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

(10) **DE 697 34 128 T2** 2006.06.29

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 813 070 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 34 128.3**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 109 476.8**
(96) Europäischer Anmeldetag: **11.06.1997**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.12.1997**
(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **07.09.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.06.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G01R 33/09*** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
14942796 **11.06.1996** **JP**

(73) Patentinhaber:
Japan Science and Technology Corp., Kawaguchi, Saitama, JP

(74) Vertreter:
Fiener, J., Pat.-Anw., 87719 Mindelheim

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(72) Erfinder:
Mohri, Kaneo, Tenpaku-ku, Aichi 468, JP

(54) Bezeichnung: **Magnetischer Fühler mit CMOS-Multivibrator**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung:

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf kompakte magnetische Fühler mit niedrigem Eigenverbrauch, die eine hohe Empfindlichkeit und hohe Ansprechgeschwindigkeit aufweisen. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf Hochleistungs-Mikromagnetfühler wie Magnetaufzeichnungsköpfe für Computer und Informationsgeräte; magnetische Abtastköpfe für Drehcodiereinrichtungen; und magnetische Abtastköpfe, die bei der Produktionsautomatisierung verwendet werden, um die Messung zur physischen Verteilung, zerstörungsfreie Magnetinspektion etc. auszuführen.

[0002] Von Computern und Informationsgeräten wird eine drastisch erhöhte Speicherkapazität verlangt, um multimediale Techniken zu bewältigen. Daher gibt es auf dem Gebiet der Magnetplattenspeicher eilige Bestrebungen, Magnetköpfe durch Magnetoresistenz-(MR-)Elemente zu ersetzen. Eine andere Tendenz ist die Anwendung eines riesigen Magnetoresistenzeffektes (GMR), um einen hochempfindlichen Magnetkopf zu erhalten, mit der Erwartung, bis etwa 2010 eine Festplatteneinheit mit einer Speicherdichte von 10 Gigabit/Quadratzoll zu realisieren. Zum Erhalt einer Festplatteneinheit mit einer größeren Speicherdichte als 10 Gigabit/Quadratzoll wird ein Magnetkopf mit höherer Empfindlichkeit benötigt, und ein Magnetoimpedanz-(MI-)Element ist ein vielversprechender Kandidat für einen derartigen Magnetkopf.

[0003] Unterdessen entsteht auf dem Gebiet der technischen Instrumente/Steuerung sowie auf dem Gebiet der Messung bezogen auf Medizin, Umwelt, Katastrophenverhütung, zerstörungsfreie Inspektion etc. ein starker Leistungsbedarf, um Magnetfelder mit einer Stärke von einem Mikrogauß bis zu einigen Gauß in einem Frequenzbereich von 0 bis 10 MHz zu erfassen.

[0004] In der Europäischen Union wurde im Januar 1996 eine Vorschrift hinsichtlich von elektronischer Ausrüstung ausgehender Erzeugung von elektromagnetischem Geräusch und entsprechender Exposition eingeführt, und seitdem ist die Nachfrage nach Fühlern stärker geworden, die imstande sind, sehr schwache elektromagnetische Wellen nachzuweisen.

[0005] Zum Erfassen eines schwachen Magnetfeldes oder einer Welle innerhalb des oben beschriebenen Frequenzbereiches kann ein mikrodimensionierter Kopf eines Hall-Elementes oder MR-Elementes verwendet werden. Die Empfindlichkeit eines solchen Kopfes ist jedoch unzureichend. Wenn ein Luftspaltfühler für einen derartigen Zweck verwendet wird, kann keine ausreichende Ansprechgeschwindigkeit erhalten werden. Beim Luftspaltfühler besteht auch das Problem, dass seine Empfindlichkeit völlig unzureichend wird, wenn er in einem Kopf mit kleinsten Abmessungen ausgebildet ist.

[0006] Zur Überwindung der oben beschriebenen Nachteile haben die Erfinder der vorliegenden Erfindung ein verbessertes Magnetoimpedanz-(MI-)Element vorgeschlagen (siehe japanische Offenlegungsschrift (kokai) Nr. 7-181239). Ein mikrodimensionierter Kopf, der von dem verbesserten MI-Element Gebrauch macht, besitzt eine Auflösung von einem Mikrogauß und eine hohe Ansprechempfindlichkeit von 1 MHz, wodurch ein großer Abschnitt des geforderten Bereiches zur Magnetfeld-Gleichrichtung abgedeckt wird. Die Leistungsaufnahme des mikrodimensionierten Kopfes beträgt nur ca. 30–50 mW.

[0007] Da der oben beschriebene MI-Mikrosensor ein Hochleistungsfühler mit einer Auflösung von einem Mikrogauß und einer hohen Ansprechempfindlichkeit von 1 MHz ist, kann er viele der technischen Probleme bezogen auf neue Arten der auf vielen technischen Gebieten geforderten magnetischen Gleichrichtung lösen.

[0008] Demgemäß wird erwartet, dass MR-Elemente, Hall-Elemente und Luftspaltfühler, die noch verbreitet verwendet werden, in naher Zukunft durch MI-Elemente ersetzt werden, um fortgeschrittenere Systeme zu verwirklichen.

[0009] Es sind jedoch viele Probleme bezogen auf den Austausch von derzeit verwendeten Elementen durch MI-Elemente zu lösen.

[0010] Ein solches Problem ist die Schwierigkeit bei der Auslegung einer Abtastschaltung und rührt von der Notwendigkeit der Hochfrequenztechnologie her. Ein anderes Problem ist die Leistungsaufnahme für den Fall, dass viele MI-Elemente verwendet werden.

[0011] Das frühere Problem ist grundsätzlich durch die Verwendung eines Hochfrequenz-Magnetkopfes des Schwingungstyps gelöst worden, bei dem der Magnetkopf mittels einer Colpitts-Oszillatorschaltung oder einer Multivibratorschaltung angetrieben wird.

[0012] Es ist jedoch erwünscht, die Anzahl von Einzelteilen einer solchen elektronischen Schaltung weiter zu verringern.

[0013] Das letztere Problem ist weniger bedeutend, weil die Leistungsaufnahme eines einzelnen z. Zt. verfügbaren MI-Elementes ca. 30–50 mW beträgt, und dies ist niedrig genug für das Element selbst. Wenn jedoch beispielsweise in einem Informations-

gerät viele MI-Elemente verwendet werden, wird eine weitere Herabsetzung der maximal zulässigen Leistungsaufnahme des MI-Elementes in Betracht gezogen (z. B. auf weniger als 1 mW).

[0014] Zur Lösung dieser Probleme ist die Verwendung von Feldeffekttransistoren (FET, MOSFET) anstelle bipolarer Transistoren (BPT) in Betracht gezogen worden. Die oben beschriebenen Probleme können jedoch nicht einfach durch Ersetzen von BPT durch FET oder MOSFET gelöst werden, weil i. A. bewirkt werden muss, dass ein Erregerstrom von nicht weniger als einige Milliampere durch einen magnetischen Körper fließt, um die Magnetwirkung des magnetischen Materials ausreichend zu nutzen.

[0015] Das Konstruktionsprinzip des Fühlers sowie unterschiedliche Abtastschaltungen sind von K. Mohri et al. in "Sensitive and Quick Response Micro Magnetic Sensor Utilizing Magneto-Impedance in Co-Rich Amorphous Wires", IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 31, No. 2, März 1995, S. 1266–1275 erörtert.

WESEN DER ERFINDUNG

[0016] Angesichts der obigen Probleme ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen stabilen magnetischen Fühler mit geringer Leistungsaufnahme bereitzustellen, in dem ein komplementärer MOSFET-(CMOS-)Schwingkreis als Abtastschaltung verwendet wird, um ein MI-Element, wie z. B. einen amorphen Draht, durch Verwendung eines scharfen Impulsstroms in einem Übergangszustand von CMOS-Wechselrichtern ausreichend zu erregen, während der Erregerstrom in der Restperiode auf Null gehalten wird, indem die Merkmale der CMOS-Wechselrichter genutzt werden, wodurch in einem Dauerzustand kein Stromfluss bewirkt wird.

[0017] Zur Lösung der obigen Aufgabe stellt die vorliegende Erfindung einen magnetischen Fühler gemäß Anspruch 1 bereit. Er enthält eine Gleichstrom-Leistungsquelle, eine Multivibratorschaltung, die sich aus zwei CMOS-Wechselrichtern, einem Widerstand und einem Kondensator zusammensetzt, wobei jeder der CMOS-Wechselrichter sich aus einem pMOS-Transistor und einem nMOS-Transistor, die in Reihe geschaltet sind, und einem Magnetoimpedanzelement (nachstehend als "MI-Element" bezeichnet) zusammensetzt. In einem auf Schaltvorgänge der CMOS-Wechselrichter zurückführbaren Übergangszustand wird bewirkt, dass ein scharfer Impulsstrom durch das MI-Element fließt, um so das MI-Element ausreichend anzuregen, wohingegen in einem Dauerzustand der Fluss des Stroms durch die CMOS-Wechselrichter unterbrochen wird, um so die Leistungsaufnahme zu verringern.

[0018] Vorzugsweise ist die Multivibratorschaltung eine solche mit Eigenschwingung. Noch bevorzugter ist die Multivibratorschaltung eine astabile Multivibratorschaltung.

[0019] Vorzugsweise sind eine Schottky-Diode und eine Gleichrichtungsschaltung an den Ausgangsanschluss des MI-Elementes angeschlossen, um eine Gleichstrom-Ausgangsspannung zu liefern.

[0020] Die vorliegende Erfindung stellt auch einen magnetischen Fühler gemäß Anspruch 6 bereit. Er schließt ein: eine erste Multivibratorschaltung, die sich aus einem ersten Paar CMOS-Wechselrichter, einem ersten MI-Element, einem ersten Widerstand und einem ersten Kondensator zusammensetzt, wobei jeder der CMOS-Wechselrichter sich aus einem pMOS-Transistor und einem nMOS-Transistor zusammensetzt, die in Reihe geschaltet sind; eine zweite Multivibratorschaltung, die sich aus einem zweiten Paar CMOS-Wechselrichter, einem zweiten MI-Element, einem zweiten Widerstand und einem zweiten Kondensator zusammensetzt, wobei jeder der CMOS-Wechselrichter sich aus einem pMOS-Transistor und einem nMOS-Transistor zusammensetzt, die in Reihe geschaltet sind; und eine Differenzverstärkerschaltung, die an die erste und die zweite Multivibratorschaltung angeschlossen ist, um eine Spannung entsprechend der Differenz zwischen den Ausgängen der ersten und der zweiten Multivibratorschaltung auszugeben.

[0021] Der magnetische Fühler gemäß der vorliegenden Erfindung weist die folgenden Vorteile auf:

(A) Da im Übergangszustand der CMOS-Wechselrichter erzeugter scharfer Impulsstrom zur Erregung des MI-Elementes verwendet wird, was einen Skineffekt verursacht, kann ein Ansprechen mit hoher Geschwindigkeit verwirklicht und dabei die Leistungsaufnahme auf einen extrem niedrigen Pegel gesenkt werden. Außerdem ist der magnetische Fühler hochempfindlich und sehr stabil.

(B) Da ein komplementärer CMOS-Schwingkreis als Abtastschaltung verwendet wird, fließt ein scharfer Impulsstrom (5–8 Nanosekunden), der im Übergangszustand der CMOS-Wechselrichter erzeugt wird, durch das MI-Element, wie z. B. einen amorphen Draht, und erregt es ausreichend. Da im eingeschwungenen Zustand kein Strom durch die CMOS-Wechselrichter fließt, kann die Leistungsaufnahme des MI-Elementes auf einen beachtlich niedrigen Pegel von 20 μW–0,5 mW gesenkt werden.

(C) Da die Schwellenwerte des pMOS- und des nMOS-Transistors, die jeden der CMOS-Wechselrichter bilden, mit der Temperatur in Gegenrichtung variieren, weist der durch die CMOS-Wechselrichter gebildete CMOS-Oszillator einen hohen Temperaturstabilitätsgrad auf. Da das MI-Element darüber hinaus in einer Leistungsversorgungsleitung zwischengeschaltet ist, beeinflusst das

MI-Element die Schwingung nicht nachteilig. Daher kann eine stabile Abtastschaltung erhalten werden.
(D) Als MI-Element kann ein mikrodimensioniertes MI-Element, wie z. B. ein amorpher Draht, mit einem Durchmesser gleich oder kleiner 30 Mikron oder ein mittels Sputtern geformtes amorphes Dünnfilmelement verwendet werden.
(E) Da die Spannung von dem MI-Element, die wegen des Impulsstroms im Übergangszustand der CMOS-Wechselrichter induziert wird, ferner eine scharfe impulsartige Wellenform aufweist, entspricht die Ansprechgeschwindigkeit beim Erfassen von Abweichungen eines Magnetfeldes der Schwingfrequenz des CMOS-Multivibrators. Demgemäß kann ein magnetischer Fühler mit einer hohen Ansprechgeschwindigkeit erhalten werden.
(F) Es ist möglich, einen Mikro-Magnetfühler mit hoher Leistung zu erhalten, der durch Verwendung einer Batterie oder durch kombinierte Verwendung einer kompakten Solarzelle und einer kleinen Batterie betrieben werden kann und daher transportabel ist und energiebezogen selbstständig ist.
(G) Der CMOS-MI-Fühler verbraucht eine relativ geringe Leistung, und daher ist die vom Fühler selbst generierte Wärmemenge sehr klein. Demgemäß ist die Temperaturstabilität des Fühlers sehr hoch und das vom Fühler erzeugte elektrische Rauschen gering, woraus sich ein verbesserter Rauschabstand bei der Gleichrichtung eines Magnetfeldes ergibt.

[0022] Im Zusammenwirken mit einem Mikromagneten kann der magnetische Fühler der vorliegenden Erfindung auf vielen technischen Gebieten, wie z. B. bei Computern und Informationsgeräten, zur Gleichrichtung schwacher Hochfrequenz-Magnetfelder, präzisen Gleichrichtung einer Richtung oder eines Winkels, Gleichrichtung von Verlagerung, Geschwindigkeit oder Beschleunigung verwendet werden.

[0023] Impufsmagnetisierung von MI-Elementen wird auch mit Differenzierung der Rechteck-Ausgangsspannung des CMOS-Multivibrators ausgeführt, wobei die Impulsspannung durch einen Wechselrichter verstärkt und dann an die MI-Elemente angelegt wird.

[0024] Vorspannen oder Setzen des Arbeitspunktes des MI-Elementes wird ausgeführt, indem ein magnetisches Gleichfeld zusammen mit der MI-Element-Längenrichtung angelegt wird, oder derselbe Impulsstrom an eine Spule angelegt wird, die um das MI-Element herum angeordnet ist, durch das hindurch der Impulsstrom angelegt wird.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0025] Fig. 1(a)–Fig. 1(c) sind Schaltbilder, die einen CMOS-MI-Fühler gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigen;

[0026] Fig. 2 ist ein Schaltbild, das einen CMOS-MI-Fühler für eine Drehcodiereinrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0027] Fig. 3(a) und Fig. 3(b) sind Photographien, die die Ausgangsspannung des CMOS-MI-Fühlers gemäß der zweiten Ausführungsform zeigen;

[0028] Fig. 4 ist ein Kennlinien-Schaubild, das Abweichungen der Gleichrichtungsspannung Eo mit an den CMOS-MI-Fühler gemäß der zweiten Ausführungsform angelegtem externen Magnetfeld Hex zeigt;

[0029] Fig. 5 ist ein Schaltbild, das einen CMOS-MI-Fühler gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0030] Fig. 6 ist eine Photographie, die den Ausgang des CMOS-MI-Fühlers gemäß der dritten Ausführungsform zeigt, wobei das Oberflächen-Magnetfeld eines Ringmagneten für eine Drehcodiereinrichtung durch zwei MI-Elemente gleichgerichtet ist, die das Rotormagnetfeld eines Ringmagnet-Antriebsmotors aufheben;

[0031] Fig. 7 ist ein Schaltbild, das einen CMOS-IC-MI-Magnetfühler mit amorphem Drahtkopf gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0032] Fig. 8 ist eine Wellenform, die das lokalisierte Dreieckfeld in Feldgleichrichtung an MI-Fühlern des Differenztyps zeigt;

[0033] Fig. 9 ist eine Wellenform, die das E-Aus in der inneren Gleichrichtung am MI-Fühler des Differenztyps zeigt; und

[0034] Fig. 10 ist ein Diagramm, das die Feldgleichrichtungskennlinie des MI-Fühlers unter Verwendung einer negativen Rückkopplungsschleife am MI-Fühler mit absoluter Feldgleichrichtung zeigt.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0035] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nun im Einzelnen mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben.

[0036] Fig. 1(a)–Fig. 1(c) zeigen Grundschaltungen, die einen MI-Mikrosensor ausmachen, der einen

aus CMOS-Wechselrichtern gebildeten Multivibrator-Schwingkreis verwendet, wobei Fig. 1(a) eine CMOS-Wechselrichterschaltung (NICHT-Schaltung) zeigt; Fig. 1(b) ein Torsymbol für NICHT-Logik zeigt; und Fig. 1(c) eine Grundschaltung des MI-Mikrosensors ist, in dem der in Fig. 1(a) und Fig. 1(b) gezeigte Wechselrichter verwendet wird.

[0037] Wie in Fig. 1(c) gezeigt, sind in Reihe geschaltet zwei CMOS-Wechselrichter **3** vorgesehen, und ein Widerstand R und ein Kondensator C sind an die CMOS-Wechselrichter **3** angeschlossen, um eine Multivibratorschaltung zu bilden. Wie in Fig. 1(a) gezeigt, setzt sich jeder der CMOS-Wechselrichter **3** aus einem pMOS-FET **1** und einem nMOS-FET **2** zusammen, die in Reihe geschaltet sind. Wie in Fig. 1(c) gezeigt, ist ferner ein MI-Element **5** zwischen die CMOS-Wechselrichter **3** und Masse geschaltet. Das MI-Element **5** kann zwischen eine Gleichstrom-Leistungsquelle V_{cc} und die CMOS-Wechselrichter **3** geschaltet sein. In der in Fig. 1(c) gezeigten Schaltung fließt ein scharfer Impulsstrom mit einer Impulsbreite von einigen Nanosekunden während Übergangsperioden durch das MI-Element **5**, wenn die CMOS-Wechselrichter **3** auf EIN oder AUS schalten.

[0038] Als Nächstes wird die Betriebsweise der Schaltung spezifischer beschrieben.

[0039] Wenn in einem gewöhnlichen Schwingzustand die Eingangsspannung V_1 des linksseitigen CMOS-Wechselrichters **3** und die Ausgangsspannung V_0 des rechtsseitigen CMOS-Wechselrichters **3** beide Null sind, ist die Ausgangsspannung V_2 des linksseitigen CMOS-Wechselrichters **3**, die als Eingangsspannung des rechtsseitigen CMOS-Wechselrichters **3** dient, V_{cc}. Wenn dagegen die Eingangsspannung V_1 des linksseitigen CMOS-Wechselrichters **3** und die Ausgangsspannung V_0 des rechtsseitigen CMOS-Wechselrichters **3** beide V_{cc} sind, ist die Ausgangsspannung V_2 des linksseitigen CMOS-Wechselrichters **3**, die als Eingangsspannung des rechtsseitigen CMOS-Wechselrichters **3** dient, gleich Null.

[0040] Die Wechselrichter der Multivibratorschaltung führen ihre Schaltvorgänge folgendermaßen durch: Wenn die Eingangsspannung eine Schwellenspannung V_{th} übersteigt, schaltet der pMOS-FET **1** auf AUS, während der nMOS-FET 2 auf EIN schaltet (gesättigter Zustand). Wenn die Eingangsspannung niedriger wird als die Schwellenspannung V_{th}, schaltet der pMOS-FET **1** auf EIN (gesättigter Zustand), während der nMOS-FET 2 auf AUS schaltet. Die Schwellenspannung V_{th} beträgt 30–60% der Gleichstrom-Leistungsquellenspannung V_{cc}.

[0041] Unmittelbar nachdem die Spannungen V_1 und V_0 in der Multivibratorschaltung V_{cc} werden und die Spannung V_2 Null wird, fließt Strom von der Stromquelle über den rechtsseitigen Wechselrichter **3**, den Kondensator C, den Widerstand R und den linksseitigen Wechselrichter **3** in dieser Reihenfolge zu Masse, so dass der Kondensator C aufgeladen wird und die Spannung V_1 mit einer Geschwindigkeit entsprechend der CR-Zeitkonstanten V_{cc} gegen Null abfällt. Wenn die Spannung V_1 die Schwellenspannung V_{th} erreicht, ändert der linksseitige CMOS-Wechselrichter **3** seinen Zustand, so dass die Spannung V_2 zu V_{cc} wird, und der rechtsseitige Wechselrichter **3** ändert seinen Zustand, so dass die Spannung V_0 Null wird.

[0042] Infolge dieses Schaltvorgangs fließt Strom von der Stromquelle über den linksseitigen Wechselrichter **3**, den Widerstand R, den Kondensator C und den rechtsseitigen Wechselrichter **3** in dieser Reihenfolge zu Masse, so dass der Kondensator C mit einer Geschwindigkeit entsprechend der CR-Zeitkonstanten in Gegenrichtung aufgeladen wird und die Spannung V_1 steigt. Wenn die Spannung V_1 die Schwellenspannung V_{th} übersteigt, ändert der linksseitige CMOS-Wechselrichter **3** seinen Zustand, so dass die Spannung V_2 Null wird, und der rechtsseitige Wechselrichter **3** ändert seinen Zustand, so dass die Spannung V_0 zu V_{cc} wird.

[0043] Durch Wiederholung des oben beschriebenen Schaltvorganges weist die Spannung V_0 eine Rechteck-Wellenform auf, in der Spannungswechsel zwischen V_{cc} und Null mit einer Frequenz von ungefähr $(1/2.2)\cdot CR$ wiederholt werden. In dieser CMOS-Multivibratorschaltung ist einer von pMOS-FET **1** und nMOS-FET 2 während eines gleichförmigen Betriebs zwischen einem bestimmten Schaltvorgang und einem nachfolgenden Schaltvorgang des CMOS-Wechselrichters **3** zwangsläufig im AUS-Zustand, und der von der Stromquelle fließende Strom wird während eines solchen Dauerzustands auf Null gehalten. Wenn der CMOS-Wechselrichter **3** einen Schaltvorgang ausführt, schalten der pMOS-FET **1** und der nMOS-FET **2** innerhalb einer kurzen Periode von einigen Nanosekunden beide auf EIN (ungesättigter Zustand), so dass ein scharfer Impulsstrom durch den CMOS-Wechselrichter **3** fließt.

[0044] Da die Schaltung derart ausgelegt ist, dass der Impulsstrom durch das MI-Element **5** fließt, wie z. B. einen amorphen Draht, kann das MI-Element **5** eine Magnetoimpedanzwirkung vorweisen, die vom Skineffekt herrührt. Gleichzeitig wird elektrische Leistung nur während einer kurzen Periode von einigen fanosekunden innerhalb jeder Periode der Multivibratorschwingung aufgenommen. Daher ist die Leistungsaufnahme des Mikrosensors extrem gering.

[0045] Als MI-Element **5** kann ein mikrodimensioniertes MI-Element verwendet werden, das in der japanischen Offenlegungsschrift (kokai) No. 7-181239

offenbart ist.

[0046] Beispiele für ein MI-Element **5** sind u. A. ein dünnes, langgestrecktes magnetisches Material wie amorpher Draht mit einem Durchmesser von 20–50 μm und ein amorpher magnetischer Dünnfilm mit einer Dicke von 1–4 μm. Wenn ein wegen des Übergangs der CMOS-Wechselrichter erzeugter Impulsstrom durch das MI-Element **5** fließt, weist das MI-Element den Skineffekt vor, so dass die Magnetoimpedanzwirkung erhalten werden kann, bei der die Impedanz des MI-Elementes unter Ansprechen auf ein an das magnetische Material in Längsrichtung davon angelegtes externes Magnetfeld Hex empfindlich ansteigt.

[0047] Im Dauerzustand, in dem der CMOS-Wechselrichter **3** im EIN- oder AUS-Zustand ist, fließt kein Strom durch den CMOS-Wechselrichter **3**; daher ist die elektrische Leistungsaufnahme sehr gering. Da die Impulsbreite (5–8 Nanosekunden) des wegen des Übergangs des CMOS-Wechselrichters **3** erzeugten Impulsstroms nicht von der Schwingfrequenz $f \fallingdotseq 0{,}45/CR$ abhängt, ist der MI-Effekt oder die Magnetfeld-Gleichrichtungsempfindlichkeit ungeachtet der Schwingfrequenz weitgehend konstant.

[0048] Wenn die Schwingfrequenz gesenkt wird, nimmt demgemäß der innerhalb jeder Schwingungsperiode durch den Fühler fließende Strommittelwert ab, so dass die Leistungsaufnahme verringert werden kann, ohne die Magnetfeld-Gleichrichtungsempfindlichkeit herabzusetzen.

[0049] In der oben beschriebenen Ausführungsform wird ein aufgrund des Übergangs der CMOS-Wechselrichter erzeugter scharfer Impulsstrom an das MI-Element angelegt. Dies macht es zu einem magnetischen Fühler mit hoher Leistung, der eine hohe Empfindlichkeit und hohe Ansprechgeschwindigkeit aufweist und eine extrem kleine Menge elektrische Leistung aufnimmt.

[0050] Fig. 2 zeigt ein Schaltbild eines CMOS-MI-Fühlers für eine Drehcodiereinrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Fig. 3(a) zeigt die Ausgangsspannung des CMOS-MI-Fühlers in dem Fall, wo ein externes Magnetfeld Hex Null ist, und Fig. 3(b) zeigt die Ausgangsspannung des CMOS-MI-Fühlers in dem Fall, wo ein externes Magnetfeld Hex von 2 Oe angelegt ist. Fig. 4 zeigt Abweichungen der Gleichrichtungsspannung Eo (mV) mit einem an den CMOS-MI-Fühler angelegten externen Magnetfeld Hex (Oe).

[0051] Wie in Fig. 2 gezeigt, schließt der CMOS-MI-Fühler der vorliegenden Ausführungsform eine Multivibratorschaltung **13** ein, die dieselbe Struktur aufweist wie die in Fig. 1(c) gezeigte Multivibratorschaltung.

[0052] In der vorliegenden Ausführungsform wird ein handelsüblicher IC-Chip verwendet, der sechs CMOS-Wechselrichter mit hoher Geschwindigkeit aufweist, die jeweils eine Reaktionszeit von ca. 7,5 Nanosekunden haben. Von den sechs CMOS-Wechselrichtern werden zwei Wechselrichter **11** und **12** verwendet, um im Zusammenwirken mit einem Widerstand R und einem Kondensator C die Multivibratorschaltung **13** zu bilden. Zwischen die Wechselrichter **11** und **12** und Masse ist ein MI-Element **15** zwischengeschaltet. Das MI-Element **15** ist ein magnetostriktionsfreier amorpher Draht mit einem Durchmesser von 20 μm und einer Länge von 2 mm. Dieser amorphe Draht kann beispielsweise dadurch hergestellt werden, dass ein amorpher Draht nach dem Kaltziehen unter einer Zugspannung von 1 kg/mm^2 eine Minute lang bei 470°C erwärmt wird und der amorphe Draht anschließend gekühlt wird.

[0053] Wenn die Gleichstrom-Leistungsquellenspannung V_{cc} gleich 5 V ist, fließt periodisch ein scharfer Impulsstrom mit einer Stärke von ca. 20 mA und einer Halbwertbreite von ca. 8 Nanosekunden durch das MI-Element **15**. Aufgrund des durch den scharfen Impulsstrom bewirkten Skineffektes, wie in Fig. 3(a) und Fig. 3(b) gezeigt, schwankt die Stärke Vp der über das MI-Element **15** induzierten Impulsspannung bei einem externen Magnetfeld Hex erheblich (ca. 70%/Oe). Vp variiert mit der Zunahme/Abnahme des externen Magnetfeldes Hex fast ohne Hysterese, weil der Impulsstrom den amorphen Draht ausreichend in Umfangsrichtung erregen kann.

[0054] Die Impulsspannung, deren Stärke in Übereinstimmung mit dem externen Magnetfeld moduliert worden ist, wird in eine Gleichrichtungsschaltung **17** eingegeben, die sich aus einer Schottky-Diode SBD **16**, einem Widerstand R_1 und einem Kondensator C_1 zusammensetzt, wobei der Scheitelwert der Impulsspannung so gehalten ist, dass eine Gleichrichtungsspannung Eo entsprechend dem externen Magnetfeld Hex abgegeben wird.

[0055] Die Schwingfrequenz f_0 der Multivibratorschaltung **13** ist proportional zur Gleichstrom-Leistungsquellenspannung V_{cc} und dargestellt durch $f_0 \fallingdotseq 0{,}45/CR$. In dem in Fig. 5 gezeigten Fall beträgt die Schwingfrequenz f_0 ca. 220 kHz, wenn C = 100 pF und R = 20 kΩ. Wenn die Gleichstrom-Leistungsquellenspannung 2,5 V beträgt, ist der Mittelwert des durch den Fühler fließenden Stroms ca. 0,19 mA. Daher beträgt die Leistungsaufnahme nur 0,48 mW. Der IC, der die CMOS-Wechselrichter **11** und **12** einschließt, heißt 74AC04, der Widerstand R_1 der Gleichrichtungsschaltung **17** hat einen Widerstandswert von 510 kΩ, und der Kondensator C_1 der Gleichrichtungsschaltung **17** weist eine Kapazität von 1000 pF auf.

[0056] Wenn kein vormagnetisiertes Magnetfeld an das MI-Element **15** angelegt ist, schwankt die Gleichrichtungsspannung Eo symmetrisch mit dem externen Magnetfeld Hex; d. h., sie schwankt in gleicher Weise, ungeachtet der Richtung des externen Magnetfeldes Hex, wie in Fig. 4 gezeigt.

[0057] Fig. 5 zeigt ein Schaltbild eines CMOS-MI-Fühlers gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Fig. 6 zeigt den Ausgang des CMOS-MI-Fühlers gemäß der dritten Ausführungsform, in der das Oberflächen-Magnetfeld eines Ringmagneten für eine Drehcodiereinrichtung (Durchmesser: 19 mm, Anzahl von Polen: 100) durch zwei MI-Elemente gleichgerichtet ist, die das Rotormagnetfeld eines Ringmagnet-Antriebsmotors aufheben.

[0058] Wie in Fig. 5 gezeigt, setzt sich der CMOS-MI-Fühler der vorliegenden Ausführungsform vornehmlich aus einer ersten und einer zweiten Multivibratorschaltung **13** und **14** sowie einem Differenzverstärker **27** zusammen. Jede der ersten und der zweiten Multivibratorschaltung **13** und **14** weist dieselbe Struktur auf wie die in Fig. 1(c) gezeigte Multivibratorschaltung. Ein erstes MI-Element **21** aus amorphem Draht ist in einer Masseleitung ① der Multivibratorschaltung **13** angeordnet, während ein zweites MI-Element **22** aus amorphem Draht in einer Masseleitung ② der Multivibratorschaltung **14** angeordnet ist. Da an diese MI-Elemente **21** und **22** ein in derselben Richtung gleichstrom-vormagnetisiertes Magnetfeld angelegt wird, kann eine Differenz des Magnetfeldes zwischen den Masseleitungen ① und ② gleichgerichtet werden. Die MI-Elemente **21** und **22** sind jeweils aus einem amorphen Draht mit einem Durchmesser von 20 µm und einer Länge von 1 mm gefertigt. Die Bezugszeichen **23** und **24** bezeichnen jeweils eine Schottky-Diode (SBD), und die Bezugszeichen **25** und **26** bezeichnen jeweils eine aus einem Widerstand R_1 und einem Kondensator C_1 bestehende Gleichrichtungsschaltung. Die Schwingfrequenz f_0 der Multivibratorschaltungen **13** und **14** beträgt ca. 300 kHz, und die Gleichstrom-Leistungsquellenspannung V_{cc} ist 5 V.

[0059] Die Werte der Einzelteile in den Zeichnungen sind lediglich Beispiele.

[0060] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt. Zahlreiche Modifikationen und Variationen der vorliegenden Erfindung sind im Hinblick auf den Gedanken der vorliegenden Erfindung möglich, und sie sind nicht vom Schutzbereich der vorliegenden Erfindung ausgenommen.

[0061] Zum Beispiel kann anstelle der Verwendung des durch die Stromleitung fließenden Impulsstroms eine Impulsspannung benutzt werden, die durch Einsatz einer Differenzierungsschaltung durch Differenzieren einer Rechteckwellen-Spannungsausgabe von dem Multivibrator erhalten wird, wie in Fig. 7 gezeigt.

[0062] In Fig. 7 bilden R_D und C_D die Differenziereinrichtung. Die Impulsspannung wird durch noch einen Wechselrichter Q3 oder Q4 verstärkt oder vergrößert und dann an jedes MI-Element angelegt.

[0063] Fig. 8 ist eine Wellenform, die das lokalisierte Dreieckfeld in Feldgleichrichtung am MI-Fühler des Differenztyps zeigt; Fig. 9 ist eine Wellenform, die das E-Aus in der inneren Gleichrichtung am MI-Fühler des Differenztyps zeigt; und Fig. 10 ist ein Diagramm, das die Feldgleichrichtungskennlinie des MI-Fühlers unter Verwendung der negativen Rückkopplungsschleife am MI-Fühler mit absoluter Feldgleichrichtung zeigt.

Patentansprüche

1. Magnetischer Fühler, der umfasst:
(a) eine Gleichstrom-Leistungsquelle;
(b) eine erste Multivibratorschaltung; und
(c) ein Magnetoimpedanzelement (**5**, **15**, **21**),
dadurch gekennzeichnet, dass
die erste Multivibratorschaltung sich aus zwei CMOS-Wechselrichtern (**3**, **11**, **12**), einem Widerstand (R) und einem Kondensator (C) zusammensetzt, wobei jeder der CMOS-Wechselrichter sich aus einem pMOS-Transistor und einem nMOS-Transistor zusammensetzt, die in Reihe geschaltet sind; und
dass in einem auf Schaltvorgänge der CMOS-Wechselrichter zurückführbaren Übergangszustand bewirkt wird, dass ein scharfer Impulsstrom durch das Magnetoimpedanzelement fließt, um so das Magnetoimpedanzelement ausreichend anzuregen, wohingegen in einem Dauerzustand der Fluss des Stroms durch die CMOS-Wechselrichter unterbrochen wird, um so die Leistungsaufnahme zu verringern.

2. Magnetischer Fühler gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Multivibratorschaltung eine solche mit Eigenschwingung ist.

3. Magnetischer Fühler gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Multivibratorschaltung eine astabile Multivibratorschaltung ist.

4. Magnetischer Fühler gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Schottky-Diode (**16**, **23**) und eine Gleichrichtungsschaltung (R_1, C_1) an den Ausgangsanschluss des Magnetoimpedanzelementes angeschlossen sind, um eine Ausgangsspannung zu liefern.

5. Magnetischer Fühler gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass er umfasst:
– eine zweite Multivibratorschaltung (**14**), die sich aus

einem zweiten Paar CMOS-Wechselrichter, einem zweiten Magnetoimpedanzelement (**22**), einem zweiten Widerstand und einem zweiten Kondensator zusammensetzt, wobei jeder der CMOS-Wechselrichter sich aus einem pMOS-Transistor und einem nMOS-Transistor zusammensetzt, die in Reihe geschaltet sind; und
– eine Differenzverstärkerschaltung (**27**), die an die erste und die zweite Multivibratorschaltung angeschlossen ist, um eine Spannung entsprechend der Differenz zwischen den Ausgängen der ersten und der zweiten Multivibratorschaltung auszugeben.

6. Magnetischer Fühler, der eine Multivibratorschaltung umfasst, die sich zusammensetzt aus:
– einem Paar CMOS-Wechselrichter (Q1, Q2),
– einer Differenzierschaltung zum Erhalten einer Impulsspannung, die sich aus einem Differenzierschaltungswiderstand (R_D) und einem Differenzierschaltungskondensator (C_D) zusammensetzt,
– einem dritten CMOS-Wechselrichter (Q3) zum Verstärken oder Vergrößern der Impulsspannung,
– einem ersten Magnetoimpedanzelement mit einem ersten Widerstand, einem ersten Kondensator und einer ersten Schottky-Diode, die an einen Ausgangsanschluss des dritten CMOS-Wechselrichters angeschlossen ist.
– einem vierten CMOS-Wechselrichter (Q4) zum Verstärken oder Vergrößern der Impulsspannung,
– einem zweiten Magnetoimpedanzelement mit einem zweiten Widerstand, einem zweiten Kondensator und einer zweiten Schottky-Diode, die an einen Ausgangsanschluss des vierten CMOS-Wechselrichters angeschlossen ist, und
– einer Differenzverstärkerschaltung (Amp), die an den ersten und den zweiten Widerstand angeschlossen ist, um eine Spannung entsprechend der Differenz zwischen den induzierten Spannungen des ersten und des zweiten Magnetoimpedanzelementes auszugeben.

7. Magnetischer Fühler gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass er ferner eine Vorspannungsschaltung umfasst, die eine Spule einschließt, die um ein Magnetoimpedanzelement angeordnet ist, durch das ein scharfer Impulsstrom in Reihe mit dem Magnetoimpedanzelement angelegt wird.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1(a)

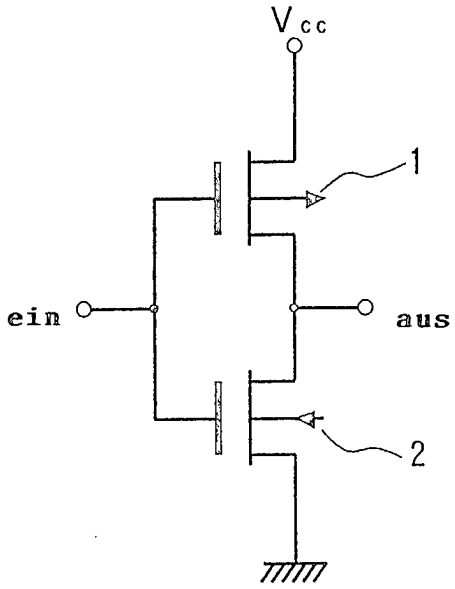


FIG.1(b)

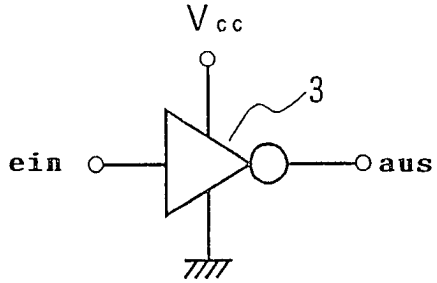


FIG.1(c)

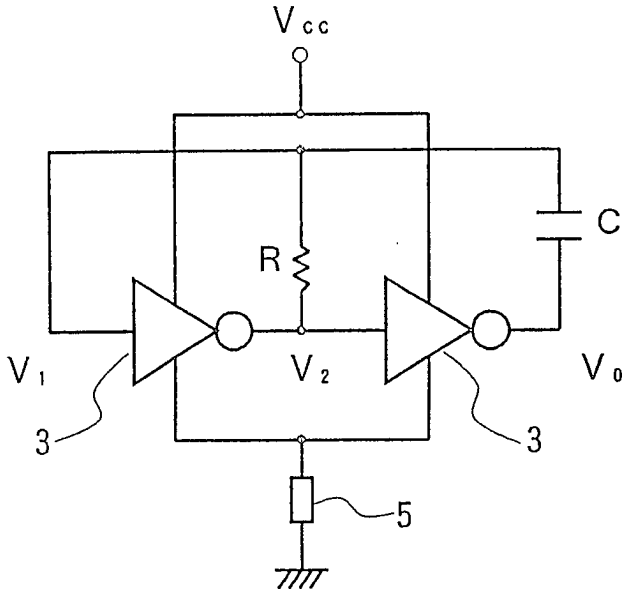


FIG. 2

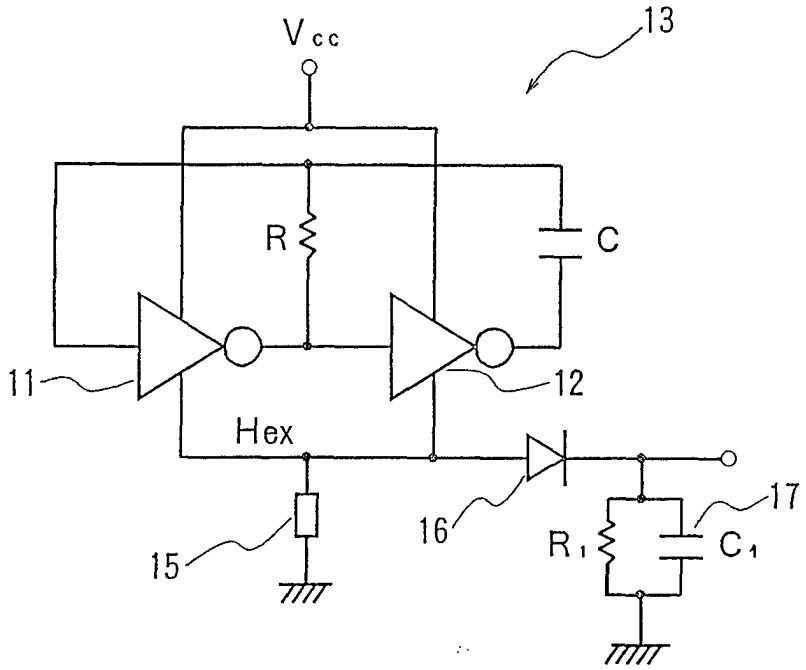

Vcc
13
R
C
11
12
Hex
15
16
17
R1
C1

FIG. 4

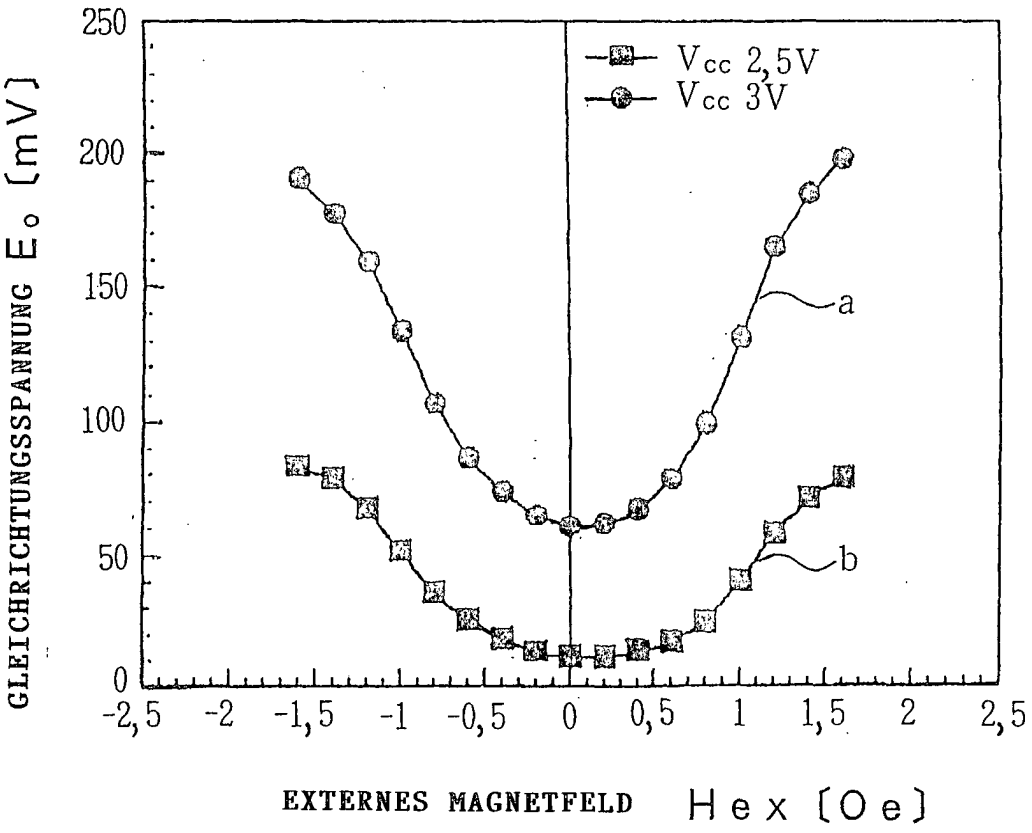

250
200
150
100
50
0
-2,5
-2
-1,5
-1
-0,5
0
0,5
1
1,5
2
2,5
Vcc 2,5V
Vcc 3V
a
b
GLEICHRICHTUNGSSPANNUNG Eo [mV]
EXTERNES MAGNETFELD Hex [Oe]

FIG. 3(a)

Hex = 0

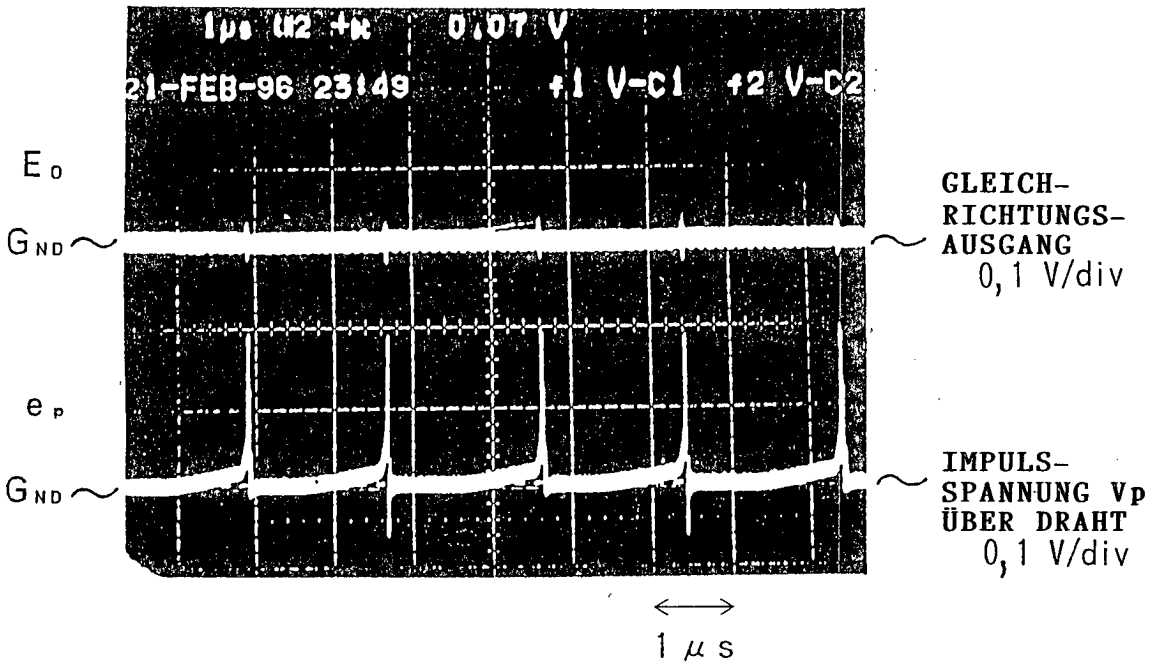


FIG. 3(b)

Hex ANGELEGT(2 Oe, MAGNET)

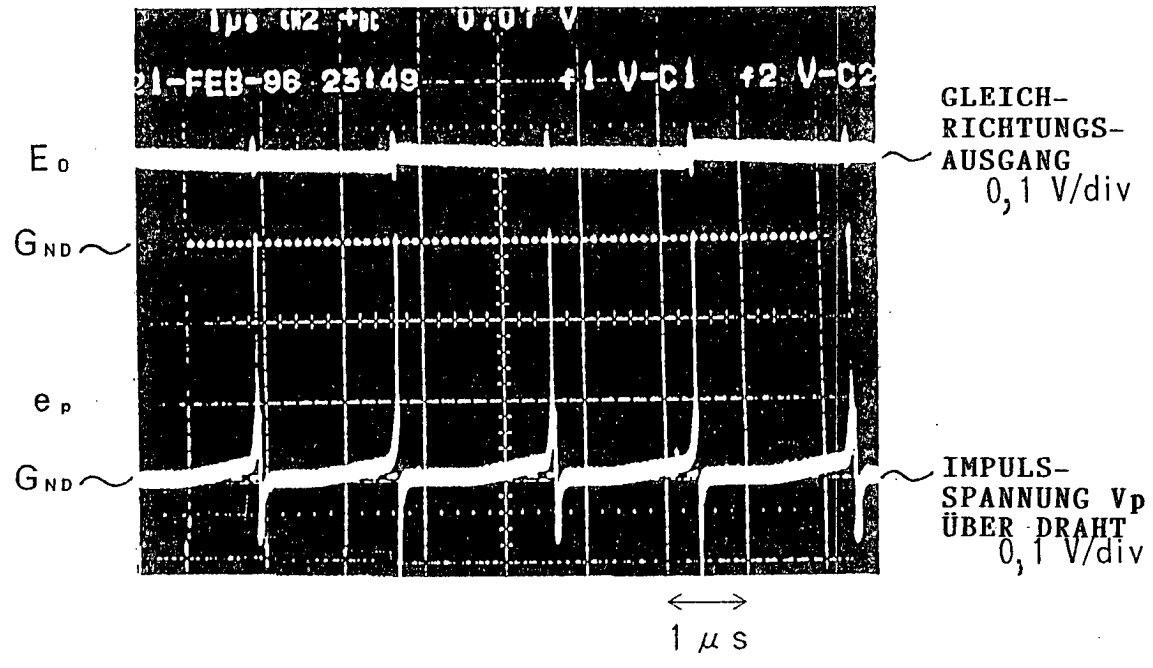


FIG. 5

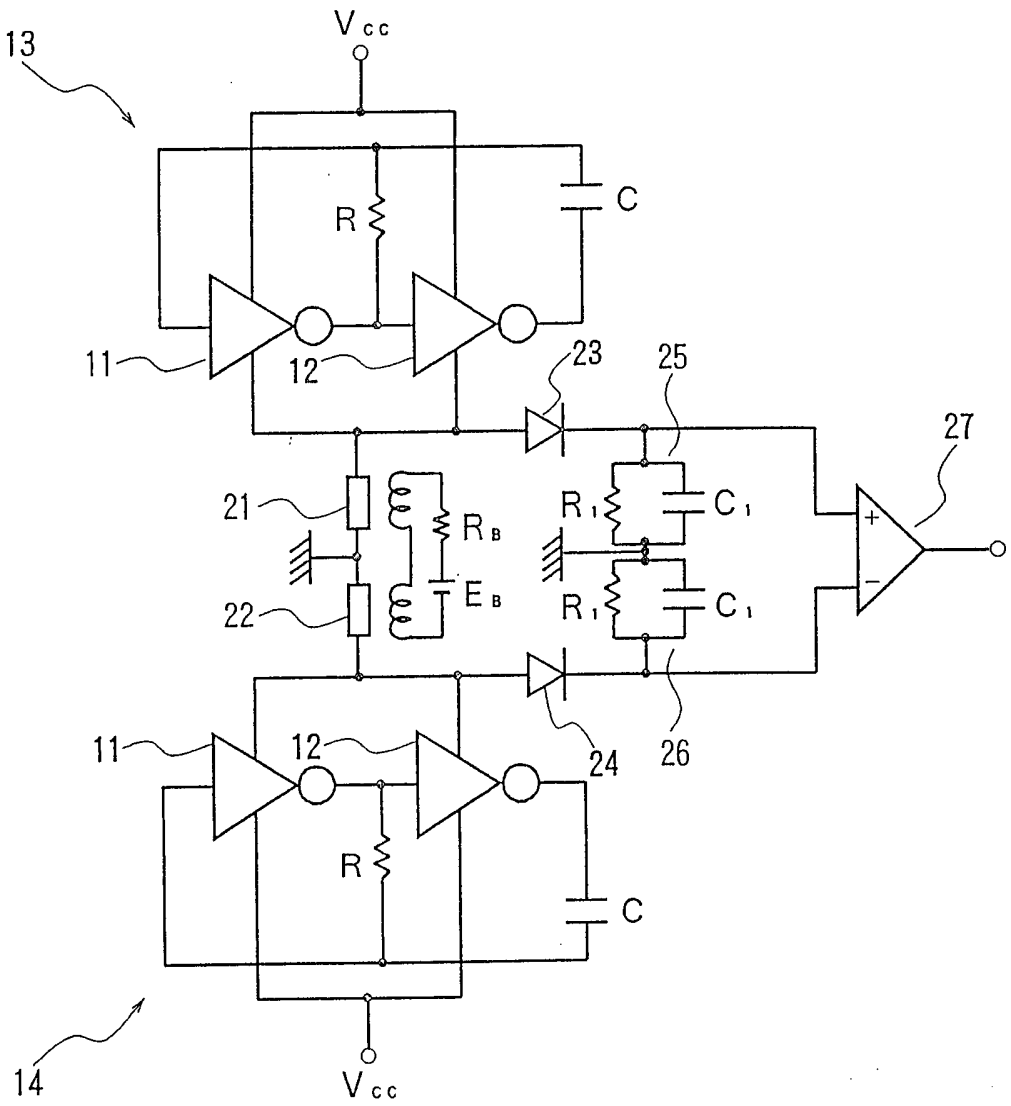


FIG. 6

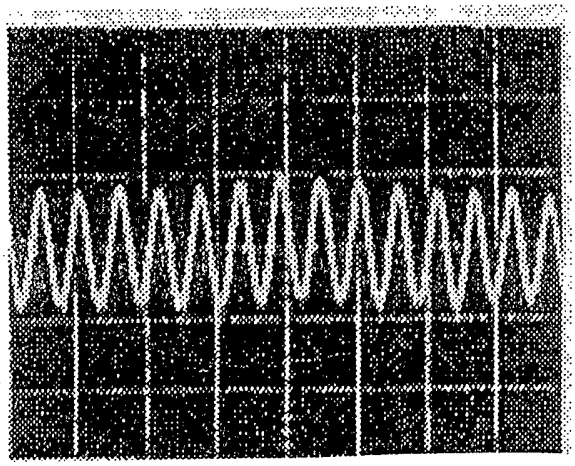
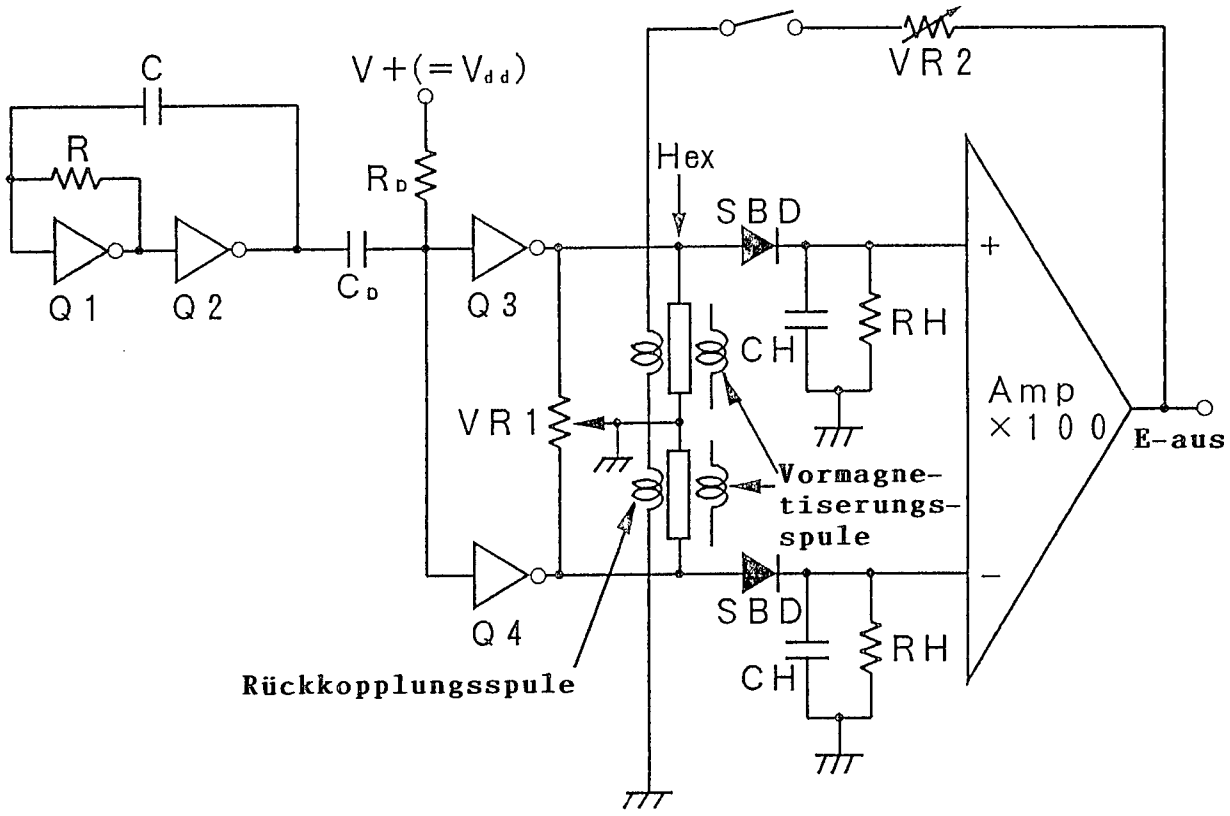


FIG. 7

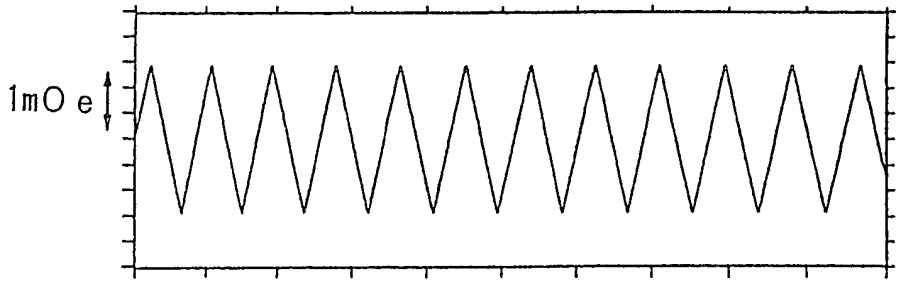


Q1, Q2, Q3, Q4 : 74AC04 (C-MOS-Inverter) C : 100pF

R : 20kΩ CD : 100pF RD : 200Ω VR1 : 200Ω

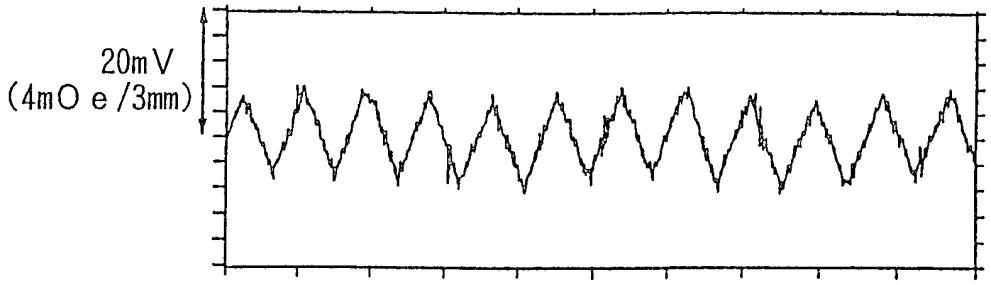
VR2 : 1kΩ SBD : 1SS97 CH : 2000pF RH : 51kΩ

FIG. 8



LOKALISIERTES DREIECKFELD (±1mOe, 300Hz)

FIG. 9



E-aus des Felddifferenzfühlers

FIG. 10

