



18 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 100 07 428 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**F 16 C 32/04**

21 Aktenzeichen: 100 07 428.6  
22 Anmeldetag: 18. 2. 2000  
43 Offenlegungstag: 13. 6. 2001

DE 100 07 428 A 1

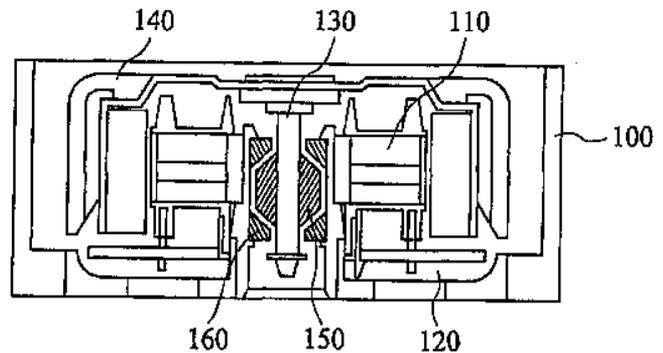
30 Unionspriorität:  
88-121834 10. 12. 1999 TW  
71 Anmelder:  
Delta Electronics, Inc., Taoyuan, TW  
74 Vertreter:  
TER MEER STEINMEISTER & Partner GbR  
Patentanwälte, 81679 München

72 Erfinder:  
Lin, Kuo-cheng, Taoyan, TW; Chuang, Te-tsai,  
Taoyan, TW; Huang, Wen-shi, Taoyan, TW; Tsai,  
I-hsuan, Taoyan, TW

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

54 **Magnetlager**

57 Ein Magnetlager, das in einer rotierenden Vorrichtung verwendet wird, die eine Lagerbasis (100), eine Gruppe von Spulen (110), die um einen an der Lagerbasis angebrachten Stator (120) angebracht sind, und eine an einem Rotor (140) angebrachte Drehwelle (130) umfaßt. Wenn die Gruppe von Spulen mit einem elektrischen Strom erregt wird, dreht sich der Rotor in bezug auf den Stator. Das Magnetlager umfaßt eine Wellenbefestigung (150), die eine konkave oder konvexe Form besitzt, aus einem Permanentmagneten hergestellt ist und an der Außenseite der Drehwelle angebracht ist, sowie eine Statorbefestigung, die eine konkave oder konvexe Form besitzt, aus einem Permanentmagneten hergestellt ist und an der Innenseite der Rotorwelle angebracht ist. Durch die Abstößungskraft zwischen den Permanentmagneten wird zwischen der Wellenbefestigung und der Statorbefestigung ein Spalt gebildet, so daß der Rotor ohne direkten Kontakt mit dem Stator im Gleichgewicht gehalten wird. Dadurch kann eine Reibung zwischen dem Rotor und dem Stator unterdrückt werden, ferner können Geräusche und Schwingungen, die aufgrund der Reibung erzeugt würden, reduziert werden, schließlich kann der Leistungsverbrauch reduziert werden.



DE 100 07 428 A 1

Die Erfindung betrifft eine rotierende Vorrichtung und insbesondere ein Magnetlager.

Für ein herkömmliches Lager für die Unterstützung eines Rotors wird ein ungeteiltes Ringlager, wie es in Fig. 1 gezeigt ist, verwendet. In radialer Richtung sind ein Paar Buchsen 10 vorgesehen. Der Rotor ist während seiner Drehung mit dem Lager in direktem Kontakt; daher entstehen eine Reibung, Geräusche und Schwingungen, wodurch der Leistungsverbrauch erhöht wird und die Lebensdauer des Lagers verringert wird. Da der Erhöhung der Drehzahl Grenzen gesetzt sind, kann die Drehzahl möglicherweise die Hochvakuum-Anforderungen eines Vakuumsystems nicht erfüllen. Darüber hinaus ist die Wahrscheinlichkeit hoch, daß das Schmiermittel zwischen dem Rotor und dem Lager während der Drehung des Rotors herausgepreßt wird, so daß mit dem Lager die Anforderungen einer hochreinen Umgebung, etwa in einem Reinraum, nicht erfüllt werden können.

Zur Beseitigung der obengenannten Probleme hinsichtlich Reibung, Drehzahl, Lebensdauer und Reinheit ist in manchen Industriezweigen eine magnetische Aufhängung für die Unterstützung von Rotoren in kontaktloser Weise in großem Umfang in Gebrauch gekommen. Durch die Ausnutzung des Merkmals der Reibungsfreiheit des Magnetlagers kann die Drehzahl erhöht werden, was insbesondere in Anlagen zur Halbleiterfertigung, die Vakuumvorrichtungen mit hoher Drehzahl benötigen, um die Anforderungen von in Hochvakuumzuständen auszuführenden Prozessen zu erfüllen, Anwendung findet. Ein Magnetlager kann auch in einem Lüftermotor zum Belüften eines Computersystems angewendet werden. Durch Erhöhen der Drehzahl des Lüftermotors kann der Konvektionswirkungsgrad erhöht werden. Da ferner das Magnetlager den Rotor durch eine Magnetkraft unterstützt, ist ein Schmiermittel nicht erforderlich. Dadurch kann eine Verunreinigung der Umgebung durch das Schmiermittel, das in einem herkömmlichen Rotor benötigt wird, vermieden werden. Folglich kann das erfindungsgemäße Magnetlager auf das Trägersystem oder auf Fertigungsvorrichtungen in einem Reinraum angewendet werden.

In Fig. 2 ist ein herkömmliches Magnetlager einer sich mit hoher Drehzahl drehenden Vorrichtung gezeigt, die eine Lagerbasis 20, eine Gruppe von Spulen 30 um einen an der Lagerbasis 20 angebrachten Stator 40 sowie eine Drehwelle 50, die aus einem an einem Rotor 60 angebrachten Permanentmagneten gebildet ist, umfaßt. Wenn die Spulen 30 mit einem elektrischen Strom erregt werden, dreht sich der Rotor 60 in bezug auf den Stator 40. Das herkömmliche Magnetlager umfaßt fünf Lagergruppen. In Axialrichtung (z-Achse) ist eine Gruppe aus Schubmagnetlagern 70, die aus Permanentmagneten gebildet sind, vorgesehen. An den oberen und unteren Seiten sind in radialer Richtung (x-Achse und y-Achse) Radialmagnetlager 80, 90 (nicht gezeigt), die aus Permanentmagneten hergestellt sind, vorgesehen. Sie werden unabhängig in fünf axialen Richtungen gesteuert. Insbesondere wird die Position des Rotors 60 in radialer Richtung durch die Lager 80, 90 gesteuert. Wenn der Rotor 60 aus seiner Gleichgewichtsposition abweicht, schiebt die durch die Permanentmagneten in entgegengesetzter Richtung erzeugte magnetische Abstoßungskraft den Rotor 60 in seine Gleichgewichtsposition zurück. Durch die magnetische Abstoßungskraft zwischen dem Rotor 60 und den Lagern 70, 80, 90 wird ein magnetischer Spalt aufrechterhalten, der verhindert, daß die Lager in direktem Kontakt mit dem Rotor gelangen, so daß der Rotor im Gleichgewicht gehalten wird. Die Reibung zwischen dem Rotor 60 und den Lagern 70, 80, 90 kann vermieden werden, so daß Ge-

räusche und Schwingungen, die durch die Reibung verursacht werden, abnehmen. Ferner kann das herkömmliche Magnetlager den Leistungsverbrauch verringern und die Drehzahl des Rotors 60 sowie die Lebensdauer der Lager erhöhen.

In diesem herkömmlichen Magnetlager werden jedoch die Lager unabhängig in fünf axialen Richtungen gesteuert, ferner müssen die Lager während der Fertigung und der Montage in fünf axialen Richtungen gehandhabt werden. Daher ist die Struktur kompliziert und hat hohe Herstellungskosten zur Folge.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Magnetlager zu schaffen, das für die Steuerung der Position eines Rotors eine kontaktlose Magnetkraft nutzt, um Reibung zu vermeiden, um Geräusche, Schwingungen und den Leistungsverbrauch abzusenken, um die Drehzahl und die Lebensdauer des Lagers zu erhöhen und um die Herstellungskosten zu senken.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 oder 4. Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird ein Magnetlager geschaffen, das statt der herkömmlichen fünf Gruppen von unabhängig gesteuerten Lagern eine einzige Gruppe von Lagern umfaßt, um die Position des Rotors sowohl in radialer Richtung als auch in axialer Richtung zu steuern. Die Lagergruppe kann in einer sich mit hoher Drehzahl drehenden Vorrichtung verwendet werden, die eine Lagerbasis, eine Gruppe von Spulen um einen an der Lagerbasis angebrachten Stator sowie eine am Rotor angebrachte Drehwelle umfaßt. Wenn die Gruppe von Spulen mit einem elektrischen Strom erregt wird, dreht sich der Rotor relativ zum Stator. Das Magnetlager umfaßt eine Wellenbefestigung mit konvexer Form, die an der Außenseite der Drehwelle befestigt ist, sowie eine Statorbefestigung mit konkaver Form, die an der Innenseite des Stators befestigt ist.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform enthält ein Magnetlager statt der herkömmlichen fünf Gruppen von unabhängig gesteuerten Lagern eine einzige Gruppe von Lagern, um die Position des Rotors sowohl in radialer Richtung als auch in axialer Richtung zu steuern. Die Gruppe von Lagern kann in einer sich mit hoher Drehzahl drehenden Vorrichtung verwendet werden, die eine Lagerbasis, eine Gruppe von Spulen um einen an der Lagerbasis angebrachten Stator sowie eine am Rotor angebrachte Drehwelle umfaßt. Wenn die Gruppe von Spulen mit einem elektrischen Strom erregt wird, dreht sich der Rotor relativ zum Stator. Die Gruppe von Lagern umfaßt eine Wellenbefestigung mit konkaver Form, die um die Außenseite der Drehwelle befestigt ist, sowie eine Statorbefestigung mit konvexer Form, die an der Innenseite des Stators befestigt ist.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden deutlich beim Lesen der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen, die auf die Zeichnung Bezug nimmt; es zeigen:

Fig. 1 die bereits erwähnte Querschnittsansicht einer herkömmlichen Ringlagerstruktur;

Fig. 2 die bereits erwähnte Querschnittsansicht einer herkömmlichen Magnetlagerstruktur;

Fig. 3 eine Querschnittsansicht eines Magnetlagers gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Kraftkomponenten  $F_{x1}$  und  $F_{y1}$ , die auf den Rotor durch die radiale Abstoßungskraft  $F_{r1}$  wirken, die zwischen dem Drehwellen-Verbindungsabschnitt und dem Stator-Verbindungsabschnitt erzeugt wird;

Fig. 5 eine Querschnittsansicht eines Magnetlagers gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung; und

Fig. 6 eine schematische Darstellung der Kraftkomponenten  $F_{x2}$  und  $F_{y2}$ , die auf den Rotor durch die radiale Abstoßungskraft  $Fr2$  wirken, die zwischen dem Drehwellen-Verbindungsabschnitt und dem Stator-Verbindungsabschnitt erzeugt wird.

Fig. 3 zeigt ein Magnetlager gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, das in einer sich mit hoher Drehzahl drehenden Vorrichtung verwendet wird, die eine Lagerbasis 100, eine Gruppe von Spulen 110 um einen an der Lagerbasis 100 angebrachten Stator 120 sowie eine Drehwelle 130 an einem Rotor 140 umfaßt. Wenn die Gruppe von Spulen 110 mit einem elektrischen Strom erregt wird, dreht sich der Rotor 140 relativ zum Stator 120. Insbesondere umfaßt das Magnetlager eine magnetische Wellenbefestigung 150 mit konvexer Form, die z. B. aus einem Permanentmagneten hergestellt ist und an der äußeren Oberfläche der Drehwelle 130 befestigt ist, sowie eine magnetische Statorbefestigung 160 mit konkaver Form, die z. B. aus einem Permanentmagneten hergestellt ist und an der Innenseite des Stators 120 befestigt ist.

In dieser Ausführungsform wird zwischen der Wellenbefestigung 150 und der Statorbefestigung 160 aufgrund der dazwischen erzeugten magnetischen Abstoßungskraft ein Spalt gebildet. Wenn der Rotor 140 aus seiner Gleichgewichtsposition abweicht, wird die magnetische Abstoßungskraft  $Fr1$ , die zwischen der Wellenbefestigung 150 und der Statorbefestigung 160 erzeugt wird, größer, da die magnetische Kraft zum Kehrwert des Quadrats des Abstandes proportional ist. Die Kraftkomponente  $F_{x1}$  in radialer Richtung schiebt den Rotor 140 in radialer Richtung in seine Gleichgewichtsposition zurück, während die Kraftkomponente  $F_{y1}$  den Rotor 140 in axialer Richtung in seine Gleichgewichtsposition zurückschiebt.

In Fig. 5 ist ein Magnetlager gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung gezeigt, das in einer sich mit hoher Drehzahl drehenden Vorrichtung verwendet werden kann, die eine Lagerbasis 200, eine Gruppe von Spulen 210 um einen an der Lagerbasis 200 angebrachten Stator 220 sowie eine Drehwelle 230 am Rotor 240 umfaßt. Wenn die Gruppe von Spulen 210 mit einem elektrischen Strom erregt wird, dreht sich der Rotor 240 in bezug auf den Stator 220. Insbesondere enthält das Magnetlager eine magnetische Wellenbefestigung 250 mit konkaver Form, die z. B. aus einem Permanentmagneten hergestellt ist und an der Außenseite der Drehwelle 230 befestigt ist, sowie eine magnetische Statorbefestigung 260 mit konvexer Form, die z. B. aus einem Permanentmagneten hergestellt ist und an der Innenseite des Stators 220 befestigt ist.

In dieser Ausführungsform wird zwischen der Wellenbefestigung 250 und der Statorbefestigung 260 aufgrund der zwischen ihnen erzeugten magnetischen Abstoßungskraft ein Spalt gebildet. Wenn der Rotor 240 aus seiner Gleichgewichtsposition abweicht, wird die magnetische Abstoßungskraft  $Fr2$ , die wie in Fig. 6 gezeigt zwischen der Wellenbefestigung 250 und der Statorbefestigung 260 erzeugt wird, größer, da die magnetische Kraft zum Kehrwert des Quadrats des Abstandes proportional ist. Die Kraftkomponente  $F_{x2}$  schiebt den Rotor 240 in radialer Richtung in seine Gleichgewichtsposition zurück, während die Kraftkomponente  $F_{y2}$  den Rotor 240 in axialer Richtung in seine Gleichgewichtsposition zurückschiebt.

Das erfindungsgemäße Magnetlager hat die folgenden Vorteile:

1. Der zwischen dem Rotor und dem Lager gebildete

magnetische Spalt kann einen direkten Kontakt zwischen diesen verhindern, das Lager im Gleichgewicht halten und durch Reibung verursachte Geräusche und Schwingungen vermeiden.

2. Da zwischen dem Rotor und dem Lager keine Reibung vorhanden ist, kann das Magnetlager der Erfindung den Leistungsverbrauch absenken und die Lebensdauer verlängern.

3. Die Struktur kann einfach hergestellt werden, so daß die Herstellungskosten gesenkt werden können.

Obwohl die Erfindung beispielhaft und anhand zweier bevorzugter Ausführungsformen beschrieben worden ist, ist sie selbstverständlich nicht auf diese offenbarten Ausführungsformen eingeschränkt. Vielmehr ist beabsichtigt, daß durch sie viele verschiedene Abwandlungen abgedeckt sind. Daher ist nur der soweit wie möglich ausgelegte Umfang der Erfindung, der durch die beigefügten Ansprüche definiert ist, maßgeblich.

#### Patentansprüche

1. Magnetlager zur Verwendung in einer rotierenden Vorrichtung, die eine Lagerbasis (100), eine Gruppe von Spulen (110) um einen an der Lagerbasis (100) angebrachten Stator (120) und eine Drehwelle (130), die an einem Rotor (140) angebracht ist, umfaßt, so daß sich der Rotor (140) dreht, wenn die Gruppe von Spulen (110) mit einem elektrischen Strom erregt wird, **gekennzeichnet durch**

eine Wellenbefestigung (150) mit konvexer Form, die an der Außenseite der Drehwelle (130) befestigt ist, und

eine Statorbefestigung (160) mit konkaver Form, die an der Innenseite des Stators (120) befestigt ist.

2. Magnetlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wellenbefestigung (150) aus einem Permanentmagneten hergestellt ist.

3. Magnetlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Statorbefestigung (160) aus einem Permanentmagneten hergestellt ist.

4. Magnetlager zur Verwendung in einer rotierenden Vorrichtung, die eine Lagerbasis (200), eine Gruppe von Spulen (210) um einen an der Lagerbasis (200) angebrachten Stator (220) sowie eine Drehwelle (230), die an einem Rotor (240) angebracht ist, umfaßt, so daß sich der Rotor (240) dreht, wenn die Gruppe von Spulen (210) mit einem elektrischen Strom erregt wird, **gekennzeichnet durch**

eine Wellenbefestigung (250) mit konkaver Form, die an der Außenseite der Drehwelle (230) befestigt ist, und

eine Statorbefestigung (260) mit konvexer Form, die an der Innenseite des Rotors (240) befestigt ist.

5. Magnetlager nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Wellenbefestigung (250) aus einem Permanentmagneten hergestellt ist.

6. Magnetlager nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Statorbefestigung (260) aus einem Permanentmagneten hergestellt ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

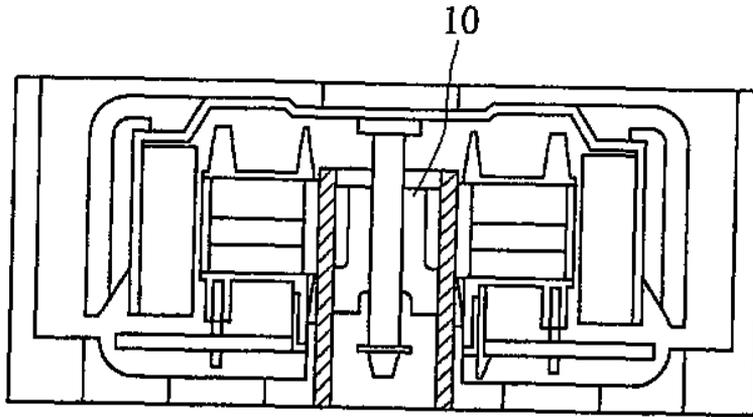


FIG. 1

Stand der Technik

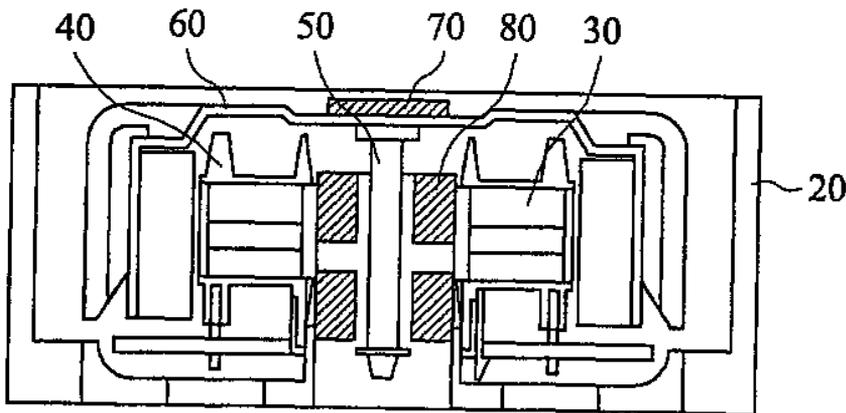


FIG. 2

Stand der Technik

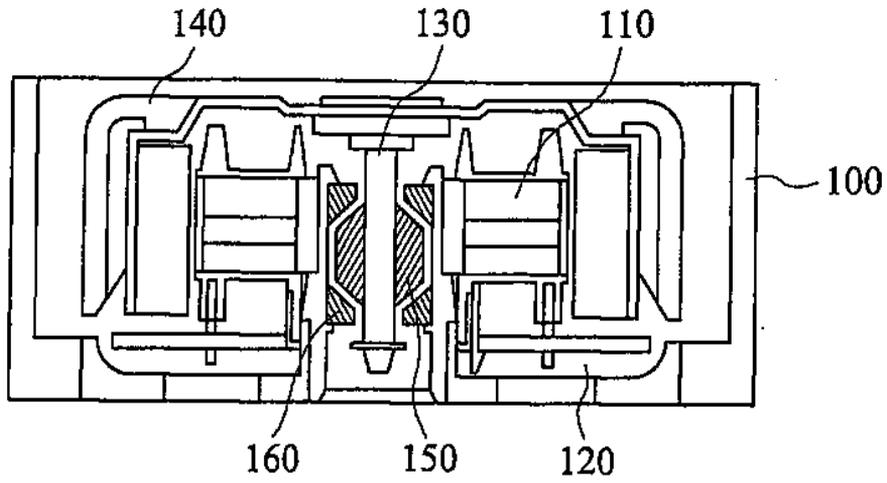


FIG. 3

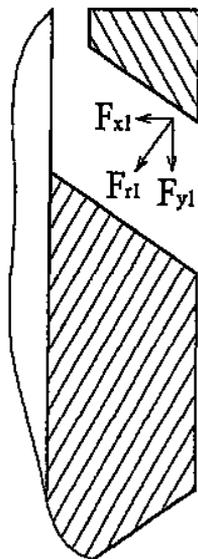


FIG. 4

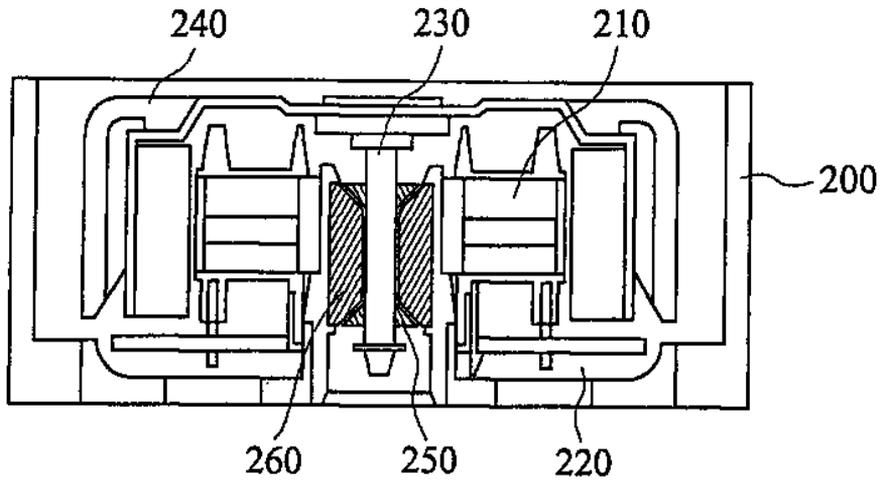


FIG. 5

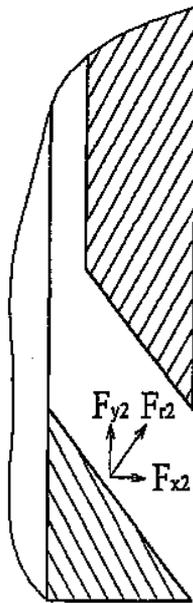


FIG. 6