



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 15 461 T2 2005.05.12**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 079 122 B1**

(51) Int Cl.⁷: **F16C 32/04**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 15 461.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 117 398.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **24.08.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.02.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.11.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.05.2005**

(30) Unionspriorität:

23819399	25.08.1999	JP
36404399	22.12.1999	JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, NL

(73) Patentinhaber:

Ebara Corp., Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:

Nakazawa, Toshiharu, Chigasaki-shi, Kanagawa-ken, JP; Barada, Toshimitsu, Ohta-ku, Tokyo, JP; Ooyama, Atsushi, Fujisawa-shi, Kanagawa-ken, JP; Inoue, Masafumi, Fuchu-shi, Tokyo, JP; Sekiguchi, Shinichi, Yokohama-shi, Kanagawa-ken, JP; Shinozaki, Hiroyuki, Fujisawa-shi, Kanagawa-ken, JP

(74) Vertreter:

WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und Rechtsanwälte, 80538 München

(54) Bezeichnung: **Magnetlager**

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 betrifft eine Magnetlagervorrichtung zum Anheben und Stützen eines Objekts unter von einem Elektromagneten erzeugten magnetischen Kräften.

[0002] Magnetlagervorrichtungen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sind allgemein im Stand der Technik bekannt, es wird Bezug genommen auf die **Fig. 1** und **Fig. 2**.

[0003] Verschiebungssensoren zum Erfassen der Verschiebung eines Objektes, das von einer Magnetlagervorrichtung angehoben wird, schließen einen Wirbelstromsensor, einen induktiven Sensor, einen elektrostatischen, kapazitiven Sensor und einen optoelektronischen Sensor, wie z.B. einen Lasersensor ein. Von diesen Verschiebungssensoren werden der Wirbelstromsensor und der induktive Sensor hauptsächlich in Turbomolekularpumpen eingesetzt.

[0004] Für den Einsatz in korrosiven Umgebungen müssen Magnetlager und Verschiebungssensoren mit einem Schutzmaterial abgedeckt werden. Magnetlagervorrichtungen, die Wirbelstromsensoren, induktive Sensoren und elektrostatisch, kapazitive Sensoren benutzen, können mit einem Schutzmaterial überzogen werden, das ein Kunstharz, wie z.B. Teflon oder Keramik sein kann. Optoelektronische Sensoren, wie z.B. Lasersensoren müssen mit Glas abgedeckt sein, das einen Durchtritt des Laserstrahls ermöglicht. Wirbelstromsensoren, elektrostatisch, kapazitive Sensoren und optoelektronische Sensoren können nicht in solchen Situationen eingesetzt werden, wo die Verschiebungssensoren mit einem Metallmaterial abgedeckt sein müssen. Induktive Sensoren können eingesetzt werden, wenn sie mit einem nichtmagnetischen Metall abgedeckt werden.

[0005] Der Schutz von Magnetlagern und Verschiebungssensoren mit Teflon, Keramik, Glas usw. führt zu Problemen hinsichtlich des Herstellungsprozesses, der Kosten und der mechanischer Festigkeit. Zusätzlich können diese Schutzmaterialien nicht in besonderen Umgebungen eingesetzt werden, bei denen Gasverunreinigung ein Problem darstellt.

[0006] Es ist üblich, in solchen Anwendungsfällen induktive Sensoren einzusetzen, die durch ein nichtmagnetisches Metall geschützt sind. Die Trägerfrequenz eines induktiven Sensors erzeugt jedoch ein magnetisches Feld, das seinerseits einen Wirbelstrom auf der Oberfläche einer nichtmagnetischen Metalltrenn- oder Scheidewand erzeugt, was zu einer Reduktion der Empfindlichkeit des erfassten Signals

vom induktiven Sensor führt, d.h. zu einer Reduktion in dessen Signal-Rausch-Verhältnis.

[0007] Ein Magnetlager arbeitet, indem ein Strom durch einen Elektromagneten geführt wird und indem ein Objekt unter Einfluss der von dem Elektromagneten erzeugten elektromagnetischen Kräfte angehoben wird. Wenn das Magnetlager und ein mit diesem kombinierten, induktiver Sensor mit einem nichtmagnetischen Metall abgedeckt werden und sowohl das Magnetlager als auch der induktive Sensor mit einer nichtmagnetischen Metalltrennwand überdeckt werden, greifen von dem Elektromagnet erzeugtes elektromagnetisches Rauschen und ein von dem elektromagnetischen Rauschen auf der Oberfläche der nichtmetallischen Metalltrennwand erzeugter Wirbelstrom durch die nichtmagnetische Metalltrennwand, wodurch der induktive Sensor ungünstig beeinflusst wird. Die nichtmagnetische Metalltrennwand, die den induktiven Sensor und das Magnetlager schützt, ist damit nachteilig, indem sie die Magnetanheberegung in Folge des auf den induktiven Sensor einwirkenden magnetischen und elektrischen Rauschens erschwert.

[0008] **Fig. 1** der beigefügten Zeichnungen zeigt eine Schaltungsanordnung eines Regelkreises für eine konventionelle Magnetlagervorrichtung. Wie in der **Fig. 1** gezeigt, weist der Regelkreis einen Oszillator **1** auf, dessen Ausgangssignal über Operationsverstärker **2-1**, **2-2**, Strombegrenzungswiderstände **3-1**, **3-2** und ein Kabel CB auf ein Paar von in Reihe geschalteten Verschiebungssensoren **Z1**, **Z2** geführt wird, die die Verschiebung, z.B. in Richtung einer X-Achse, eines Objektes **5** erfassen, das von einem Magnetlager MC angehoben wird. Ein Potential (Sensorsignal) E_g an dem Verbindungspunkt zwischen den beiden Verschiebungssensoren **Z1**, **Z2** wird an eine negative Klemme eines Differentialverstärkers **6** angelegt und ein Bezugspotential E_s , das zwischen zwei Bezugswiderständen R_a , R_b aufgebaut wird, wird an die positive Anschlussklemme des Differentialverstärkers **6** angelegt. Der Differentialverstärker **6** führt ein Ausgangssignal über einen Synchrondetektor **7** und einen Phasenkompensationskreis **8** auf einen Treiberschaltkreis **9**.

[0009] Wie in der **Fig. 2** der beigefügten Zeichnungen gezeigt, weist der Treiberkreis **9** einen Regler **9-1** und einen Treiber **9-2** auf. Der Regler **9-1** regelt den Treiberkreis **9-2** entsprechend einem Pulsweitenmodulationsprozess (PWM-process). Der Treiber **9-2** stellt ein Ausgangssignal für eine elektromagnetische Spule **10** des Magnetlagers MC bereit.

[0010] In der **Fig. 1** ist ein Kondensator **4** den Verschiebungssensoren **Z1**, **Z2** parallel geschaltet, um damit eine Parallelresonanz zu bewirken.

[0011] Wenn eine Schutzplatte aus einem nichtma-

gnetischen Metall zwischen die Verschiebungssensoren Z1, Z2 und dem Objekt 5 eingefügt wird und jeder der Verschiebungssensoren Z1, Z2 einen induktiven Sensor umfasst, dann treten die oben diskutierten Probleme auf, d.h. ein von der Schutzplatte aus einen nichtmagnetischen Metall erzeugter Wirbelstrom führt zu einer Reduktion in der Empfindlichkeit des erfassten Signals von den Verschiebungssensoren Z1, Z2 und die Verschiebungssensoren Z1, Z2 werden nachteilig durch ein von einem zur Erregung der elektromagnetischen Spule 10 bereitgestellten Strom erzeugtes Magnetfeld beeinflusst.

Offenbarung der Erfindung

[0012] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Magnetlagervorrichtung vorzusehen, die ein Magnetlager und einen Verschiebungssensor aufweist, wobei wenigstens der Verschiebungssensor durch ein nichtmagnetisches Metallmaterial geschützt ist, und die in der Lage ist, eine genaue Anheberegulung durchzuführen, ohne die Empfindlichkeit des von dem Verschiebungssensor erfassten Signals mit einem von dem nichtmagnetischen Metallmaterial erzeugten Wirbelstrom zu verringern, d.h. ohne dessen Signal-Rausch-Verhältnis zu verringern, und auch ohne eine ungünstige Beeinflussung des Verschiebungssensors durch ein Magnetfeld zu zulassen, das von einem Strom aufgebaut wird, der zur Erregung einer elektromagnetischen Spule des Magnetlagers zugeführt wird.

[0013] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine Magnetlagervorrichtung vorgesehen, wobei die Vorrichtung Folgendes aufweist: einen Elektromagneten zum Anheben eines Gegenstandes unter elektromagnetischen Kräften, einen induktiven Verschiebungssensor zum Erfassen der Verschiebung des angehobenen Objekts, einen Regler für die Zufuhr eines Signals zum dem Verschiebungssensor über ein Kabel und eines Stroms zum Elektromagneten über ein Kabel und eine Schutzplatte aus nicht-magnetischem Metallmaterial, die zwischen dem Verschiebungssensor und dem angehobenen Objekt angeordnet ist, wobei der Regler ein Anhebungsregelsystem aufweist, das einen Rauschentfernungsfilter besitzt, um ein abnormales Signal, das durch die Schutzplatte verursacht wird, daran zu hindern, an den Verschiebungssensor angelegt zu werden.

[0014] Da der Regler ein Anhebungsregelsystem mit einem Rauschentfernungsfilter zur Verhinderung der Anlage eines von der Schutzplatte erzeugten abnormalen Signals an den Verschiebungssensor aufweist, wird das Signal/Rausch-Verhältnis eines Sensorsignals des Verschiebungssensors vergrößert und der Verschiebungssensor funktioniert ausreichend, selbst wenn der Verschiebungssensor vom Induktiv-Typ ist und die Schutzplatte aus nicht-magnetischem Metallmaterial zwischen dem Verschie-

bungssensor und dem angehobenen Objekt angeordnet ist.

[0015] Der Rauschentfernungsfilter kann einen Filter oder einen Filter und einen Phasenkompensator aufweisen.

[0016] Der Verschiebungssensor kann ein Joch aufweisen, das sich durch die Schutzplatte hindurch erstreckt, oder der Verschiebungssensor kann ein Joch aufweisen und die Magnetlagervorrichtung kann weiterhin ein magnetisches Bauteil aus einem Material aufweisen, das mit dem Material des Jochs identisch oder diesem ähnlich ist, wobei das magnetische Bauteil in der Schutzplatte angrenzend an das Joch eingebettet ist.

[0017] Bei der obigen Anordnung wird der Abstand zwischen dem Joch und dem angehobenen Objekt um die Dicke der Schutzplatte reduziert, was zu einer Vergrößerung der Empfindlichkeit des Verschiebungssensors für die Erfassung der Verschiebung des angehobenen Objekts mit hoher Genauigkeit führt.

[0018] Der Regler kann auch einen Leistungstreiber für die Erregung eines Sensorelements des Verschiebungssensors aufweisen. Der Leistungstreiber ist wirksam in der Vergrößerung der Veränderungsrate des erfassten Signals des Verschiebungssensors bezüglich einer Änderung der Verschiebung des angehobenen Objektes.

[0019] Der Regler kann einen PWM-Treiber für die Erregung des Elektromagneten und eine Gleichtakt-Modus-Spule (common-mode coil), eine Gegentakt-Modus-Spule (normal-modus coil) oder eine Gleichtakt-Modus-Spule und eine Gegentakt-Modus-Spule aufweisen, die mit einer Ausgangsklemme des PWM-Treibers verbunden sind.

[0020] Der PWM-Treiber und die Gleichtakt-Modus-Spule, die Gegentakt-Modus-Spule oder die Gleichtakt-Modus-Spule und die Gegentakt-Modus-Spule sind wirksam, um das von dem Elektromagneten erzeugte elektromagnetische Rauschen zu verringern.

[0021] Das oben genannte und andere Ziele, Einzelheiten und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung klar werden, wenn diese in Zusammenhang mit den beigefügten Zeichnungen gelesen wird, die bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beispielhaft zeigen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0022] **Fig. 1** ist ein Schaltdiagramm, teilweise in Blockdarstellung, einer Schaltungsanordnung einer

Regelschaltung für eine übliche Magnetlagervorrichtung;

[0023] **Fig. 2** ist ein Blockdiagramm einer Treiberschaltung der in der **Fig. 1** gezeigten Regelschaltung;

[0024] **Fig. 3** ist eine Querschnittsdarstellung eines Verschiebungssensors und eines Elektromagneten einer erfindungsgemäßen Magnetlagervorrichtung;

[0025] **Fig. 4** ist ein Schaltdiagramm, teilweise in Blockform, einer Schaltungsanordnung eines Anheberegelsystems einer erfindungsgemäßen Magnetlagervorrichtung;

[0026] **Fig. 5** ist ein Blockdiagramm einer Treiberschaltung eines Anheberegelsystems einer erfindungsgemäßen Magnetlagervorrichtung;

[0027] **Fig. 6** ist ein Blockdiagramm einer abgeänderten Treiberschaltung;

[0028] **Fig. 7** ist ein Blockdiagramm einer anderen abgeänderten Treiberschaltung;

[0029] **Fig. 8A** ist ein Diagramm, das die Wellenform einer Spannung zeigt, die an eine Elektromagnetspule einer üblichen Magnetlagervorrichtung angelegt ist;

[0030] **Fig. 8B** ist ein Diagramm, das die Wellenform einer Spannung zeigt, die an eine Elektromagnetspule der erfindungsgemäßen Magnetlagervorrichtung angelegt ist;

[0031] **Fig. 9A** ist ein Diagramm, das die Wellenform des Sensorsignals einer üblichen Magnetlagervorrichtung zeigt;

[0032] **Fig. 9B** ist ein Diagramm, das die Wellenform eines Sensorsignals einer erfindungsgemäßen Magnetlagervorrichtung zeigt;

[0033] **Fig. 10A** ist eine Querschnittsdarstellung eines Verschiebungssensors und eines Elektromagneten einer anderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Magnetlagervorrichtung; und

[0034] **Fig. 10B** ist eine Darstellung längs der Linie X(b) – X(b) der **Fig. 10A**.

Genauere Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0035] Wie in der **Fig. 3** gezeigt, weist eine erfindungsgemäße Magnetlagervorrichtung eine Schutzplatte (Hülle) **14** aus einem nicht magnetischen Metallmaterial auf, die zwischen einem angehobenen Objekt **5** und einem Elektromagneten **11**, der das Ob-

jekt **5** stützt, und einem induktiven Verschiebungssensor **13** für die Erfassung der Verschiebung des angehobenen Objektes **5** angeordnet ist. Die Schutzplatte **14** aus nicht magnetischem Metallmaterial dient dem Schutz des Elektromagneten **11** und des Verschiebungssensors **13**. Der Verschiebungssensor **13** weist ein Sensorjoch (Sensorhorn) **13a** und eine Senserspule **13b** auf, die um das Sensorjoch **13** herum angeordnet ist. Der Elektromagnet **11** weist ein Elektromagnetjoch **11a** und eine Elektromagnetspule **10** auf, die um das Elektromagnetjoch **11a** herum angeordnet ist.

[0036] Die **Fig. 4** zeigt eine Schaltungsanordnung eines Anheberegelsystems der erfindungsgemäßen Magnetlagervorrichtung. Wie in der **Fig. 4** gezeigt, weist das Anheberegelsystem einen Oszillator **1** auf, dessen Ausgangssignal über Operationsverstärker **15-1**, **15-3**, Leistungsverstärkern **15-2**, **15-4** und ein Kabel CB einem Paar von in Reihe geschalteten Verschiebungssensoren **Z1**, **Z2** zugeführt wird, die die Verschiebung eines Objektes **5** erfassen, das von einem Magnetlager MC angehoben wird. Die Verstärker **15-1**, **15-3** und die Leistungsverstärker **15-2**, **15-4** bilden zusammen einen Leistungstreiber **15**. Ein Potential (Sensorsignal) E_g an der Verbindung zwischen den beiden Verschiebungssensoren **Z1**, **Z2** wird an die negative Klemme eines Differentialverstärkers **6** über einen Bandpassfilter **16-1** und einen Bandsperrfilter **16-2** eines Rauschentfernungsfilters **16** gelegt. Ein Bezugspotential (Bezugssignal) E_s , das mittels Bezugswiderständen R_a , R_b aufgebaut wird, wird an die positive Klemme des Differentialverstärkers **6** über einen Bandpassfilter **16-3**, einen Bandsperrfilter **16-4** und einen Phasenkompensator **16-5** des Rauschentfernungsfilters **16** gelegt. Der Differentialverstärker **6** gibt ein Ausgangssignal über einen Synchrondetektor **7** und einen Phasenkompensationsschaltkreis **8** auf einen Treiberschaltkreis **9**.

[0037] Wie in der **Fig. 5** gezeigt, weist der Treiberschaltkreis **9** einen Regler **9-1** und einen Treiber **9-2** auf. Der Treiber **9-2** führt ein Ausgangssignal über ein Kabel CB auf die Spule **10** des Elektromagneten **11**. Der Oszillator **1** führt sein Ausgangssignal über einen Phasenkompensator **17** und einen Komparator **18** auf den Synchrondetektor **7**.

[0038] Weil die Schutzplatte (Hülle) **14** aus nichtmagnetischem Metallmaterial zwischen dem angehobenen Objekt **5** und dem Elektromagneten **11** und dem Verschiebungssensor **13** angeordnet ist, wird das Signal/Rausch-Verhältnis (s/n -Verhältnis) des Sensorsignals des Verschiebungssensors **13** wegen eines Verlustes verkleinert, der auf den durch die Schutzplatte **14** erzeugten Wirbelstrom und auch auf das von dem Elektromagneten **11** erzeugten magnetische Feld zurückzuführen ist. Um das Signal/Rausch-Verhältnis des Sensorsignals zu verbessern wird der Leistungstreiber **15** in der Stromversor-

gung für die Erregung des Verschiebungssensors 13, d.h. der Verschiebungssensoren Z1, Z2, eingesetzt. Zusätzlich wird der Rauschentfernungsfiler 16, der den Bandpassfilter 16-1, den Bandsperrfilter 16-2, den Bandpassfilter 16-3, den Bandsperrfilter 16-4 und den Phasenkompensator 16-5 aufweist, eingesetzt, um in ausreichender Weise Rauschen von dem Sensorsignal Eg und dem Bezugssignal Es zu entfernen. Mit dieser Anordnung wird der Effekt des Magnetfeldes, das von dem zur Erregung des Elektromagneten 11 herangeführten Stromes erzeugt wird, auf den Sensorstrom Eg verringert, um eine stabile Anheberegulung für das Objekt 5 möglich zu machen.

[0039] Da das Sensorsignal Eg über den Bandpassfilter 16-1 und den Bandsperrfilter 16-2 geführt wird und da das Bezugssignal Es über den Bandpassfilter 16-3 und den Bandsperrfilter 16-4 geführt wird, werden das Sensorsignal Eg und das Bezugssignal Es gegeneinander phasenverschoben. Um eine solchen Phasenverschiebung zu kompensieren, ist der Phasenkompensator 16-5 dem Pfad des Bezugssignal Es hinzugefügt worden. Anstelle dieser Anordnung kann der Phasenkompensator 16-5 auch dem Pfad des Bezugssignals Eg hinzugefügt werden. Das Ausgangssignals des Oszillators 1 wird durch den Phasenkompensator 17 phasenkompensiert, bevor es auf den Synchrondetektor 7 geführt wird. Durch die auf diese Weise erreichte Phasenkompensation wird die Empfindlichkeit des Verschiebungssensors 13, d.h. der Verschiebungssensoren Z1, Z2, optimiert.

[0040] Im Treiberschaltkreis 9 regelt der Regler 9-1 den Treiber 9-2 nach einem PWM-Prozess (Pulsbreitenmodulations-Prozess). Das Ausgangssignal des Treibers 9-2 wird über eine Gleichtakt-Modus-Spule (common-mode coil) 19 auf die Spule 10 des Elektromagneten 11 geführt, um dadurch Schaltrauschen in dem PWM-Prozess zu reduzieren, um seinen Effekt auf den Verschiebungssensor 13 zu reduzieren.

[0041] Wie in der Fig. 6 gezeigt, kann das Ausgangssignals vom Treiberschaltkreis 9 über eine Gegentakt-Modus-Spule (normal-mode coil) 20 auf die Spule 10 des Elektromagneten 11 geführt werden, um damit transiente Änderungen des Stromes in dem PWM-Prozess zu reduzieren, um das von solchen transienten Änderungen des Stromes verursachte Rauschen zu reduzieren und damit seinen Einfluss auf den Verschiebungssensor 13 zu reduzieren.

[0042] Wie in der Fig. 7 gezeigt, kann alternativ das Ausgangssignal des Treiberschaltkreis 9 über die Gleichtakt-Modus-Spule 19 und die Gegentakt-Modus-Spule 20 der Spule 10 des Elektromagneten 11 zugeführt werden, um dadurch das Rauschen in dem PWM-Prozess zu reduzieren, um seinen Einfluss auf den Verschiebungssensor 13 zu verringern.

[0043] Die Magnetlagervorrichtung muss eine Hüllen-Struktur aufweisen, in der der Verschiebungssensor und der Elektromagnet durch eine Schutzplatte oder Schutzhülle geschützt sind, insbesondere wenn die Magnetlagervorrichtung z.B. mit einem Excimer-Laser kombiniert ist, der in einer korrosiven Umgebung eingesetzt wird und einer organischen Verunreinigung oder einer Si-Gas-Verunreinigung ausgesetzt ist. Die Schutzplatte oder -hülle ist aus einem nichtmagnetischen Metallmaterial wie z.B. SUS 304 oder SUS 306 gefertigt, um den Verschiebungssensor und den Elektromagneten gegen Korrosion und Gasverunreinigung zu schützen. Der Verschiebungssensor, der ein induktiver Sensor sein kann und kann auf diese Weise geschützt in ausreichender Weise funktionieren, wenn er mit dem Anheberegelsystem gemäß den Fig. 4-Fig. 7 kombiniert wird.

[0044] Fig. 8A zeigt eine Wellenform der Spannung, die an die Elektromagnetspule einer üblichen Magnetlagervorrichtung angelegt wird, und Fig. 8B ist ein Diagramm zur Darstellung der Wellenform einer Spannung, die an die Elektromagnetspule einer erfindungsgemäßen Magnetlagervorrichtung angelegt wird. Ein Studium der Fig. 8A und Fig. 8B zeigt, dass die an die Elektromagnetspule einer erfindungsgemäßen Magnetlagervorrichtung angelegte Spannung unter viel weniger Rauschen leidet als die an die Elektromagnetspule einer üblichen Magnetlagervorrichtung angelegte Spannung.

[0045] Fig. 9A zeigt die Wellenform eines Sensorsignals einer üblichen Magnetlagervorrichtung und Fig. 9B zeigt die Wellenform eines Sensorsignals einer erfindungsgemäßen Magnetlagervorrichtung. Es kann aus den Fig. 9A und Fig. 9B abgeleitet werden, dass das Sensorsignal der erfindungsgemäßen Magnetlagervorrichtung viel weniger elektromagnetisches Rauschen von dem Elektromagneten aufweist als das Sensorsignal der üblichen Magnetlagervorrichtung.

[0046] Fig. 10A und Fig. 10B zeigen einen Verschiebungssensor und einen Elektromagneten einer anderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Magnetlagervorrichtung. Wie in den Fig. 10A und Fig. 10B gezeigt, weist der Verschiebungssensor 13 ein Sensorjoch (Sensorkern) 13a auf, das ein sich durch eine Schutzplatte 14 aus nichtmagnetischen Material erstreckendes und einem angehobenen Objekt 5 zugewandtes Ende aufweist. Ein Elektromagnet 11 weist ein Elektromagnetjoch (Elektromagnetkern) 11a auf, das ein sich durch die Schutzplatte 14 aus einem nichtmagnetischen Metallmaterial erstreckendes und dem angehobenen Objekt 5 zugewandtes Ende aufweist. Die Enden des Sensorjochs 13a und des Elektromagnetjochs 11a, die sich durch die Schutzplatte 14 erstrecken, sind mit der Schutzplatte 14 über entsprechende Verbindungs dichtungen 13c, 11b verschweißt.

[0047] Da sich das Ende des Sensorjochs **13a** durch die Schutzplatte **14** erstreckt, wird der Abstand zwischen dem angehobenen Objekt **5** und dem Sensorjoch **13** um die Dicke der Schutzplatte **14** verringert. Dadurch wird die Empfindlichkeit des Verschiebungssensors **13** vergrößert, um die Verschiebung des angehobenen Objektes **5** mit hoher Genauigkeit zu erfassen. Da das Ende des Elektromagnetjochs **11a** sich ebenfalls durch die Schutzplatte **14** hindurch erstreckt, wird weiterhin der Abstand zwischen dem angehobenen Objekt **5** und dem Elektromagnetjoch **11a** ebenfalls um die Dicke der Schutzplatte **14** verringert. Dementsprechend kann der Elektromagnet **11** größere magnetische Kräfte auf das angehobene Objekt **5** ausüben und damit kann er in seiner Größe verkleinert werden.

[0048] Bei der in den **Fig. 10A** und **Fig. 10B** gezeigten Ausführungsform erstrecken sich die Enden des Sensorjochs **13a** und des Elektromagnetjochs **11a** durch die Schutzplatte **14** hindurch und stehen dem angehobenen Objekt **5** gegenüber. Anstelle einer Ausbildung, bei der die Enden des Sensorjochs **13a** und des Elektromagnetjochs **11a** sich durch die Schutzplatte **14** hindurch erstrecken, können magnetische Bauteile, deren Material identisch oder ähnlich dem Material des Sensorjochs **13a** und des Elektromagnetjochs **11a** ist, in die Schutzplatte in der Nähe des Sensorjochs **13a** und des Elektromagnetjochs **11a** eingebettet werden.

[0049] Wenn die erfindungsgemäße Magnetlagervorrichtung in einer korrosiven Umgebung eingesetzt wird, können das Sensorjoch **13a** und das Elektromagnetjoch **11a** aus einem magnetischen Material hergestellt werden, das gegenüber der korrosiven Umgebung resistent ist.

[0050] Obwohl bestimmte bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung gezeigt und in Einzelheiten beschrieben worden sind, sollte klar sein, dass verschiedene Änderungen und Modifikationen an ihnen vorgenommen werden können.

Patentansprüche

1. Magnetlagervorrichtung, wobei die Vorrichtung Folgendes aufweist:
einen Elektromagneten (**10**) zum Anheben eines Gegenstandes unter elektromagnetischen Kräften;
einen induktiven Verschiebungssensor (**Z1, Z2**) zum Erfassen der Verschiebung des angehobenen Objekts;
einen Regler für die Zufuhr eines Signals zu dem Verschiebungssensor über ein Kabel und einen Strom zu dem Elektromagneten über ein anderes Kabel; und
eine Schutzplatte (**14**) aus einem nichtmagnetischen Metallmaterial, die zwischen dem Verschiebungssensor und dem angehobenen Objekt angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**,

dass der Regler ein Anhebungsregelsystem (**6, 7, 8; 9**) aufweist, das einen Rauschentfernungsfilter (**16-1; 16-2; 16-3; 16-4; 16-5**) besitzt, um ein Sensorsignal vom durch die Schutzplatte verursachten magnetischen Signalrauschen daran zu hindern, an den Verschiebungssensor (**Z1, Z2**) angelegt zu werden.

2. Magnetlagervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Rauschentfernungsfilter entweder einen Filter oder einen Filter und einen Phasenkompensator aufweist.

3. Magnetlagervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Verschiebungssensor ein Joch (**13a**) aufweist, das sich durch die Schutzplatte erstreckt.

4. Magnetlagervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Verschiebungssensor ein Joch aufweist und weiterhin ein magnetisches Bauteil aus einem Material aufweist, das mit dem Material des Jochs identisch oder diesem ähnlich ist, wobei das magnetische Bauteil in der Schutzplatte angrenzend an das Joch eingebettet ist.

5. Magnetlagervorrichtung nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Regler einen Leistungstreiber für die Erregung eines Sensorelements des Verschiebungssensors aufweist.

6. Magnetlagervorrichtung nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Regler einen Pulsbreitenmodulationstreiber (PWM – Treiber) für die Erregung des Elektromagneten und eine Gleichtaktmodus – Spule aufweist, die mit einer Ausgangsklemme des PWM – Treibers verbunden ist.

7. Magnetlagervorrichtung nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Regler einen Pulsbreitenmodulationstreiber (PWM – Treiber) für die Erregung des Elektromagneten und eine Gegentakt-Modus – Spule aufweist, die mit einer Ausgangsklemme des PWM – Treibers verbunden ist.

8. Magnetlagervorrichtung nach irgend einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Regler einen Pulsbreitenmodulationstreiber (PWM – Treiber) für die Erregung des Elektromagneten und eine Gleichtaktmodus – Spule und eine Gegentaktmodus – Spule aufweist, die mit einer Ausgangsklemme des PWM-Treibers verbunden sind.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

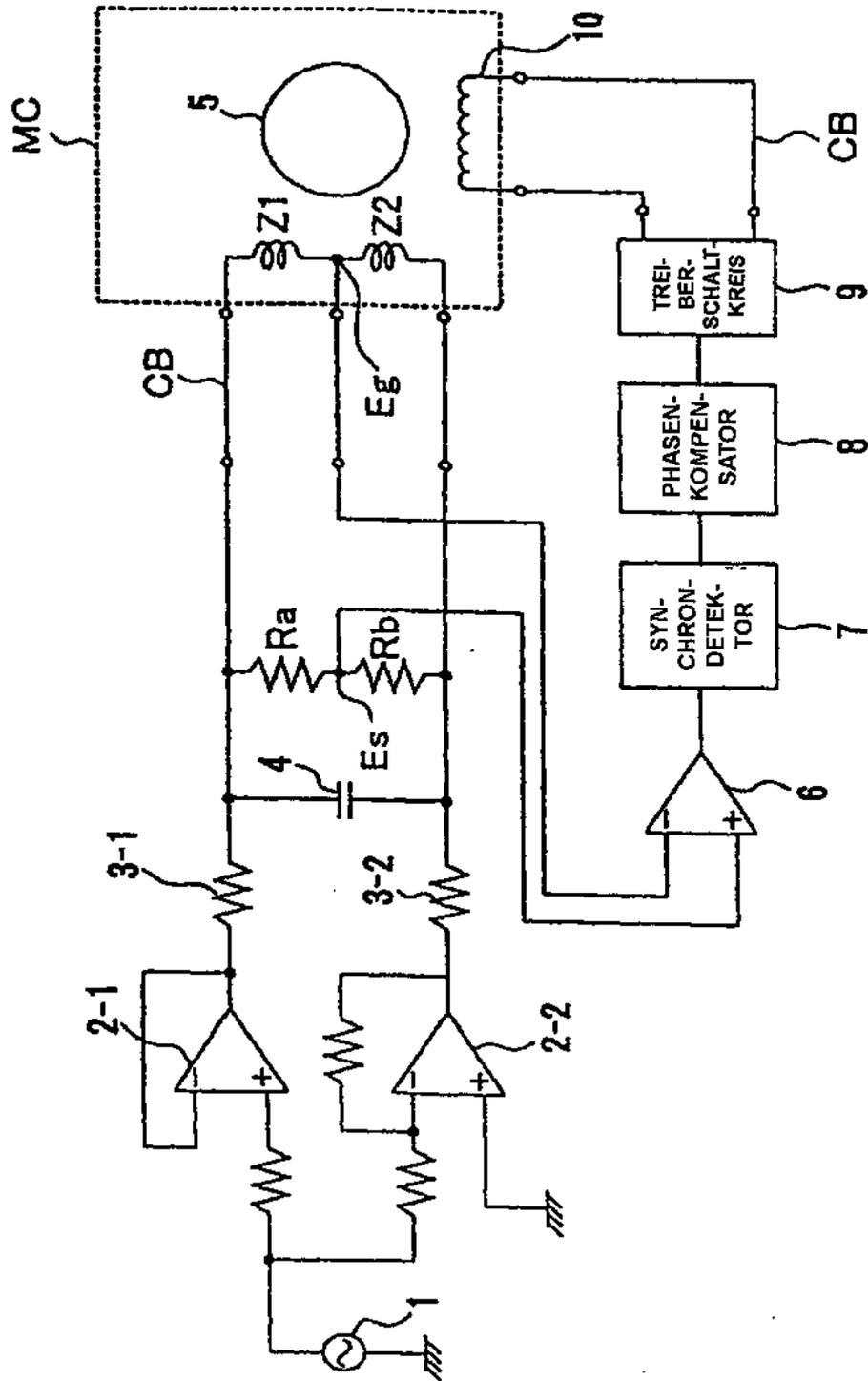


FIG. 2

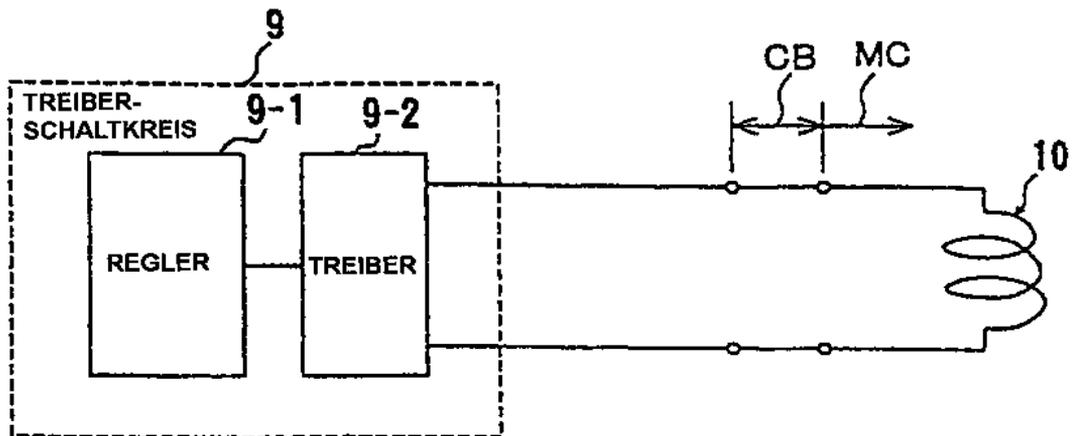


FIG. 3

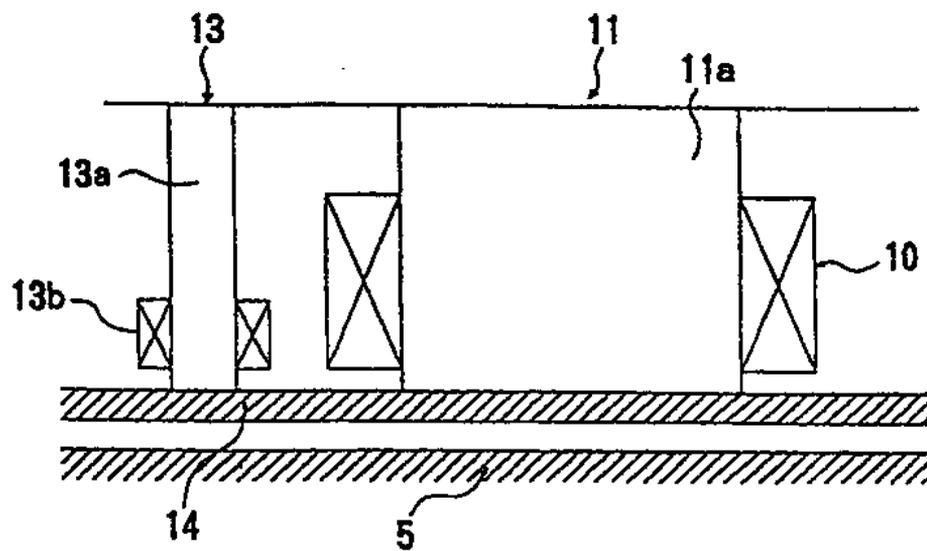


FIG. 5

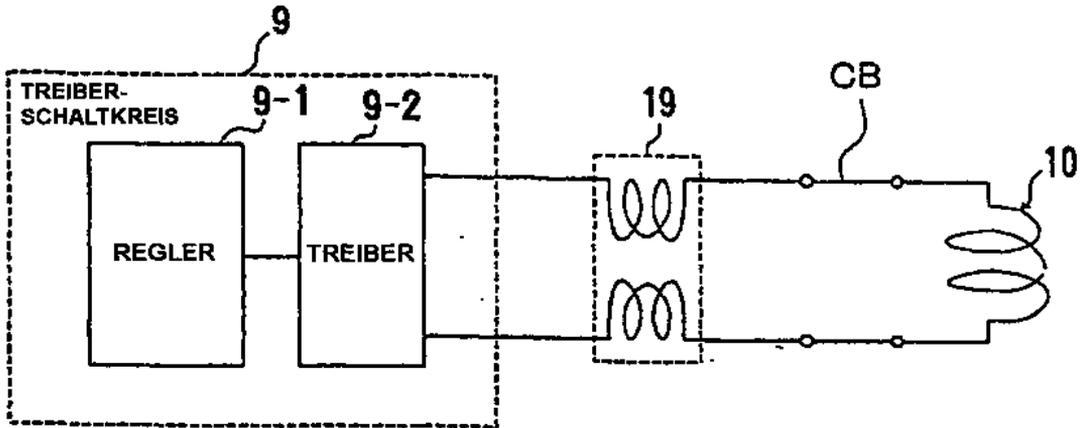


FIG. 6

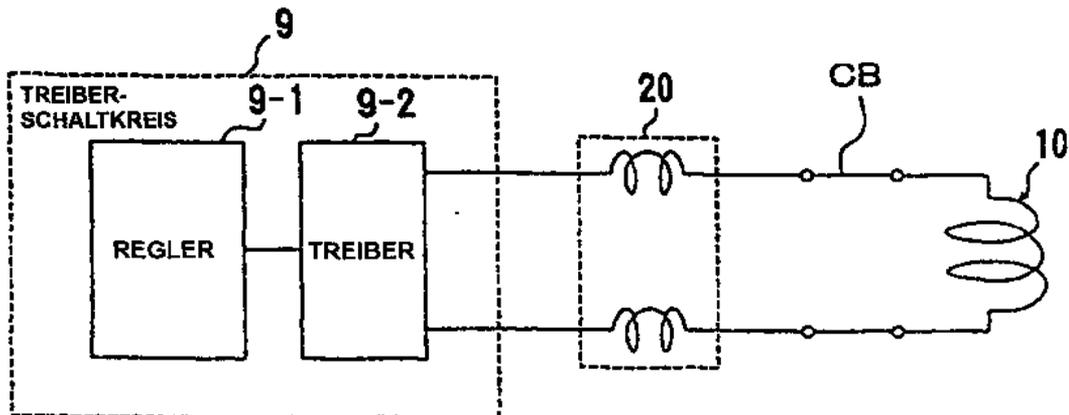


FIG. 7

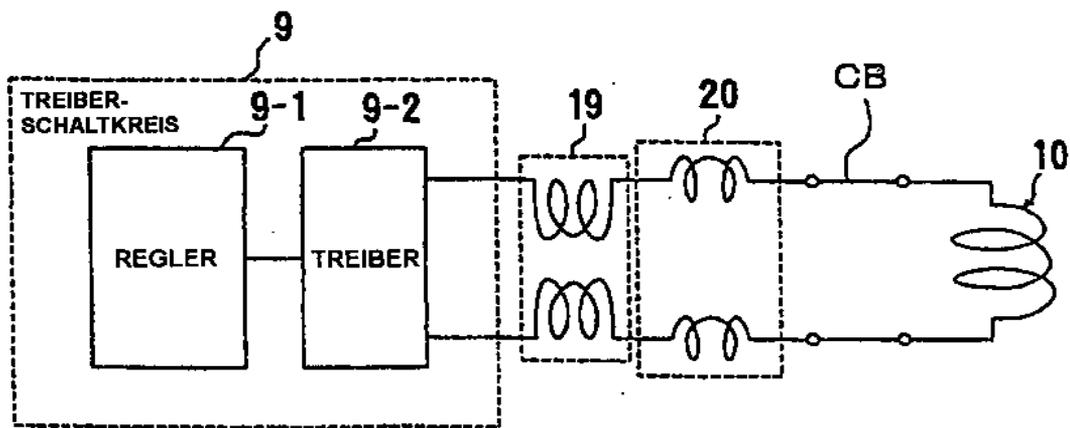


FIG. 8B

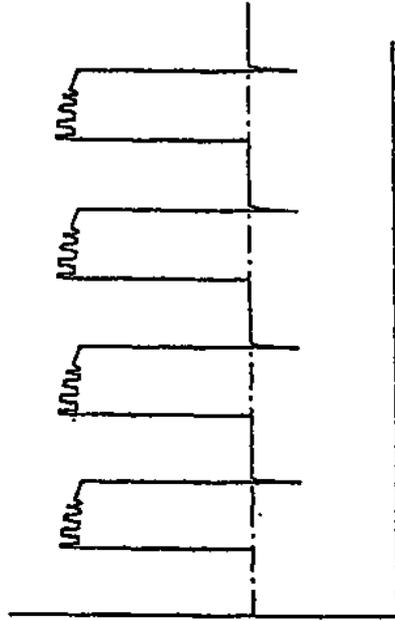


FIG. 8A

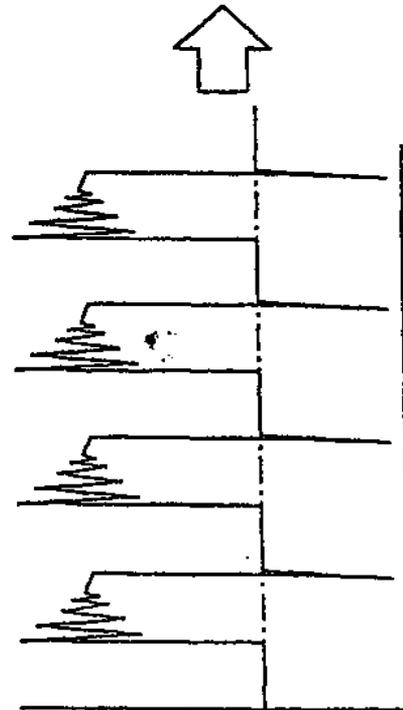


FIG. 9B

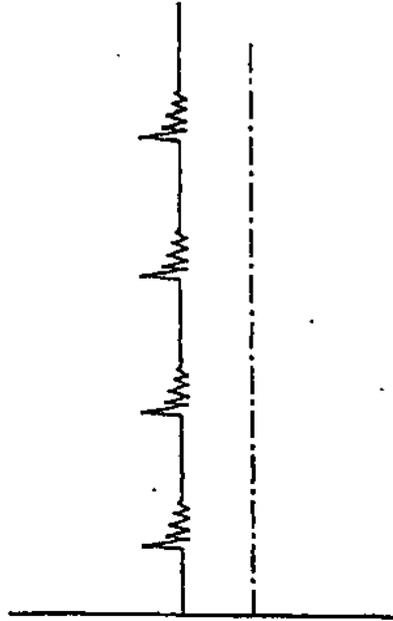


FIG. 9A

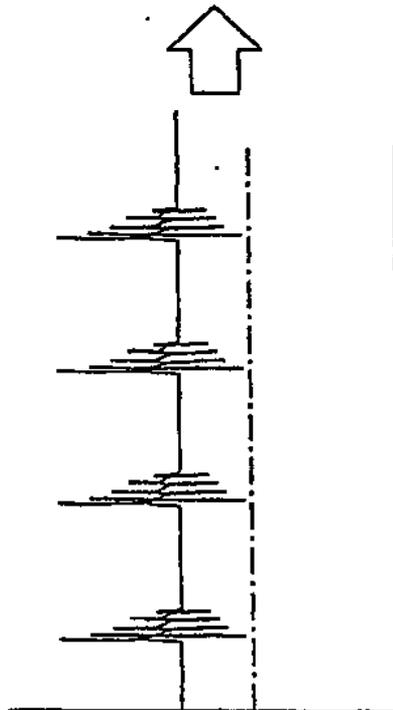


FIG. 10A

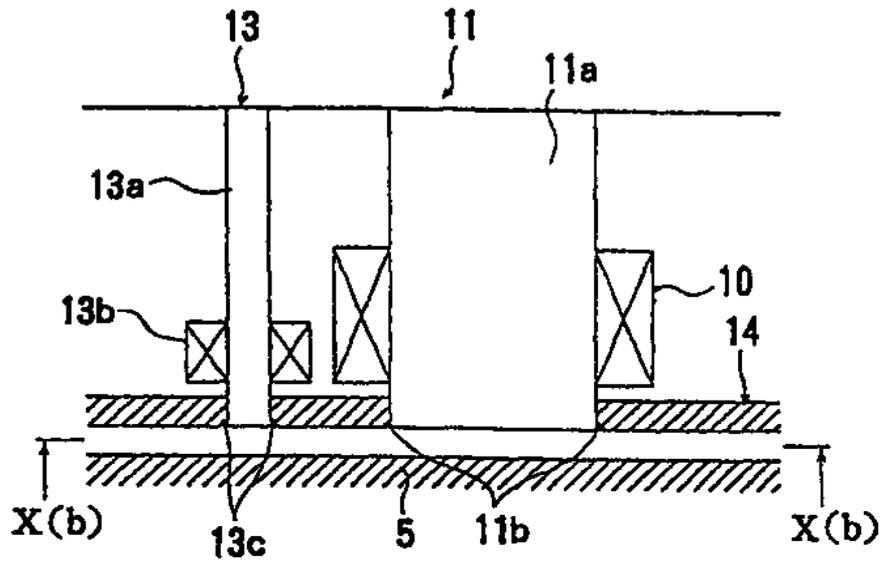


FIG. 10B

