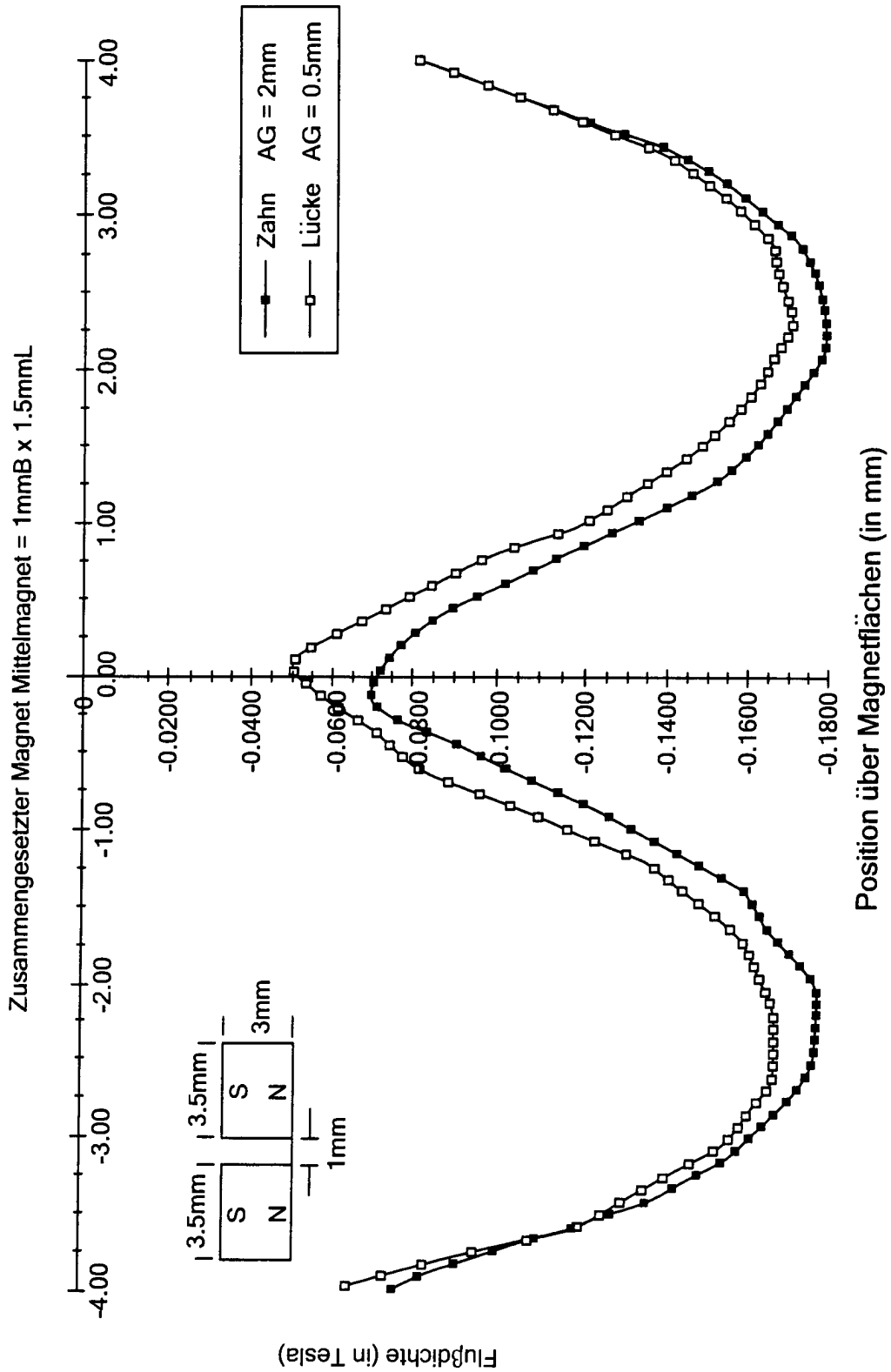

Zusammengesetzter Magnet Mittelmagnet = 1mmB x 1.5mmL
Zahn AG = 2mm
Lücke AG = 0.5mm
Flußdichte (in Tesla)
Position über Magnetflächen (in mm)
3.5mm
3mm
1mm
S
N

FIG. 14

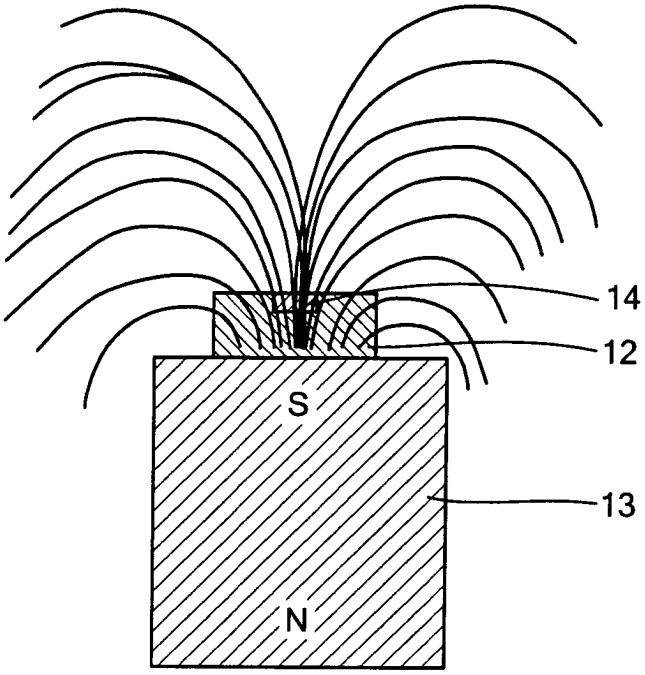


FIG. 15

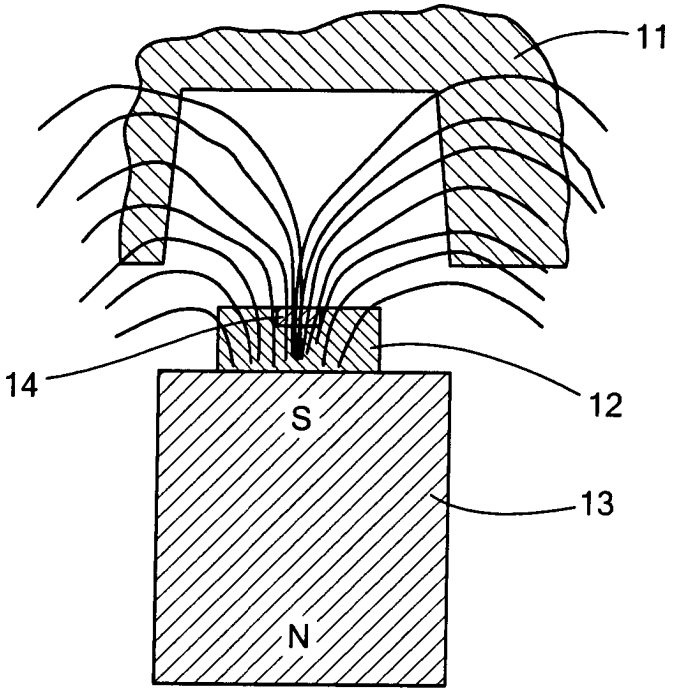


FIG. 16

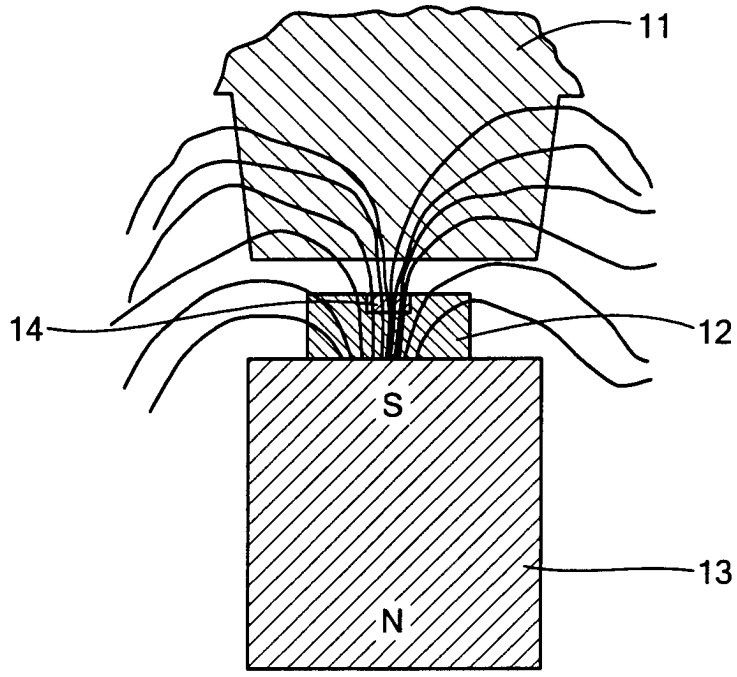


FIG. 17

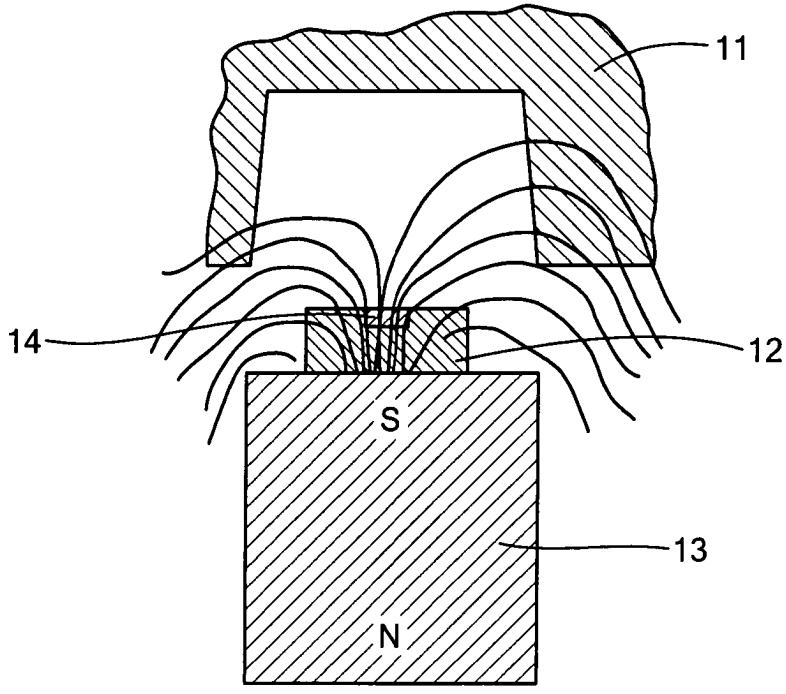


FIG. 18

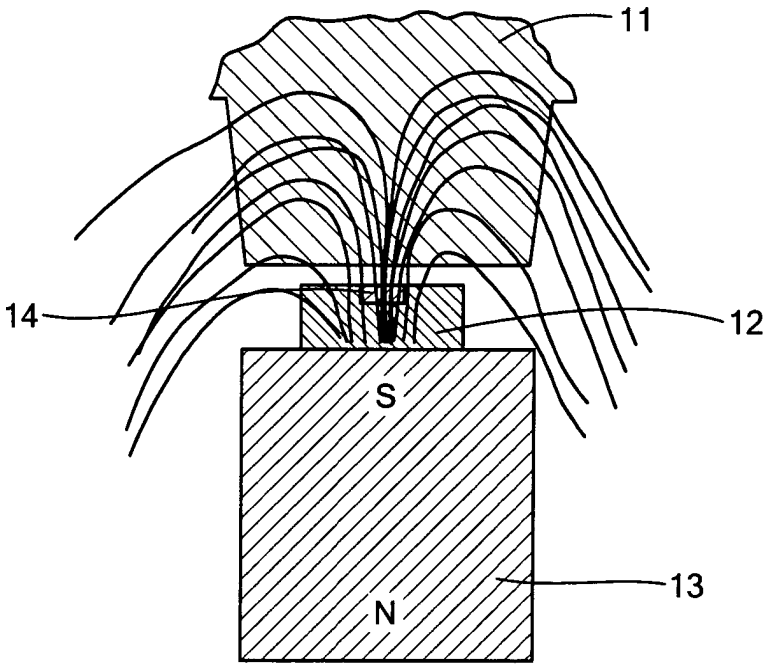


FIG. 19

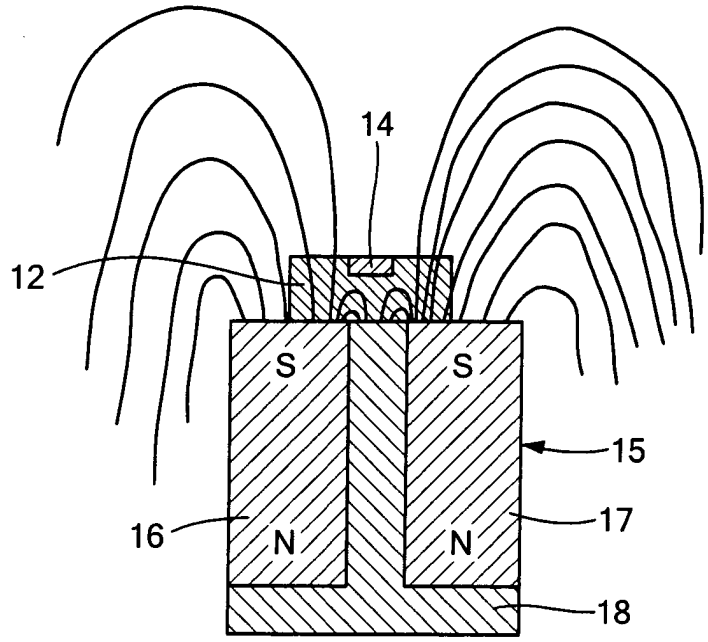


FIG. 20

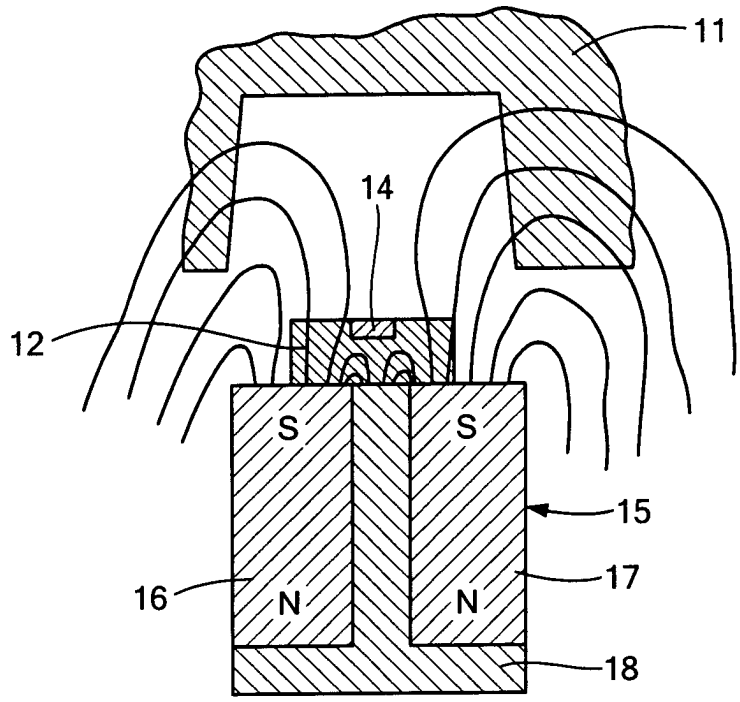


FIG. 21

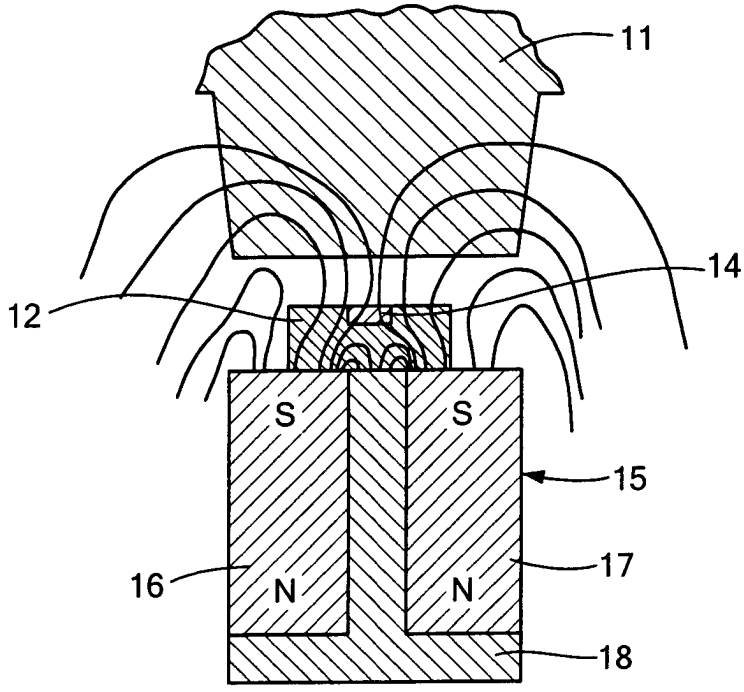


FIG. 22

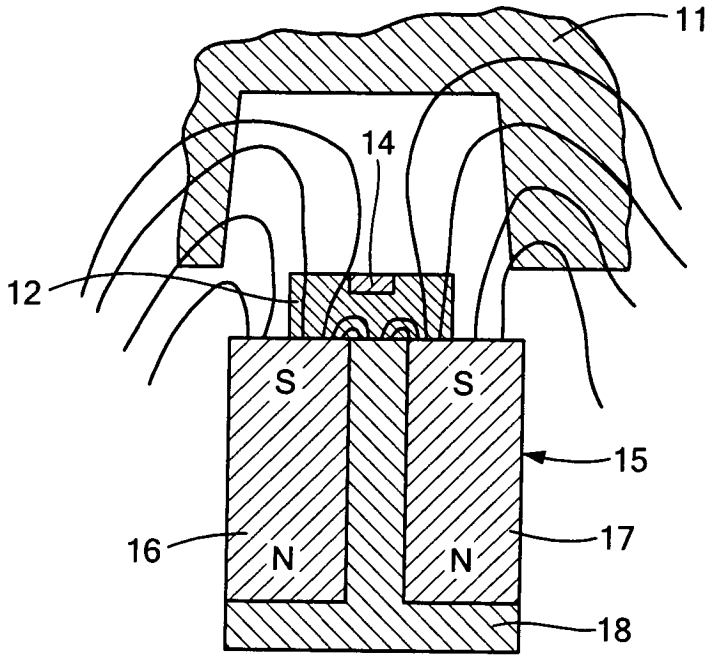


FIG. 23

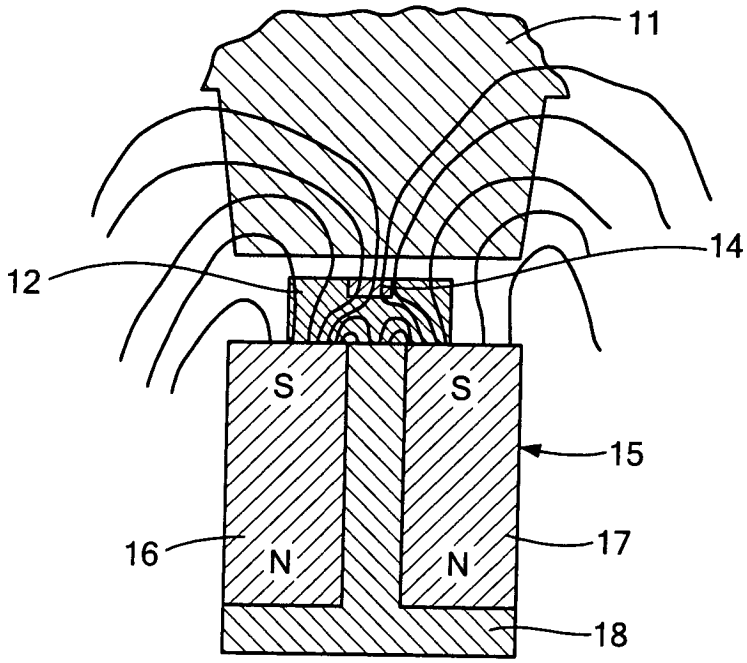


FIG. 24

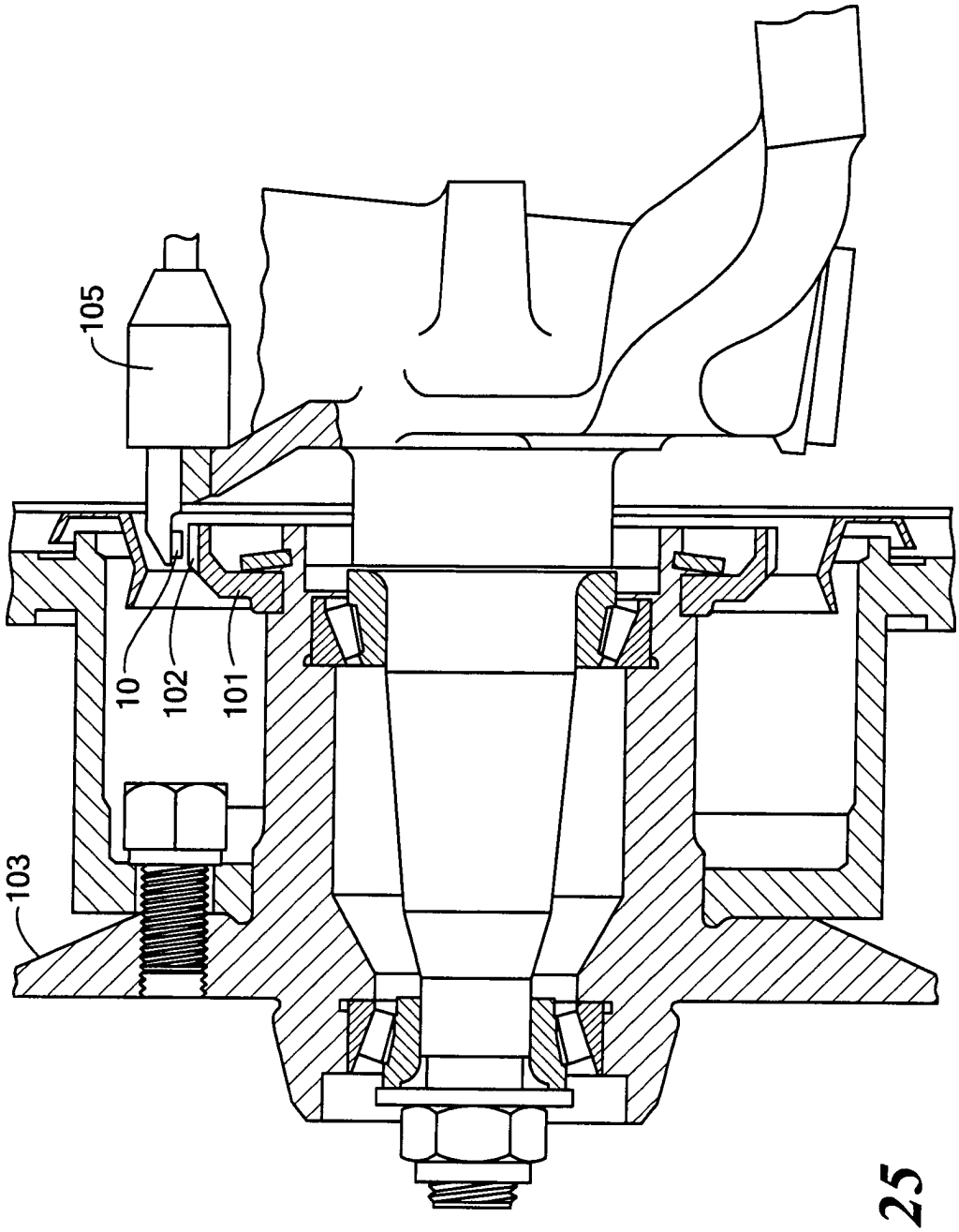


FIG. 25

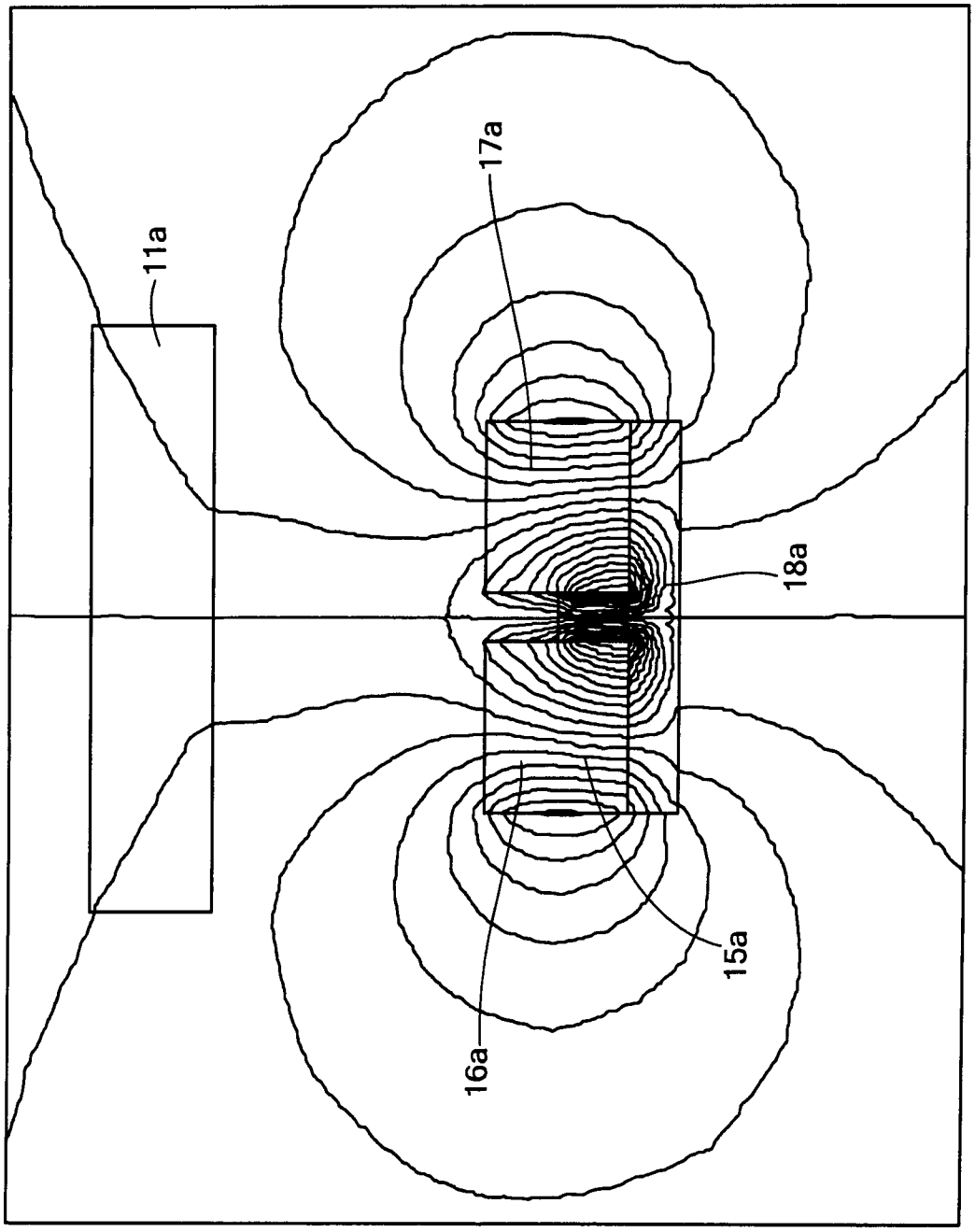


FIG. 26

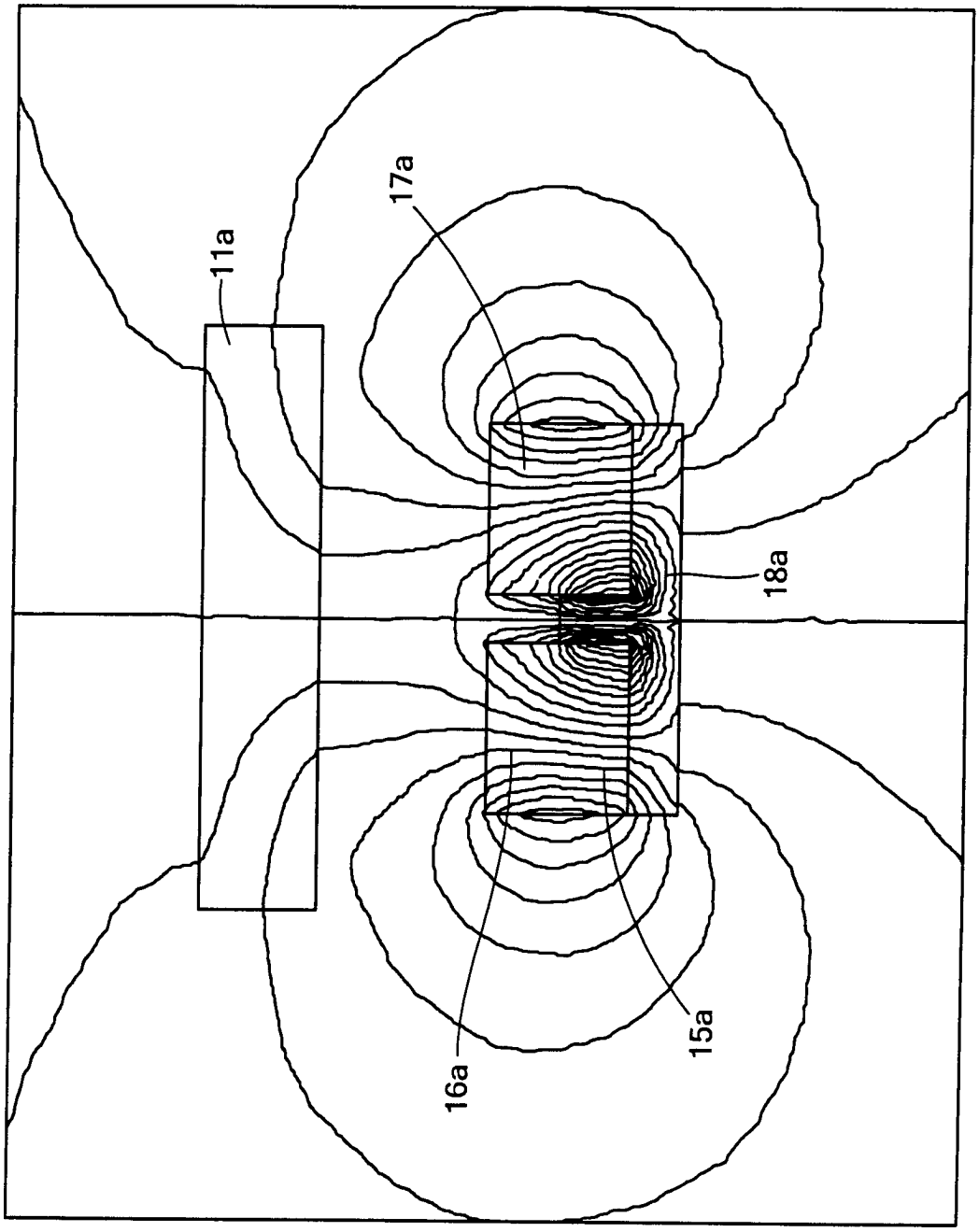


FIG. 27