



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Int. Cl.³: H 02 K 33/00
G 02 B 27/17

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

PATENT A5

11

644 720

21 Gesuchsnummer: 9357/79

22 Anmeldungsdatum: 18.10.1979

30 Priorität(en): 20.04.1979 US 031997

24 Patent erteilt: 15.08.1984

45 Patentschrift
veröffentlicht: 15.08.1984

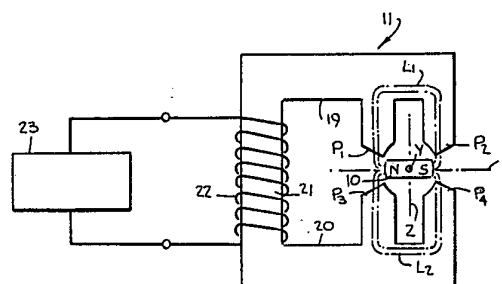
73 Inhaber:
Bulova Watch Company, Inc., New York/NY
(US)

72 Erfinder:
Henry Ludwig Brill, Flushing/NY (US)

74 Vertreter:
Ernst Goldiger, Lausanne

54 Motor nach dem Galvanometer-Prinzip zum Bewegen eines Strahlauslenkungselementes.

57 Der Motor nach dem Galvanometerprinzip weist einen Permanentmagnetrotor (10) und einen Stator (11) aus einem weichmagnetischen Material auf, welcher zwei Paare von Spaltpolhälften (P_1, P_2 bzw. P_3, P_4) aufweist, die je von einem Arm (19, 20) derart abstecken, dass die Spaltpolhälften des einen Arms den Spaltpolhälften des anderen Arms gegenüberliegen. Die beiden Statorarme (19, 20) sind durch einen Steg (21) miteinander verbunden, welcher eine Feldspule (22) trägt. Die Rotationsachse des als Stabmagnet (10) ausgebildeten Rotors ist in Bezug auf die Endflächen der Spaltpolhälften ($P_1 - P_4$) zentriert. Eine Torsionsfeder hält den Rotor (10) in einer neutralen Lage, solange kein Strom durch die Feldspule (22) fließt. Der Motor dient zum Bewegen eines Strahlauslenkungselementes und zeichnet sich durch eine einfache, robuste Konstruktion und ein günstiges Drehmoment-Masse-Verhältnis aus, das ein gutes Arbeiten auch bei hoher Frequenz ermöglicht.



PATENTANSPRÜCHE

1. Motor nach dem Galvanometer-Prinzip zum Bewegen eines Strahlauslenkungselementes, mit einem um eine Rotationsachse schwenkbar gelagerten, mit dem Strahlauslenkungselement verbundenen Permanentmagnet-Rotor, einem Stator aus weichmagnetischem Material, und ferner einer am Stator angebrachten Feldwicklung, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator zwei durch einen als Kern der Feldwicklung (22) wirksamen Steg (21) verbundene Arme (19, 20) aufweist, von denen je zwei Spaltpolhälften (P_1 , P_2 bzw. P_3 , P_4) derart abstehen, dass die Spaltpolhälften (P_1 , P_2) des einen Statorarms (19) den Spaltpolhälften (P_3 , P_4) des anderen Statorarms (20) gegenüberliegen, dass die Rotationsachse des Rotors in bezug auf die Enden der Spaltpolhälften zentriert ist, und dass eine Torsionsfeder (17) vorgesehen ist, mittels welcher der Permanentmagnet-Rotor (10) in eine neutrale Lage zurückgeholt wird, in der sich jeder seiner Pole in einer Mittellage zwischen zwei gegenüberliegenden, von verschiedenen Statorarmen (19, 20) ausgehenden Spaltpolhälften (P_1 , P_3 bzw. P_2 , P_4) befindet.

2. Motor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet-Rotor als Stabmagnet (10) mit kreisbogenförmig abgerundeten Endflächen ausgebildet ist, und dass die Spaltpolhälften (P_1 – P_4) konkave, kreisbogenförmige Stirnflächen (F_1 – F_4) aufweisen, die zu dem von den Endflächen des Stabmagneten (10) definierten Kreis (C_2) konzentrisch sind.

3. Motor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (11) aus übereinandergelegten Lamellen eines Eisens mit hoher Permeabilität gebildet ist, das zur Erzielung einer minimalen magnetischen Hysteresis weichgeglüht ist.

4. Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet-Rotor (10) aus einem hochmagnetischen seltenen Erdmetall besteht.

5. Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet-Rotor (10) auf einer durch Lager (13, 16A) gehaltenen Rotorwelle (12) montiert ist, und dass ein Ende der Rotorwelle (12) mit der Torsionsfeder (17) verbunden ist.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Motor nach dem Galvanometer-Prinzip im Sinne des Oberbegriffs von Patentanspruch 1.

Es sind verschiedene Ausführungsformen von Einrichtungen bekannt, die dafür geeignet sind, ein Bündel von Strahlungsenergie durch Auslenkung zu zerlegen, abzutasten, zu unterbrechen oder zu modulieren. Solche Einrichtungen sind in Massenspektrometern, Bolometern, Horizont-Sensoren und anderen Instrumenten, die Kernstrahlen, Röntgenstrahlen, Laserstrahlen oder andere Bündel von Strahlungsenergie im sichtbaren, ultravioletten oder infraroten Bereich des Spektrums benutzen oder analysieren, eingebaut. In den vergangenen Jahren wuchs der Bedarf für optische Abtaster, die dafür eingerichtet sind, einen Lichtstrahl über binär codierte Schranken oder ähnliche Einrichtungen abzutasten, um verschiedene computergesteuerte Funktionen ausführen zu können.

Ein bekanntes Mittel für diese Zwecke benutzt ein Galvanometer zum Verschwenken eines Strahlauslenkungselementes, wobei das Galvanometer als Drehmoment-Galvanometer ausgeführt ist, in welchem ein Weicheisen-Rotor oder -Anker durch einen oder mehrere feststehende Permanentmagnete magnetisch vorgespannt ist. Der Rotor ist so ausgeführt, dass er durch Zuführen eines Wechselstroms zu einer Feldwicklung, die in der Statoranordnung vorhanden ist, schwingt.

Es ist ausserdem bekannt, einen Gleichstrom-Drehmoment-Motor zu verwenden, der Permanentmagnet-Rotoren

und eine speziell ausgeführte Wicklungsanordnung zur Erzeugung des erforderlichen Drehmoments aufweist. Der Nachteil dieser Art von Motoren ist, dass der Rotor eine relativ hohe Masse besitzt und ein ungünstiges Drehmoment-Masse-Verhältnis hat, wodurch es generell unmöglich ist, den Motor mit hohen Frequenzen zu betreiben, die erforderlich sind, um viele Aufgaben der Abtastung zu erfüllen. Darüber hinaus bringt die komplizierte Wicklungsanordnung, die in dieser Art Drehmoment-Motoren zwecks Erzeugung des notwendigen Drehmoments verwendet wird, Fertigungsschwierigkeiten mit sich und verteuert solche Motoren.

Zur Reduktion der Masse des Rotors in einem optischen Abtaster nach dem Galvanometer-Prinzip sind Motoren nach dem Galvanometer-Prinzip bekannt, in denen ein Strahlauslenkungsspiegel auf einem Rotor montiert ist, der die Form einer kernlosen Spule hat, die drehbar innerhalb eines mit einem Permanentmagneten ausgestatteten Stators angeordnet ist. Abgesehen davon, dass solche Motoren einen schlechten magnetischen Wirkungsgrad haben, muss darüber hinaus auch der Erregerstrom zu dem genannten Zweck zu der Rotorspule geleitet werden, wozu leitende Torsionsfederfasern notwendig sind. Solche Fasern sind relativ empfindlich und beeinflussen auf ungünstige Art und Weise die Lebensdauer des Galvanometers.

Es ist ausserdem bekannt, einen Motor zu verwenden, der einen Weicheisen-Rotor hat, der auf einer Torsionsfeder zwischen symmetrisch angeordneten Statoren, die ihrerseits Feldwicklungen aufweisen, montiert ist. Diese Statoren sind aus zwei Paaren von Weicheisen-Polhälften in sich gegenüberliegender Anordnung in bezug auf den Rotor gebildet. Ein Paar von Permanentmagneten ist dafür vorgesehen, mit den Polhälften die Bildung einer magnetischen Vorspannung und eines Erregungsflusses zu bestimmen.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe besteht in der Schaffung eines Motors nach dem Galvanometer-Prinzip, der ein günstiges Drehmoment-Masse-Verhältnis hat, um ein zuverlässiges Arbeiten auch bei hoher Frequenz zu gewährleisten. Ausserdem wird eine Vereinfachung der Konstruktion mit einer kleinen Anzahl von Komponenten und damit eine Verbilligung der Fertigung angestrebt.

Diese Aufgabe wird gemäss der Erfindung durch die im Kennzeichnungsteil des Patentanspruchs 1 aufgeführten Merkmale gelöst.

Zum klaren Verständnis der Erfindung wird diese nun anhand der beigefügten Zeichnung im einzelnen beschrieben.

Fig. 1 zeigt schematisch den Querschnitt eines Motors nach dem Galvanometer-Prinzip gemäss einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei der Rotor in einer erregten Lage gezeigt ist.

Fig. 2 zeigt schematisch den Motor in Draufsicht, wobei der Rotor in seiner Ruhelage dargestellt ist.

Fig. 3 zeigt das Drehmoment, das in Abhängigkeit von dem Stromfluss durch die Feldwicklung in einer Richtung entsteht.

Fig. 4 zeigt das Drehmoment des Rotors, das in Abhängigkeit von einem Stromfluss in umgekehrter Richtung erzeugt wird.

Die rein natürlichen Elemente, die ferromagnetische Eigenschaften haben, sind Eisen, Nickel, Kobalt und einige Erdmetalle. Ferromagnetische Werkstoffe von industriellem Wert sind normalerweise Legierungen von metallischen ferromagnetischen Elementen untereinander oder mit anderen Elementen.

Handelsübliche magnetische Materialien sind in zwei Hauptgruppen eingeteilt, und zwar in magnetisch «weiche» und magnetisch «harte» Materialien. Das charakteristische Merkmal von magnetisch «weichen» Materialien ist die hohe Permeabilität. Diese Materialien werden üblicherweise als Kerne in magnetischen Kreisen von Elektromagneten benutzt. Magnetisch «harte» Materialien sind durch ein

hohes maximales Magnetenergieprodukt $(BH)_{\max}$ gekennzeichnet. Diese Materialien werden als Dauermagnete zum Erzeugen eines konstanten magnetischen Feldes verwendet, wenn es ungünstig oder unwirtschaftlich ist, dieses Feld durch einen Elektromagneten zu erzeugen.

In der Beschreibung bezieht sich der Ausdruck «weichmagnetischer Stator» auf einen Stator, der aus magnetisch weichem Material gebildet ist. Der Ausdruck «Permanentmagnet-Rotor» bezieht sich auf einen Rotor, der aus hartmagnetischem Material gebildet ist.

Bezugnehmend auf die Zeichnung und insbesondere auf Fig. 1 und 2 ist ersichtlich, dass der schwingende Motor gemäss der Erfindung einen Rotor in Form eines stabförmigen Permanentmagneten 10 enthält, der Polenden N und S hat und der zur Drehung in der Statoranordnung, die durchwegs mit dem Hinweiszeichen 11 versehen ist, gehalten wird.

Der Rotor 10 ist auf einer leichtgewichtigen Rotorwelle 12 montiert, die genau durch das Zentrum des stabförmigen Magneten geführt ist, wobei das obere Ende der Rotorwelle durch ein Lager 13, das in einem Rahmen 14 des Motors befestigt ist, geführt ist. Das obere Ende der Rotorwelle ist wirksam mit einem optischen Strahlauslenkungselement 15 gekoppelt. Die Ausbildung dieses optischen Elementes ist nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung, die sich nur auf einen Motor bezieht.

Das untere Ende der Rotorwelle 12 ist durch ein Lager 16A geführt, das in einem Lagerblock 16 befestigt ist, der an der Innenwand des Motorrahmens festgehalten ist. Das Ende der Rotorwelle ist durch Lötens oder auf andere Art und Weise mit dem Ende einer Torsionsfeder 17 verbunden, die sich in einer Buchse 18 befindet.

Der Stator 11 ist als U-förmige Anordnung aus weichmagnetischem Material ausgebildet. Er umfasst ein Paar Arme 19 und 20, die mit einem Steg 21 verbunden sind. Diese Arme tragen ein Paar einwärtsgerichteter Spaltpolhälften P_1-P_2 und P_3-P_4 . Diese Hälften sind symmetrisch auf den sich gegenüberliegenden Seiten des Rotors 10 in seiner neutralen Lage angeordnet, vergleiche Fig. 2. Die Rotationsachse des Rotors 10 ist im Hinblick auf die Spaltpolhälften zentriert. Die weichmagnetische Statoranordnung, die aus den Spaltpolhälften, den Armen 19 und 20 und dem Steg 21 gebildet ist, besteht vorzugsweise aus übereinandergelegten Lamellen einer weichgeglühten Nickel-Eisen-Legierung, die eine hohe Permeabilität und eine schmale Hysteresis aufweist.

Die Nord- und Südpolenden (N und S) des Rotormagneten 10 sind abgerundet. Die Stirnflächen F_1-F_4 der Spaltpolhälften P_1-P_2 und P_3-P_4 haben eine komplementäre, konkave Form. Der Kreis C_1 , vergleiche Fig. 3, der die Bögen, die durch die abgerundeten Enden des Rotors bestimmt sind, enthält, liegt konzentrisch mit dem Kreis C_2 eines leicht vergrösserten Durchmessers, der die Bögen, die durch die konkaven Stirnflächen F_1-F_4 der Spaltpolhälften bestimmt sind, beschreibt. Diese Kreise sind koaxial zu der zentralen Rotationsachse des Rotors orientiert. Dadurch wird ein kleiner konzentrischer Spalt zwischen den Spaltpolhälften des Stators und den polarisierten Enden des Permanentmagnet-Rotors gebildet.

Um den Steg 21 des Stators ist eine einfache Feldwicklung 22 gewickelt, die mit einer Erregerstromquelle 23 verbunden ist. Die Torsionsfeder 17 hält den Rotor 10 derart, dass die Längsachse X des stabförmigen Rotors in dessen neutraler Lage in einem rechten Winkel zu der Polachse Z liegt, die entlang einer Linie inmitten der Spaltpole jeder Stator-Polhälfte verläuft. Die Rotationsachse Y verläuft senkrecht zur Achse X wie auch zur Achse Z.

Die Anordnung ist derart ausgebildet, dass die Spaltpolhälften P_1-P_2 der oberen Polhälfte in der Ruhelage des Rotors den Abstand zwischen den Polenden N und S des stabförmigen Rotors auf seiner einen Seite und in entsprechender Weise die Spaltpolhälften P_3-P_4 der unteren Pol-

hälfte den Abstand zwischen den Polenden N und S des stabförmigen Rotors auf dessen anderer Seite überbrücken.

Wie durch die strichpunktierte Linie L_1 gezeigt, verläuft die Linie des magnetischen Flusses ausgehend von dem Polende N und dem Polende S des Permanentmagnet-Rotors 10 auf einer Seite durch die Spaltpolhälften P_1-P_2 der oberen Polhälfte, um eine geschlossene Schleife zu beschreiben, während die Linie des magnetischen Flusses, die durch L_2 repräsentiert ist, von den Polenden der anderen Seite des Rotors und durch die Spaltpolhälften P_3-P_4 der unteren Polhälfte verlaufend, ebenfalls eine geschlossene Schleife beschreibt, wodurch ein wirksamer, geschlossener Magnetkreis entsteht.

Es ist vorteilhaft, die Spaltpole der Paare von Spaltpolhälften so anzuordnen, dass die Entfernung zwischen ihnen gleich oder geringfügig kleiner als die Länge des Permanentmagnet-Rotors ist. Dies stellt sicher, dass der Rotormagnet 10 eine zentrale Ruhelage, wie in Fig. 2 gezeigt, einnimmt und dass der Magnet die Kraft der Torsionsfeder 17 nicht beeinflusst. Die Auswahl des Materials für den Permanentmagneten ist wichtig. Es ist vorteilhaft, ein Material zu verwenden, das hohe Werte für die magnetische Dichte und eine Koerzitivkraft, wie sie in seltenen Erdmitteln oder Platin-Kobalt-Legierungen vorkommen, aufweist.

Während des Betriebes, wenn der Strom von der Erregerstromquelle 23 in einer bestimmten Richtung durch die Feldwicklung 22 fliesst, werden die Spaltpolhälften P_1 und P_2 der oberen Polhälfte polarisiert. Die Spaltpolhälften P_3 und P_4 der unteren Polhälfte nehmen die umgekehrte Polarisation an.

In Verbindung mit Fig. 3 wird nun angenommen, dass die Stromrichtung derart ist, dass die Spaltpolhälften P_1 und P_2 der oberen Polhälfte «Nord»-polarisiert sind, während die Spaltpolhälften P_3 und P_4 der unteren Polhälfte «Süd»-polarisiert sind. Nachdem die Spaltpolhälften P_1 und P_2 den N- und S-Polenden des Permanentmagnet-Rotors 10 auf dessen einer Seite benachbart sind, und die Spaltpolhälften P_3 und P_4 diesen Polenden auf dessen anderer Seite benachbart sind, wird das Polende N des Rotors in Richtung der Spaltpolhälfte P_3 (S) angezogen, während es durch die Spaltpolhälfte P_1 (N) abgestossen wird. Zur gleichen Zeit wird das Polende S des Rotors in Richtung der Spaltpolhälften P_2 (N) angezogen und durch die Spaltpolhälften P_4 (S) abgestossen.

Die resultierende magnetische Kraft erzeugt ein starkes Drehmoment, das den Rotor 10 veranlasst, sich entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn zu drehen, vergleiche Fig. 3. Wenn die Richtung des Stroms umgekehrt wird, werden die Kraftverhältnisse ebenfalls umgedreht, vergleiche Fig. 4, wodurch in der Folge das Drehmoment, das erzeugt wird, den Rotor veranlasst, sich im Uhrzeigersinn zu drehen. Dadurch wird der Rotor durch Zuführen eines Stromes zu der Feldwicklung, der periodisch seine Richtung mit einer hohen Frequenz wechselt, veranlasst, mit der gleichen Frequenz zu schwingen. Das magnetische Feld, das durch die Statorfeldwicklung erzeugt wird, ist vollkommen im Bereich der Spaltpolhälften konzentriert, die den Fluss des Dauermagneten aufnehmen. Diese Anordnung resultiert in einem sehr viel grösseren Drehmoment-Masse-Verhältnis, als es durch herkömmliche Galvanometer-Strukturen erreichbar ist.

In gewissen Fällen kann der Motor andere Bewegungen ausführen, und zwar beispielsweise in Abhängigkeit von der Wellenform des Eingangsstroms. Dadurch wird der Rotor veranlasst, auf Kommando eine bestimmte Lage einzunehmen oder sich in Schritten wechselnder Amplitude zu bewegen. In diesem Falle simuliert die Bewegung des mit einer geringen Trägheit ausgestatteten Rotors die Wellenform des Eingangsstroms. Von optischen Abtastern wird oft verlangt, eine Sägezahnbewegung mit einem schnellen Rücklauf zu erzeugen. Dies wird durch den Rotor gemäss der Erfindung ermöglicht.

Fig. 1.

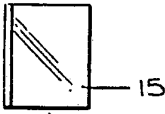


Fig. 2.

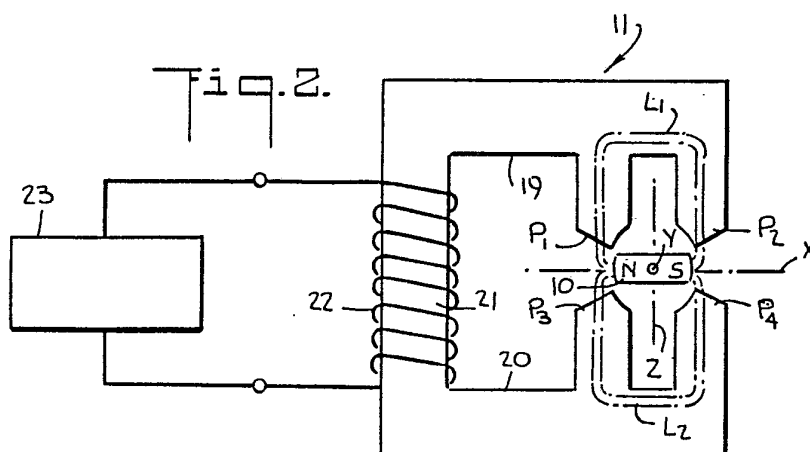


Fig. 3.

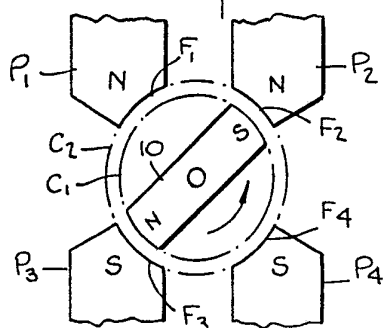


Fig. 4.

