



(10) **DE 10 2010 010 126 A1** 2010.10.07

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 010 126.5**

(22) Anmeldetag: **04.03.2010**

(43) Offenlegungstag: **07.10.2010**

(51) Int Cl.⁸: **H02K 21/12** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
12/409,672 **24.03.2009** **US**

(71) Anmelder:
**GM Global Technology Operations, Inc., Detroit,
Mich., US**

(74) Vertreter:
**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336
München**

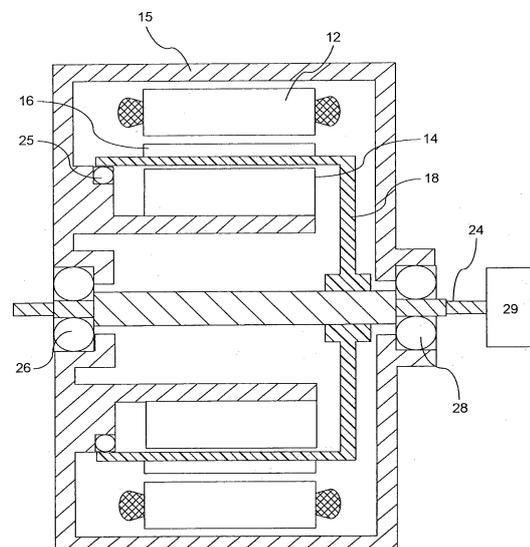
(72) Erfinder:
**Hao, Lei, Troy, Mich., US; Namuduri, Chandra S.,
Troy, Mich., US; Murty, Balarama V., West
Bloomfield, Mich., US**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Optimierte elektrische Maschine für intelligente Stellglieder**

(57) Zusammenfassung: Eine elektrische Maschine mit einem einzigen Stator umfassend eine Vielzahl von Magneten, um ein erstes Magnetfeld zu erzeugen. Jeder jeweilige Magnet stellt einen jeweiligen Rotorpol dar. Eine Magnethaltevorrichtung hält die Vielzahl von Magneten fest. Ein Stator ist von der Vielzahl von Magneten aus radial außerhalb angeordnet, um ein zweites Magnetfeld zu erzeugen. Der Stator umfasst eine Vielzahl von Statorpolen, die durch Nuten getrennt sind, wobei jeder der Statorpole eine konzentrierte Wicklung mit einer jeweiligen Anzahl von Windungen aufweist, die um jeden jeweiligen Statorpol herum ausgebildet sind. Jede jeweilige konzentrierte Wicklung innerhalb des Stators umfasst sich nicht überschneidende Phasen, welche eine aktive Länge der Wicklungen des Stators erhöhen und einen Überhang jeder jeweiligen Wicklung mit Bezug auf jeden Statorpol verringern, um einen Drehmomentwirkungsgrad zu verbessern. Eine Anzahl von Rotorpolen beträgt mindestens acht und die Anzahl von Rotorpolen und eine Anzahl von Statornuten weisen ein kleinstes gemeinsames Vielfaches von mindestens 36 auf.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Eine Ausführungsform betrifft allgemein elektrische Maschinen mit dualem Stator.

[0002] Elektrische Maschinen sind typischerweise so entworfen, dass sie eine spezifische Betriebskennzahl zu erreichen. Zum Beispiel weisen elektrische Maschinen mit Glockenläufern sehr niedrige Massenträgheitseigenschaften auf. Induktionsmaschinen zeigen typischerweise Eigenschaften ohne eine Drehmomentwelligkeit, wohingegen herkömmliche Permanentmagnet-Synchronmaschinen hohe Verhältnisse von Drehmoment zu Strom zeigen. Das Erreichen einer jeweiligen spezifischen Betriebskennzahl führt jedoch typischerweise dazu, dass andere Betriebskennzahlen aufgegeben werden müssen. Während jedes der vorstehenden Beispiele eine der gewünschten Betriebskennzahlen erreicht, erfolgt dies oftmals auf Kosten des Nichterreichens einer der anderen jeweils gewünschten Betriebskennzahlen. Das heißt, dass keine der vorstehend beschriebenen Einrichtungen in der Lage ist, alle gewünschten Betriebskennzahlen in einer einzigen elektrischen Maschine aufzuweisen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0003] Ein Vorteil einer Ausführungsform der Erfindung ist eine elektrische Maschine, die in der gleichen Maschine optimale Betriebskennzahlen bereitstellt, wie etwa ein hohes Verhältnis von Drehmoment zu Strom, ein hohes Verhältnis von Drehmoment zu Massenträgheit und eine niedrige Drehmomentwelligkeit.

[0004] Eine elektrische Maschine mit einem Stator umfasst eine Vielzahl von Magneten, um ein erstes Magnetfeld zu erzeugen. Jeder jeweilige Magnet stellt einen jeweiligen Rotorpol dar. Eine Magnethaltevorrichtung hält die Vielzahl von Magneten fest. Die Magnethaltevorrichtung weist eine kreisförmige Konfiguration auf, wobei die Vielzahl von Magneten um die kreisförmige Konfiguration der Magnethaltevorrichtung herum positioniert ist. Ein Stator ist radial außerhalb der Vielzahl von Magneten angeordnet, um ein zweites Magnetfeld zu erzeugen. Der Magnet und der Stator weisen einen ersten dazwischen ausgebildeten Luftspalt auf. Der Stator umfasst eine Vielzahl von Statorpolen, die durch Nuten getrennt sind, wobei jeder der Statorpole eine konzentrierte Wicklung mit einer jeweiligen Anzahl von Windungen aufweist, die um jeden jeweiligen Statorpol herum ausgebildet sind. Jede jeweilige konzentrierte Wicklung innerhalb des Stators umfasst sich nicht überschneidende Phasen. Die konzentrierten Wicklungen erhöhen eine aktive Länge der Wicklungen des Stators und verringern einen Überhang jeder jeweiligen Wicklung mit

Bezug auf jeden Statorpol, um die Drehmomentdichte und den Maschinenwirkungsgrad zu verbessern. Die Anzahl der Rotorpole beträgt mindestens acht. Die Anzahl der Rotorpole und die Anzahl der Statornuten weisen ein kleinstes gemeinsames Vielfaches von mindestens 36 auf.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0005] [Fig. 1](#) ist eine Querschnittsansicht einer elektrischen Maschine entlang einer diametralen Ebene gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung.

[0006] [Fig. 2](#) ist eine Querschnittsansicht der elektrischen Maschine entlang einer Querebene gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung.

[0007] [Fig. 3](#) ist eine Querschnittsansicht einer magnetischen Haltevorrichtung und eines Magnets gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung.

[0008] [Fig. 4](#) ist ein elektrischer Schaltplan einer konzentrierten Wicklungskonfiguration für eine dreiphasige elektrische Maschine.

[0009] [Fig. 5](#) ist ein elektrischer Schaltplan einer konzentrierten Wicklungskonfiguration für eine erste Phase der elektrischen Maschine.

[0010] [Fig. 6](#) ist ein elektrischer Schaltplan einer konzentrierten Wicklungskonfiguration für eine zweite Phase der elektrischen Maschine.

[0011] [Fig. 7](#) ist ein elektrischer Schaltplan einer konzentrierten Wicklungskonfiguration für eine dritte Phase der elektrischen Maschine.

[0012] [Fig. 8](#) ist ein elektrischer Schaltplan einer Wicklungskonfiguration für eine herkömmliche sich überschneidende Wicklung nach dem Stand der Technik.

[0013] [Fig. 9](#) ist eine Tabelle, die optimierte Kombinationen von Rotorpolen zu Statornuten veranschaulicht.

[0014] [Fig. 10](#) ist eine Querschnittsansicht einer elektrischen Maschine entlang einer diametralen Ebene gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

[0015] [Fig. 11](#) ist eine Querschnittsansicht der elektrischen Maschine entlang einer Querebene gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

[0016] [Fig. 12](#) ist eine Querschnittsansicht einer magnetischen Haltevorrichtung und eines Magnets gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

GENAUE BESCHREIBUNG

[0017] Mit Bezug sowohl auf [Fig. 1](#) als auch auf [Fig. 2](#) sind Querschnittsansichten einer elektrischen Maschine **10** entlang einer axialen diametralen Ebene bzw. einer Querebene gezeigt. Die elektrische Maschine **10**, wie sie hier beschrieben ist, wird für Einrichtungen und Systeme verwendet, die ein hohes Drehmoment und schnelle Ansprechzeiten benötigen, wie etwa semiaktive oder aktive Federungssysteme, elektrische Servolenkungssysteme, elektromechanische Bremssysteme oder ähnliche Systeme. Die elektrische Maschine **10** ist eine elektrische Maschine mit einem einzigen Stator, die einen Stator **12** und einen Innenkern **14** aufweist, die innerhalb eines Maschinengehäuses **15** befestigt sind. Der erste Stator **12** und der Innenkern **14** sind innerhalb des Maschinengehäuses **15** zueinander koaxial und weisen unterschiedliche Durchmesser auf. Der erste Stator **12** weist konzentrierte Wicklungen auf. Konzentrierte Wicklungen sind sich nicht überschneidende Wicklungen, was nachstehend im Detail beschrieben wird.

[0018] Eine Vielzahl von Magneten **16** ist zwischen dem Stator **12** und dem Innenkern **14** radial angeordnet. Die Vielzahl von Magneten **16** wird durch eine Magnethaltevorrichtung **18** in einer zylindrischen Konfiguration festgehalten, wobei beide in einem Raum drehbar sind, der zwischen dem Stator **12** und dem Innenkern **14** geschaffen ist. Die Vielzahl von Magneten ist so ausgestaltet, dass sich alle Magnete, die eine erste Polarität aufweisen, jeweils mit allen Magneten abwechseln, die eine zweite Polarität aufweisen. Als Folge ist jeder jeweilige Magnet, der eine erste Polarität aufweist, neben einem Magnet angeordnet, der eine zweite Polarität aufweist. Die Südpolmagnete sind allgemein durch **17** bezeichnet, während die Nordpolmagnete allgemein durch **19** bezeichnet sind. Eine Querschnittsansicht der Magnethaltevorrichtung **18** und eines jeweiligen Magnets ist in [Fig. 3](#) allgemein gezeigt. Es versteht sich, dass die Magnethaltevorrichtung nur eine Ausgestaltung ist und nicht auf die veranschaulichte Magnethaltevorrichtung begrenzt ist.

[0019] Der Stator **12** ist um eine jeweilige Distanz radial außerhalb von der Vielzahl von Magneten **16** angeordnet, wodurch ein erster Luftspalt **20** dazwischen ausgebildet wird. Der Innenkern **14** ist um eine jeweilige Distanz radial innerhalb von der Magnethaltevorrichtung **18** angeordnet, wodurch dazwischen ein zweiter Luftspalt **22** ausgebildet wird. Der Stator **12** arbeitet mit dem Innenkern **14** zusammen und die Vielzahl von Magneten **16** erzeugt wie gezeigt einen Flusspfad, um ein elektromagnetisches Feld zu erzeugen, welches in der Form eines Drehmoments in mechanische Energie umgesetzt wird.

[0020] Die Magnethaltevorrichtung **18** ist an einem ersten Ende der Magnethaltevorrichtung **18** mit einer

Welle **24** gekoppelt. Die Magnethaltevorrichtung **18** ist durch eine Lageroberfläche **25** an einem zweiten Ende der Magnethaltevorrichtung **18** abgestützt. Die Welle **24** verläuft axial durch die elektrische Maschine **10** hindurch und ist koaxial zu der Vielzahl von Magneten **16**. Ein erstes Lager **26** und ein zweites Lager **28** stützen die Welle **24** dort ab, wo sie durch das Maschinengehäuse **15** hindurch verläuft. Die Welle **24** verläuft durch Öffnungen im Maschinengehäuse **15** hindurch und ist zur Kopplung mit einer jeweiligen Komponente **29** außerhalb der elektrischen Maschine **10** ausgestaltet, um ein Drehmoment auf die jeweilige Komponente **29** aufzubringen. Die Komponente kann ein Stellglied für das aktive Federungssystem, das elektrische Lenkungssystem, das elektrische Bremssystem oder ein ähnliches System umfassen. Die Magnethaltevorrichtung **18** besteht vorzugsweise aus einem nicht magnetischen Edelstahl. Alternativ kann die Magnethaltevorrichtung **18** aus anderen nicht magnetischen Materialien hergestellt sein, die eine angemessene Festigkeit bereitstellen, um ein mechanisches Drehmoment an das jeweilige Fahrzeugsystem zu übertragen. Die Magnethaltevorrichtung **18** in Zusammenarbeit mit der Lageroberfläche **25** und der Kopplung mit der Welle **24**, die durch die Lager **26** und **28** abgestützt ist, halten eine räumliche Beziehung zwischen dem Stator **12** und dem Innenkern **14** aufrecht. Die jeweiligen Lager ermöglichen, dass die Magnethaltevorrichtung **18** und die Vielzahl von Magneten **16** in dem Raum rotieren, der zwischen dem Stator **12** und dem Innenkern **14** radial ausgebildet ist.

[0021] Die elektrische Maschine **10**, wie sie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, beseitigt den herkömmlichen Rotor und die einstückig damit ausgebildete Rotorwelle, die bei herkömmlichen Elektromotoren, wie etwa elektrischen Permanentmagnetmaschinen, typischerweise verwendet werden. Der Innenkern **14** in Zusammenarbeit mit dem zweiten Luftspalt **22** wirkt wie der Rotorkern zum Bereitstellen des magnetischen Flusspfads, der andernfalls durch den Rotorkern bei einem Standard-Permanentmagnetmotor bereitgestellt wird. Die Beseitigung des herkömmlichen Rotorkerns und der einstückig ausgebildeten Welle verringert das Gesamtgewicht des drehenden Teils der elektrischen Maschine, wodurch die Massenträgheit der elektrischen Maschine **10** verringert wird. Gleichzeitig stellt der Innenkern den magnetischen Flusspfad derart bereit, dass ein hohes Drehmoment erzeugt wird.

[0022] Wie vorstehend erörtert wurde, weist der Stator **12** sich nicht überschneidende konzentrierte Wicklungen auf. [Fig. 4–Fig. 7](#) zeigen Wicklungskonfigurationen, welche die konzentrierte Wicklung veranschaulichen. Es versteht sich, dass die konzentrierte Wicklungskonfiguration zu Beispielszwecken dient und dass eine beliebige Konfiguration konzentrierter Wicklungen hier verwendet werden kann. Der

Elektromotor **10** ist ein dreiphasiger Motor mit einer ersten Phase (A), einer zweiten Phase (B) und einer dritten Phase (C).

[0023] Ein jeweiliges Paar aufeinanderfolgend gewickelter Statorpole, das durch Statorpol **32** und Statorpol **34** dargestellt ist, veranschaulicht konzentrierte Wicklungskonfigurationen. Wicklungen um Statorpole **32** und **34** herum sind mit Phase A elektrisch gekoppelt. Eine erste Wicklung **36** ist um den Statorpol **32** herum in einer konzentrierten Konfiguration ausgebildet, was umfasst, dass der Statorpol **32** mit einer vorbestimmten Anzahl von Windungen kontinuierlich umwickelt wird, bevor ein Ausgangsdraht **38** den Statorpol **32** verlässt und ohne Unterbrechung am nächsten Statorpol **34** fortfährt. Am Statorpol **34** ist eine zweite Wicklung **40** ausgebildet, indem der Statorpol **34** mit der vorbestimmten Anzahl von Windungen kontinuierlich umwickelt wird. Die zweite Wicklung **40** ist danach mit einem Neutralpunkt **30** elektrisch gekoppelt. Ein nächstes aufeinanderfolgendes Paar von Statorpolen ist unter Verwendung der konzentrierten Wicklungskonfiguration mit Phase B elektrisch gekoppelt. Auf ähnliche Weise wird das nächste aufeinanderfolgende Paar von Statorpolen unter Verwendung der konzentrierten Wicklungskonfiguration mit Phase C elektrisch gekoppelt. Das Wicklungsmuster wird für jedes der verbleibenden aufeinanderfolgenden Paare von Statorpolen des jeweiligen Stators wiederholt. Im Gegensatz dazu umfasst eine herkömmliche sich überschneidende Wicklungskonfiguration das Umwickeln eines jeweiligen Pols unter Verwendung nur einer einzigen Windung, bevor zu einem nächsten Pol weitergegangen wird. Die Wicklung der herkömmlichen sich überschneidenden Konfiguration wird in der Folge fortgesetzt, wodurch man schließlich zu jedem zuvor umwickelten Pol zurückkehrt, um zusätzliche Windungen um den Statorpol herum hinzuzufügen. Als Folge wird die Anzahl von Ausgangsdrähten, die eine elektrische Verbindung zu den nachfolgenden Statorpolen herstellen, gleich der Anzahl von Windungen sein, die an jedem Statorpol ausgebildet ist. Die Vielzahl von Ausgangsdrähten zwischen aufeinanderfolgenden Polen überschneidet einander, wodurch ein Überhang geschaffen wird, der sich radial außerhalb des jeweiligen Stators erstreckt, wie in [Fig. 8](#) veranschaulicht ist. Bei der bevorzugten Ausführungsform, die in [Fig. 4](#) gezeigt ist, verbindet nur ein einziger Ausgangsdraht ein jeweiliges Paar von Statorpolen auf elektrische Weise. Der einzige sich nicht überschneidende Ausgangsdraht führt zu einem wesentlich verringerten Überhang im Vergleich zu der herkömmlichen sich überschneidenden Wicklungskonfiguration. Die Verringerung des Überhangs führt zu einer Erhöhung der aktiven Länge des Stators innerhalb der Baugröße, um die Drehmomentdichte zu erhöhen. Das heißt, dass bei der konzentrierten Wicklungskonfiguration der größte Teil der Gesamtwicklung als Teil der Windungen ausgebildet ist im Ge-

gensatz zu den Ausgangsdrähten, welche die jeweiligen Windungen koppeln, wodurch die Länge der gesamten Wicklung auf jeden der jeweiligen Statorpole konzentriert wird. Dies führt zu einer Verringerung des Statorkupferverlusts und zu einer Verbesserung des Wirkungsgrads der elektrischen Maschine. Bei gleicher Baugröße führt die verringerte Länge von Endwindungen zu einer längeren aktiven Statorlänge, wodurch ein hohes Verhältnis von Drehmoment zu Strom oder eine hohe Leistungsdichte für den gleichen Betriebsbereich erreicht wird. Aufgrund des verbesserten Wirkungsgrads beeinflusst die erhöhte Maschinenleistungsdichte deren thermisches Verhalten nicht.

[0024] Durch das Verwenden der elektrischen Maschine mit konzentrierten Wicklungen kann vorzugsweise eine im Vergleich mit einem herkömmlichen Rotor erhöhte Anzahl von Rotorpolen (d. h. Magneten) verwendet werden. Ein Erhöhen der Polanzahl ermöglicht eine Verringerung der Dicke des Statorkerns. Eine Verringerung der Dicke des Statorkerns führt zu einer Verringerung des Gesamtgewichts der elektrischen Maschine. Darüber hinaus erzeugt das Erhöhen der Polanzahl in der elektrischen Maschine auch eine sinusförmige Gegen-EMK, welche den Vorteil bereitstellt, dass sie eine Drehmomentwelligkeit verringert.

[0025] Es ist zu verstehen, dass eine jeweilige Pol/Nut-Kombination gewählt werden kann, um die Drehmomentausgabe der elektrischen Maschine zusätzlich zur Verringerung der Stromaufnahme und der Drehmomentwelligkeit zu optimieren. [Fig. 9](#) veranschaulicht eine Tabelle, welche eine Kombination von Rotorpolen (d. h. Magneten) zu Statornuten aufzeigt. Die Tabelle zeigt ein kleinstes gemeinsames Vielfaches (KGV) der Rotorpol- und Statornutkombination auf und zudem wird bei einigen Kombinationen ein Wicklungsfaktor gezeigt. Das KGV ist die kleinste ganze Zahl, die sowohl durch die Rotorpolanzahl als auch die Statornutanzahl teilbar ist. Je höher das KGV ist, umso niedriger ist die Drehmomentwelligkeit, die erzeugt wird. Vorzugsweise wird eine Rotorpolanzahl größer als 8 und eine Rotorpol- und Nutkombination mit einem KGV von mindestens 36 gewählt.

[0026] Der Wicklungsfaktor ist durch das Verhältnis eines Flusses, der durch eine tatsächliche Wicklung gekoppelt ist, zu einem Fluss definiert, der von einer konzentrierten Durchmesserwicklung [engl: full pitch concentrated winding] mit der gleichen Anzahl von Windungen gekoppelt würde. Je höher der Wicklungsfaktorwert ist, desto höher ist die Drehmomentdichte. Vorzugsweise wird ein Wicklungsfaktor gewählt, der größer als 0,7 ist.

[0027] Wenn eine Kombination gewählt wird, welche die hier beschriebenen Vorteile bietet, sollte eine

Kombination gewählt werden, die das höchste KGV und den höchsten Wicklungsfaktor bietet. Jedoch weist das Wählen der Kombination mit dem höchsten KGV und Wicklungsfaktor Nachteile auf. Zum Beispiel können diejenigen Kombinationen, die eine ungerade Anzahl von Statornuten aufweisen, einen nicht ausgewogenen magnetischen Zug induzieren, der zu Vibrationen führt. Kombinationen, die akzeptable Wahlen darstellen, sind diejenigen, die mit einer Sternchenmarkierung gekennzeichnet sind. Diejenigen Kombinationen, die hohe KGV-Werte und Wicklungsfaktoren aufweisen, aber anfällig für Vibrationen sind, sind diejenigen mit einer ungeraden Anzahl von Nuten und sind mit einer #-Markierung dargestellt.

[0028] Mit Bezug auf sowohl [Fig. 10](#) als auch auf [Fig. 11](#) sind Querschnitts-Schnittansichten einer elektrischen Maschine **50** einer zweiten Ausführungsform entlang einer axialen Ebene bzw. einer Querebene gezeigt. Gleiche Bezugszeichen werden für ähnliche Komponenten verwendet. Die elektrische Maschine **50** ist eine elektrische Maschine mit einem einzigen Stator, die einen Stator **12** aufweist, der innerhalb eines Maschinengehäuses **51** befestigt ist. Der Stator **12** weist konzentrierte Wicklungen auf, wie vorstehend beschrieben ist.

[0029] Die Vielzahl von Magneten **16** wird von einer magnetischen Magnethaltevorrichtung **52** in einer zylindrischen Konfiguration festgehalten, die beide in einem Raum drehbar sind, der vom Stator **12** aus radial nach innen angeordnet ist. Eine Querschnittsansicht der magnetischen Magnethaltevorrichtung **52** und eines jeweiligen Magnets ist in [Fig. 12](#) allgemein gezeigt. Der Stator **12** ist von der Vielzahl von Magneten **16** aus um eine jeweilige Distanz radial nach außen hin angeordnet, wodurch dazwischen der Luftspalt **20** ausgebildet wird. Die magnetische Magnethaltevorrichtung **52** ist mit der Welle **24** an einem ersten Ende **54** der magnetischen Magnethaltevorrichtung **18** und am zweiten Ende **56** der magnetischen Magnethaltevorrichtung **52** gekoppelt. Die Welle **24** verläuft axial durch die elektrische Maschine **10** hindurch und ist koaxial zu der Vielzahl von Magneten **16**. Das erste Lager **26** und ein zweites Lager **28** stützen die Welle **24** dort ab, wo sie durch das Maschinengehäuse **15** hindurch verläuft. Die Welle verläuft durch Öffnungen im Maschinengehäuse **52** hindurch und ist zur Kopplung mit einer jeweiligen Komponente **29** außerhalb der elektrischen Maschine **10** ausgestaltet, um ein Drehmoment auf die jeweilige Komponente **29** aufzubringen. Die magnetische Magnethaltevorrichtung **18** besteht vorzugsweise aus einem magnetischen Material, wie etwa ein Elektro Stahl oder ein ähnliches Material. Die magnetische Magnethaltevorrichtung **52** hält eine räumliche Beziehung zu dem Stator **12** aufrecht, da sie durch die Welle **24** abgestützt wird. Die magnetische Magnethaltevorrichtung **52** und die Vielzahl von Magneten **16** rotieren in dem Raum, der von dem ersten Stator

12 aus radial nach innen ausgebildet ist, um Drehmoment an die jeweiligen Komponenten **29** bereitzustellen.

[0030] Die magnetische Magnethaltevorrichtung **52** muss im Vergleich zu der nicht magnetischen Magnethaltevorrichtung eine größere radiale Dicke aufweisen, da die magnetische Magnethaltevorrichtung **52** als der Innenkern zum Abschluss des Flusspfads wirkt. Der Stator **12** erzeugt in Zusammenarbeit mit der magnetischen Magnethaltevorrichtung **52** und der Vielzahl von Magneten **16** wie gezeigt den Flusspfad, um ein elektromagnetisches Feld zu schaffen, welches in der Form eines Drehmoments in mechanische Energie umgesetzt wird. Es ist zu verstehen, dass die konzentrierte Wicklung und die Wahl von Rotor zu Pol, wie in [Fig. 4–Fig. 7](#) und [Fig. 9](#) beschrieben ist, in Zusammenarbeit mit der elektrischen Maschine **50**, wie sie hier beschrieben ist, verwendet werden.

[0031] Obwohl einige Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung im Detail beschrieben wurden, werden Fachleute auf dem Gebiet, das diese Erfindung betrifft, verschiedene alternative Entwürfe und Ausführungsformen zum Umsetzen der Erfindung in die Praxis, wie sie durch die folgenden Ansprüche definiert sind, erkennen.

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine mit einem einzigen Stator, die umfasst:
eine Vielzahl von Magneten zum Erzeugen eines ersten Magnetfelds, wobei jeder jeweilige Magnet einen jeweiligen Rotorpol darstellt;
eine Magnethaltevorrichtung zum Festhalten der Vielzahl von Magneten, wobei die Magnethaltevorrichtung eine kreisförmige Konfiguration aufweist, wobei die Vielzahl von Magneten um die kreisförmige Konfiguration der Magnethaltevorrichtung herum positioniert ist; und
einen Stator, der von der Vielzahl von Magneten aus radial außerhalb angeordnet ist, um ein zweites Magnetfeld zu erzeugen, wobei der Magnet und der Stator einen dazwischen ausgebildeten ersten Luftspalt aufweisen, wobei der Stator eine Vielzahl von Statorpolen umfasst, die durch Nuten getrennt sind, wobei jeder der Statorpole eine konzentrierte Wicklung mit einer jeweiligen Anzahl von Windungen aufweist, die um jeden jeweiligen Statorpol herum ausgebildet sind, wobei jede jeweilige konzentrierte Wicklung innerhalb des Stators sich nicht überschneidende Phasen umfasst, wobei die konzentrierten Wicklungen eine aktive Länge der Wicklungen des Stators erhöhen und einen Überhang jeder jeweiligen Wicklung mit Bezug auf jeden Statorpol verringern, um eine Drehmomentdichte und einen Maschinenwirkungsgrad zu verbessern;
wobei die Anzahl von Rotorpolen mindestens acht

beträgt und wobei die Anzahl von Rotorpolen und eine Anzahl von Statornuten ein kleinstes gemeinsames Vielfaches von mindestens 36 aufweisen.

für ein Brennstoffzellenantriebssystem, und/oder für ein elektrisches Antriebssystem verwendet werden kann.

2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, wobei die Magnethalteinrichtung und die Vielzahl von Magneten einen kernlosen Rotor ausbilden.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

3. Elektrische Maschine nach Anspruch 2, wobei die Magnethalteinrichtung aus einem magnetischen Material besteht, um in Zusammenarbeit mit dem Stator und der Vielzahl von Magneten eine Flussschleife zu erzeugen, und wobei die Magnethalteinrichtung drehbar ist, um ein Drehmoment zu erzeugen.

4. Elektrische Maschine nach Anspruch 2, die ferner einen stationären magnetischen Innenkern umfasst, der radial innerhalb der Magnethalteinrichtung angeordnet ist, wobei ein zweiter Luftspalt zwischen dem magnetischen Innenkern und der Magnethalteinrichtung ausgebildet ist, wobei der stationäre magnetische Innenkern in Zusammenarbeit mit dem Stator und der Vielzahl von Magneten eine Flussschleife erzeugt und wobei die Magnethalteinrichtung aus einem nicht magnetischen Material besteht.

5. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, wobei die konzentrierten Wicklungen einen Wicklungsfaktor umfassen, der größer als 0,7 ist.

6. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, wobei eine Anzahl von Statornuten eine geradzahlige positive Ganzzahl ist.

7. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, die ferner eine Welle umfasst, die mit der Magnethalteinrichtung gekoppelt ist und coaxial zu dieser ist, wobei die Welle zur Kopplung mit einer angetriebenen Komponente ausgestaltet ist, wobei eine von dem Magnet und dem Stator erzeugte elektromagnetische Kraft in ein mechanisches Drehmoment umgesetzt wird, wobei das mechanische Drehmoment über die Magnethalteinrichtung und die Welle auf die angetriebene Komponente aufgebracht wird.

8. Elektrische Maschine nach Anspruch 7, wobei die Magnethalteinrichtung zur Kopplung mit einem Stellglied für ein aktives Federungssystem, mit einem Stellglied für ein semiaktives Federungssystem, mit einem Stellglied für ein elektrisches Servolenkungssystem, und/oder mit einem Stellglied für ein elektromechanisches Bremssystem ausgelegt ist.

9. Elektrische Maschine nach Anspruch 7, die als Antriebsmaschine für ein Hybridantriebssystem,

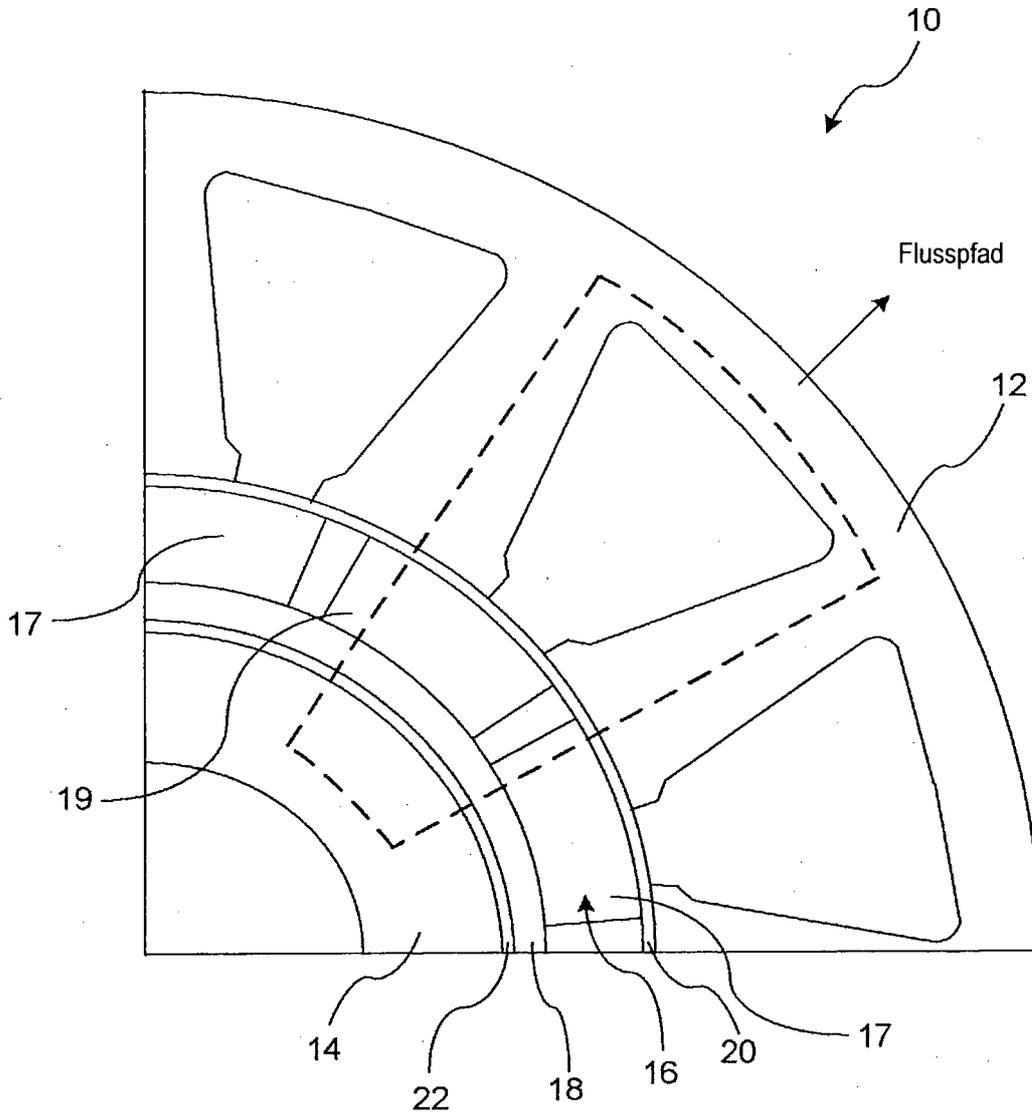


FIG. 2

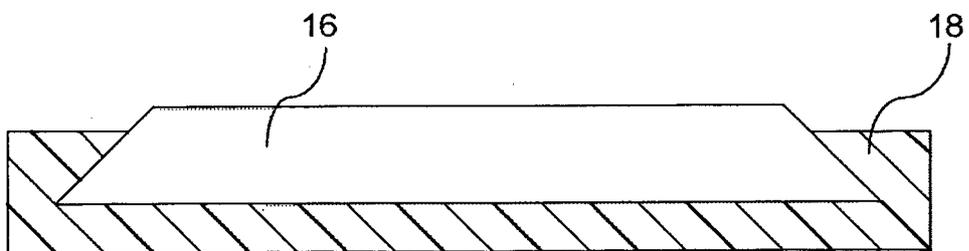


FIG. 3

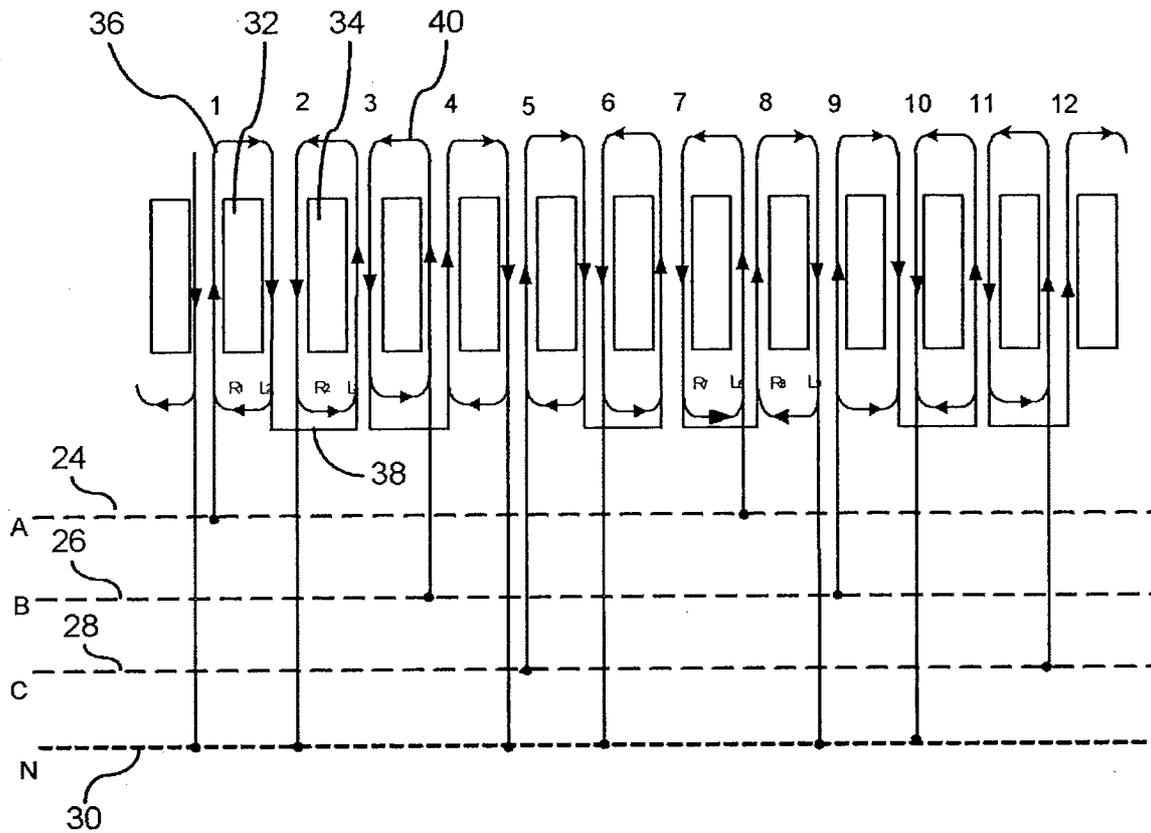


FIG. 4

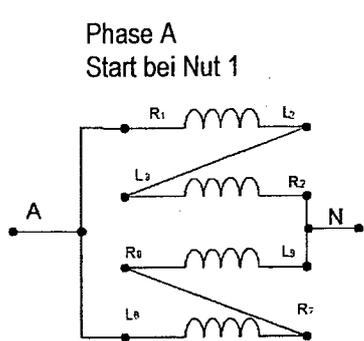


FIG. 5

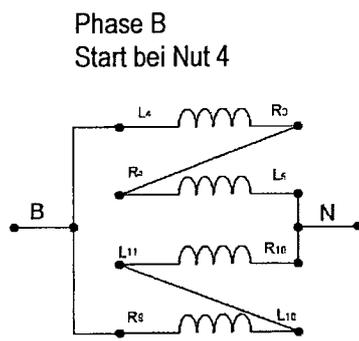


FIG. 6

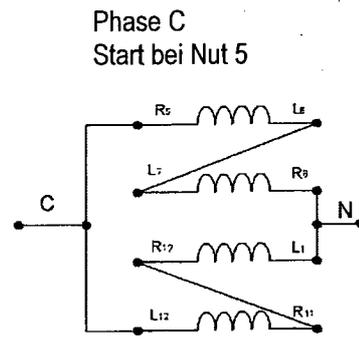


FIG. 7

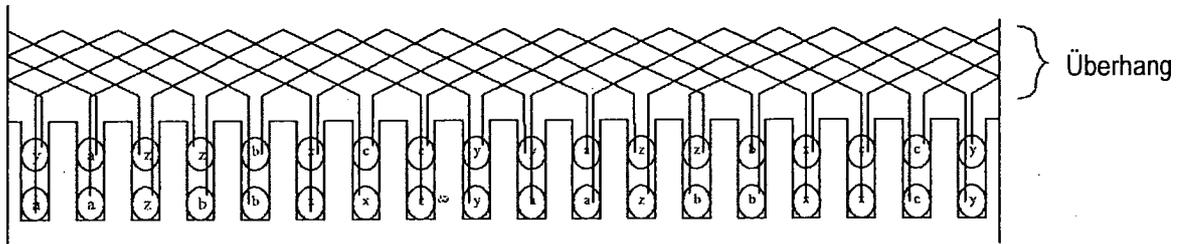


FIG. 8

Nut \ Pol	2	4	6	8	10	12	14	16
3	6	12						
6		12		24	30			
9		36	18	72/.945 [#]	90/.945 [#]	36	126/.473	144/.175
12				24	60/.933 [*]		84/.933 [*]	48
15			30	120/.621	30	60/.906 [#]	210/.951 [#]	240/.951 [#]
18				72	90/.647	36.866	126/.902 [*]	144/.931 [*]
21				168/.468	210/.565	84	42	336/.851
24					120/.463		168/.760	48

FIG. 9

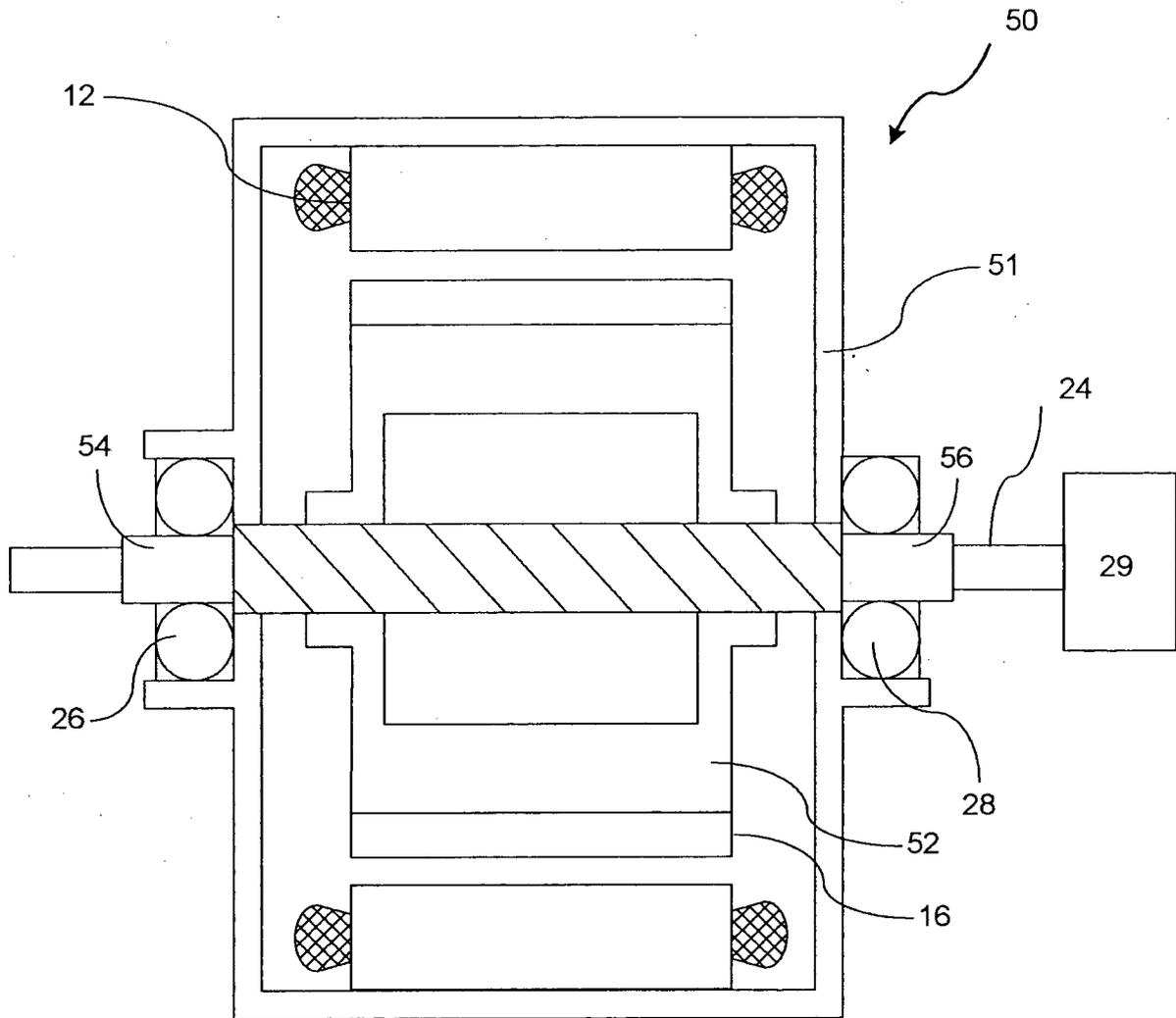


FIG. 10

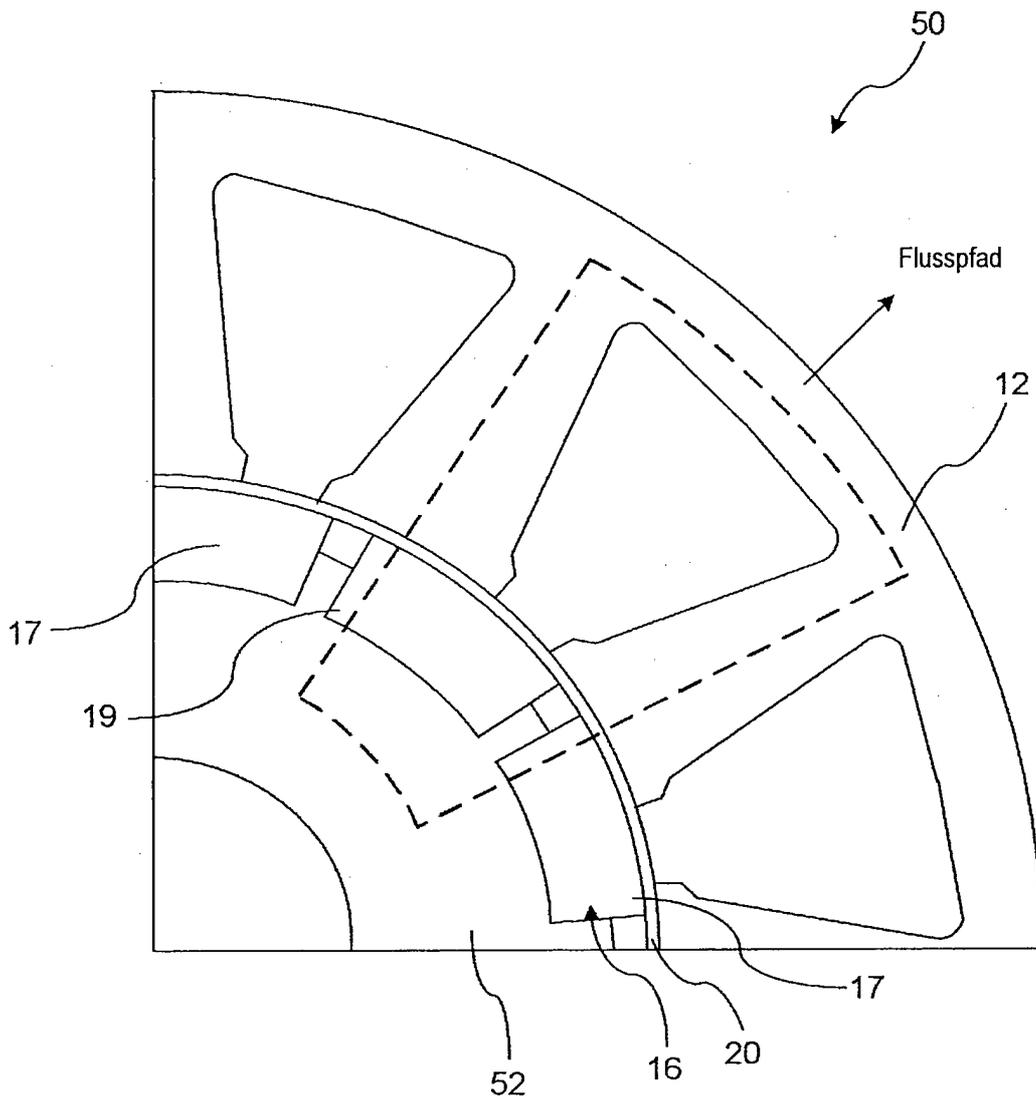


FIG. 11

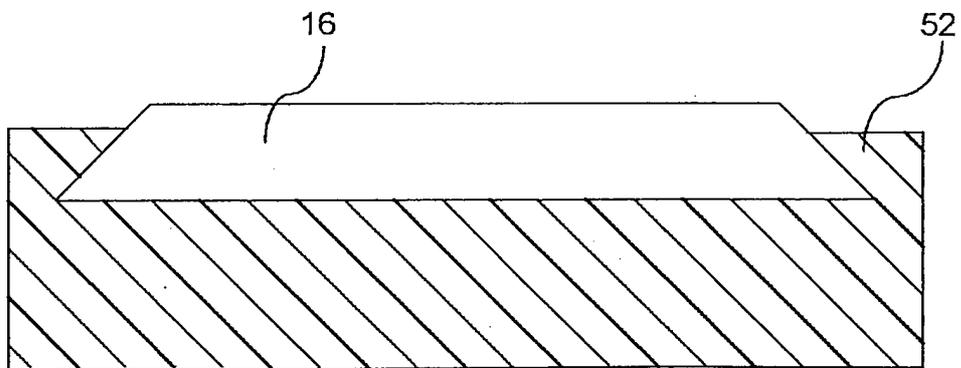


FIG. 12