



(10) **DE 11 2010 000 848 T5** 2012.06.28

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2010/096367**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2010 000 848.5**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2010/024256**
(86) PCT-Anmeldetag: **16.02.2010**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **26.08.2010**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **28.06.2012**

(51) Int Cl.: **G01R 33/00 (2011.01)**

(30) Unionspriorität:
61/153,059 **17.02.2009** **US**

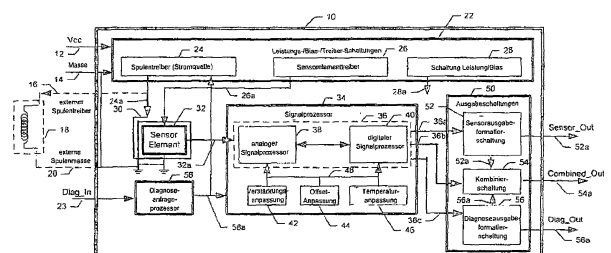
(72) Erfinder:
Foletto, Andrea, Annecy, FR; Doogue, Michael C., Manchester, N.H., US; Vig, Ravi, Bow, N.H., US; Friedrich, Andreas P., Metz-Tessy, FR; Taylor, William P., Amherst, N.H., US; Scheller, P. Karl, Bow, N.H., US

(71) Anmelder:
Allegro Microsystems, Inc., Worcester, Mass., US

(74) Vertreter:
**Kuhnen & Wacker Patent- und
Rechtsanwaltsbüro, 85354, Freising, DE**

(54) Bezeichnung: **Schaltungen und Verfahren zum Erzeugen eines Selbsttests eines Magnetfeldsensors**

(57) Zusammenfassung: Ein Magnetfeldsensor weist eingebaute Selbsttestschaltungen auf, welche einen Selbsttest der meisten oder aller Schaltungen des Magnetfeldsensors erlauben bzw. ermöglichen, einschließlich eines Selbsttest eines Magnetfeldsensorelementes, welches innerhalb des Magnetfeldsensors verwendet wird, während der Magnetfeldsensor in einem normalen Betrieb arbeitet.



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Diese Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf Magnetfeldsensoren und insbesondere auf Magnetfeldsensoren, welche eine Selbsttestfähigkeit haben.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Wie bekannt ist, gibt es eine Vielfalt von Typen von Magnetfeldsensierelementen bzw. Magnetfeldererkennungselementen, einschließlich jedoch nicht beschränkt auf Halleffektelemente, Magnetowiderstandselemente und Magnetotransistoren. Wie auch bekannt ist, gibt es verschiedene Typen von Halleffektelementen, beispielsweise ein planares Hallelement, ein vertikales Hallelement und ein zirkulares Hallelement. Wie auch bekannt ist, gibt es verschiedene Typen von Magnetowiderstandselementen, beispielsweise ein Riesenmagnetowiderstandselement (GMR = Giant Magneto Resistance = Riesenmagnetowiderstand), ein anisotropes Magnetowiderstandselement (AMR = Anisotropic Magneto Resistance = Anisotroper Magnetowiderstand), ein Tunnelmagnetowiderstandselement (TMR = Tunnelling Magneto Resistance = Tunnelmagnetowiderstand) und einen magnetischen Tunnelkontakt (MTJ = Magnetic Tunnel Junction = Magnetischer Tunnelkontakt).

[0003] Halleffektelemente erzeugen eine Ausgangsspannung proportional zu einem Magnetfeld. Im Gegensatz dazu verändern Magnetowiderstandselemente den Widerstand in Proportion zu einem Magnetfeld. In einer Schaltung kann ein elektrischer Strom durch das Magnetowiderstandselement gerichtet sein, wodurch er ein Spannungsausgabesignal proportional zu dem Magnetfeld erzeugt.

[0004] Magnetfeldsensoren, d. h. Schaltungen, welche Magnetfeldsensierelemente verwenden, werden in einer Vielfalt von Anwendungen verwendet, einschließlich, jedoch nicht beschränkt auf einen Stromsensor, welcher ein Magnetfeld, welches durch einen Strom erzeugt wird, welcher durch einen stromführenden Leiter geführt wird, sensiert bzw. erkennt, einen Magnetschalter, welcher die Nähe eines ferromagnetischen Objekts sensiert, einen Drehdetektor, welcher vorbeitretende ferromagnetische Artikel, beispielsweise magnetische Domänen eines Ringmagneten, sensiert und einen Magnetfeldsensor, welcher eine magnetische Felddichte eines Magnetfelds sensiert.

[0005] Wie bekannt ist, haben einige integrierte Schaltungen interne eingebaute Selbsttestfähigkeiten (BIST = Bild In Self Test = Eingebauter Selbsttest). Ein eingebauter Selbsttest ist eine Funktion,

welche alle oder einen Teil der internen Funktionalitäten einer integrierten Schaltung überprüfen bzw. verifizieren kann. Einige Typen von integrierten Schaltungen haben eingebaute Selbsttestschaltungen, welche direkt in den integrierten Schaltungschip gebaut sind. Typischerweise wird der eingebaute Selbsttest durch externe Mittel aktiviert, beispielsweise ein Signal, welches von außerhalb der integrierten Schaltung an bestimmte Pins bzw. Anschlussstifte oder Anschlüsse an der integrierten Schaltung kommuniziert wird. Beispielsweise kann eine integrierte Schaltung, welche einen Speicherabschnitt hat, eine eingebaute Selbsttestschaltung einschließen, welche durch ein Selbsttestsignal aktiviert werden kann, welches von außerhalb der integrierten Schaltung kommuniziert wird. Die eingebaute Selbsttestschaltung kann den Speicherabschnitt der integrierten Schaltung in Antwort auf das Selbsttestsignal testen.

[0006] Herkömmliche eingebaute Selbsttestschaltungen neigen dazu, es der integrierten Schaltung nicht zu erlauben, ihre vorgesehene Funktion durchzuführen, während der eingebaute Selbsttest durchgeführt wird. An Stelle dessen gebraucht während des eingebauten Selbsttests die eingebaute Selbsttestschaltung alle oder Teile von Schaltungen auf der integrierten Schaltung auf eine bestimmte Art und Weise, welche nicht notwendigerweise einen gleichzeitigen Betrieb von Funktionen erlaubt, von denen vorgesehen ist, dass sie die integrierte Schaltung durchführt. Demzufolge wird der eingebaute Selbsttest typischerweise nur einmal aktiviert, beispielsweise beim Einschalten der integrierten Schaltung oder von Zeit zu Zeit. Zu anderen Zeiten bzw. Zeitpunkten sind die eingebaute Selbsttestschaltung und die Funktion schlafend und die integrierte Schaltung kann ihre vorgesehene Funktion durchführen.

[0007] Weiterhin neigen, wenn sie in Magnetfeldsensoren verwendet werden, herkömmliche eingebaute Selbsttestschaltungen dazu, das Magnetfeldsensierelement, welches in dem Magnetfeldsensor verwendet wird, nicht zu testen.

[0008] Es wäre erstrebenswert, eingebaute Selbsttestschaltungen und Techniken in einem Magnetfeldsensor vorzusehen, welche es ermöglichen, dass der Selbsttest von Zeit zu Zeit oder auf einen Befehl hin abläuft, während der Magnetfeldsensor gleichzeitig seine vorgesehene Funktion durchführt. Es wäre auch erstrebenswert, einen solchen gleichzeitigen Selbsttest vorzusehen, welcher ein Magnetfeldsensierelement testet, welches in dem Magnetfeldsensor verwendet wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0009] Die vorliegende Erfindung sieht Selbsttestschaltungen und Techniken in einem Magnetfeldsensor vor, welche es ermöglichen, dass der Selbsttest

von Zeit zu Zeit oder auf einen Befehl hin ausgeführt wird, während der Magnetfeldsensor gleichzeitig seine vorgesehene Funktion durchführt. Die vorliegende Erfindung sieht auch einen solchen gleichzeitigen Selbsttest vor, welcher ein Magnetfeldsensierelement testet, welches in dem bzw. innerhalb des Magnetfeldsensors verwendet wird.

[0010] In Übereinstimmung mit einem Aspekt der vorliegenden Erfindung weist ein Magnetfeldsensor ein Magnetfeldsensierelement auf, welches durch ein Substrat unterstützt bzw. abgestützt wird. Das Magnetfeldsensierelement ist zum Erzeugen eines zusammengesetzten Magnetfeldsignals, welches einen auf ein gemessenes Magnetfeld reagierenden Signalabschnitt bzw. Signalanteil und einen auf einen Selbsttest reagierenden Signalanteil bzw. Signalabschnitt hat. Der auf das gemessene Magnetfeld reagierende Signalanteil reagiert auf ein gemessenes Magnetfeld. Der auf einen Selbsttest reagierende Signalanteil reagiert auf ein Selbsttestmagnetfeld. Der Magnetfeldsensor weist auch eine Selbsttestschaltung auf, welche einen Selbstteststromleiter in der Nähe zu dem Magnetfeldsensierelement hat. Der Selbstteststromleiter ist zum Führen eines Selbstteststromes, um das Selbsttestmagnetfeld zu erzeugen. Der Magnetfeldsensor weist auch eine Verarbeitungsschaltung auf, welche gekoppelt ist, um ein Signal, welches für das zusammengesetzte Magnetfeldsignal repräsentativ ist, zu empfangen. Die Verarbeitungsschaltung ist konfiguriert, um ein Sensor-signal zu erzeugen, welches repräsentativ ist für den auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil. Die Verarbeitungsschaltung ist auch konfiguriert, um wenigstens eines eines diagnostischen Signals bzw. Diagnosesignals, welches repräsentativ für den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil ist, oder eines zusammengesetzten Signals, welches repräsentativ ist sowohl für den auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil als auch für den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil, zu erzeugen.

[0011] In Übereinstimmung mit einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung weist ein Verfahren zum Erzeugen eines Selbsttests eines Magnetfeldsensors ein Erzeugen eines zusammengesetzten Magnetfeldsignals mit einem Magnetfeldsensierelement, welches einen auf ein gemessenes Magnetfeld reagierenden Signalanteil und einen auf einen Selbsttest reagierenden Signalanteil hat. Der auf das gemessene Magnetfeld reagierende Signalanteil reagiert auf ein gemessenes Magnetfeld. Der auf einen Selbsttest reagierende Signalabschnitt reagiert auf ein Selbsttestmagnetfeld. Das Verfahren schließt auch das Erzeugen eines Selbstteststromes in einem Selbstteststromleiter benachbart zu dem Magnetfeldsensierelement ein. Der Selbstteststromleiter ist zum Führen des Selbstteststromes, um das Selbsttestmagnetfeld zu erzeugen. Das Verfahren schließt auch

das Erzeugen eines Sensorausgabesignals, welches repräsentativ für den auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil ist, ein. Das Verfahren schließt auch das Erzeugen von wenigstens einem eines Diagnosesignals, welches repräsentativ für den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil ist, oder eines zusammengesetzten Signals, welches repräsentativ für sowohl den auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil als auch für den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil ist, ein.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0012] Die vorstehenden Merkmale der Erfindung sowie die Erfindung selbst können vollständiger verstanden werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung der Zeichnungen, in welchen:

[0013] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm ist, welches einen Magnetfeldsensor in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung zeigt, welcher ein Magnetfeldsensierelement, einen Selbsttestleiter, einen Diagnoseanfrageprozessor, einen Signalprozessor und Ausgabeschaltungen hat;

[0014] [Fig. 2](#) ein Blockdiagramm ist, welches eine beispielhafte Anordnung des Magnetfeldsensierelements und des Selbsttestleiters der [Fig. 1](#) zeigt;

[0015] [Fig. 2A](#) ein Blockdiagramm ist, welches eine andere beispielhafte Anordnung des Magnetfeldsensierelements und des Selbsttestleiters der [Fig. 1](#) zeigt;

[0016] [Fig. 2B](#) ein Blockdiagramm ist, welches noch eine andere beispielhafte Anordnung des Magnetfeldsensierelements und des Selbsttestleiters der [Fig. 1](#) zeigt;

[0017] [Fig. 2C](#) ein Blockdiagramm ist, welches noch eine andere beispielhafte Anordnung des Magnetfeldsensierelementes und des Selbsttestleiters der [Fig. 1](#) zeigt;

[0018] [Fig. 2D](#) ein Blockdiagramm ist, welches noch eine andere beispielhafte Anordnung des Magnetfeldsensierelementes, hier gezeigt als vier Magnetfeldsensierelemente, und den Selbsttestleiter der [Fig. 1](#) zeigt;

[0019] [Fig. 3](#) ein Blockdiagramm ist, welches einen Querschnitt zeigt, welcher repräsentativ für eine beispielhafte Anordnung des Magnetfeldsensierelementes und des Selbsttestleiters der [Fig. 1](#) ist, nämlich, das Magnetfeldsensierelement und den Selbsttestleiter der [Fig. 2B](#), wobei die Anordnung ein elektromagnetisches Schild aufweist;

[0020] [Fig. 3A](#) ein Blockdiagramm ist, welches einen Querschnitt zeigt, welcher repräsentativ für eine an-

dere beispielhafte Anordnung des Magnetfeldsensierelementes und des Selbsttestleiters der [Fig. 1](#) ist, wobei die Anordnung ein elektromagnetisches Schild aufweist;

[0021] [Fig. 3B](#) ein Blockdiagramm ist, welches einen Querschnitt zeigt, welcher repräsentativ für noch eine andere beispielhafte Anordnung des Magnetfeldsensierelementes und des Selbsttestleiters der [Fig. 1](#) ist;

[0022] [Fig. 3C](#) ein Blockdiagramm ist, welches einen Querschnitt zeigt, welcher repräsentativ für noch eine andere beispielhafte Anordnung des Magnetfeldsensierelementes und des Selbsttestleiters der [Fig. 1](#) ist, nämlich das Magnetfeldsensierelement und den Selbsttestleiter der [Fig. 2C](#), wobei die Anordnung ein elektromagnetisches Schild aufweist;

[0023] [Fig. 3D](#) ein Blockdiagramm ist, welches einen Querschnitt zeigt, welcher repräsentativ für noch eine andere beispielhafte Anordnung des Magnetfeldsensierelementes und des Selbsttestleiters der [Fig. 1](#) ist, wobei die Anordnung ein elektromagnetisches Schild aufweist;

[0024] [Fig. 3E](#) bis [Fig. 3G](#) Blockdiagramme sind, welche drei Anordnungen für Magnetfeldsensoren zeigen;

[0025] [Fig. 4](#) ein Blockdiagramm ist, welches weitere Details des Diagnoseanfrageprozessors der [Fig. 1](#) zeigt;

[0026] [Fig. 5](#) ein Blockdiagramm eines beispielhaften Magnetfeldsensors ist, welches weitere Details des Magnetfeldsensierelementes, des Selbsttestleiters und des Signalprozessors der [Fig. 1](#) zeigt;

[0027] [Fig. 5A](#) ein Blockdiagramm eines anderen beispielhaften Magnetfeldsensors ist, welches weitere Details des Magnetfeldsensierelementes, des Selbsttestleiters und des Signalprozessors der [Fig. 1](#) zeigt;

[0028] [Fig. 5B](#) ein Blockdiagramm ist, welches gemeinsame Drinausgabeschaltungen zeigt, welche als ein Teil des Magnetfeldsensors der [Fig. 5](#) und [Fig. 5A](#) verwendet werden können;

[0029] [Fig. 6](#) ein Blockdiagramm noch eines anderen beispielhaften Magnetfeldsensors ist, welches weitere Details des Magnetfeldsensierelementes, des Selbsttestleiters und des Signalprozessors der [Fig. 1](#) zeigt;

[0030] [Fig. 7](#) ein Diagramm ist, welches beispielhafte Ausgabesignale von den Magnetfeldsensoren der [Fig. 1](#), [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) zeigt;

[0031] [Fig. 7A](#) ein Diagramm ist, welches ein anderes beispielhaftes Ausgabesignal von den Magnetfeldsensoren der [Fig. 1](#), [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) zeigt;

[0032] [Fig. 7B](#) bis [Fig. 7F](#) Diagramme sind, welche verschiedene beispielhafte Diagnoseeingabesignale zeigen, welche durch den Diagnoseanfrageprozessor der Magnetfeldsensoren der [Fig. 1](#), [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) empfangen werden;

[0033] [Fig. 8](#) ein Diagramm ist, welches ein Diagnoseeingabesignal, das gleiche wie oder ähnlich zu dem Diagnoseeingabesignal der [Fig. 7B](#) zeigt, welches durch den Diagnoseanfrageprozessor des Magnetfeldsensors der [Fig. 1](#), [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) empfangen wird;

[0034] [Fig. 8A](#) bis [Fig. 8D](#) Diagramme sind, welche verschiedene beispielhafte Diagnoseausgabesignale zeigen, welche durch die Magnetfeldsensoren der [Fig. 1](#), [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) erzeugt werden;

[0035] [Fig. 9](#) ein Diagramm ist, welches beispielhafte Ausgabesignale, die gleichen wie oder ähnlich zu den Ausgabesignalen, welche in [Fig. 7](#) gezeigt sind, von den Magnetfeldsensoren der [Fig. 1](#), [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) zeigt;

[0036] [Fig. 9A](#) ein Diagramm ist, welches ein Diagnoseeingabesignal zeigt, das gleiche wie oder ähnlich zu dem Diagnoseeingabesignal der [Fig. 7B](#) und [Fig. 8](#), welches durch den Diagnoseanfrageprozessor der Magnetfeldsensoren der [Fig. 1](#), [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) empfangen wird;

[0037] [Fig. 9B](#) bis [Fig. 9E](#) Diagramme sind, welche verschiedene beispielhafte kombinierte Ausgabesignale zeigen, welche durch die Magnetfeldsensoren der [Fig. 1](#), [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) erzeugt werden;

[0038] [Fig. 10](#) und [Fig. 10B](#) eine Serie von Diagrammen sind, welche ein Diagnosesteuersignal, ein Diagnoseausgabesignal, welches durch die Magnetfeldsensoren der [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) erzeugt wird, und ein Diagnoseausgabesignal, welches durch den Magnetfeldsensor der [Fig. 5A](#) erzeugt wird, zeigen;

[0039] [Fig. 11](#) eine Draufsicht auf ein beispielhaftes elektromagnetisches Schild ist, welches einen Teil des Magnetfeldsensors der [Fig. 1](#) bilden kann, und welches als das elektromagnetische Schild der [Fig. 3](#), [Fig. 3A](#), [Fig. 3C](#) und [Fig. 3D](#) verwendet werden kann;

[0040] [Fig. 12](#) eine Draufsicht auf ein anderes beispielhaftes elektromagnetisches Schild ist, welches einen Teil des Magnetfeldsensors der [Fig. 1](#) bilden kann, und welches als das elektromagnetische Schild

der [Fig. 3](#), [Fig. 3A](#), [Fig. 3C](#) und [Fig. 3D](#) verwendet werden kann;

[0041] [Fig. 13](#) eine Draufsicht auf noch ein anderes elektromagnetisches Schild ist, welches einen Teil des Magnetfeldsensors der [Fig. 1](#) bilden kann, und welches als das elektromagnetische Schild der [Fig. 3](#), [Fig. 3A](#), [Fig. 3C](#) und [Fig. 3D](#) verwendet werden kann;

[0042] [Fig. 14](#) eine Draufsicht auf noch ein anderes beispielhaftes elektromagnetisches Schild ist, welches einen Teil des Magnetfeldsensors der [Fig. 1](#) bilden kann, und welches als das elektromagnetische Schild der [Fig. 3](#), [Fig. 3A](#), [Fig. 3C](#) und [Fig. 3D](#) verwendet werden kann;

[0043] [Fig. 15](#) ein Blockdiagramm ist, welches eine Mehrzahl von Magnetfeldsensoren zeigt, welche verwendet werden, um eine Position eines Gangschalthebels, wie er in einem Automobil vorgesehen sein kann, zu sensieren bzw. zu erkennen; und

[0044] [Fig. 16](#) ein Blockdiagramm einer Schaltung ist, welche einen Selbsttestleiter hat, durch welchen eine Richtung eines Antriebsstromes bzw. Treiberstromes verändert werden kann.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0045] Bevor die vorliegende Erfindung beschrieben wird, werden einige einführende Konzepte und die Terminologie erklärt. Wie hierin verwendet, wird der Term bzw. Wortlaut „Magnetfeldsensierelement“ bzw. „Magnetfeldererkennungselement“ verwendet, um eine Vielzahl von elektronischen Elementen zu beschreiben, welche ein Magnetfeld sensieren bzw. erkennen können. Die Magnetfeldsensierelemente können sein, sind jedoch nicht beschränkt auf Halleffektelemente, Magnetowiderstandselemente oder Magnetotransistoren. Wie bekannt ist gibt es verschiedene Typen von Halleffektelementen, beispielsweise ein planares Hallelement, ein vertikales Hallelement und ein zirkulares Hallelement. Wie auch bekannt ist, gibt es verschiedene Typen von Magnetowiderstandselementen, beispielsweise ein Riesenmagnetowiderstands(GMR = Giant Magneto Resistance = Riesenmagnetwiderstand)-Element, ein anisotropes Magnetowiderstandselement (AMR = Anisotropic Magneto Resistance = Anisotroper Magnetwiderstand), ein Tunnelmagnetowiderstands-(TMR = Tunnelling Magneto Resistance = Tunnelmagnetowiderstand)-Element, einen Indium-Antimonit(InSb)-Sensor und einen magnetischen Tunnelkontakt (MTJ = Magnetic Tunnel Junction = Magnetischer Tunnelkontakt).

[0046] Wie bekannt ist, neigen einige der oben beschriebenen Magnetfeldsensierelemente dazu, eine

Achse maximaler Empfindlichkeit parallel zu einem Substrat zu haben, welches das Magnetfeldsensierelement abstützt, und andere der oben beschriebenen Magnetfeldsensierelemente neigen dazu, eine Achse maximaler Empfindlichkeit rechtwinklig zu einem Substrat zu haben, welches das Magnetfeldsensierelement abstützt. Insbesondere neigen die meisten Typen von Magnetowiderstandselementen dazu, Achsen maximaler Empfindlichkeit parallel zu dem Substrat zu haben und die meisten Typen von Hallelementen neigen dazu, Achsen von Empfindlichkeit rechtwinklig zu einem Substrat zu haben.

[0047] Wie hierin verwendet wird der Term bzw. Wortlaut „Magnetfeldsensor“ verwendet, um eine Schaltung zu beschreiben, welche ein Magnetfeldsensierelement aufweist. Magnetfeldsensoren werden in einer Vielzahl von Anwendungen verwendet einschließend, jedoch nicht beschränkt auf einen Stromsensor, welcher ein Magnetfeld erkennt bzw. sensiert, welches durch einen Strom erzeugt wird, welcher durch einen stromführenden Leiter geführt wird, einen magnetischen Schalter, welcher die Nähe eines ferromagnetischen Objekts erkennt, einen Drehdetektor, welcher vorbeitretende ferromagnetische Artikel, beispielsweise magnetische Domänen eines Ringmagneten, erkennt, und einen Magnetfeldsensor, welcher eine Magnetfeldichte eines Magnetfeldes erkennt.

[0048] Bezug nehmend auf [Fig. 1](#) weist ein Magnetfeldsensor **10** ein Magnetfeldsensierelement **32** auf, welches durch ein Substrat (nicht gezeigt) abgestützt wird. Das Magnetfeldsensierelement **32** ist zum Erzeugen eines zusammengesetzten Magnetfeldsignals **32a**, welches einen auf ein gemessenes Magnetfeld reagierenden Signalanteil und einen auf einen Selbsttest reagierenden Signalanteil hat. Der auf das gemessene Magnetfeld reagierende Signalanteil reagiert auf ein gemessenes Magnetfeld. Der auf einen Selbsttest reagierende Signalanteil reagiert auf ein Selbsttestmagnetfeld. Der Magnetfeldsensor **10** weist auch eine Selbsttestschaltung auf, welche einen Selbstteststromleiter **30** in der Nähe zu dem Magnetfeldsensierelement **32** hat. Der Selbstteststromleiter **30** ist zum Leiten bzw. Führen eines Selbstteststromes **24a** zum Erzeugen des Selbsttestmagnetfelds. Der Magnetfeldsensor **10** weist auch eine Verarbeitungsschaltung **34** auf, welche gekoppelt ist, um ein Signal, beispielsweise das Signal **32a**, welches repräsentativ für das zusammengesetzte Magnetfeldsignal **32a** ist, zu empfangen. Die Verarbeitungsschaltung **34** ist konfiguriert, um ein Sensorsignal **36a** zu erzeugen, welches repräsentativ für den Magnetfeldsignalanteil ist. Die Verarbeitungsschaltung **34** ist auch konfiguriert, um wenigstens eines eines Diagnosesignals **36c**, welches repräsentativ für den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil ist oder eines zusammengesetzten Signals **36b**, welches repräsentativ für sowohl den auf das gemessene

ne Magnetfeld reagierenden Signalanteil als auch für den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil ist, zu erzeugen.

[0049] In einigen Ausführungsformen ist das Selbsttestmagnetfeld innerhalb eines Bereichs von ungefähr 20 bis 40 Gauss. In anderen Ausführungsformen jedoch kann das Selbsttestmagnetfeld kleiner als 20 Gauss oder größer als 40 Gauss sein.

[0050] Der Magnetfeldsensor **10** kann Leistungs- und Bias- bzw. Vorspannungs- und Treiberschaltungen **22** aufweisen. Die Leistungs- und Bias- und Treiberschaltungen **22** können eine Leistungsschaltung und ein Bias-Modul **28** aufweisen, welche konfiguriert sind, um verschiedene Spannungen und Ströme für den Rest der Schaltungen innerhalb des Magnetfeldsensors **10** vorzusehen. Die Leistungs- und Bias- und Treiberschaltungen **22** können auch ein Sensorelementtreibermodul **26** (beispielsweise eine Stromquelle) aufweisen, welche beispielsweise konfiguriert ist, um ein Stromsignal **26a** zu erzeugen, welches mit dem Magnetfeldsensorelement **32** gekoppelt ist. Die Leistungs- und Bias- und Treiberschaltungen **22** können auch ein Spulentreibermodul **24** (beispielsweise eine Stromquelle) aufweisen, welche konfiguriert ist, um ein Stromsignal **24a** zu erzeugen, welches mit dem Selbstteststromleiter **30** gekoppelt ist. In anderen Ausführungsformen jedoch kann ein externes Spulentreibermodul, entfernt von der integrierten Schaltung **10** verwendet werden.

[0051] Der Magnetfeldsensor **10** kann auch einen Diagnoseanfrageprozessor bzw. Diagnoseanforderungsprozessor **58** aufweisen, welcher gekoppelt ist, um ein Diagnoseeingabesignal (Diag_In) **23** zu empfangen. Der Diagnoseanfrageprozessor **58** wird vollständiger unten in Verbindung mit [Fig. 4](#) beschrieben und das Diagnoseeingabesignal **23** wird vollständiger untenstehend in Verbindung mit den [Fig. 4](#) und [Fig. 7B](#) bis [Fig. 7F](#) beschrieben. Es sei jedoch an dieser Stelle ausreichend zu sagen, dass, in manchen Ausführungsformen, das Diagnoseeingabesignal **23** durch den Diagnoseanfrageprozessor **58** dekodiert werden kann, und, in Antwort auf das Diagnoseeingabesignal **23** der Diagnoseanfrageprozessor **58** einen Selbsttest des Magnetfeldsensors **10** initiieren kann. Der Diagnoseanfrageprozessor **58** kann ein Diagnosesteuersignal **58** erzeugen und das Spulentreibermodul **24** kann gekoppelt sein, um das Diagnosesteuersignal **58a** zu empfangen. In Antwort auf das Diagnosesteuersignal **58a** kann die Spulentreiberschaltung **24** das Stromsignal **24a** erzeugen.

[0052] Die Verarbeitungsschaltung **34** (hierauf wird hierin auch Bezug genommen als ein Signalprozessor **34**) kann ein Verarbeitungsmodul **36** aufweisen, welches entweder einen analogen Signalprozessor **830**, einen digitalen Signalprozessor **40** oder irgendeine Kombination von analogen und digitalen Pro-

zessoren **38**, **40** hat, welche irgendeine Kombination von analogen und digitalen Verarbeitungen des zusammengesetzten Magnetfeldsignals **32a** durchführen. Der Pfeil, welcher zwischen dem analogen Signalprozessor **38** und dem digitalen Signalprozessor **40** gezeigt ist, wird lediglich dazu verwendet, um die Kombination von analoger und digitaler Signalverarbeitung und verschiedenen Kopplungen dazwischen anzuzeigen.

[0053] Der Signalprozessor **34** kann auch ein Verstärkungsanpassungsmodul **24**, ein Offset-Anpassungsmodul **44** und ein Temperaturanpassungsmodul **46** aufweisen, wovon jedes mit dem Verarbeitungsmodul **36** gekoppelt ist. Das Verstärkungsanpassungsmodul **42** ist konfiguriert, um zu einem Signal **48** beizutragen, welches durch das Verarbeitungsmodul **36** empfangen wird, wobei das Signal **48** konfiguriert ist, um eine Verstärkung des Verarbeitungsmoduls **36** anzupassen oder zu kalibrieren. Das Offset-Anpassungsmodul **44** ist auch konfiguriert, um zu dem Signal **48**, welches durch das Verarbeitungsmodul **36** empfangen wird, beizutragen, wobei das Signal **48** auch konfiguriert ist, um einen DC-Offset des Verarbeitungsmoduls **36** anzupassen oder zu kalibrieren. Das Temperaturanpassungsmodul **46** ist auch konfiguriert, um zu dem Signal **48**, welches durch das Verarbeitungsmodul **36** empfangen wird, beizutragen, wobei das Signal **48** konfiguriert ist, um eine Verstärkung und/oder einen DC-Offset des Verarbeitungsmoduls **36** über bzw. in Abhängigkeit von Temperaturabweichungen anzupassen oder zu kalibrieren. Es wird verstanden werden, dass eine Verstärkung, ein Offset und eine Temperatur nur einige gemeinsame Parameter sind, welche kompensiert/angepasst werden, dass jedoch die Kompensation/Anpassung nicht nur auf diese Parameter beschränkt ist.

[0054] Das Verarbeitungsmodul **36** ist konfiguriert, um das Sensorsignal **36a** zu erzeugen, welches repräsentativ für den oben beschriebenen auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil ist. Das Verarbeitungsmodul **36** ist auch konfiguriert, um wenigstens eines des Diagnosesignals **36c**, welches repräsentativ für den oben beschriebenen auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil ist, oder des zusammengesetzten Signals **36b**, welches repräsentativ sowohl für den auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil als auch auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil ist, zu erzeugen.

[0055] In einigen Ausführungsformen kann der Magnetfeldsensor **10** auch Ausgabeschaltungen **50**, beispielsweise eine Sensorausgabeformatierschaltung **52**, eine Diagnoseausgabeformatierschaltung **56** und eine Kombinierschaltung **54** aufweisen. Der Betrieb der Sensorausgabeformatierschaltung **52** der Diagnoseausgabeformatierschaltung **56** und der Kombinierschaltung **54** werden weiter verstanden werden

aus der untenstehenden Diskussion in Verbindung mit den [Fig. 8](#) bis [Fig. 8D](#) und [Fig. 9](#) bis [Fig. 9E](#). Es sei an dieser Stelle ausreichend zu sagen, dass die Sensorausgabeformatierschaltung **52** das Signal **36a**, welches repräsentativ für den auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil ist, umformatieren bzw. reformatieren kann, um ein Sensorausgabesignal **52a** (Sensor_Out) zu erzeugen. Die Diagnosesignalformatierschaltung **56** kann das Signal **36c**, welches repräsentativ für den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil ist, umformatieren bzw. reformatieren, um ein Diagnoseausgabesignal **56a** (Diag_Out) zu erzeugen. Die Kombinierschaltung **54** kann entweder das Signal **36b**, welches repräsentativ ist für sowohl den auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil als auch für den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil, reformatieren bzw. umformatieren, um ein kombiniertes Ausgabesignal **54a** (Combined_Out) zu erzeugen, oder es kann die Signale **52a**, **56a** verwenden, um ein ähnliches Resultat bzw. Ergebnis zu erreichen.

[0056] Der Magnetfeldsensor **10** kann auch ein externes Spulentreibersignal **16** und eine externe Masse **20** vorsehen, welche mit einem externen Leiter oder einer Spule **18** gekoppelt werden können. Die Spule **18** kann an Stelle des Selbstteststromleiters **30** verwendet werden, um das oben beschriebene Selbsttestmagnetfeld zu erzeugen.

[0057] In Betrieb kann das Stromsignal **24a** ein Puls-signal sein und demzufolge kann das Selbsttestmagnetfeld ein gepulstes Magnetfeld sein, welches durch den Selbstteststromleiter **30** oder durch die externe Spule **18** erzeugt wird. Das Selbsttestmagnetfeld kann physikalisch mit dem oben beschriebenen gemessenen Magnetfeld kombinieren, welches ein Feld ist, welches mit demjenigen verbunden ist, für dessen Messung der Magnetfeldsensor **10** vorgesehen ist. Beispielsweise kann der Magnetfeldsensor **10** vorgesehen sein, um ein Magnetfeld zu messen, welches mit einem ferromagnetischen oder einem magnetischen Objekt verbunden ist, welches das gemessene Magnetfeld erzeugt. Als ein anderes Beispiel kann der Magnetfeldsensor **10** vorgesehen sein, um einen Strom, welcher in einem Leiter (nicht gezeigt) fließt, zu messen, welcher das gemessene Magnetfeld erzeugt.

[0058] In Betrieb wird die Kombination des gemessenen Magnetfelds und des Selbsttestmagnetfeldes durch das Magnetfeldsensierelement **32** empfangen. Das Selbsttestmagnetfeld kann durch das Diagnoseeingabesignal **23** initiiert werden, welches vollständiger untenstehend in Verbindung mit den [Fig. 7](#) bis [Fig. 7F](#) beschrieben ist. Das Selbsttestmagnetfeld kann auch auf anderen Wegen initiiert werden, welche vollständiger untenstehend in Verbindung mit [Fig. 4](#) beschrieben sind. Das Magnetfeldsensierele-

ment erzeugt demnach das oben beschriebene zusammengesetzte Magnetfeldsignal **32a**, welches einen auf ein gemessenes Magnetfeld reagierenden Signalanteil hat, welcher auf das gemessene Magnetfeld reagiert, und einen auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil hat, welcher auf das Selbsttestmagnetfeld reagiert.

[0059] In einigen Ausführungsformen kann die Verarbeitungsschaltung **36** arbeiten, um den auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil von dem auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil zu trennen, um das Sensorsignal **36a**, welches repräsentativ ist für den Magnetfeldsignalanteil, und das Diagnosesignal **36c** zu erzeugen, welches repräsentativ ist für den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil. In manchen Ausführungsformen jedoch kann die Verarbeitungsschaltung das zusammengesetzte Signal **36b** erzeugen, welches repräsentativ ist für sowohl den auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil als auch für den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil, und zwar zusätzlich zu oder an Stelle des Signals **36c**.

[0060] In Betrieb können die Ausgabeschaltungen **50** die Signale **36a** bis **36c** in wenigstens die untenstehend in Verbindung mit den [Fig. 8A](#) bis [Fig. 8D](#), [Fig. 9](#), [Fig. 9B](#) bis [Fig. 9E](#), [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) beschriebenen Formate umformatieren bzw. reformatieren.

[0061] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 2](#), in welcher gleiche Elemente der [Fig. 1](#) gleiche Bezugszeichen habend gezeigt sind, ist ein Selbstteststromleiter **30'** (wobei das Strichsymbol eine bestimmte Variation des Selbstteststromleiters **30** der [Fig. 1](#) anzeigt) benachbart zu dem Magnetfeldsensierelement **32**. Wenn ein Strom in der Richtung des Pfeiles des Leiters **30'** durch den Selbstteststromleiter **30'** hindurchtritt, wird ein Selbsttestmagnetfeld **60a** erzeugt und durch das Magnetfeldsensierelement **32** als ein Magnetfeld, welches im Allgemeinen rechtwinklig zu einer Hauptoberfläche des Magnetfeldsensierelementes **32** ist, empfangen. Demnach ist diese Anordnung im Allgemeinen geeignet für die meisten Typen von Halleffektelementen.

[0062] Das Selbsttestmagnetfeld **60a** kann ein gepulstes Magnetfeld sein, welches durch einen gepulsten Strom erzeugt wird, welcher durch den Selbstteststromleiter **30'** geführt bzw. geleitet wird. Das Selbsttestmagnetfeld **60a** addiert bzw. addiert sich physikalisch zu irgendeinem anderen Magnetfeld (nicht gezeigt), beispielsweise dem gemessenen Magnetfeld, welches durch das Magnetfeldsensierelement **32** erfahren wird.

[0063] Bezugnehmend nunmehr auf [Fig. 2A](#), in welcher gleiche Elemente der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gleiche Bezugszeichen habend gezeigt sind, ist ein Selbst-

teststromleiter **30''** benachbart zu dem Magnetfeldsensierelement **32**. Der Selbstteststromleiter **30''** bildet eine Schleife mit einer Wicklung um das Magnetfeldsensierelement **32**. Wenn ein Strom in der Richtung der Pfeile an dem Leiter **30''** durch den Selbstteststromleiter **30''** hindurchtritt, wird ein Selbsttestmagnetfeld **60b** erzeugt und durch das Magnetfeldsensierelement **32** empfangen als ein Magnetfeld, welches im Allgemeinen rechtwinklig zu einer Hauptoberfläche des Magnetfeldsensierelementes **32** ist. Demnach ist diese Anordnung auch im Allgemeinen für die meisten Typen von Halleffektelementen geeignet.

[0064] Es wird verstanden werden, dass das Selbsttestmagnetfeld **60b** größer ist als das Selbsttestmagnetfeld **60a** der [Fig. 2](#), wenn der Selbstteststrom der gleiche ist.

[0065] Das Selbsttestmagnetfeld **60b** kann ein gepulstes Magnetfeld sein, welches durch einen gepulsten Strom erzeugt wird, welcher durch den Selbstteststromleiter **30''** geleitet wird. Das Selbsttestmagnetfeld **60b** addiert sich physikalisch zu irgendeinem anderen Magnetfeld (nicht gezeigt), beispielsweise dem gemessenen Magnetfeld, welches durch das Magnetfeldsensierelement **32** erfahren wird.

[0066] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 2B](#), in welcher gleiche Elemente der [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) und [Fig. 2A](#) gleiche Bezugszeichen habend gezeigt sind, ist ein Selbstteststromleiter **30'''** benachbart zu dem Magnetfeldsensierelement **32**. Der Selbstteststromleiter **30'''** bildet eine Mehrwicklungs-Schleife oder Spule um das Magnetfeldsensierelement **32**. Wenn ein Strom in der Richtung der Pfeile an dem Leiter **30'''** durch den Selbstteststromleiter **30'''** hindurchtritt, wird ein Selbsttestmagnetfeld **60c** erzeugt und durch das Magnetfeldsensierelement **32** empfangen als ein Magnetfeld, welches im Allgemeinen rechtwinklig zu einer Hauptoberfläche des Magnetfeldsensierelementes **32** ist. Demnach ist diese Anordnung auch im Allgemeinen für die meisten Typen von Halleffektelementen geeignet.

[0067] Es wird verstanden werden, dass das Selbsttestmagnetfeld **60c** größer ist als das Selbsttestmagnetfeld **60a** der [Fig. 2](#) und das Selbsttestmagnetfeld **60b** der [Fig. 2A](#), wenn der Selbstteststrom der gleiche ist.

[0068] Das Selbsttestmagnetfeld **60c** kann ein gepulstes Magnetfeld sein, welches durch einen gepulsten Strom erzeugt wird, welcher durch den Selbstteststromleiter **30'''** geleitet wird. Das Selbsttestmagnetfeld **60c** addiert sich physikalisch zu irgendeinem anderen Magnetfeld (nicht gezeigt), beispielsweise dem gemessenen Magnetfeld, welches durch das Magnetfeldsensierelement **32** erfahren wird.

[0069] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 2C](#), in welcher gleiche Elemente der [Fig. 1](#), [Fig. 2](#), [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) gleiche Bezugszeichen habend gezeigt sind, ist ein Selbstteststromleiter **30''''** benachbart zu dem Magnetfeldsensierelement **32**. Wenn ein Strom in der Richtung des Pfeiles an dem Leiter **30''''** durch den Selbstteststromleiter **30''''** hindurchtritt, wird ein Selbsttestmagnetfeld **60d** erzeugt und durch das Magnetfeldsensierelement **32** empfangen als ein Magnetfeld, welches im Allgemeinen parallel zu einer Hauptoberfläche des Magnetfeldsensierelementes **32** ist. Demnach ist diese Anordnung im Allgemeinen für die meisten Typen von Magnetowiderstandselementen geeignet.

[0070] Das Selbsttestmagnetfeld **60d** kann ein gepulstes Magnetfeld sein, welches durch einen gepulsten Strom erzeugt wird, welches durch den Selbstteststromleiter **30''''** geleitet wird. Das Selbsttestmagnetfeld **60d** addiert sich physikalisch zu irgendeinem anderen Magnetfeld (nicht gezeigt), beispielsweise dem gemessenen Magnetfeld, welches durch das Magnetfeldsensierelement **32** erfahren wird.

[0071] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 2D](#), in welcher gleiche Elemente der [Fig. 1](#), [Fig. 2](#), [Fig. 2A](#), [Fig. 2B](#) und [Fig. 2C](#) gleiche Bezugszeichen habend gezeigt sind, ist ein Selbstteststromleiter **30'''''** benachbart zu dem Magnetfeldsensierelement **32**. Das Magnetfeldsensierelement **32** besteht aus vier Magnetfeldsensierelementen **32a** bis **32d**. Wenn ein Strom in der Richtung des Pfeils an dem Leiter **30'''''** durch den Selbstteststromleiter **30'''''** hindurchtritt, wird ein Selbsttestmagnetfeld **60e** erzeugt und durch das Magnetfeldsensierelement **32a** bis **32d** als ein Magnetfeld empfangen, welches im Allgemeinen parallel zu den Hauptoberflächen der Magnetfeldsensierelemente **32a** bis **32d** ist. Demnach ist diese Anordnung im Allgemeinen geeignet für die meisten Typen von Magnetowiderstandselementen.

[0072] Das Selbsttestmagnetfeld **60e** kann ein gepulstes Magnetfeld sein, welches durch einen gepulsten Strom, welcher durch den Selbstteststromleiter **30'''''** geleitet wird, erzeugt wird. Das Selbsttestmagnetfeld **60e** addiert sich physikalisch zu irgendeinem anderen Magnetfeld (nicht gezeigt), beispielsweise dem gemessenen Magnetfeld, welches durch die Magnetfeldsensierelemente **32a** bis **32d** erfahren wird. In einigen Anordnungen kann ein Knoten **62a** mit einer Leistungsversorgungsspannung, beispielsweise V_{cc} gekoppelt sein, ein Knoten **62d** kann mit einer Spannungsreferenz, beispielsweise Masse gekoppelt sein, und Knoten **62b** und **62c** können ein unterschiedliches Ausgangssignal vorsehen bzw. bereitstellen.

[0073] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 3](#) ist ein Querschnitt eines Abschnittes eines Magnetfeldsensensors **70** repräsentativ für das Magnetfeldsensier-

element **32** und den Selbstteststromleiter **30'''** der **Fig. 2B**. Der Magnetfeldsensor **70** weist ein Magnetfeldsensierelement **92** auf, welches durch ein Substrat **82**, welches eine Oberfläche **82a** hat, abgestützt bzw. unterstützt wird. Das Magnetfeldsensierelement **92** kann beschichtet bzw. eingeschichtet in oder diffundiert in und unter die Oberfläche **82a** des Substrates **82** sein, wie es für die Herstellung von Halleffekt-elementen bekannt ist. Das Magnetfeldsensierelement **92** kann eine Achse **96** maximaler Antwort im Allgemeinen rechtwinklig zu der Oberfläche **82a** des Substrates **82** haben.

[0074] Der Magnetfeldsensor **70** kann Metalllagen bzw. Metallschichten **84**, **86**, **88** aufweisen, welche durch isolierende Lagen bzw. isolierende Schichten **76**, **78**, **80** getrennt sind. Andere metallische und isolierende Lagen bzw. Schichten (nicht gezeigt) können zwischen der leitenden Schicht **76** und der metallischen Schicht **84** angeordnet sein. Ein elektromagnetisches Schild **72** kann über einer anderen isolierenden Schicht **74** angeordnet sein.

[0075] Sektionen bzw. Abschnitte **94a** bis **94c** sind repräsentativ für einen Spulenselbsttestleiter, wie beispielsweise den Selbsttestleiter **30'''** der **Fig. 2B** und repräsentativ für den Selbsttestleiter **30** der **Fig. 1**. Die Sektionen **94a** bis **94c** können einen zusammenhängenden Selbsttestleiter, hier auf verschiedenen der metallischen Schichten **84**, **86**, **88** angeordnet und über Vias **90a**, **90b** gekoppelt, bilden. Ein Selbstteststrom, welcher durch den Selbsttestleiter **94a** bis **94c** geleitet bzw. geführt wird, neigt dazu, ein Selbsttestmagnetfeld entlang der Achse **96** maximaler Antwort zu bilden.

[0076] Bezug nehmend nunmehr auf **Fig. 3A**, in welcher gleiche Elemente der **Fig. 3** gleiche Bezugszeichen habend gezeigt sind, kann ein Magnetfeldsensor **100** alle der Lagen bzw. Schichten des Magnetfeldsensors **70** der **Fig. 3** und auch das Magnetfeldsensierelement **92** der **Fig. 3** aufweisen, der Selbsttestleiter **94a** bis **94c** der **Fig. 3** jedoch kann durch einen ununterbrochenen externen Spulenselbsttestleiter **102** ersetzt sein, welcher, in einigen Ausführungsformen, an bzw. auf einer Leiterplatte **104** angeordnet sein kann. Der externe Selbsttestleiter **102** ist repräsentativ für den externen Selbsttestleiter **18** der **Fig. 1**. Der Selbsttestleiter **102**, welcher auf einer metallischen Schicht der Leiterplatte **104** gezeigt ist, kann an Stelle dessen aus einer Mehrzahl von Metallschichten bzw. metallischen Schichten auf bzw. an der Leiterplatte **104** gebildet sein. Ein Selbstteststrom, welcher durch den Selbsttestleiter **102** geleitet wird, neigt dazu, ein Selbsttestmagnetfeld entlang der Achse **96** maximaler Antwort zu bilden.

[0077] Bezugnehmend nunmehr auf **Fig. 3B**, in welcher gleiche Elemente der **Fig. 3** und **Fig. 3A** gleiche Bezugszeichen habend gezeigt sind, kann ein Ma-

gnetfeldsensor **110** alle der Schichten der Magnetfeldsensoren **70** der **Fig. 3** und **100** der **Fig. 3A** aufweisen, der externe Selbsttestleiter **102** der **Fig. 3A** jedoch kann durch einen zusammenhängenden externen Spulenselbsttestleiter **114** ersetzt sein. Weiterhin kann das Magnetfeldsensierelement **92** der **Fig. 3** und **Fig. 3A** durch ein Magnetfeldsensierelement **112** ersetzt sein, welches eine Achse **116** maximaler Antwort im Allgemeinen parallel zu der Oberfläche **82a** des Substrates **82** hat. Der externe Selbsttestleiter **114** ist repräsentativ für den externen Selbsttestleiter **18** der **Fig. 1**.

[0078] Das Magnetfeldsensierelement **112** kann auf oder in der Nähe der Oberfläche **82a** des Substrates **82** angeordnet sein, wie es bekannt ist für die Herstellung von Magnetowiderstandselementen. Das Magnetfeldsensierelement **92** kann eine Achse **116** maximaler Antwort im Allgemeinen parallel zu der Oberfläche **82a** des Substrats **82** haben. Ein Selbstteststrom, welcher durch den Selbsttestleiter **114** geleitet wird, neigt dazu, ein Selbsttestmagnetfeld entlang der Achse **116** maximaler Antwort zu bilden.

[0079] Bezug nehmend nunmehr auf **Fig. 3C**, in welcher gleiche Elemente der **Fig. 3** bis **Fig. 3B** gleiche Bezugszeichen habend gezeigt sind, kann ein Magnetfeldsensor **120** alle Lagen bzw. Schichten der Magnetfeldsensoren **70**, **100** und **110** der **Fig. 3**, **Fig. 3A** und **Fig. 3B** und auch das Magnetfeldsensierelement **112** der **Fig. 3B** aufweisen, der externe Selbsttestleiter **114** der **Fig. 3B** kann jedoch durch einen internen Einzelleiter-Selbsttestleiter **122** ersetzt sein. Der Selbsttestleiter **122** ist repräsentativ für den Selbsttestleiter **30** der **Fig. 1** und den Selbsttestleiter **30'''** der **Fig. 2C**.

[0080] Ein Selbstteststrom, welcher durch den Selbsttestleiter **122** geleitet wird, neigt dazu, ein Selbsttestmagnetfeld entlang der Achse **116** maximaler Antwort zu bilden.

[0081] Bezug nehmend nunmehr auf **Fig. 3D**, in welcher gleiche Elemente der **Fig. 3** bis **Fig. 3C** gleiche Bezugszeichen habend gezeigt sind, kann ein Magnetfeldsensor **130** alle Lagen bzw. Schichten der Magnetfeldsensoren **70**, **100**, **110** und **120** der **Fig. 3**, **Fig. 3A**, **Fig. 3B** und **Fig. 3C** aufweisen, der interne Selbsttestleiter **122** der **Fig. 3C** kann jedoch durch einen externen Einzelleiter-Selbsttestleiter **132** ersetzt sein, welcher, in einigen Ausführungsformen, auf bzw. an einer Leiterplatte **134** angeordnet sein kann. Der Selbsttestleiter **132** ist repräsentativ für den externen Selbsttestleiter **18** der **Fig. 1**.

[0082] Ein Selbstteststrom, welcher durch den Selbsttestleiter **132** geleitet wird, neigt dazu, ein Selbsttestmagnetfeld entlang der Achse **116** maximaler Antwort zu bilden.

[0083] Während die [Fig. 3](#) bis [Fig. 3D](#) verschiedene alternative Ausführungsformen zeigen, welche mit dem Magnetfeldsensierelement **32** und Selbstteststromleitern **30**, **80** oder [Fig. 1](#) verbunden sind, wird erkannt werden, dass es viele andere mögliche Konfigurationen bzw. Aufbauten gibt, einschließlich jedoch nicht beschränkt auf Kombinationen der gezeigten Konfigurationen bzw. Aufbauten.

[0084] Während die [Fig. 3](#) bis [Fig. 3D](#) repräsentativ für Abschnitte von Magnetfeldsensoren **70**, **100**, **110**, **120**, **130** sind, sollte verstanden werden, dass das Magnetfeldsensierelement **32** und der Selbstteststromleiter **30** der [Fig. 1](#) auf demselben Substrat als andere Abschnitte des Magnetfeldsensors **10** der [Fig. 1](#) angeordnet sein können, oder in anderen Ausführungsformen auf einem zweiten, von den anderen Abschnitten des Magnetfeldsensors **10** der [Fig. 1](#) unterschiedlichen Substrat.

[0085] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 3E](#) kann ein Magnetfeldsensor **144**, hier in einer Packung **142** eingehaust, derselbe wie oder ähnlich zu dem Magnetfeldsensor **10** der [Fig. 1](#) sein. Der Magnetfeldsensor **144** kann an einen Leiterrahmen, welcher Leitungen bzw. Leiter **146** hat, gekoppelt sein. Die Leiter **146** können elektrisch mit einer Leiterplatte **150** gekoppelt sein. Der Magnetfeldsensor **144** kann auf ein Magnetfeld **148** rechtwinklig zu einer Hauptoberfläche des Magnetfeldsensors **144** reagierend sein, wie es durch eine Nachbarschaft einer Magnetfeldquelle **140** erzeugt werden kann, beispielsweise ein hartferromagnetisches Objekt.

[0086] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 3F](#) kann ein Magnetfeldsensor **156**, hier in einer Packung **154** eingehaust, derselbe wie oder ähnlich zu dem Magnetfeldsensor **10** der [Fig. 1](#) sein. Der Magnetfeldsensor **156** kann mit einem Leiterrahmen, welcher Leiter hat, für welche Leiter **160a**, **160b** repräsentativ sind, gekoppelt sein. Die Leiter, beispielsweise **160a**, **160b**, können elektrisch mit einer Leiterplatte **150** gekoppelt sein. Der Magnetfeldsensor **156** kann auf ein Magnetfeld **164**, welches parallel zu einer Hauptoberfläche des Magnetfeldsensors **156** ist, reagierend sein, wie es beispielsweise durch die Nachbarschaft einer Magnetfeldquelle **152**, beispielsweise einem hartmagnetischem Objekt erzeugt werden kann.

[0087] Auch gezeigt, können in einigen alternativen Ausführungsformen die Leiter mit einem gleichmäßigen bzw. bemessenen Leiter **158** gekoppelt sein, welcher als ein Teil des Leiterrahmens gebildet sein kann, von welchem die Leiter **160a**, **160b** ein anderer Teil sind. Ein gemessener bzw. bemessener Strom, welcher durch den bemessenen Leiter **158** geleitet wird, neigt dazu, ein Magnetfeld **162** zu bilden, welches in das Blatt bzw. die Seite hinein oder aus dieser herausgeht, abhängig von einer Richtung des Stro-

mes, welcher durch den bemessenen Leiter **158** geleitet wird. Für diese Anordnungen kann der Magnetfeldsensor **156** ein Stromsensor sein und der Magnetfeldsensor **156** kann, an Stelle dessen auf das Magnetfeld **162** rechtwinklig zu der Hauptoberfläche des Magnetfeldsensors **156** (d. h. zu dem Strom) reagierend sein, eher als auf das Magnetfeld **164**.

[0088] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 3G](#) kann ein Magnetfeldsensor **170**, hier in einer Packung **168** eingehaust, derselbe wie oder ähnlich zu dem Magnetfeldsensor **10** der [Fig. 1](#) sein. Der Magnetfeldsensor **170** kann mit einem Leiterrahmen, welcher Leiter hat, gekoppelt sein, für welche ein Leiter **174** repräsentativ ist. Die Leiter, beispielsweise **174**, können elektrisch mit einer Leiterplatte **176** gekoppelt sein. Der Magnetfeldsensor **170** kann auf ein Magnetfeld reagierend sein, welches durch eine Nachbarschaft einer Magnetfeldquelle **172** innerhalb der Packung **168** erzeugt wird. Beispielsweise kann die Magnetfeldquelle **172** ein bemessener bzw. gemessener Stromleiter ähnlich zu dem bemessenen bzw. gemessenen Stromleiter **158** der [Fig. 3F](#) sein.

[0089] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 4](#) kann ein Diagnoseanfrageprozessor **190** derselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnoseanfrageprozessor **58** der [Fig. 1](#) sein. Der Diagnoseanfrageprozessor **190** kann gekoppelt sein, um ein Diagnoseeingabesignal **192** zu empfangen, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnoseeingabesignal **23** der [Fig. 1](#) sein kann. Der Diagnoseanfrageprozessor **190** kann einen Diagnoseeingabedecoder **204** aufweisen, um das Diagnoseeingabesignal **192** zu empfangen und zu decodieren. Der Diagnoseeingabedecoder **204** kann ein decodiertes Diagnosesignal **204a** erzeugen.

[0090] Der Diagnoseanfrageprozessor **190** kann auch einen Pulsgenerator **198** aufweisen, welcher gekoppelt ist, um das decodierte Diagnosesignal **204a** zu empfangen, und welcher konfiguriert ist, um ein Diagnosesteuersignal **198a** zu erzeugen, welches Pulse in Antwort auf das decodierte Diagnosesignal **204a** hat. Das Diagnosesteuersignal **198a** kann dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnosesteuersignal **58a** der [Fig. 1](#) sein.

[0091] Der Diagnoseanfrageprozessor bzw. Diagnoseanforderungsprozessor **190** kann auch einen Taktgeber **194** aufweisen, welcher konfiguriert bzw. aufgebaut ist, um ein periodisches Taktsignal **194a** zu erzeugen. Der Diagnoseanfrageprozessor **190** kann auch einen internen Diagnosetaktgeber **196** aufweisen, welcher gekoppelt ist, um das Taktsignal **194a** zu empfangen und welcher konfiguriert ist, um ein periodisches Diagnosetaktsignal **196a** zu erzeugen.

[0092] Der Pulsgenerator **198** kann gekoppelt sein, um das Diagnosetaktsignal **196a** zu empfangen und kann konfiguriert sein, um das Diagnosesteuersignal

198a zu erzeugen, welches Pulse hat, welche mit dem Diagnosetaktsignal **196a** synchronisiert sind.

[0093] Demnach kann es wenigstens zwei Wege geben, um den Pulsgenerator **198** und zugeordnete Diagnoseereignisse, d. h. Pulse innerhalb des Diagnoseeingabesignals **198a** zu steuern. Wie obenstehend beschrieben ist, kann der Pulsgenerator **198** auf das Diagnoseeingabesignal **192** reagierend sein. Alternativ kann der Pulsgenerator **168** auf das Steuersignal **196a** an Stelle von oder zusätzlich zu dem Diagnoseeingabesignal **192** reagierend sein. Wenn er auf das Steuersignal **196a** reagierend ist, kann der Pulsgenerator **198** Pulse zu periodischen Zeitintervallen bzw. unter periodischen Zeitabständen oder Gruppen von Pulsen zu periodischen Zeitintervallen bzw. unter periodischen Zeitabständen erzeugen.

[0094] Der Diagnoseanfrageprozessor **190** kann auch eine Einschalterschaltung **202** aufweisen, welche gekoppelt ist, um ein Einschaltsignal **202a** zu erzeugen, welches einen ersten Zustand für eine vorbestimmte Zeitdauer, nachdem der Magnetfeldsensor, beispielsweise der Magnetfeldsensor **10** der **Fig. 1** zuerst eingeschaltet wird, gefolgt von einem zweiten unterschiedlichen Zustand hat. Der Pulsgenerator **196** kann gekoppelt sein, um das Einschaltsignal **202a** zu empfangen und kann weiterhin auf das Einschaltsignal **202a** derart reagierend sein, dass der Pulsgenerator **198** auch Pulse in dem Diagnosesteuersignal **198a** in Erwiderung bzw. Reaktion auf das Einschaltsignal **202a** erzeugt.

[0095] In einigen Ausführungsformen hat das Diagnosetaktsignal **196a** eine Frequenz in dem Bereich von ungefähr 10 Hz bis 100 Hz. Das Diagnosetaktsignal **196a** kann jedoch auch eine Frequenz höher als 100 Hz (beispielsweise 1000 Hz) oder geringer als 10 Hz (beispielsweise 1 Hz) oder irgendwo zwischen 10 Hz und 100 Hz haben.

[0096] In einigen Ausführungsformen erzeugt der Pulsgenerator **198** Pulse, welche eine Periode bzw. Zeitdauer zwischen ungefähr 1 μ s und 10 μ s in dem Diagnosesteuersignal **198a** haben. Der Pulsgenerator **198** kann jedoch auch Pulse erzeugen, welche eine Periode größer als 10 μ s (beispielsweise 100 μ s) oder weniger als 1 μ s (beispielsweise 0,1 μ s) oder irgendwo zwischen 1 μ s und 10 μ s haben.

[0097] Das Diagnosesteuersignal **198a** kann durch eine Spulentreiberschaltung **200**, beispielsweise eine Stromquelle empfangen werden, welche dieselbe wie oder ähnlich zu der Spulentreiberschaltung **24** der **Fig. 1** sein kann. Die Spulentreiberschaltung **200** kann ein Selbstteststromsignal **200a** erzeugen, welches durch den Selbstteststromleiter empfangen wird, welcher derselbe wie oder ähnlich zu dem Selbstteststromleiter **30** der **Fig. 1** oder der externen Spule **18** der **Fig. 1** ist.

[0098] Bezug nehmend nunmehr auf **Fig. 5** kann ein Magnetfeldsensor **210** derselbe wie oder ähnlich zu dem Magnetfeldsensor **10** der **Fig. 1** sein. Der Magnetfeldsensor **210** kann eine Stromquelle **216** aufweisen, welche gekoppelt ist, um ein Versorgungsspannungssignal **212** zu empfangen, und welcher konfiguriert ist, um ein Selbstteststromsignal **218** zu erzeugen. Die Stromquelle **216** kann dieselbe wie oder ähnlich zu dem Spulentreiber **24** der **Fig. 1** sein.

[0099] Der Magnetfeldsensor **210** kann auch einen Selbstteststromleiter **224** aufweisen, welcher gekoppelt ist, um das Selbstteststromsignal **218** zu empfangen und zu tragen bzw. zu leiten. Während der Selbstteststromleiter **224** als Spule gezeigt ist, wird es aus den **Fig. 2** bis **Fig. 2D** verstanden werden, dass der Selbstteststromleiter **224** eine einer Vielzahl von Anordnungen haben kann.

[0100] Der Magnetfeldsensor **210** kann auch ein Magnetfeldsensierelement **226** aufweisen, welches benachbart zu dem Selbstteststromleiter **224** derart ist, dass das Magnetfeldsensierelement **226** ein Selbsttestmagnetfeld, welches durch den Strom **218** erzeugt wird, welcher durch den Selbstteststromleiter **224** getragen bzw. geführt wird, empfangen kann. Das Magnetfeldsensierelement **226** kann auch ein gemessenes Magnetfeld, welches einem Magnetfeldgenerator (nicht gezeigt) zugeordnet ist, für dessen Messung der Magnetfeldsensor **210** vorgesehen ist, empfangen. Demnach ist der Magnetfeldsensor konfiguriert bzw. aufgebaut, um ein zusammengesetztes Differential-Magnetfeldsignal **226a**, **226b** zu erzeugen, welches einen auf ein gemessenes Magnetfeld reagierenden Signalanteil und einen auf einen Selbsttest reagierenden Signalanteil aufweist.

[0101] Der Magnetfeldsensor **210** kann auch einen Verstärker **228** aufweisen, welcher gekoppelt ist, um das zusammengesetzte Magnetfeldsignal **226a**, **226b** zu empfangen, und welcher konfiguriert ist, um ein verstärktes Signal **228a** zu erzeugen, welches repräsentativ für das zusammengesetzte Magnetfeldsignal **226a**, **226b** ist.

[0102] Der Magnetfeldsensor **210** kann auch einen Tiefpassfilter **230** und einen Hochpassfilter **248** aufweisen, von welchem jeder gekoppelt ist, um das verstärkte Signal **228a** zu empfangen. Der Tiefpassfilter **230** ist konfiguriert, um ein gefiltertes Signal **230a** zu erzeugen, und der Hochpassfilter **248** ist konfiguriert, um ein gefiltertes Signal **248a** zu erzeugen.

[0103] Ein Vergleichler bzw. Komparator **240** kann gekoppelt sein, um das gefilterte Signal **230a** zu empfangen. Der Komparator **240** kann eine Hysterese oder andere Schaltungstechniken haben, um zu zwei Grenzwerten **242** zu führen, einem Magnetfeldbetriebspunkt (BOP = Magnetic Field Operate Point) und einen Magnetfeldauflösungspunkt (BRP = Ma-

gnetic Field Release Point). Die BOP- und BRP-Grenzwerte **242** können in einigen Ausführungsformen durch ein Spannungsäquivalent um ungefähr 5 Gauss getrennt sein, welches durch das Magnetfeldsensierelement **226** empfangen wird. In anderen Ausführungsformen können die BOP- und BRP-Grenzwerte **242** durch ein Spannungsäquivalent von ungefähr 50 Gauss, welches durch das Magnetfeldsensierelement **226** empfangen wird, getrennt sein. Die BOP- und BRP-Grenzwerte **242** können jedoch durch ein Spannungsäquivalent von einem Magnetfeld irgendwo zwischen 5 und 50 Gauss getrennt sein. Die BOP- und BRP-Grenzwerte **242** können auch durch ein Spannungsäquivalent von einem Magnetfeld geringer als 5 Gauss oder größer als 50 Gauss getrennt sein. Der Komparator **240** ist konfiguriert, um ein Zweizustands-Vergleichssignal **240a** zu erzeugen.

[0104] Ein Komparator **250** kann gekoppelt sein, um das gefilterte Signal **248a** zu empfangen. Der Komparator **250** kann eine Hysterese oder andere Schaltungstechniken haben, um zu zwei Grenzwerten zu führen, welche relativ nahe von bzw. um eine Diagnosegrenzwertspannung (TH_Diag) **252** beabstandet sind. In einigen Ausführungsformen ist die Hysterese, welche mit der Diagnosegrenzwertspannung **252** verbunden ist, ungefähr 50 mV. Der Komparator **250** ist konfiguriert, um ein Zweizustands-Vergleichssignal **250a** zu erzeugen.

[0105] Der Magnetfeldsensor **210** kann auch eine Sensorausgabeformatierschaltung (SOFC) **244** aufweisen, welche gekoppelt ist, um das Vergleichssignal **240a** zu empfangen, und welche konfiguriert ist, um ein nichtlineares Sensorausgabesignal **244a** zu erzeugen. Die SOFC **244** kann dieselbe wie oder ähnlich zu der Sensorausgabeformatierschaltung **52** der [Fig. 1](#) sein.

[0106] Der Magnetfeldsensor **210** kann auch eine Diagnoseausgabeformatierschaltung (DOFC) **254** aufweisen, welche gekoppelt ist, um das Vergleichssignal **250a** zu empfangen, und welche konfiguriert ist, um ein Diagnoseausgabesignal **254a** zu erzeugen. Die DOFC **254** kann dieselbe wie oder ähnlich zu der Diagnoseausgabeformatierschaltung **56** der [Fig. 1](#) sein.

[0107] Der Magnetfeldsensor **210** kann auch eine Kombinierschaltung **256** aufweisen, welche gekoppelt ist, um das nichtlineare Sensorausgabesignal **244a** zu empfangen, welche gekoppelt ist, um das Diagnoseausgabesignal **254a** zu empfangen, und welche konfiguriert ist, um ein kombiniertes Ausgabesignal **256a** zu erzeugen. Die Kombinierschaltung **256** kann dieselbe wie oder ähnlich zu der Kombinierschaltung **54** der [Fig. 1](#) sein.

[0108] Der Magnetfeldsensor **210** kann auch eine andere SOFC **246** aufweisen, welche gekoppelt ist, um das gefilterte Signal **230a** zu empfangen, und welche konfiguriert ist, um ein lineares Sensorausgabesignal **246a** zu erzeugen. Die SOFC **246** kann dieselbe wie oder ähnlich zu der Sensorausgabeformatierschaltung **52** der [Fig. 1](#) sein.

[0109] Der Magnetfeldsensor **210** kann auch einen Diagnoseanfrageprozessor **260** aufweisen, welcher gekoppelt ist, um ein Diagnoseeingabesignal **258** zu empfangen, und welcher konfiguriert ist, um ein Diagnosesteuersignal **260a** zu erzeugen. Der Diagnoseanfrageprozessor **260** kann derselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnoseanfrageprozessor **58** der [Fig. 1](#) oder dem Diagnoseanfrageprozessor **190** der [Fig. 4](#) sein. Der Betrieb des Diagnoseanfrageprozessors **260** kann sein, wie er obenstehend in Verbindung mit [Fig. 4](#) beschrieben ist, und wird weiterhin untenstehend in Verbindung mit den [Fig. 7](#) bis [Fig. 7F](#) beschrieben.

[0110] In Betrieb kann bei einer Aktivierung des Diagnosesteuersignals **260a** die Stromquelle **216** einen oder mehrere Strompulse **218** erzeugen, welche durch den Selbsttestleiter **224** geführt bzw. geleitet werden, was zu einem Selbsttestmagnetfeld führt, welches durch das Magnetfeldsensierelement **226** empfangen wird. Es wird verstanden werden, dass das Selbsttestmagnetfeld und demzufolge der auf den Selbsttest reagierende Signalanteil des zusammengesetzten Magnetfeldsignals **226a**, **226b** einen Frequenzinhalt haben kann, welcher im Allgemeinen über einem bzw. oberhalb eines Frequenzinhalts eines gemessenen Magnetfeldes ist, für dessen Messung der Magnetfeldsensor **210** vorgesehen ist. Demnach kann das gefilterte Signal **248a** vorwiegend aus dem auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil bestehen, d. h. Pulsen, und das gefilterte Signal **230a** kann vorwiegend aus dem auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil bestehen. Demnach wird durch den Weg der Filter **230**, **248** das zusammengesetzte Magnetfeldsignal **226a**, **226b** in zwei Komponenten bzw. Anteile aufgespalten, den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil und den auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil.

[0111] In einer bestimmten Ausführungsform hat der Tiefpassfilter **230** eine Grenzfrequenz von ungefähr 200 kHz und der Hochpassfilter **248** hat eine Grenzfrequenz oberhalb von ungefähr 200 kHz derart, dass das Signal **248a** dazu neigt, den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil des zusammengesetzten Magnetfeldsignals **226a**, **226b** zu repräsentieren. Demzufolge kann in einigen Ausführungsformen das gemessene Magnetfeld eine Frequenz unterhalb von ungefähr 200 kHz haben.

[0112] Es wird verstanden werden, dass der Komparator **250** und der Diagnosegrenzwert **252** sicherstellen können, dass die Pulse in dem gefilterten Signal **248a** von geeigneter und ausreichender Größe bzw. Größenordnung sind, um einen zuverlässigen Betrieb des Magnetfeldsensierelementes **226**, des Verstärkers **228** und des Filters **248** anzuzeigen. Im Betrieb erzeugt der Komparator **250** das Zweizustands-Vergleichssignal **250a**, d. h. Pulse nur, wenn die Pulse in dem gefilterten Signal **248a** angemessen bzw. ordnungsgemäß sind. Pulse des Vergleichssignals **250a** können durch die DOFC **254** in irgendein Format reformatiert bzw. umformatiert werden, um das Diagnoseausgabesignal **254a** zu erzeugen. Beispielhafte Formate des Diagnoseausgabesignals **254a** sind untenstehend in Verbindung mit den [Fig. 8A](#) bis [Fig. 8D](#) beschrieben.

[0113] Wie obenstehend beschrieben ist, besteht das gefilterte Signal **230a** vorwiegend aus dem auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil. Die SOFC **246** kann das gefilterte Signal **230** in irgendein Form reformatieren bzw. umformatieren, um das lineare Sensorausgabesignal **246a** zu erzeugen. In einer bestimmten Ausführungsform führt die SOFC **246** das gefilterte Signal **230a** lediglich durch die SOFC **246**, in welchem Falle keine Reformatierung bzw. Umformatierung auftritt.

[0114] Das Vergleichssignal **240a** kann den Magnetfeldsensor **210** anzeigen, welcher als ein Magnet-schalter arbeitet. Beispielsweise hat, wenn das Magnetfeldsensierelement **226** nahe zu einem gemessenen Magnetobjekt ist, was zu einem Magnetfeld an dem Magnetfeldsensierelement **226** führt, welches größer ist als ein Betriebspunkt, das Vergleichssignal **240a** einen ersten Zustand, und wenn das Magnetfeldsensierelement **226** nicht nahe zu einem gemessenen magnetischen Objekt ist, was zu einem Magnetfeld an dem Magnetfeldsensierelement **226** führt, welches geringer ist als ein Auflösungspunkt, hat das Vergleichssignal **240a** einen zweiten unterschiedlichen Zustand. Die SOFC **244** kann das Vergleichssignal **240a** in irgendein Format reformatieren bzw. umformatieren, um die nichtlineare Sensorausgabe **244a** zu erzeugen. In einer bestimmten Ausführungsform führt die SOFC **244** das Vergleichssignal **240a** lediglich durch die SOFC **244**, in welchem Falle keine Umformatierung bzw. Reformatierung auftritt.

[0115] Während viele der Blöcke des Magnetfeldsensors **210** als analoge Blöcke gezeigt sind, sollte anerkannt werden, dass ähnliche Funktionen digital durchgeführt werden können.

[0116] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 5A](#), in welcher gleiche Elemente der [Fig. 5](#) gleiche Bezugszeichen habend gezeigt sind, weist ein Magnetfeldsensor **300** alle Bauteile bzw. Komponenten des Magnetfeldsensors **210** der [Fig. 5](#) auf. Zusätzlich weist

der Magnetfeldsensor **300** einen Inverter bzw. Umrichter **302** auf, welcher konfiguriert ist, um ein invertiertes Diagnosesteuersignal **302a** zu erzeugen. Der Magnetfeldsensor **300** weist auch ein UND-Gatter **304** auf, welches gekoppelt ist, um das Vergleichssignal **250a** zu empfangen, welches gekoppelt ist, um das Diagnosesteuersignal **260a** zu empfangen, und welches konfiguriert ist, um ein Diagnosevergleichssignal **304a** zu erzeugen. Der Magnetfeldsensor **300** weist auch einen Schalter **222** auf, welcher ein FET sein kann, welcher über den Selbstteststromleiter **224** gekoppelt ist, und durch das invertierte Diagnosesteuersignal **302a** gesteuert wird. Der Magnetfeldsensor **300** weist auch eine Logikschaltung **306** auf, welche konfiguriert ist, um einen nichtlinearen Sensorgrenzwert (TH_SONL) **314** zu erzeugen, welcher durch den Verstärker **240** an Stelle des BOP-/BRP-Grenzwertes **242** der [Fig. 5](#) empfangen wird. Jedes dieser hinzugefügten Elemente verbessert den Betrieb des Magnetfeldsensors **210** der [Fig. 5](#) auf Wegen bzw. Art und Weisen, welche weiterhin untenstehend beschrieben werden.

[0117] Die Logikschaltung **306** kann ein UND-Gatter **308** aufweisen, welches gekoppelt ist, um das Diagnosevergleichssignal **304a** zu empfangen, welches gekoppelt ist, um das nichtlineare Sensorvergleichssignal **240a** zu empfangen, und welches konfiguriert ist, um ein Logiksignal **308a** zu erzeugen. Das Logiksignal **308a** kann an einem Setzknoten eines Setz-/Rücksetz Flip-Flops **310** empfangen werden. Das Setz-/Rücksetz Flip-Flop **310** kann auch gekoppelt sein, um das invertierte Diagnosesteuersignal **302a** an einem Rücksetzknoten zu empfangen. Das Setz-/Rücksetz Flip-Flop **310** kann konfiguriert bzw. aufgebaut sein, um ein Steuersignal **310a** zu erzeugen, welches durch einen p-Kanal-FET **312** empfangen wird, welcher als ein Schalter zu einer Leistungsversorgung Vcc agiert.

[0118] Die Logikschaltung **306** kann einen Inverter bzw. Umrichter **316** aufweisen, welcher gekoppelt ist, um das nichtlineare Sensorvergleichssignal **240a** zu empfangen, und welcher konfiguriert ist, um ein invertiertes Signal **316a** zu erzeugen. Die Logikschaltung **306** kann auch ein anderes UND-Gatter **318** aufweisen, welches gekoppelt ist, um das Diagnosevergleichssignal **304a** zu empfangen, welches gekoppelt ist, um das invertierte Signal **316a** zu empfangen, und welches konfiguriert bzw. aufgebaut ist, um ein Logiksignal **318a** zu erzeugen. Das Logiksignal **318a** kann an einem Setzknoten eines anderen Setz-/Rücksetz Flip-Flops **320** empfangen werden. Das Setz-/Rücksetz Flip-Flop **320** kann auch gekoppelt sein, um das invertierte Diagnosesteuersignal **302** an einem Rücksetzknoten zu empfangen. Das Setz-/Rücksetz Flip-Flop **320** kann konfiguriert bzw. aufgebaut sein, um ein Steuersignal **320a** zu erzeugen, welches durch einen n-Kanal-FET **322** empfangen wird, welcher als ein Schalter zu Masse agiert. Eine Source des FET

312 kann mit einer Drain des FET **322** einen Verbindungsknoten bildend gekoppelt sein. Die BOP-/BRP-Grenzwerte können auch an dem Verbindungsknoten empfangen werden. An dem Verbindungsknoten wird das nichtlineare Sensorausgabegrenzwertsignal **314** erzeugt.

[0119] Mit dieser Anordnung sollte verstanden werden, dass zu manchen Zeiten der nichtlineare Sensorausgabegrenzwert **314** gleich zu BOP ist, zu anderen Zeiten gleich zu BRP ist, zu anderen Zeiten gleich zu Vcc ist und zu anderen Zeiten gleich zu Masse ist.

[0120] Bezug nehmend kurz auf [Fig. 5](#) sollte verstanden werden, dass der Selbstteststrom **218** und der resultierende auf den Selbsttest reagierende Signalanteil des zusammengesetzten Magnetfeldsignals **226a**, **226b** nicht durch den Komparator **240** oder die SOFC **244** hindurchtritt. Demnach sind der Komparator **240** und die SOFC **244** im Wesentlichen von dem Selbsttest ausgeschlossen.

[0121] Wiederum Bezug nehmend auf [Fig. 5A](#) sieht die Logikschaltung **306** vor, dass der Komparator **240** und die SOFC in dem Selbsttest auf dem folgenden Wege bzw. in der folgenden Art und Weise eingeschlossen sind. Wann immer ein Diagnosepuls in dem Selbstteststromsignal **218** auftritt, wird der nichtlineare Sensorausgabegrenzwert **314** entweder auf Vcc oder auf Masse gezogen. Zu anderen Zeiten verhält sich der nichtlineare Sensorausgabegrenzwert **314** wie in [Fig. 5](#), wobei der nichtlineare Sensorausgabegrenzwert **314** entweder bei einem BOP- oder einem BRP-Spannungswert ist. Demnach vollzieht bzw. macht das nichtlineare Sensorausgabesignal **244a** (wobei das Strichsymbol repräsentativ für einen Unterschied zu dem Signal **244a** der [Fig. 5](#) ist) Zustandsübergänge nicht nur reagierend auf ein gemessenes magnetisches Objekt in der Nähe zu oder entfernt von dem Magnetfeldsensierelement **226**, sondern es vollführt bzw. macht Übergänge auch, wenn ein Selbsttestpuls auftritt. Es sollte erkannt werden, dass dasselbe Ergebnis nicht erreicht werden kann durch ein bloßes Entfernen des Filters **230**, beispielsweise in dem Fall, in dem das gemessene Magnetfeld viel größer als das Selbsttestmagnetfeld ist, wobei der Komparator **240** in der Anwesenheit des auf den Selbsttest reagierenden Signalanteiles nicht schalten würde. Diese Funktion wird weiterhin beschrieben in Verbindung mit den [Fig. 10](#) bis [Fig. 10B](#).

[0122] Das Hinzufügen des UND-Gatters **304**, welches einen Eingabeknoten hat, welcher gekoppelt ist, um das Diagnosesteuersignal **260a** zu empfangen, führt zu einer Entfernung einer Möglichkeit, dass irgendwelche belanglosen bzw. von außen kommenden Impulsspitzen oder Störpulse in dem Vergleichssignal **250a** zu dem Diagnoseausgabesignal **254a**

durchtreten könnten, wenn kein Selbstteststrompuls **218** läuft bzw. im Gange ist. Solche Impulsspitzen könnten aus externem Magnetfeldrauschen bzw. Magnetfeldstörungen oder Pulsen resultieren, welche durch den Magnetfeldsensor **300** erfahren werden.

[0123] Der Schalter **222** sieht auch eine verbesserte Funktion vor. Der Schalter **222** ist nur geöffnet, wenn ein Selbstteststrompuls **218** im Gange ist. Der Schalter ist zu anderen Zeiten geschlossen. Demnach wird irgendein externes Rauschen oder Magnetfelder, welche durch den Magnetfeldsensor **300** erfahren werden, nicht durch den Selbsttestleiter aufgenommen werden zu Zeiten bzw. Zeitpunkten, wenn keine Selbstteststrompulse **218** auftreten.

[0124] Der grundlegende Betrieb des Stromsensors **300** wird obenstehend in Verbindung mit [Fig. 5](#) beschrieben. Das nichtlineare Sensorausgabesignal **244a'** wird untenstehend in Verbindung mit [Fig. 10B](#) beschrieben.

[0125] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 5B](#), in welcher gleiche Elemente der [Fig. 1](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 5A](#) gleiche Bezugszeichen habend gezeigt sind, können Ausgabeschaltungen **350** als Teil des Magnetfeldsensors **210**, **300** der [Fig. 5](#) und [Fig. 5A](#) oder irgendeines anderen Magnetfeldsensors, welcher hierin gezeigt oder beschrieben ist, eingeschlossen sein. Ausgabeschaltungen **350** können Widerstände **352a** bis **352c** aufweisen, welche mit einer Leistungsversorgung Vdd gekoppelt sind, und welche mit einer jeweiligen Drain von jeweiligen FETs **354a** bis **354c** gekoppelt sind. Der FET **354a** kann gekoppelt sein, um das nichtlineare Sensorausgabesignal **244a** an einem Gateknoten zu empfangen, und konfiguriert sein, um ein invertiertes nichtlineares Sensorausgabesignal **356** zu erzeugen. Der FET **354b** kann gekoppelt sein, um das Diagnoseausgabesignal **254a** an einem Gateknoten zu empfangen, und konfiguriert sein, um ein invertiertes Diagnoseausgabesignal **358** zu erzeugen. Der FET **354c** kann gekoppelt sein, um das kombinierte Ausgabesignal **256a** an einem Gateknoten zu empfangen, und konfiguriert sein, um ein invertiertes kombiniertes Ausgabesignal **360** zu erzeugen.

[0126] In einigen Ausführungsformen sind die FETs **354a** bis **354c** innerhalb eines integrierten Magnetfeldsensors und die Widerstände **352a** bis **352c** und die Leistungsversorgung Vdd sind außerhalb des integrierten Magnetfeldsensors. In anderen Ausführungsformen jedoch sind sowohl die FETs **354a** bis **354c** und die Widerstände **352a** bis **352c** innerhalb des integrierten Stromsensors. In noch anderen Ausführungsformen können andere Ausgabeschaltungsanordnungen verwendet werden, beispielsweise unter Verwendung von bipolaren Transistoren oder unter Verwendung einer push-pull-Konfiguration bzw. einer Gegentakt-Konfiguration.

[0127] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 6](#), in welcher gleiche Elemente der [Fig. 1](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 5A](#) gleiche Bezugszeichen habend gezeigt sind, ist ein Magnetfeldsensor **370** ähnlich zu dem Magnetfeldsensor **210** der [Fig. 5](#), der Magnetfeldsensor **370** weist jedoch ein transparentes Latch bzw. ein zustandsgesteuertes Flip-Flop **372** auf, welches zwischen dem Komparator und der SOFC **244** gekoppelt ist, welches gekoppelt ist, um das Vergleichssignal **240a** an einem Eingabeanschluss zu empfangen und welches konfiguriert ist, um ein Latch-Signal **372a** an einem Ausgabeanschluss zu erzeugen, welches durch die SOFC **244** empfangen wird. Das transparente Latch **372** ist auch gekoppelt, um das invertierte Diagnosesteuersignal **302a** an einem Enable-Anschluss (enable port) zu empfangen.

[0128] Der Magnetfeldsensor **370** weist auch eine track-and-hold-Schaltung bzw. eine Abtast-Halte-Schaltung **374** auf, welche gekoppelt ist, um das verstärkte Signal **228a** zu empfangen, und welche konfiguriert ist, um ein tracking-Signal bzw. Folge-Signal **374a** zu erzeugen. Die track-and-hold-Schaltung **374** ist auch gekoppelt, um das Diagnosesteuersignal **260a** an einem Steuerknoten derart zu empfangen, dass die track-and-hold-Schaltung hält, wann immer ein Strompuls in dem Selbstteststromsignal **218** auftritt und andernfalls folgt. Der Magnetfeldsensor **370** weist auch eine Differenzschaltung **376** auf, welche gekoppelt ist, um das verstärkte Signal **228a** zu empfangen, welche gekoppelt ist, um das tracking-Signal **374a** zu empfangen, und welche konfiguriert ist, um ein Differenzsignal **376a** welches durch den Komparator **250** an Stelle des gefilterten Signals **248a** der [Fig. 5](#) empfangen wird, zu erzeugen. Der Magnetfeldsensor **370** weist auch das UND-Gatter **304** der [Fig. 5A](#) auf, welches gekoppelt ist, um ein Vergleichssignal **250a'** ähnlich zu dem Vergleichssignal **250a** der [Fig. 5](#) und [Fig. 5A](#) zu empfangen, wobei das Strichsymbol repräsentativ für ein ähnliches Signal ist. Der Magnetfeldsensor **370** kann auch einen optionalen Tiefpassfilter **378** aufweisen, welcher gekoppelt ist, um das verstärkte Signal **228a** zu empfangen und welcher konfiguriert ist, um ein gefiltertes Signal **378a** zu erzeugen, welches das gleiche wie oder ähnlich zu dem gefilterten Signal **230a** der [Fig. 5](#) sein kann.

[0129] Im Betrieb ist das transparente Latch **372** nur transparent, wenn das Selbstteststromsignal **218** keinen Strompuls enthält. Demzufolge bzw. demnach ist es weniger wahrscheinlich, dass das Latch-Signal **372a**, welches vorgesehen ist, um repräsentativ für nur das auf das gemessene Magnetfeld reagierende Signalanteil des zusammengesetzten Magnetfeldsignals **226a**, **226b** zu sein, nicht echte Übergänge aufgrund der Strompulse beinhaltet.

[0130] In Betrieb beinhaltet das tracking-Signal **374a** vorwiegend den auf das gemessene Magnetfeld

reagierenden Signalanteil des verstärkten Signals **228a**, da die track-and-hold-Schaltung während des auf den Selbsttest reagierenden Signalabschnitts des verstärkten Signals **228a** hält. Demnach ist das tracking-Signal **374a** ähnlich zu dem gefilterten Signal **378a**, welches dasselbe ist wie oder ähnlich zu dem gefilterten Signal **230a** der [Fig. 5](#) und [Fig. 5A](#). Die SOFC **246'** kann demnach entweder das tracking-Signal **374a** oder das gefilterte Signal **378a** empfangen, um das lineare Sensorausgabesignal **246'** zu erzeugen.

[0131] Der allgemeine Betrieb des Magnetfeldsensors **320** ist ähnlich zu demjenigen, welcher obenstehend in Verbindung mit den [Fig. 5](#) und [Fig. 5A](#) beschrieben ist und wird demnach nicht weiterhin beschrieben.

[0132] Bezug nehmend auf die [Fig. 7](#) bis [Fig. 7F](#) haben Diagramme **400**, **420**, **430**, **440**, **450**, **460** und **470** vertikale Achsen mit Maßstäben in beliebigen Einheiten von Volt und horizontale Achsen mit Maßstäben in beliebigen Einheiten der Zeit.

[0133] Das Diagramm **400** weist ein nichtlineares Sensorausgabesignal **402** und ein lineares Sensorausgabesignal **408** auf, welche dieselben wie oder ähnlich zu dem nichtlinearen Sensorausgabesignal **244a** und dem linearen Sensorausgabesignal **246a** der [Fig. 5](#) sein können. Das nichtlineare Sensorausgabesignal **402** weist hohe Zustände (high. states), beispielsweise hohe Zustände **404a**, **404b** und niedrige Zustände (low states), beispielsweise einen niedrigen Zustand **406** auf.

[0134] Das lineare Sensorausgabesignal **408** ist hier als ein Dreieckssignal gezeigt, kann jedoch irgendein lineares Signal sein. Das lineare Sensorausgabesignal **408** weist Sektionen bzw. Abschnitte mit positiven Steigungen, beispielsweise Sektionen **410a**, **410b** auf, und Sektionen mit negativen Steigungen, beispielsweise eine Sektion **412**.

[0135] Das Diagramm **420** weist ein beispielhaftes Diagnosesteuersignal **422** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnosesteuersignal **260a** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) sein kann. Das Diagramm **420** kann auch repräsentativ sein für ein Diagnoseausgabesignal, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnoseausgabesignal **254a**, **254a'** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) und dem Diagnosesteuersignal **198a** der [Fig. 4](#) sein kann. Es sollte verstanden werden, dass das Diagramm **420** auch repräsentativ für Strompulse in dem Selbstteststromsignal **218** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) sein kann.

[0136] Das Signal **422** kann Pulse aufweisen, von welchen ein Puls **424** nur ein Beispiel ist. Während das Signal **422** fünf Pulse aufweisend gezeigt ist,

können andere derartige Signale **422** mehr als fünf oder weniger als fünf Pulse aufweisen.

[0137] Das Diagramm **430** weist ein beispielhaftes Diagnoseeingabesignal **432** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnoseeingabesignal **258** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#), dem Diagnoseeingabesignal **23** der [Fig. 1](#) und dem Diagnoseeingabesignal **192** der [Fig. 4](#) sein kann. Das beispielhafte Diagnoseeingabesignal **432** kann Pulse aufweisen, von welchen ein Puls **434** nur ein Beispiel ist. Jeder Puls des Diagnoseeingabesignals **432** kann zu einem entsprechenden Puls des Diagnosesteuersignals **422** und einem entsprechenden Puls des Diagnoseausgabesignals **422** führen.

[0138] Während das Signal **432** fünf Pulse einschließlich gezeigt ist, können andere derartige Signale **432** mehr als fünf oder weniger als fünf Pulse aufweisen.

[0139] Das Diagramm **440** weist ein anderes beispielhaftes Diagnoseeingabesignal **442** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnoseeingabesignal **258** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#), dem Diagnoseeingabesignal **23** der [Fig. 1](#) und dem Diagnoseeingabesignal **192** der [Fig. 4](#) sein kann. Das Diagnoseeingabesignal **442** kann einen Puls **444** haben. Jeder Puls des Diagnoseeingabesignals **442** kann zu einer Mehrzahl von Pulsen des Diagnosesteuersignals **422** und einer entsprechenden Mehrzahl von Pulsen des Diagnoseausgabesignals **422** führen.

[0140] Das Diagramm **450** weist noch ein anderes beispielhaftes Diagnoseeingabesignal **452** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnoseeingabesignal **258** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#), dem Diagnoseeingabesignal **23** der [Fig. 1](#) und dem Diagnoseeingabesignal **192** der [Fig. 4](#) sein kann. Das Diagnoseeingabesignal **452** kann einen hohen Zustand **454** (high state), einen niedrigen Zustand **456** (low state) und einen Rand **458** (edge) haben. Der hohe Zustand **454** des Diagnoseeingabesignals **452** kann zu einer Mehrzahl von Pulsen des Diagnosesteuersignals **422** und einer entsprechenden Mehrzahl von Pulsen des Diagnoseausgabesignals **422** führen.

[0141] Das Diagramm **460** weist noch ein anderes beispielhaftes Diagnoseeingabesignal **462** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnoseeingabesignal **258** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#), dem Diagnoseeingabesignal **23** der [Fig. 1](#) und dem Diagnoseeingabesignal **192** der [Fig. 4](#) sein kann. Das Diagnoseeingabesignal **462** kann Pulse haben, beispielsweise einen Puls **464** mit einer ersten Einschaltdauer (duty cycle) und Pulse, beispielsweise einen Puls **466** mit einer zweiten unterschiedlichen Einschaltdauer. Ansteigende Ränder der Pulse **464**, welche die erste Einschaltdauer haben und einen Rand

466 aufweisen, können zu einem entsprechenden Puls des Diagnosesteuersignals **422** und einem entsprechenden Puls des Diagnoseausgabesignals **422** führen. Die Pulse **466**, welche die zweite unterschiedliche Einschaltdauer haben, führen zu keinem Puls in dem Diagnosesteuersignal **422** oder dem Diagnoseausgabesignal **422**.

[0142] Das Diagramm **470**, welches eine Zeitskala hat, welche von derjenigen der [Fig. 7](#) bis [Fig. 7F](#) expandiert ist, weist noch ein anderes beispielhaftes Diagnoseeingabesignal **478** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnoseeingabesignal **258** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#), dem Diagnoseeingabesignal **23** der [Fig. 1](#) und dem Diagnoseeingabesignal **192** der [Fig. 4](#) sein kann. Das Diagnoseeingabesignal **478** kann eine digitale Chipadresse **472** haben, eine digitale Registeradresse **474** und digitale Registerdaten **476**. Das Diagnoseeingabesignal **478** kann zu einer Mehrzahl von Pulsen des Diagnosesteuersignals **422** und einer entsprechenden Mehrzahl von Pulsen des Diagnoseausgabesignals **422** führen.

[0143] Das Diagnoseeingabesignal **478** kann in einer Vielzahl von Formaten oder Protokollen, beispielsweise einem kundenspezifischen oder maßgefertigten Protokoll oder einem herkömmlichen Protokoll, beispielsweise I2C, SENT, BISS, LIN oder CAN sein.

[0144] Es sollte verstanden werden, dass jedes der Diagnoseeingabesignale **432**, **442**, **452**, **462** und **478** durch den Diagnoseeingabedecoder **204** der [Fig. 4](#) decodiert werden kann, um zu dem Diagnoseausgabe-/Diagnosesteuersignal **422** zu führen.

[0145] Es sollte erkannt werden, dass die [Fig. 7B](#) bis [Fig. 7F](#) nur einige beispielhafte Typen von Diagnoseeingabesignalen zeigen, welche verwendet werden können. Viele andere Typen von Diagnoseeingabesignalen können auch verwendet werden.

[0146] Bezug nehmend nunmehr auf die [Fig. 8](#) bis [Fig. 8D](#) haben Diagramme **480**, **490**, **500**, **510** und **520** vertikale Achsen mit Maßstäben in beliebigen Einheiten von Volt, und horizontale Achsen mit Maßstäben in beliebigen Einheiten der Zeit.

[0147] Das Diagramm **480** weist ein beispielhaftes Diagnoseeingabesignal **482** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnoseeingabesignal **258** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#), dem Diagnoseeingabesignal **23** der [Fig. 1](#), dem Diagnoseeingabesignal **192** der [Fig. 4](#) und dem Diagnoseeingabesignal **432** der [Fig. 7B](#) sein kann. Das beispielhafte Diagnoseeingabesignal **482** kann Pulse aufweisen, von welchen ein Puls **484** nur ein Beispiel ist.

[0148] Das Diagramm **490** weist ein beispielhaftes Diagnosesteuersignal **492** auf, welches dasselbe wie

oder ähnlich zu dem Diagnosesteuersignal **260a** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) und dem Diagnosesteuersignal **422** der [Fig. 7A](#) sein kann. Das Diagramm **490** kann auch repräsentativ für ein Diagnoseausgabesignal sein, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnoseausgabesignal **254a**, **254a'** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#), dem Diagnoseausgabesignal **198a** der [Fig. 4](#) und dem Diagnoseausgabesignal **422** der [Fig. 7A](#) sein kann. Es sollte verstanden werden, dass das Diagramm **490** auch repräsentativ für Strompulse in dem Selbstteststromsignal **218** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) sein kann.

[0149] Das Signal **492** kann Pulse aufweisen, von welchen ein Puls **494** nur ein Beispiel ist. Während das Signal **492** fünf Pulse aufweisend gezeigt ist, können andere derartige Signale **492** mehr als fünf oder weniger als fünf Pulse aufweisen.

[0150] Jeder Puls des Diagnoseeingabesignals **482** kann zu einem entsprechenden Puls des Diagnosesteuersignals **492** und einem entsprechenden Puls des Diagnoseausgabesignals **492** führen. Die Pulse **494** des Diagnoseausgabesignals zeigen einen Selbsttest, welcher vorangehend ist, an.

[0151] Während das Signal **492** fünf Pulse aufweisend gezeigt ist, können andere derartige Signale **492** mehr als fünf oder weniger als fünf Pulse aufweisen.

[0152] Das Diagramm **500** weist noch ein anderes beispielhaftes Diagnoseausgabesignal **502** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnoseausgabesignal **254a**, **254a'** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) und dem Diagnoseausgabesignal **422** der [Fig. 7A](#) sein kann. Das Diagnoseausgabesignal **502** kann einen hohen Zustand **504** (high state), einen niedrigen Zustand **506** (low state) und einen Rand **508** (edge) haben. Der hohe Zustand **504** des Diagnoseausgabesignals **502** kann aus einer Mehrzahl von Pulsen **494** des Diagnosesteuersignals **492** oder von irgendeinem der Diagnoseeingabesignale der [Fig. 7B](#) bis [Fig. 7F](#) resultieren. Der hohe Zustand **504** des Diagnoseausgabesignals **502** kann einen Selbsttest, welcher voranschreitend ist, anzeigen.

[0153] Das Diagramm **510** weist noch ein anderes beispielhaftes Diagnoseausgabesignal **512** auf, welche dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnoseausgabesignal **254a**, **254a'** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) und dem Diagnoseausgabesignal **422** der [Fig. 7A](#) sein kann. Das Diagnoseausgabesignal **512** kann Pulse haben, beispielsweise einen Puls **514** mit einer ersten Einschaltdauer (duty cycle) und Pulse, beispielsweise einen Puls **516** mit einer zweiten Einschaltdauer (duty cycle). Die Pulse **514**, welche die erste Einschaltdauer haben und einen Rand **518**, können jeweils von einem entsprechenden Puls des Diagnosesteuersignals **492** oder von irgendei-

nem der Diagnoseeingabesignale der [Fig. 7B](#) bis [Fig. 7F](#) resultieren. Die Pulse **514**, welche die erste Einschaltdauer haben, können einen Selbsttest, welcher voranschreitend ist, anzeigen.

[0154] Das Diagramm **520**, welches eine Zeitskala hat, welche von derjenigen der [Fig. 8](#) bis [Fig. 8C](#) expandiert ist, weist noch ein anderes beispielhaftes Diagnoseausgabesignal **528** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnoseausgabesignal **254a**, **254a'** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) und zu dem Diagnoseausgabesignal **422** der [Fig. 7A](#) sein kann. Das Diagnoseausgabesignal **528** kann eine digitale Chipadresse **522**, eine digitale Registeradresse **524** und digitale Registerdaten **526** haben. Das Diagnoseausgabesignal **522** kann aus einer Mehrzahl von Pulsen des Diagnosesteuersignals **492** oder von irgendeinem der Diagnoseeingabesignale der [Fig. 7B](#) bis [Fig. 7F](#) resultieren. Besonders die digitalen Registerdaten **526** können einen Selbsttest, welcher voranschreitend ist, anzeigen.

[0155] Das Diagnoseausgabesignal **528** kann in einer einer Vielzahl von Formaten oder Protokollen sein, beispielsweise einem kundenspezifischen bzw. maßgefertigten Protokoll oder einem herkömmlichen Protokoll, beispielsweise I2C, SENT, BiSS, LIN oder CAN.

[0156] Es sollte anerkannt werden, dass die [Fig. 8A](#) bis [Fig. 8D](#) nur einige beispielhafte Typen von Diagnoseausgabesignalen zeigen, welche erzeugt werden können. Viele andere Typen von Diagnoseausgabesignalen können auch erzeugt werden.

[0157] Bezug nehmend nunmehr auf die [Fig. 9](#) bis [Fig. 9E](#) haben Diagramme **530**, **550**, **560**, **570**, **580** und **590** vertikale Achsen mit Maßstäben in beliebigen Einheiten von Volt und horizontale Achsen mit Maßstäben in beliebigen Einheiten der Zeit.

[0158] Das Diagramm **530** weist wie das Diagramm **400** der [Fig. 7](#) ein nichtlineares Sensorausgabesignal **532** und ein lineares Ausgabesignal **538** auf, welche dieselben wie oder ähnlich zu dem nichtlinearen Sensorausgabesignal **244a** und dem linearen Sensorausgabesignal **246a** der [Fig. 5](#) sein können. Das nichtlineare Sensorausgabesignal **532** weist hohe Zustände (high states), beispielsweise hohe Zustände **534a**, **534b** und niedrige Zustände (low states), beispielsweise einen niedrigen Zustand **536** auf.

[0159] Das lineare Sensorausgabesignal **538** ist hier als ein Dreieckssignal gezeigt, kann jedoch irgendein lineares Signal sein. Das lineare Sensorausgabesignal **538** weist Sektionen oder Abschnitte mit positiven Steigungen, beispielsweise die Sektionen **540a**, **540b** und Sektionen mit negativen Steigungen, beispielsweise eine Sektion **542** auf.

[0160] Das Diagramm **550** weist wie das Diagramm **430** der **Fig. 7B** und das Diagramm **480** der **Fig. 8** ein beispielhaftes Diagnoseeingabesignal **552** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnoseeingabesignal **258** der **Fig. 5**, **Fig. 5A** und **Fig. 6**, zu dem Diagnoseeingabesignal **23** der **Fig. 1** und dem Diagnoseeingabesignal **192** der **Fig. 4** sein kann. Das beispielhafte Diagnoseeingabesignal **552** kann Pulse aufweisen, von welchen ein Puls **554** nur ein Beispiel ist.

[0161] Das Diagramm **560** weist ein beispielhaftes kombiniertes Ausgabesignal **562** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem kombinierten Ausgabesignal **256a**, **256a** der **Fig. 5**, **Fig. 5A** und **Fig. 6** und dem kombinierten Ausgabesignal **54a** der **Fig. 1** sein kann. Das kombinierte Ausgabesignal **562** kann Pulsgruppen, beispielsweise Pulsgruppen **564**, **566** kombiniert mit dem nichtlinearen Sensorausgabesignal **532** der **Fig. 9**, hier als eine dunkle Linie gezeigt, aufweisen. Die Pulsgruppen, beispielsweise Pulsgruppen **564**, **566** können einen Selbsttest, welcher voranschreitend ist, anzeigen.

[0162] Das Diagramm **570** weist ein anderes beispielhaftes kombiniertes Ausgabesignal **572** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem kombinierten Ausgabesignal **256a**, **256a** der **Fig. 5**, **Fig. 5A** und **Fig. 6** und dem kombinierten Ausgabesignal **54a** der **Fig. 1** sein kann. Das kombinierte Ausgabesignal **572** kann kleine Pulse aufweisen, beispielsweise kleine Pulse **574**, **576**, kombiniert mit dem nichtlinearen Sensorausgabesignal **532** der **Fig. 9**, welches hier als dunkle Linie gezeigt ist. Die kleinen Pulse, beispielsweise die kleinen Pulse **574**, **576** können einen Selbsttest anzeigen, welcher voranschreitend ist.

[0163] Das Diagramm **580** weist noch ein anderes beispielhaftes kombiniertes Ausgabesignal **582** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem kombinierten Ausgabesignal **256a**, **256a**' der **Fig. 5**, **Fig. 5A** und **Fig. 6** und dem kombinierten Ausgabesignal **54a** der **Fig. 1** sein kann. Das kombinierte Ausgabesignal **582** kann Pulse aufweisen, beispielsweise Pulse **584**, **586**, kombiniert mit dem nichtlinearen Sensorausgabesignal **532** der **Fig. 9**, welches hier als dunkle Linie gezeigt ist. Die Pulse, beispielsweise die Pulse **584**, **586** können einen Selbsttest, welcher voranschreitend ist, anzeigen.

[0164] Das Diagramm **590** weist noch ein anderes beispielhaftes kombiniertes Ausgabesignal **592** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem kombinierten Ausgabesignal **256a**, **256a**' der **Fig. 5**, **Fig. 5A** und **Fig. 6** und dem kombinierten Ausgabesignal **54a** der **Fig. 1** sein kann. Das kombinierte Ausgabesignal **592** kann kleine Pulse aufweisen, beispielsweise Pulse **594**, **596**, kombiniert mit dem linearen Sensorausgabesignal **538** der **Fig. 9**, welches hier als dunkle Linie gezeigt ist. Die Pulse, beispielsweise die Pulse

594, **596** können einen Selbsttest anzeigen, welcher voranschreitend ist. Digital codierte Versionen all der obigen Ausgabesignale sind auch möglich.

[0165] Bezugnehmend nunmehr auf die **Fig. 10** bis **Fig. 10B** haben Diagramme **600**, **610** und **620** vertikale Achsen mit Maßstäben in beliebigen Einheiten von Volt und horizontale Achsen mit Maßstäben in beliebigen Einheiten der Zeit.

[0166] Das Diagramm **600** weist wie das Diagramm **420** der **Fig. 7A** und das Diagramm **490** der **Fig. 8A** ein beispielhaftes Diagnosesteuersignal **602** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem Diagnosesteuersignal **260a** der **Fig. 5**, **Fig. 5A** und **Fig. 6** und dem Diagnosesteuersignal **198a** der **Fig. 4** sein kann. Das Diagramm **600** kann auch repräsentativ für ein Diagnoseausgabesignal sein, welches dasselbe wie oder ähnlich dem Diagnoseausgabesignal **254a**, **254a**' der **Fig. 5**, **Fig. 5A** und **Fig. 6** sein kann. Es sollte verstanden werden, dass das Diagramm **600** auch repräsentativ sein kann für Strompulse in dem Selbstteststromsignal **218** der **Fig. 5**, **Fig. 5A** und **Fig. 6**.

[0167] Das Signal **602** kann Pulse aufweisen, von welchen ein Puls **604** nur ein Beispiel ist. Während das Signal **602** fünf Pulse aufweisend gezeigt ist, können andere derartige Signale **422** mehr als fünf oder weniger als fünf Pulse aufweisen.

[0168] Das Diagramm **610** weist ein nichtlineares Sensorvergleichssignal **612** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem nichtlinearen Sensorvergleichssignal **240a**' der **Fig. 5A** sein kann. Das nichtlineare Sensorvergleichssignal **612** weist hohe Zustände (high states), beispielsweise hohe Zustände **614a**, **614b** und niedrige Zustände (low states), beispielsweise einen niedrigen Zustand **616** auf.

[0169] Das Diagramm **620** weist ein beispielhaftes nichtlineares Sensorausgabesignal **622** auf, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem nichtlinearen Sensorausgabesignal **244a**' der **Fig. 5A** sein kann. Das nichtlineare Sensorausgabesignal **622** ist repräsentativ für die Funktion der Logikschaltung **306** der **Fig. 5A**. Das nichtlineare Sensorausgabesignal **622** kann Pulse aufweisen, beispielsweise Pulse **624**, **626**, kombiniert mit dem nichtlinearen Sensorvergleichssignal **612** der **Fig. 10A**, hier als dunkle Linie gezeigt. Die Pulse, beispielsweise die Pulse **624**, **626** können einen Selbsttest anzeigen, welcher im Voranschreiten ist, nämlich einen ordnungsgemäß funktionierenden Komparator **240** und SOFC **244** der **Fig. 5A**.

[0170] Bezug nehmend nunmehr auf **Fig. 11** kann ein beispielhaftes elektromagnetisches Schild **800** dasselbe sein wie oder ähnlich zu dem elektromagnetischen Schild **72** der **Fig. 3**. Das elektromagnetische Schild **800** ist im Allgemeinen über einem Ma-

gnettefeldsensierelement **816** platziert, welches dasselbe wie oder ähnlich zu dem Magnetfeldsensierelement **92** der [Fig. 3](#) sein kann. Das elektromagnetische Schild **800** weist einen ersten Abschnitt **802** und einen zweiten Abschnitt **804** auf, welche durch einen Schlitz **806** getrennt sind. Der erste Abschnitt **802** und der zweite Abschnitt **804** sind mit einem leitfähigen Bereich **808** gekoppelt. Ein Bonding-Pad **810** ermöglicht es, dass das elektromagnetische Schild **800** an eine DC-Spannung (= Gleichspannung), beispielsweise an eine Massespannung gekoppelt ist.

[0171] Das elektromagnetische Schild **800** kann aus einer Metalllage bzw. Metallschicht während der Herstellung eines Magnetfeldsensors, beispielsweise des Magnetfeldsensors **70** der [Fig. 3](#) gebildet werden. Die Metallschicht kann aus einer Mehrzahl von Materialien, beispielsweise Aluminium, Kupfer, Gold, Titan, Wolfram, Chrom oder Nickel bestehen.

[0172] Es sollte verstanden werden, dass ein elektromagnetisches Schild nicht dasselbe wie ein magnetisches Schild ist. Ein elektromagnetisches Schild ist dazu vorgesehen, elektromagnetische Felder zu blocken. Ein magnetisches Schild ist dazu vorgesehen, Magnetfelder zu blocken.

[0173] In der Anwesenheit eines AC-Magnetfeldes (beispielsweise ein Magnetfeld, welches einen stromführenden Leiter umgibt) wird es verstanden werden, dass AC-Wirbelströme bzw. Wechselstromwirbelströme (AC eddy currents) **812**, **814** in dem elektromagnetischen Schild **800** induziert werden können. Die Wirbelströme **812**, **814** bilden sich, wie gezeigt, in geschlossenen Kreisen aus. Die Wirbelströme mit geschlossenen Kreisen **812**, **814** neigen dazu, zu einem kleineren Magnetfeld in der Nachbarschaft des elektromagnetischen Schildes **800** zu führen als dem Magnetfeld, welches die Wirbelströme **812**, **814** induziert bzw. induzierte. Demnach erfährt, wenn das elektromagnetische Schild **800** in der Nähe eines Magnetfeldsensierelementes platziert wäre, beispielsweise des Magnetfeldsensierelementes **92** der [Fig. 3](#), das Magnetfeldsensierelement **92**, ein geringeres bzw. kleineres Magnetfeld als es anderweitig erfahren wird, was zu einem weniger empfindlichen Magnetfeldsensor führt, was im Allgemeinen unerwünscht ist. Weiterhin könnte, wenn das Magnetfeld, welches mit dem Wirbelstrom verbunden ist, nicht gleichmäßig oder symmetrisch um das Magnetfeldsensierelement **92** ist, das Magnetfeldsensierelement **92** auch eine unerwünschte offset-Spannung erzeugen.

[0174] Der Schlitz **806** neigt dazu, eine Größe (d. h. einen Durchmesser oder eine Weglänge) der geschlossenen Kreise, in denen sich die Wirbelströme **812**, **814** fortbewegen, zu verringern. Es wird verstanden werden, dass die verringerte Größe der geschlossenen Kreise, in welchen sich die Wirbelströ-

me **812**, **814** fortbewegen, zu geringeren bzw. kleineren Wirbelströmen **812**, **814** und einem geringeren lokalen Effekt des AC-Magnetfeldes führen, welches die Wirbelströme induziert. Demnach ist die Empfindlichkeit eines Magnetfeldsensors, auf welchem das Magnetfeldsensierelement **816** und das elektromagnetische Schild **800** verwendet werden, weniger durch die geringen Wirbelströme betroffen bzw. beeinflusst.

[0175] Weiterhin wird es verstanden werden, dass durch ein Platzieren des Schildes **800** in Beziehung zu dem Magnetfeldsensierelement **816** wie gezeigt, so dass der Schlitz **806** über das Magnetfeldsensierelement **816** verläuft, das Magnetfeld, welches irgendeinem der Wirbelströme **812**, **814** zugeordnet ist, dazu neigt, Magnetfelder zu bilden, welche durch das Magnetfeldsensierelement **816** in zwei Richtungen hindurchtreten, welche sich über wenigstens einen Abschnitt des Bereichs des Magnetfeldsensierelementes **816** aufheben.

[0176] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 12](#) kann ein anderes beispielhaftes elektromagnetisches Schild **850** dasselbe wie oder ähnlich zu dem elektromagnetischen Schild **72** der [Fig. 3](#) sein. Das elektromagnetische Schild **850** weist vier Abschnitte **852** bis **858** auf, welche durch vier Schlitze **860** bis **866** getrennt sind. Die vier Abschnitte **852** bis **858** sind mit einem leitfähigen Bereich **876** gekoppelt. Ein bonding-pad **878** ermöglicht es dem elektromagnetischen Schild **850**, mit einer DC-Spannung bzw. Gleichspannung gekoppelt zu sein, beispielsweise einer Massespannung.

[0177] In der Anwesenheit eines Magnetfeldes wird es verstanden werden, dass Wirbelströme **868** bis **874** in dem elektromagnetischen Schild **850** induziert werden können. Aufgrund der vier Schlitze **860** bis **866** wird es verstanden werden, dass eine Größe (beispielsweise ein Durchmesser oder eine Weglänge) der Wirbelströme **868** bis **874** mit geschlossenen Kreisbahnen dazu neigt, kleiner bzw. geringer zu sein als die Größe der Wirbelströme **812**, **814** mit geschlossenen Kreis der [Fig. 11](#). Es wird verstanden werden, dass die verringerte Größe der geschlossenen Kreise, in welchen sich die Wirbelströme **868** bis **874** fortbewegen, zu kleineren Wirbelströmen **868** bis **874** und einer geringeren lokalen Beeinflussung des AC-Magnetfeldes, welches die Wirbelströme induziert, fährt, als diejenigen, welche von dem Schild **800** der [Fig. 11](#) resultieren. Demnach ist die Empfindlichkeit eines Magnetfeldsensors, auf welchem das Magnetfeldsensierelement **880** und das elektromagnetische Schild **850** verwendet werden, weniger durch die geringeren Wirbelströme **868** bis **874** betroffen bzw. beeinflusst als die Empfindlichkeit eines Stromsensors, welcher das Schild **800** der [Fig. 11](#) verwendet.

[0178] Weiterhin wird es verstanden werden, dass durch ein Platzieren des Schildes **850** in Beziehung zu dem Magnetfeldsensierelement **880**, wie gezeigt, so dass die Schlitze **860** bis **866** über dem Magnetfeldsensierelement **880** verlaufen, das Magnetfeld, welches irgendeinem der Wirbelströme **868** bis **874** zugeordnet ist, dazu neigt, Magnetfelder zu bilden, welche durch das Magnetfeldsensierelement **880** in zwei Richtungen verlaufen, welche sich über wenigstens einem Abschnitt des Bereiches des Magnetfeldsensierelements **880** aufheben.

[0179] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 13](#) kann ein anderes beispielhaftes elektromagnetisches Schild **900** dasselbe wie oder ähnlich zu dem elektromagnetischen Schild **72** der [Fig. 3](#) sein. Das elektromagnetische Schild **900** weist einen Schildabschnitt bzw. Abschirmabschnitt **902** auf, welcher ineinander greifende Bauteile hat, für welche ein Bauteil **902a** nur ein Beispiel ist. Die ineinander greifenden Bauteile sind durch einen Leiterabschnitt **904** mit einem bonding-pad **906** gekoppelt, welches es ermöglicht, dass das elektromagnetische Schild **900** mit einer DC-Spannung bzw. Gleichspannung, beispielsweise einer Massespannung, gekoppelt ist.

[0180] Es wird anerkannt werden, dass das elektromagnetische Schild **900** in der Lage ist, Wirbelströme zu unterstützen, welche eine viel geringere Größe (beispielsweise Durchmesser der Weglänge) haben als das elektromagnetische Schild **850** der [Fig. 12](#) oder das elektromagnetische Schild **800** der [Fig. 11](#). Demnach neigt das elektromagnetische Schild **900** dazu, eine noch geringere negative Auswirkung auf die Empfindlichkeit eines Magnetfeldsensors zu haben als diejenigen, welche obenstehend beschrieben sind.

[0181] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 14](#) kann ein elektromagnetisches Schild **950** dasselbe wie oder ähnlich zu dem elektromagnetischen Schild **72** der [Fig. 3](#) sein. Das elektromagnetische Schild **950** weist einen Schildabschnitt bzw. Abschirmabschnitt **952** auf, welcher eine Mehrzahl von Bauteilen hat, für welche Bauteil **952a** nur ein Beispiel ist. Die Bauteile sind durch einen Leiterabschnitt **954** mit einem bonding-pad **956** gekoppelt, welches es ermöglicht, dass das elektromagnetische Schild **950** mit einer DC-Spannung bzw. Gleichspannung, beispielsweise einer Massespannung, gekoppelt ist. Vorteile des elektromagnetischen Schildes **950** werden aus der obenstehenden Diskussion offensichtlich werden.

[0182] Während Schilde, welche Merkmale haben, um Wirbelströme zu verringern, obenstehend beschrieben sind, kann das Schild **72** der [Fig. 3](#), [Fig. 3A](#), [Fig. 3C](#) und [Fig. 3D](#) auch keine Merkmale haben, um Wirbelströme zu verringern.

[0183] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 15](#) weist eine beispielhafte Anwendung der oben beschriebenen Magnetfeldsensoren fünf Magnetfeldsensoren **1004a** bis **1004f** auf, welche in einer Linie angeordnet sein. Ein Gangschalthebel **1000**, wie beispielsweise derjenige, welcher in einem Automobil aufgefunden werden kann, kann sich in der gezeigten Ansicht nach links oder rechts bewegen, um einen Gang bzw. eine Fahrstufe auszuwählen, welche beispielsweise eine Parkstufe (P), eine Rückwärtsstufe (R), eine Neutralstufe (N), eine Fahrstufe (D), ein zweiter Gang (2) oder ein erster Gang (1) sein kann. Jeder Gang bzw. jede Fahrstufe ist mit einem entsprechenden einen der Magnetfeldsensoren wie gezeigt verbunden.

[0184] Der Gangschalthebel **1000** kann einen Magneten **1002** haben, welcher an einem Ende davon am nächsten zu den Magnetfeldsensoren **1004a** bis **1004f** angeordnet ist. Im Betrieb erkennt bzw. sensiert ein Magnetfeldsensor, beispielsweise der Magnetfeldsensor **1004d**, wenn der Schalthebel **1000** an einer Position des bestimmten Magnetfeldsensors, beispielsweise **1004d**, ist und demnach erkennt er den bestimmten Gang bzw. die bestimmte Fahrstufe, welche der Position des Schalthebels zugeordnet ist. Auf diesem Wege können die Magnetfeldsensoren **1004a** bis **1004f** jeweilige Signale für einen Computerprozessor oder dergleichen bereitstellen, welche elektronisch/mechanisch das Automobilgetriebe in den ausgewählten Gang konfigurieren können.

[0185] Dieser bestimmte Aufbau ist gezeigt, um ein mögliches Problem mit den Anordnungen der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) aufzuzeigen bzw. zu betonen. Insbesondere kann, wenn das Magnetfeld, welches durch die Magneten **1002** erzeugt wird, in derselben Richtung ist wie das Magnetfeld, welches durch den Selbsttestleiter **224** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) erzeugt wird, dann das Magnetfeld, welches durch den Selbsttestleiter **224** erzeugt wird, durch das Magnetfeld, welches durch den Magneten erzeugt wird, übermannt bzw. überwältigt bzw. überdeckt werden, was zu keinem Diagnoseausgangssignal **254a**, **254a'** ([Fig. 5](#), [Fig. 5A](#), [Fig. 6](#)) führt.

[0186] In einigen Ausführungsformen kann diese Unzulänglichkeit bzw. dieser Mangel durch lediglich ein Auswählen des Magnetfeldes, welches durch den Magneten **1002** erzeugt wird, um in einer Richtung entgegengesetzt zu der Richtung des Magnetfeldes zu sein, welches durch den Selbsttestleiter **224** erzeugt wird, beseitigt werden. In anderen Ausführungsformen jedoch kann es erstrebenswert sein, einen Magnetfeldsensor zu haben, welcher eine Richtung des Magnetfeldes, welches durch den Selbsttestleiter **224** erzeugt wird, auswählen und/oder ändern kann. Eine beispielhafte Anordnung, welche diese Fähigkeit hat, ist in [Fig. 16](#) gezeigt.

[0187] Bezug nehmend nunmehr auf [Fig. 16](#), in welcher gleiche Elemente der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) gleiche Bezugszeichen habend gezeigt sind, weist eine Schaltung den Selbsttestleiter **224** auf, jedoch auf eine unterschiedliche Art und Weise angeordnet als dies in anderen Figuren gezeigt ist. Obwohl er in [Fig. 16](#) getrennt beabstandet gezeigt ist, sollte es verstanden werden, dass das Magnetfeldsensierelement **226**, wie die Ausführungsformen der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#), benachbart zu dem Selbsttestleiter **224** sein kann.

[0188] Zwei Komparatoren **1010**, **1012** können gekoppelt sein, um das Signal **228a** von dem Verstärker **228** zu empfangen. Der Komparator **1010** kann auch gekoppelt sein, um ein Vergleichssignal **1014a** zu empfangen, welches repräsentativ für ein Signal von dem Verstärker **228** ist, wenn das Magnetfeldsensierelement 0 Gauss (oder ein Hintergrundmagnetfeld, beispielsweise das Erdmagnetfeld) plus einem Delta erfährt. Der Komparator **1012** kann auch gekoppelt sein, um ein Vergleichssignal **1014b** zu empfangen, welches repräsentativ für ein Signal von dem Verstärker **228** ist, wenn das Magnetfeldsensierelement 0 Gauss (oder ein Hintergrundmagnetfeld, beispielsweise das Erdmagnetfeld) minus einem Delta erfährt.

[0189] Der Komparator **1010** kann ein erstes Vergleichssignal **1010a** erzeugen, und der Komparator **1012** kann ein zweites Vergleichssignal **1012a** erzeugen.

[0190] Ein Flip-Flop (d. h. ein Latch) **1020** kann gekoppelt sein, um das erste und das zweite Vergleichssignal **1010a**, **1012a** jeweils an Setz- und Rücksetzeingängen zu empfangen und kann konfiguriert sein, um ein erstes Ausgabesignal **1020a** und ein zweites Ausgabesignal **1020b** zu erzeugen.

[0191] Ein erstes Logik-Gatter, beispielsweise ein UND-Gatter **1022** kann gekoppelt sein, um das erste Ausgabesignal **1020a** zu empfangen, gekoppelt, um das Diagnosesteuersignal **260a** ([Fig. 5](#), [Fig. 5A](#), [Fig. 6](#)) zu empfangen und konfiguriert, um ein Steuersignal **1022a** (control A) zu erzeugen.

[0192] Ein zweites logisches Gatter, beispielsweise ein UND-Gatter **1024** kann gekoppelt sein, um das zweite Ausgabesignal **1020b** zu empfangen, gekoppelt, um das Diagnosesteuersignal **260a** zu empfangen, und konfiguriert, um ein Steuersignal **1024a** (control B) zu erzeugen.

[0193] Der Selbsttestleiter **224** kann in dem Kreuzarm einer H-Brücke angeordnet sein, umgeben von Schaltern **1026a**, **1026b**, **1028a**, **1028b**. Die Schalter **1026a**, **1026b** werden durch das erste Steuersignal **1022a** gesteuert, und die Schalter **1028a**, **1028b** werden durch das zweite Steuersignal **1024a** gesteuert.

[0194] Demnach fließt im Betrieb, wenn der Stromgenerator **216** den Strom **218** in Antwort auf das Diagnosesteuersignal **260a** erzeugt, der Strom **218** durch den Selbsttestleiter **224** in einer von zwei Richtungen, welche durch das erste und das zweite Steuersignal **1022a**, **1024a** bestimmt ist.

[0195] Die Komparatoren **1010**, **1012** und das Flip-Flop **1020** arbeiten im Wesentlichen als ein Fensterkomparator (window comparator), so dass, wenn das Magnetfeld, welches durch das Magnetfeldsensierelement **226** erfahren wird, in einer ersten Richtung groß ist, der Diagnosestrom, welcher durch den Selbsttestleiter **224** durchtritt, ein Magnetfeld in einer entgegengesetzten zweiten Richtung erzeugt (wenn das Diagnosesteuersignal **260a** auch hoch ist). Im Gegensatz hierzu ist, wenn das Magnetfeld, welches durch das Magnetfeldsensierelement **226** erfahren wird, in der zweiten Richtung groß ist, der Diagnosestrom, welcher durch den Selbsttestleiter **224** durchtritt in der entgegengesetzten ersten Richtung (wenn das Diagnosesteuersignal **260a** auch hoch ist).

[0196] Mit dieser Anordnung kann auch in Anwesenheit eines ziemlich großen Magnetfeldes in einer von beiden Richtungen, welches dazu neigt, das Magnetfeldsensierelement **226** zu saturieren bzw. zu sättigen oder elektronischen Komponenten, welche mit dem Magnetfeldsensierelement gekoppelt sind, beispielsweise den Verstärker **228**, das Selbsttestsignal **218** noch ein Magnetfeld in der entgegengesetzten Richtung erzeugen, welches zu dem Diagnoseausgabesignal **254**, **254a'** der [Fig. 5](#), [Fig. 5A](#) und [Fig. 6](#) fortschreiten kann.

[0197] Es wird offensichtlich sein, dass die Schaltung der [Fig. 16](#) in die Schaltungen der vorangehenden Figuren eingebaut bzw. inkorporiert werden kann.

[0198] Alle Bezugnahmen bzw. Referenzen, welche hierin zitiert sind, werden hierin durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit eingeschlossen. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung beschrieben habend wird es nun Fachleuten offensichtlich werden, dass andere Ausführungsformen, welche deren Konzepte einschließen bzw. inkorporieren, verwendet werden können. Es wird demnach verspürt, dass diese Ausführungsformen nicht auf die offenbarten Ausführungsformen beschränkt werden sollten, sondern nur durch den Gedanken und den Umfang der beigefügten Ansprüche beschränkt werden sollten.

Patentansprüche

1. Magnetfeldsensor, aufweisend:
ein Magnetfeldsensierelement, welches durch ein Substrat abgestützt ist, wobei das Magnetfeldsensierelement zum Erzeugen eines zusammengesetzten Magnetfeldsignals ist, welches einen auf ein gemess-

senes Magnetfeld reagierenden Signalanteil und einen auf einen Selbsttest reagierenden Signalanteil hat, wobei der auf das gemessene Magnetfeld reagierende Signalanteil auf ein gemessenes Magnetfeld reagiert und der auf den Selbsttest reagierende Signalanteil auf ein Selbsttestmagnetfeld reagiert; eine Selbsttestschaltung, welche einen Selbstteststromleiter aufweist, welcher benachbart zu dem Magnetfeldsensierelement ist, wobei der Selbstteststromleiter zum Leiten eines Selbstteststromes zum Erzeugen des Selbsttestmagnetfeldes ist; und eine Verarbeitungsschaltung, welche gekoppelt ist, um ein Signal, welches repräsentativ für das zusammengesetzte Magnetfeldsignal ist, zu empfangen, welche konfiguriert ist, um ein Sensorsignal zu erzeugen, welches repräsentativ für den auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil ist, und welche konfiguriert ist, um wenigstens eines eines Diagnosesignals, welches repräsentativ für den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil ist, oder eines zusammengesetzten Signals, welches repräsentativ sowohl für den auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil als auch für den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil ist, zu erzeugen.

2. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, wobei der Selbstteststromleiter einen Leiter aufweist, welcher durch das Substrat abgestützt ist und benachbart zu dem Magnetfeldsensierelement ist.

3. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, wobei der Selbstteststromleiter einen Leiter aufweist, welcher durch das Substrat abgestützt ist, und mehr als eine metallische Schicht oder Lage aufspannt, welche durch das Substrat abgestützt ist.

4. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, weiterhin aufweisend eine Leiterplatte benachbart zu dem Magnetfeldsensierelement, wobei der Selbstteststromleiter einen Leiter aufweist, welcher durch die Leiterplatte abgestützt ist.

5. Magnetfeldsensor nach Anspruch 4, wobei der Selbstteststromleiter eine Spule aufweist, welche durch die Leiterplatte abgestützt ist, und mehr als eine metallische Schicht oder Lage aufspannt, welche durch die Leiterplatte abgestützt ist.

6. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, wobei der Selbstteststromleiter einen Leiter aufweist, welcher getrennt von, jedoch in der Nähe des Substrats ist.

7. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, weiterhin aufweisend eine Schaltschaltung, welche konfiguriert ist, um eine Richtung des Selbstteststromes und des zugeordneten Selbsttestmagnetfeldes in Antwort auf eine Größe des gemessenen Magnetfeldes zu schalten.

8. Magnetfeldsensor nach Anspruch 7, weiterhin aufweisend ein elektromagnetisches Schild, welches in der Nähe des Selbstteststromleiters ist.

9. Magnetfeldsensor nach Anspruch 8, wobei das elektromagnetische Schild wenigstens ein Merkmal aufweist, welches konfiguriert ist, um einen Wirbelstrom in dem elektromagnetischen Schild zu verringern, wenn das Schild einem AC-Magnetfeld ausgesetzt ist.

10. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, wobei die Verarbeitungsschaltung konfiguriert ist, um das zusammengesetzte Magnetfeldsignal zu empfangen, und konfiguriert ist, um wenigstens eines des Diagnosesignals oder des zusammengesetzten Signals zu erzeugen, wobei das Diagnosesignal auf das Selbsttestmagnetfeld reagiert und nicht auf das gemessene Magnetfeld reagiert, und wobei das zusammengesetzte Signal sowohl auf das gemessene Magnetfeld als auch auf das Selbsttestmagnetfeld reagiert.

11. Magnetfeldsensor nach Anspruch 14, wobei die Verarbeitungsschaltung weiterhin konfiguriert ist, um das Sensorsignal zu erzeugen, wobei das Sensorsignal auf das gemessene Magnetfeldsignal reagiert und nicht auf das Selbsttestmagnetfeld reagiert.

12. Magnetfeldsensor nach Anspruch 11, weiterhin aufweisend eine Kombinierschaltung, welche konfiguriert ist, um ein Signal, welches repräsentativ für das Sensorsignal ist, mit einem Signal, welches repräsentativ für das Diagnosesignal ist, zu kombinieren, um ein kombiniertes Ausgabesignal zu erzeugen.

13. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, wobei die Selbsttestschaltung weiterhin einen Diagnoseanfrageprozessor aufweist, welcher gekoppelt ist, um ein Diagnoseeingabesignal zu empfangen, welcher konfiguriert ist, um das Diagnoseeingabesignal zu decodieren, und welcher konfiguriert ist, um ein Diagnosesteuersignal zu erzeugen, welches konfiguriert ist, um die Selbsttestschaltung zu steuern.

14. Magnetfeldsensor nach Anspruch 13, wobei die Selbsttestschaltung weiterhin aufweist: eine Stromerzeugungsschaltung, welche einen Ausgabeknoten hat, an welchem Selbstteststrompulse erzeugt werden, wobei der Selbstteststromleiter gekoppelt ist, um die Selbstteststrompulse zu empfangen, was dazu führt, dass das Selbsttestmagnetfeld Magnetfeldpulse hat.

15. Magnetfeldsensor nach Anspruch 14, wobei der Stromgenerator konfiguriert ist, um die Selbstteststrompulse in Reaktion auf das Diagnosesteuersignal zu erzeugen.

16. Magnetfeldsensor nach Anspruch 13, wobei das Diagnosesteuersignal Steuerpulse aufweist, wobei jeder Steuerpuls zu einem Selbstteststrompuls von dem Stromgenerator führt.

17. Magnetfeldsensor nach Anspruch 13, wobei das Diagnosesteuersignal Steuerpulse aufweist, wobei jeder Steuerpuls zu einer Mehrzahl von Selbstteststrompulsen von dem Stromgenerator führt.

18. Magnetfeldsensor nach Anspruch 13, wobei das Diagnosesteuersignal einen ersten Zustand, während dessen der Stromgenerator Selbstteststrompulse erzeugt, und einen zweiten Zustand aufweist, während dessen der Stromgenerator keine Selbstteststrompulse erzeugt.

19. Magnetfeldsensor nach Anspruch 13, wobei das Diagnosesteuersignal erste Steuerpulse mit einer ersten Einschaltdauer aufweist, während welcher der Stromgenerator Selbstteststrompulse erzeugt, und wobei das Diagnosesteuersignal zweite Steuerpulse mit einer zweiten Einschaltdauer aufweist, während welcher der Stromgenerator keine Selbstteststrompulse erzeugt.

20. Magnetfeldsensor nach Anspruch 13, wobei das Diagnosesteuersignal ein binäres digitales Wort aufweist.

21. Magnetfeldsensor nach Anspruch 13, wobei die Verarbeitungsschaltung eine track-and-hold-Schaltung aufweist, welche einen Eingabeknoten und einen Ausgabeknoten und einen Steuerknoten hat, wobei die track-and-hold-Schaltung gekoppelt ist, um ein Signal an dem Eingabeknoten zu empfangen, welches repräsentativ für das zusammengesetzte Signal ist, gekoppelt ist, um ein Signal an dem Steuerknoten zu empfangen, welches repräsentativ für das Diagnosesteuersignal ist, und konfiguriert ist, um ein Signal an dem Ausgabeknoten zu erzeugen, welches repräsentativ für das Sensorsignal ist.

22. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, weiterhin aufweisend eine Diagnoseausgabeformatierschaltung, welche gekoppelt ist, um das Diagnosesignal zu empfangen, und welche konfiguriert ist, um ein Diagnoseausgabesignal zu erzeugen, welches repräsentativ für das Diagnosesignal ist, wobei das Diagnoseausgabesignal einen Puls aufweist, welcher einen ordnungsgemäß funktionierenden Magnetfeldsensor anzeigt.

23. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, weiterhin aufweisend eine Diagnoseausgabeformatierschaltung, welche gekoppelt ist, um das Diagnosesignal zu empfangen, und welche konfiguriert ist, um ein Diagnoseausgabesignal zu erzeugen, welches repräsentativ für das Diagnosesignal ist, wobei das Diagnoseausgabesignal einen Zustand aufweist,

welcher einen ordnungsgemäß funktionierenden Magnetfeldsensor anzeigt.

24. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, weiterhin aufweisend eine Diagnoseausgabeformatierschaltung, welche gekoppelt ist, um das Diagnosesignal zu empfangen, und welche konfiguriert ist, um ein Diagnoseausgabesignal zu erzeugen, welches repräsentativ für das Diagnosesignal ist, wobei das Diagnoseausgabesignal eine vorbestimmte Einschaltdauer aufweist, welche einen ordnungsgemäß funktionierenden Magnetfeldsensor anzeigt.

25. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, weiterhin aufweisend eine Diagnoseausgabeformatierschaltung, welche gekoppelt ist, um das Diagnosesignal zu empfangen, und welche konfiguriert ist, um ein Diagnoseausgabesignal zu erzeugen, welches repräsentativ für das Diagnosesignal ist, wobei das Diagnoseausgabesignal ein binäres digitales Wort enthält, welches einen ordnungsgemäß funktionierenden Magnetfeldsensor anzeigt.

26. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, weiterhin aufweisend eine Sensorausgabeformatierschaltung, welche gekoppelt ist, um das Sensorsignal zu empfangen, und welche konfiguriert ist, um ein Sensorausgabesignal zu erzeugen, welches repräsentativ für das Sensorsignal ist, wobei das Sensorausgabesignal ein nichtlineares Zweizustands-Signal aufweist, welches auf das gemessene Magnetfeld reagiert.

27. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, weiterhin aufweisend eine Sensorausgabeformatierschaltung, welche gekoppelt ist, um das Sensorsignal zu empfangen, und welche konfiguriert ist, um ein Sensorausgabesignal zu erzeugen, welches repräsentativ für das Sensorsignal ist, wobei das Sensorausgabesignal ein zusammenhängendes lineares Signal aufweist, welches auf das gemessene Magnetfeld reagiert.

28. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, weiterhin aufweisend ein elektromagnetisches Schild benachbart zu dem Selbstteststromleiter.

29. Magnetfeldsensor nach Anspruch 28, wobei das elektromagnetische Schild wenigstens ein Merkmal aufweist, welches konfiguriert ist, um einen Wirbelstrom in dem elektromagnetischen Schild zu verringern, wenn das Schild einem AC-Magnetfeld ausgesetzt ist.

30. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, wobei das gemessene Magnetfeld durch einen Strom erzeugt wird, welcher durch einen Leiter mit gemessenem Stromwert geführt wird.

31. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, weiterhin aufweisend einen Leiterraum, welcher eine Mehrzahl von Leitern und eine Kopplung von wenigstens zweien der Leiter benachbart zu dem Magnetfeldsensor aufweist, wobei der Leiter mit gemessenem Stromwert die Kopplung von den wenigstens zweien der Leiter aufweist.

32. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, wobei die Selbsttestschaltung weiterhin aufweist:
einen Taktgeber, welcher konfiguriert ist, um ein Taktsignal zu erzeugen;
einen Diagnosetaktgeber, welcher gekoppelt ist, um das Taktsignal zu empfangen, und konfiguriert ist, um ein Diagnosetaktsignal zu erzeugen; und
einen Pulsgenerator, welcher gekoppelt ist, um das Diagnosetaktsignal zu empfangen, und welcher konfiguriert ist, um ein Pulssignal in Antwort auf das Diagnosetaktsignal zu erzeugen, wobei der Stromgenerator gekoppelt ist, um das Pulssignal zu empfangen, und konfiguriert ist, um den Selbstteststrom in Antwort auf das Pulssignal zu erzeugen.

33. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, wobei das Magnetfeldsensierelement ein Halleffektelement aufweist, wobei der Magnetfeldsensor weiterhin einen Strom- oder Spannungsgenerator aufweist, welcher mit dem Halleffektelement gekoppelt ist.

34. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, wobei das Magnetfeldsensierelement ein Magnetowiderstandselement aufweist, wobei der Magnetfeldsensor weiterhin einen Stromgenerator aufweist, welcher mit dem Magnetowiderstandselement gekoppelt ist.

35. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, weiterhin aufweisend einen elektronischen Schalter, welcher über den Selbstteststromleiter gekoppelt ist.

36. Magnetfeldsensor nach Anspruch 1, wobei die Verarbeitungsschaltung aufweist:
einen Komparator, welcher gekoppelt ist, um ein Signal zu empfangen, welches repräsentativ für das zusammengesetzte Magnetfeldsignal ist, welcher gekoppelt ist, um ein Grenzwertsignal zu empfangen und welcher konfiguriert ist, um ein nichtlineares Ausgangssignal zu erzeugen; und
eine Logikschaltung, welche konfiguriert ist, um das Grenzwertsignal zu erzeugen, welches einen Wert hat, welcher dynamisch unter vier verschiedenen Grenzwertsignalwerten ausgewählt wird.

37. Verfahren zum Erzeugen eines Selbsttests eines Magnetfeldsensors, aufweisend:
Erzeugen eines zusammengesetzten Magnetfeldsignals mit einem Magnetfeldsensierelement, welches einen auf ein gemessenes Magnetfeld reagierenden Signalanteil und einen auf einen Selbsttest reagierenden Signalanteil hat, wobei der auf das gemessene Magnetfeld reagierende Signalanteil auf ein gemessenes Magnetfeld reagiert, und der auf den Selbsttest reagierende Signalanteil auf ein Selbsttestmagnetfeld reagiert;

Erzeugen eines Selbstteststromes in einem Selbstteststromleiter benachbart zu dem Magnetfeldsensierelement, wobei der Selbstteststromleiter zum Führen des Selbstteststromes das Selbsttestmagnetfeld erzeugt;

Erzeugen eines Sensorausgabesignals, welches repräsentativ für den auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil ist; und
Erzeugen wenigstens eines von einem Diagnosesignal, welches repräsentativ für den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil ist, oder einem zusammengesetzten Signal, welches repräsentativ für sowohl den auf das gemessene Magnetfeld reagierenden Signalanteil als auch den auf den Selbsttest reagierenden Signalanteil ist.

38. Verfahren nach Anspruch 37, wobei der Selbstteststromleiter einen Leiter aufweist, welcher durch das Substrat abgestützt ist, und benachbart zu dem Magnetfeldsensierelement ist.

39. Verfahren nach Anspruch 37, wobei der Selbstteststromleiter eine Spule aufweist, welche durch das Substrat abgestützt ist, und mehr als eine metallische Lage oder Schicht aufspannt, welche durch das Substrat abgestützt ist.

40. Magnetfeldsensor nach Anspruch 37, schaltend eine Richtung des Selbstteststromes und des zugeordneten Selbsttestmagnetfeld in Antwort auf eine Größe des gemessenen Magnetfelds.

41. Verfahren nach Anspruch 40, weiterhin aufweisend ein elektromagnetisches Abschirmen des Selbsttestleiters.

42. Verfahren nach Anspruch 37, weiterhin aufweisend ein elektromagnetisches Abschirmen des Selbstteststromleiters.

Es folgen 19 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

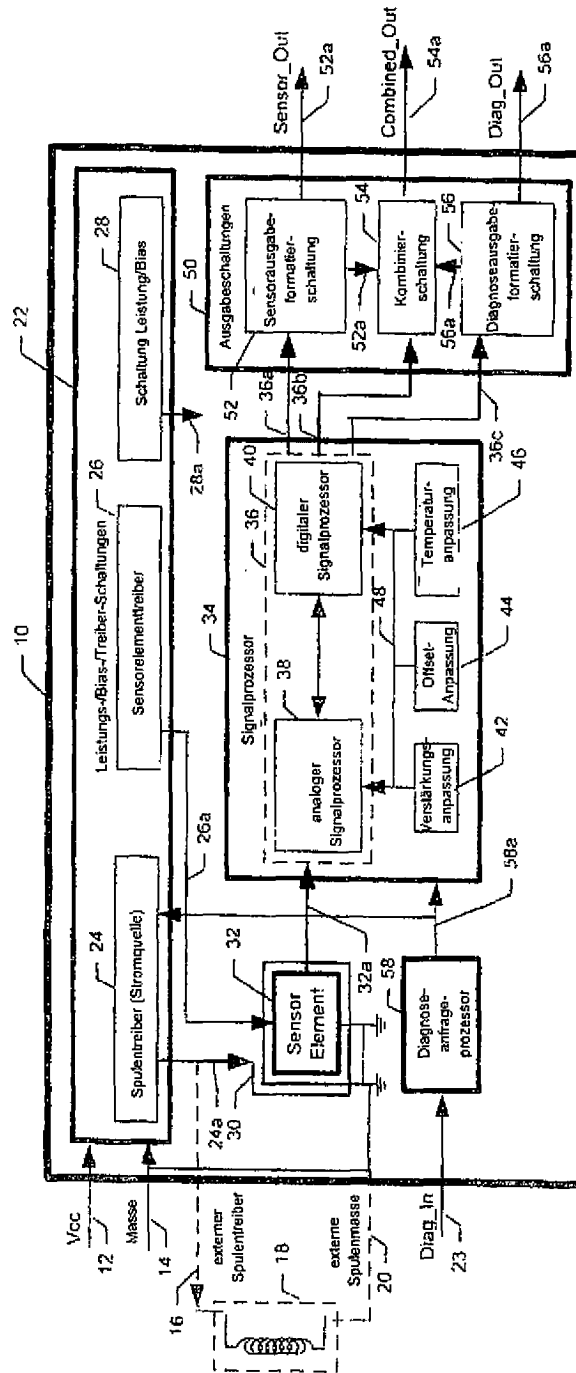


FIG. 1

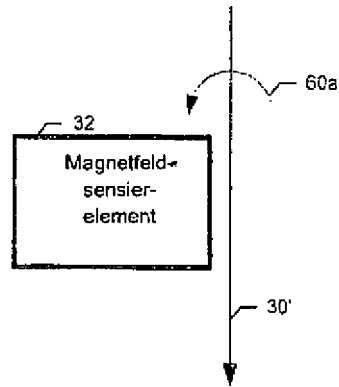


FIG. 2

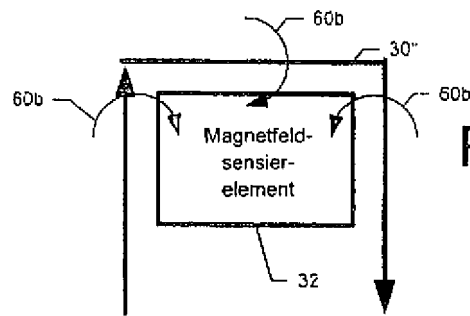


FIG. 2A

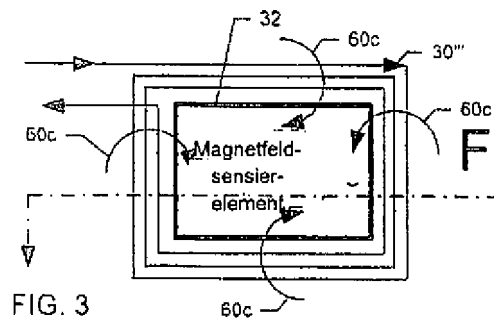


FIG. 2B

FIG. 3

FIG. 3

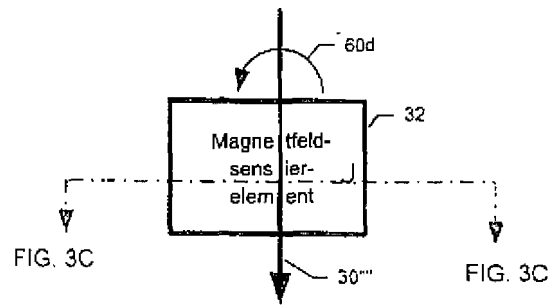


FIG. 2C

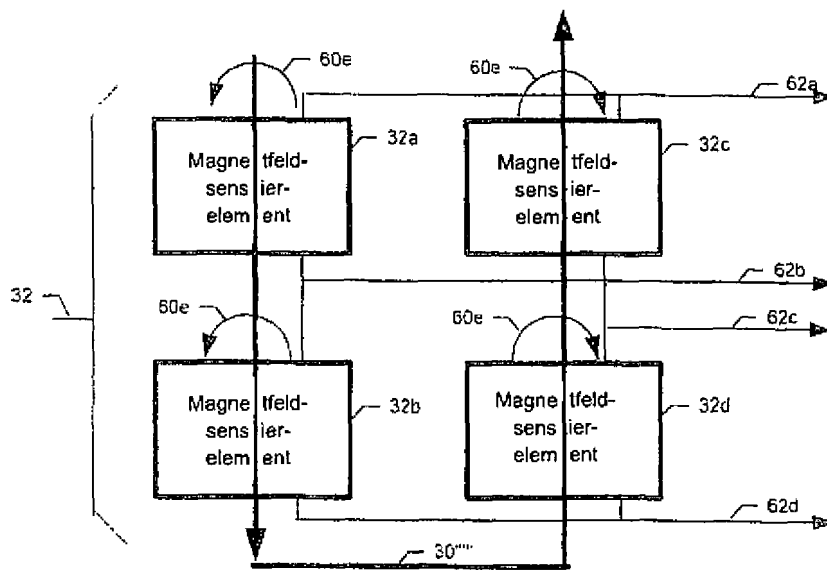
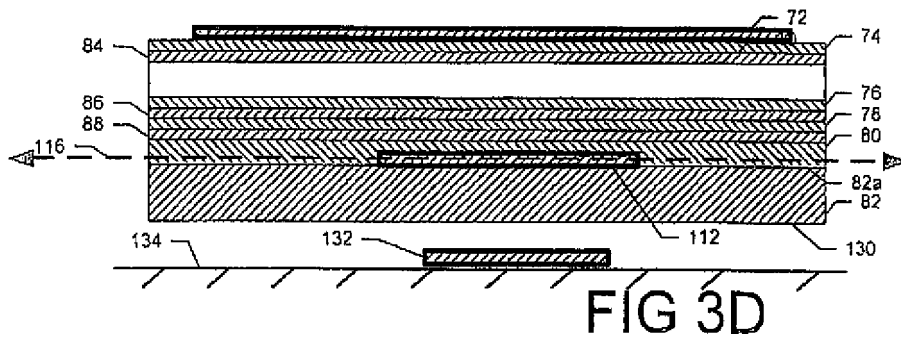
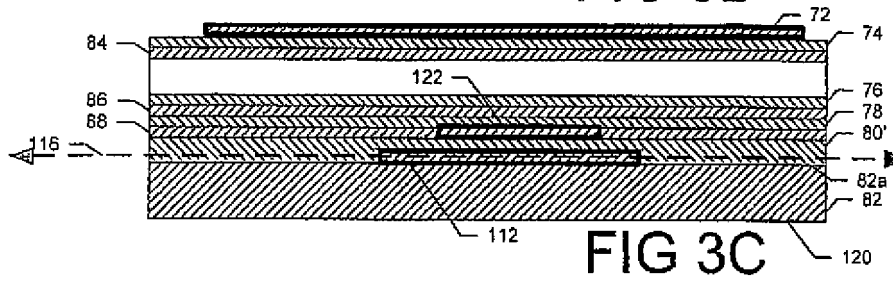
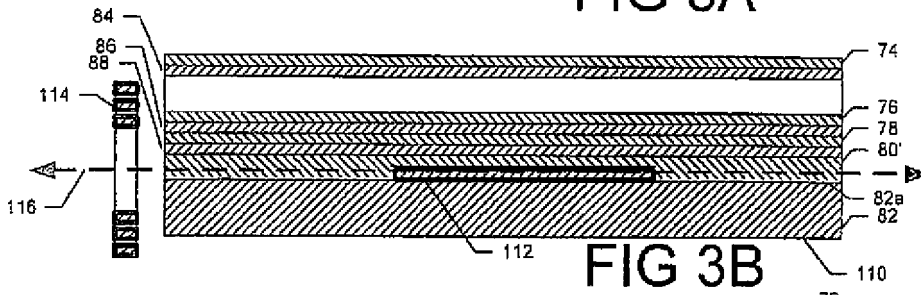
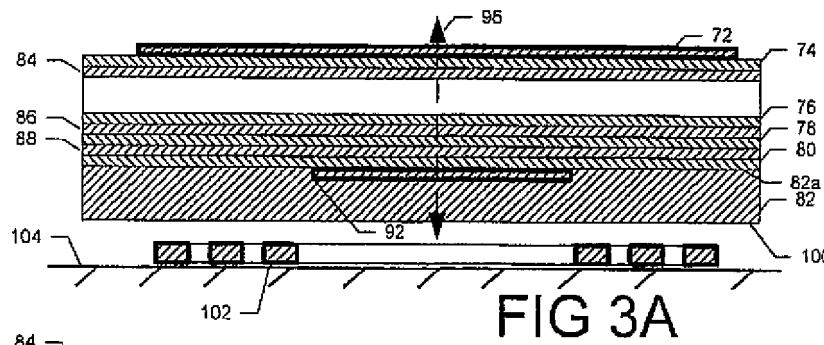
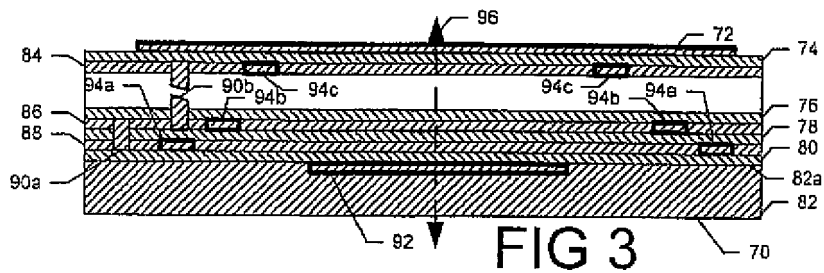


FIG. 2D



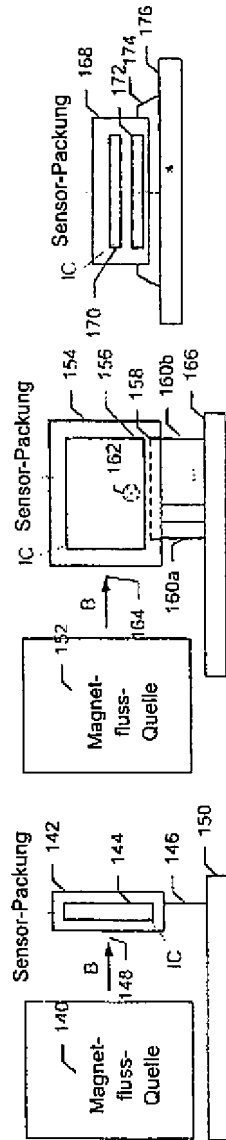


FIG. 3E FIG. 3F FIG. 3G

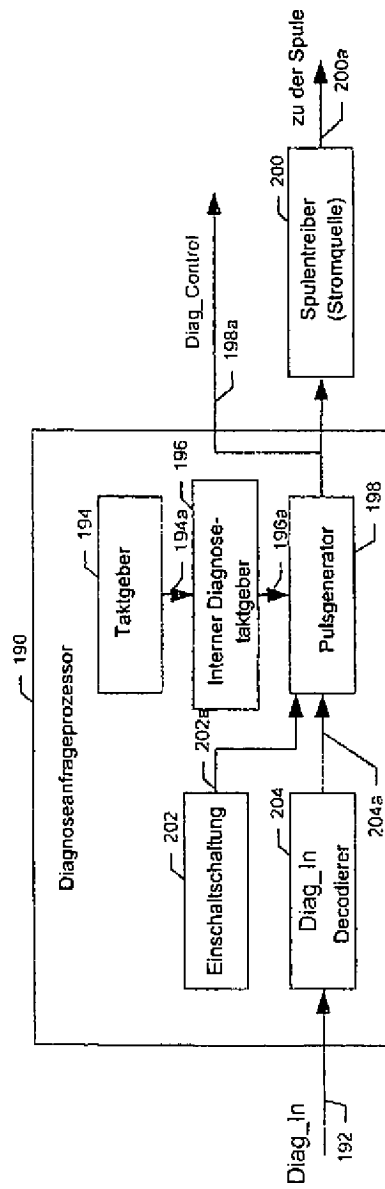


FIG. 4

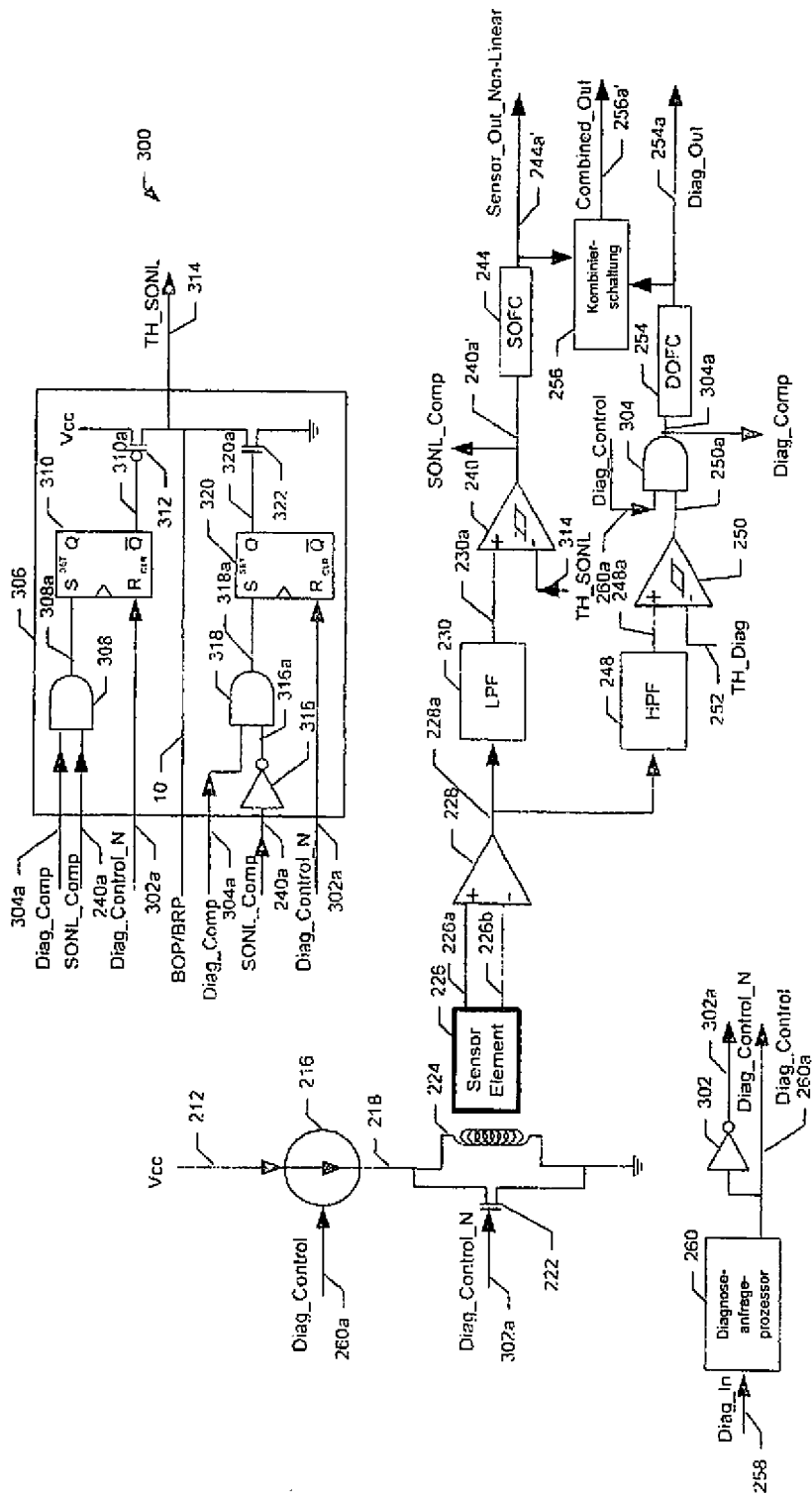


FIG. 5A

350

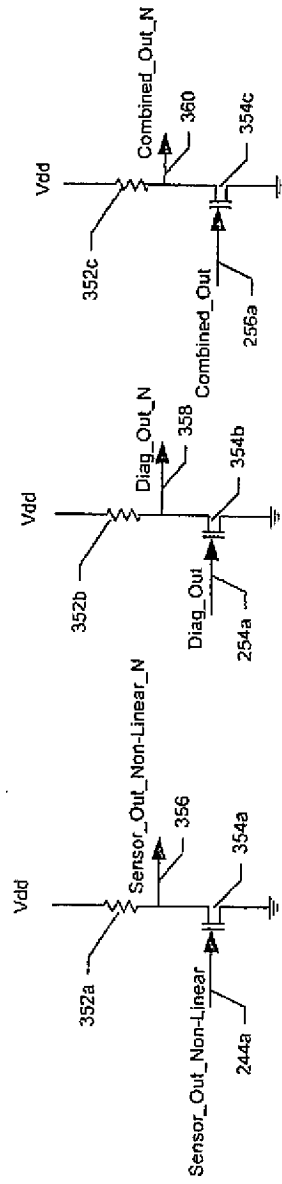


FIG. 5B

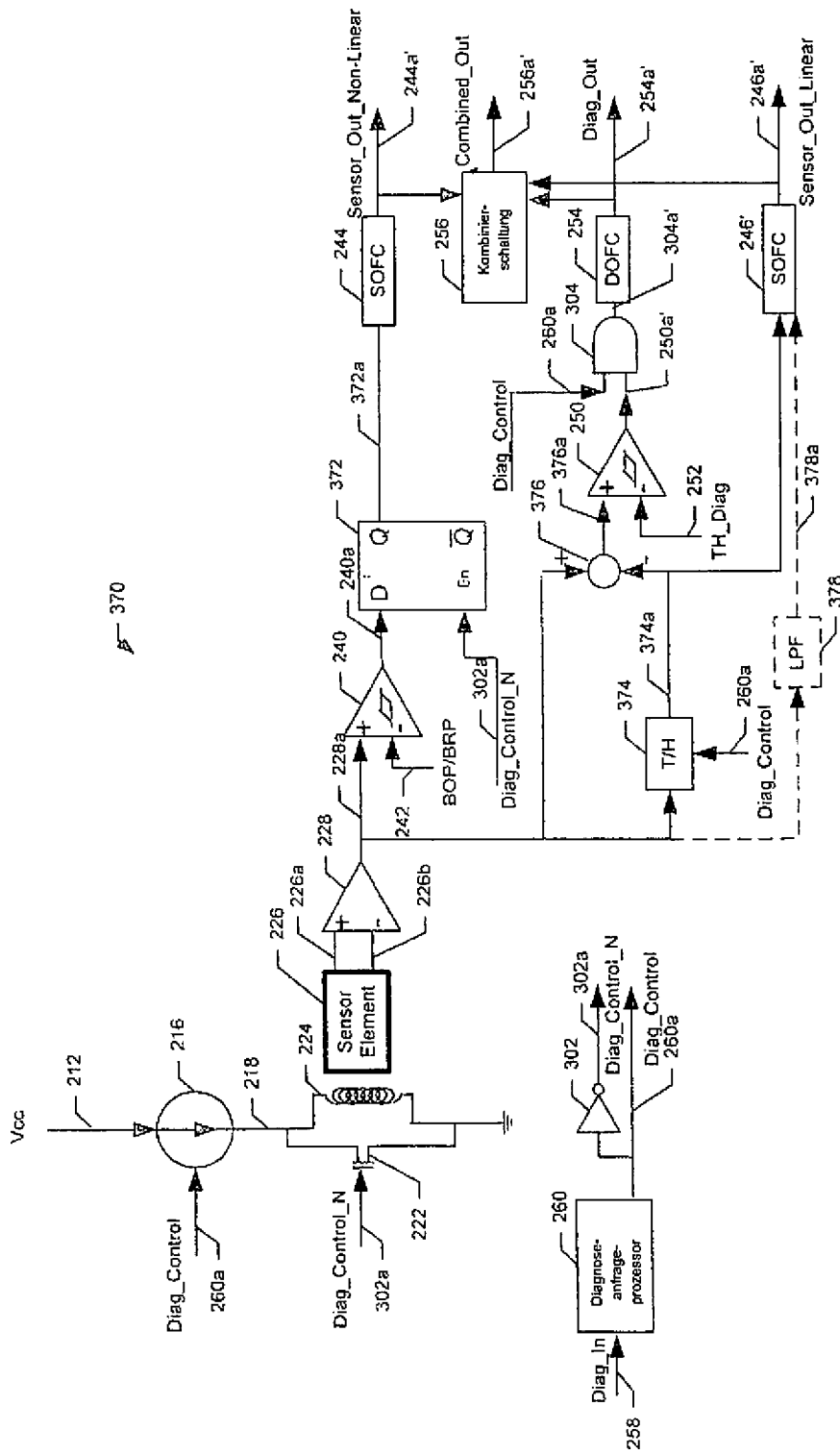
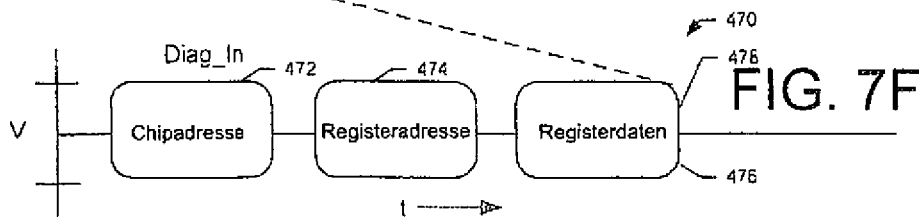
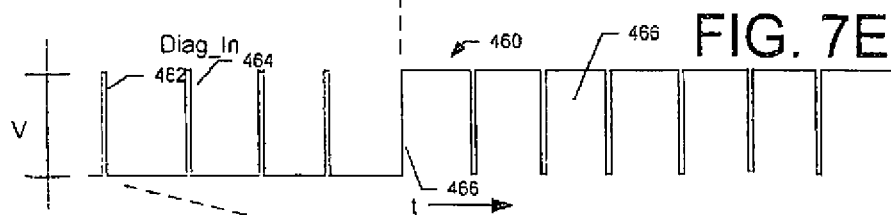
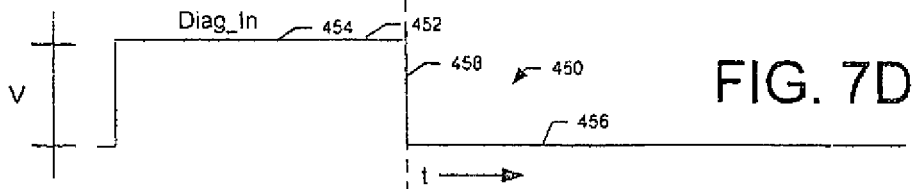
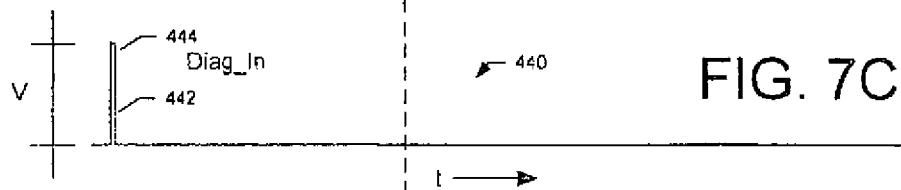
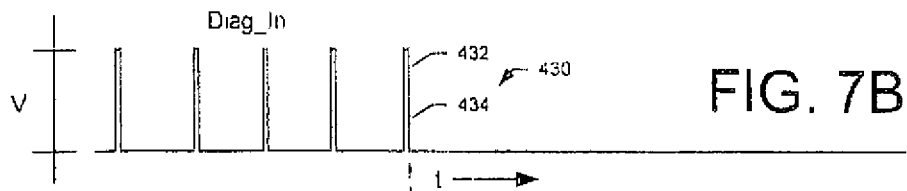
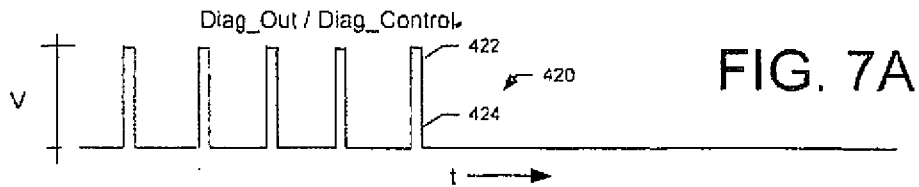
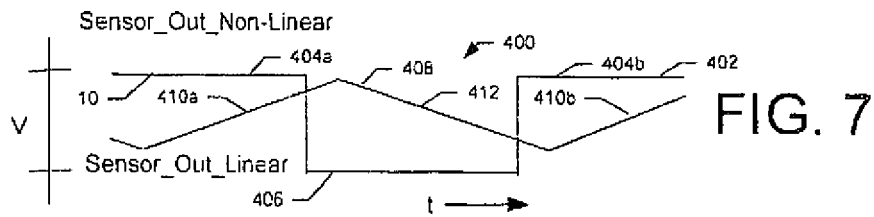
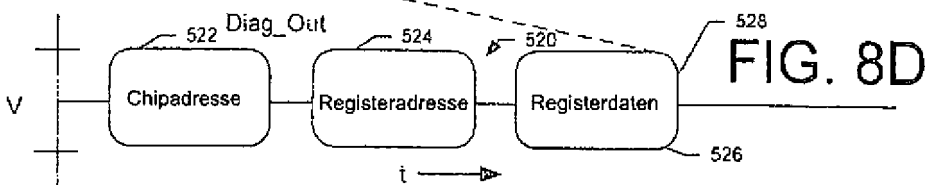
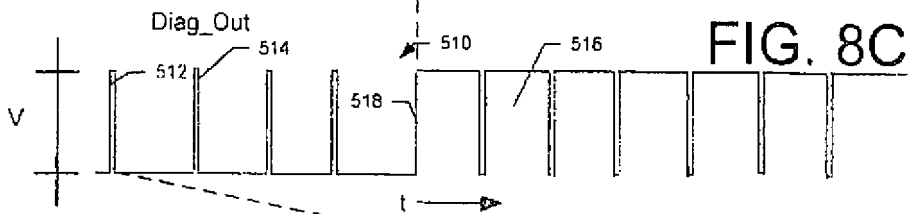
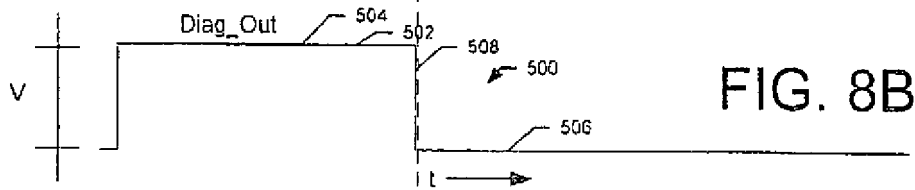
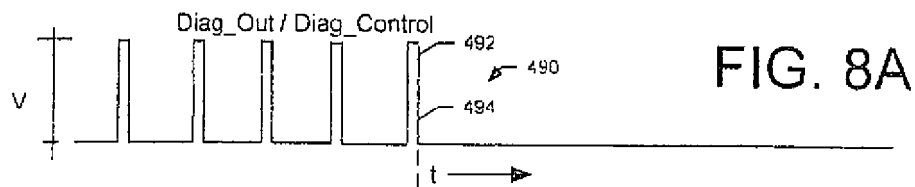
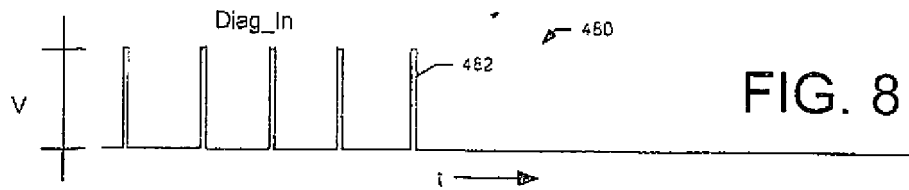
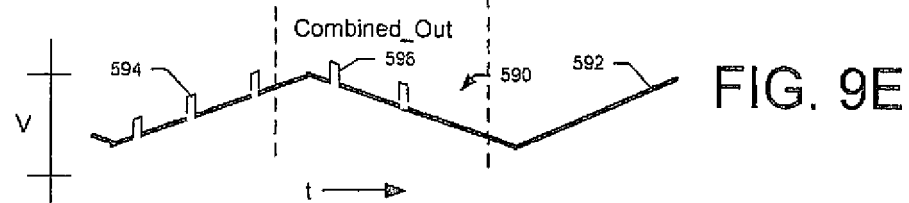
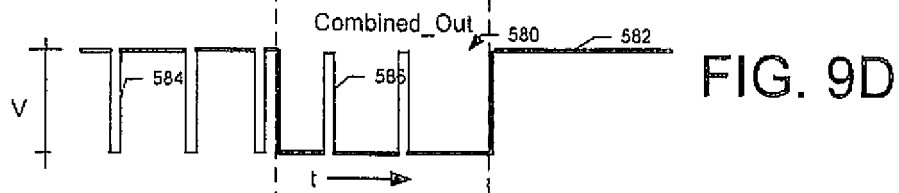
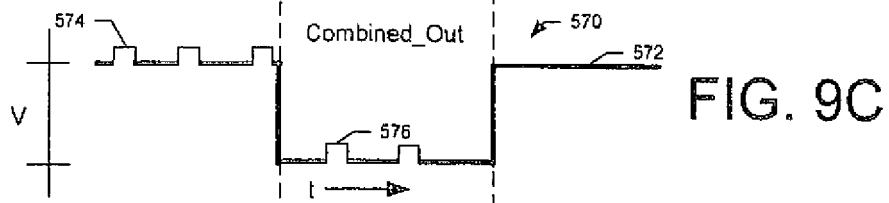
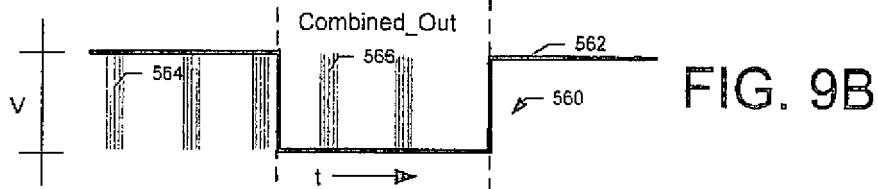
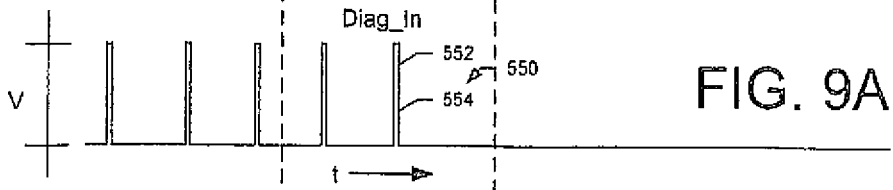
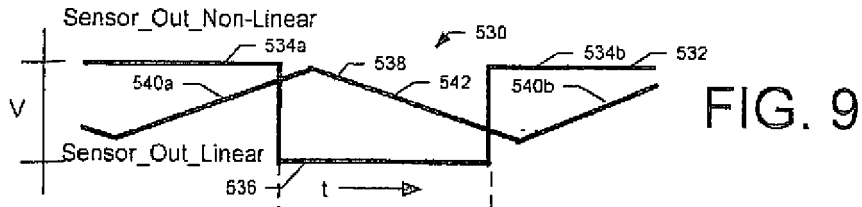
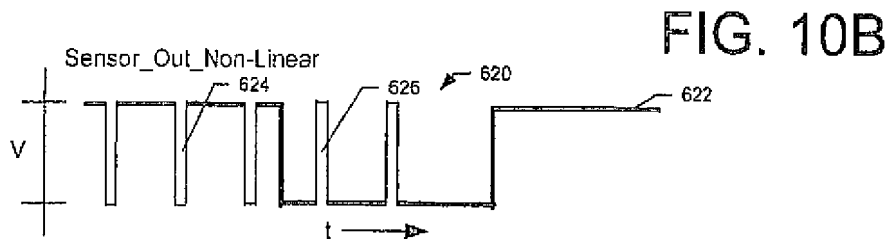
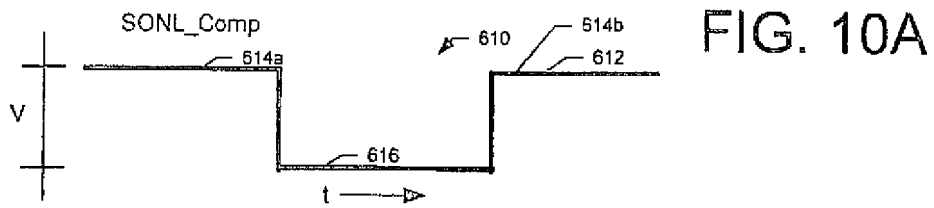
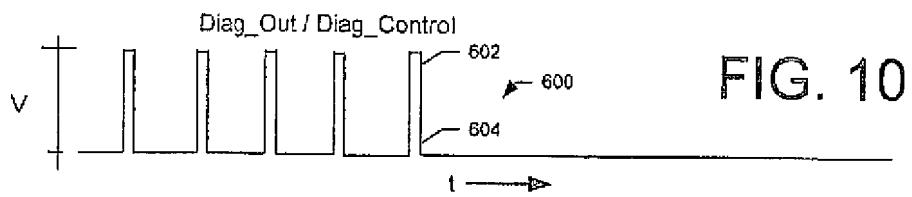


FIG. 6









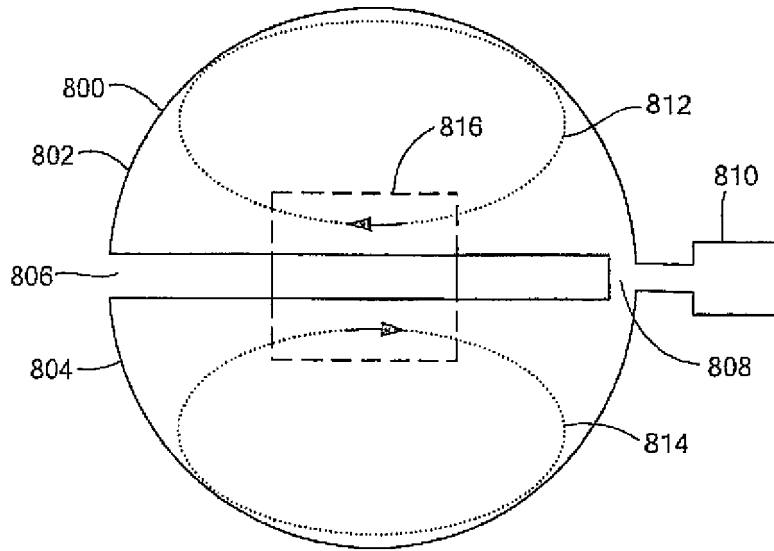


FIG. 11

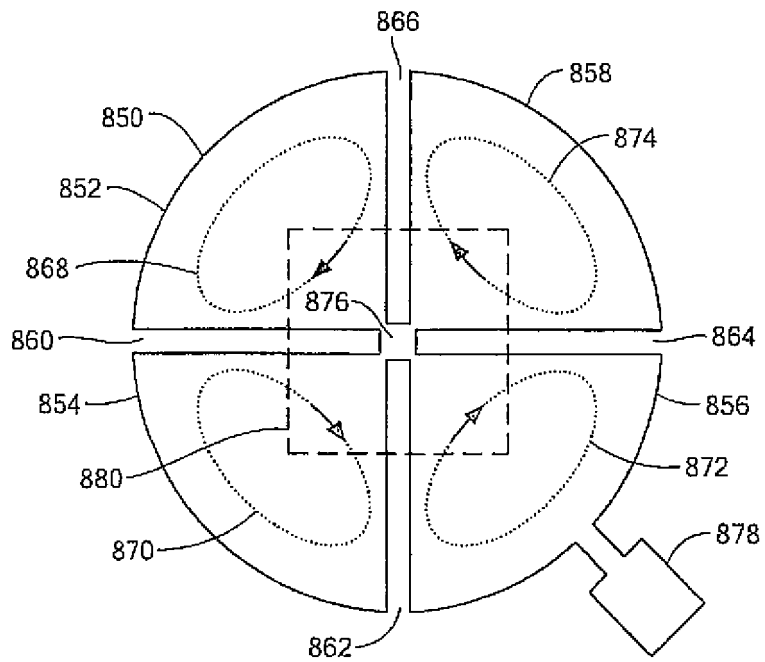


FIG. 12

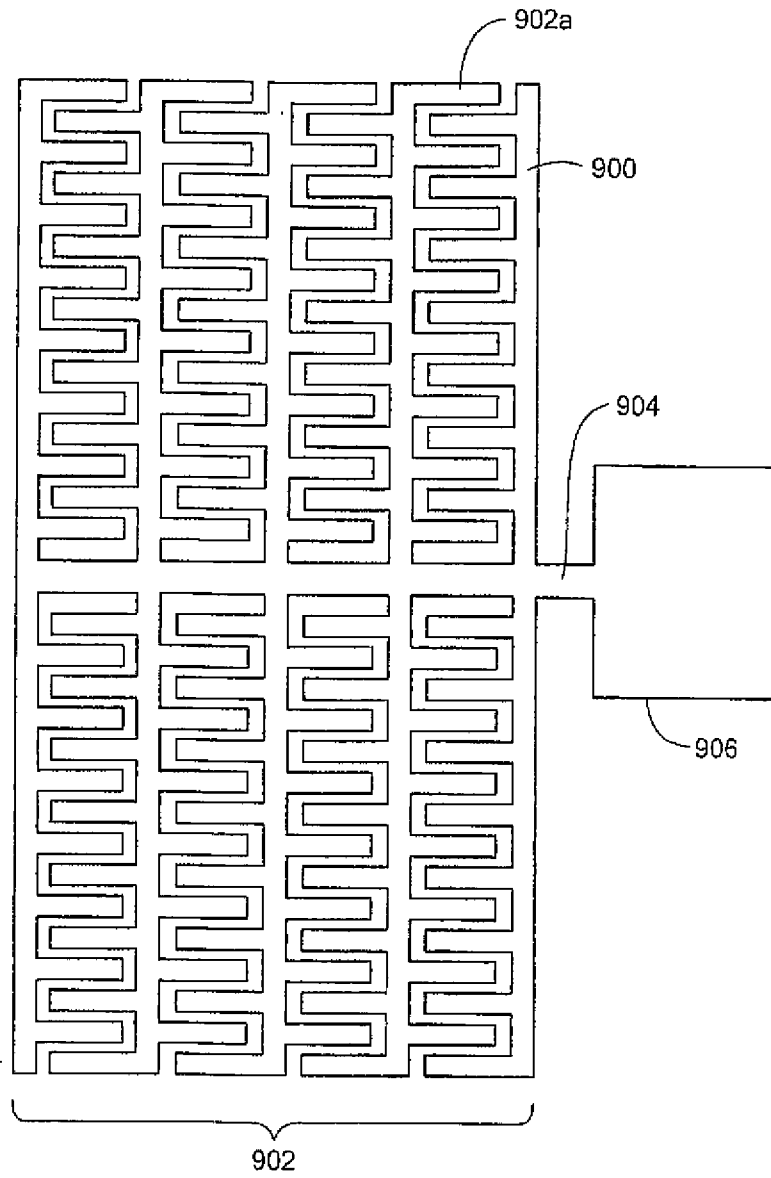


FIG. 13

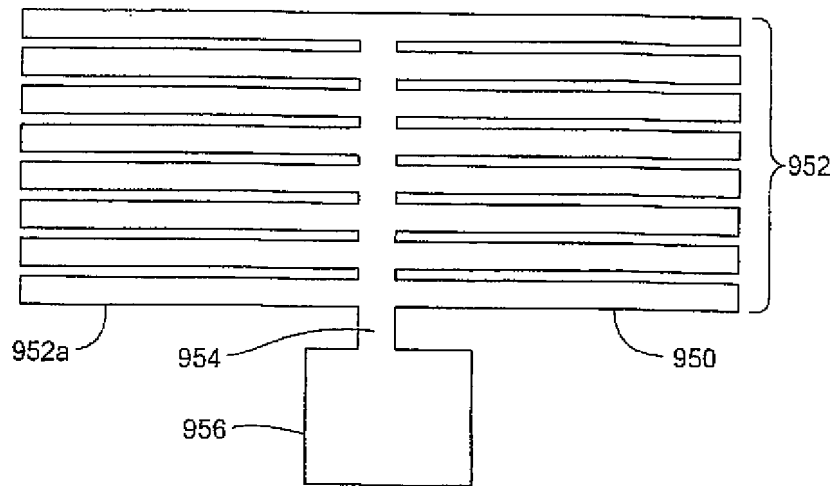


FIG. 14

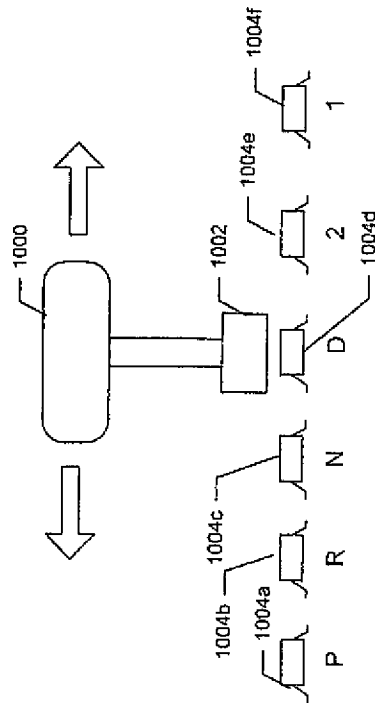


FIG. 15

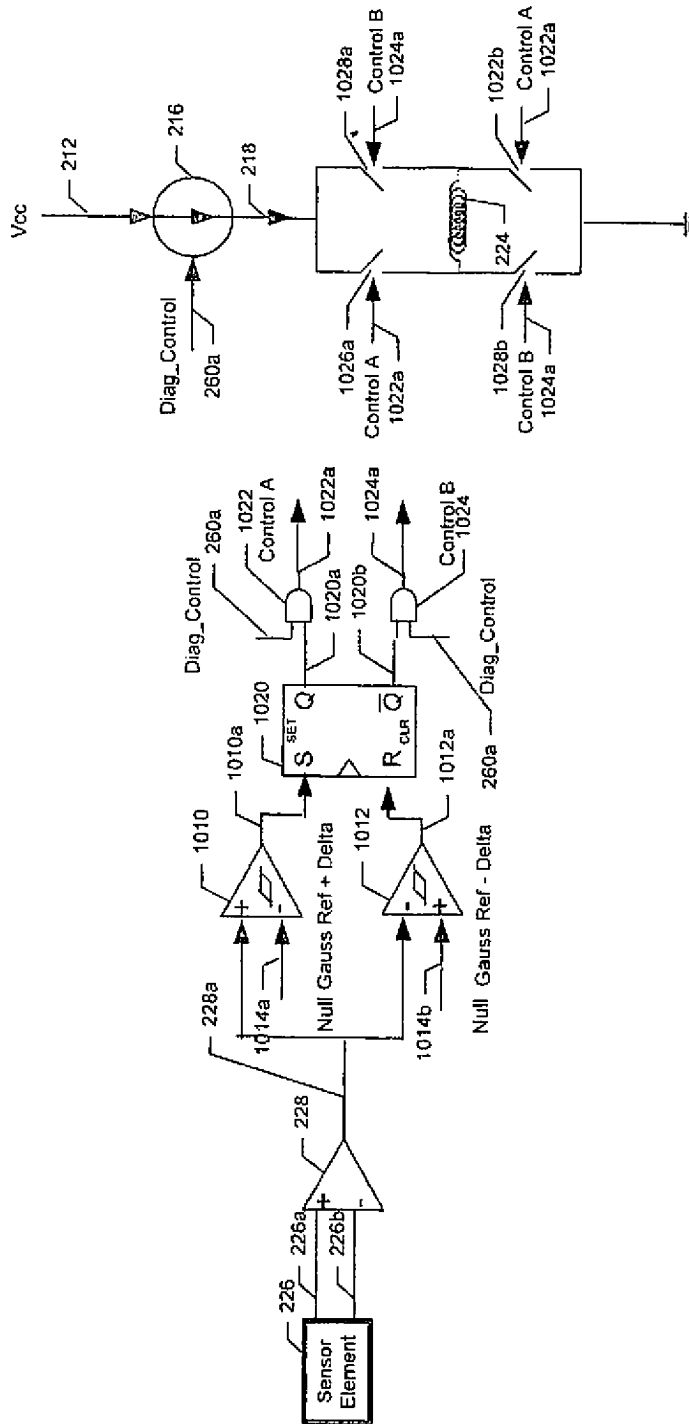


FIG. 16