



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

51 Int. Cl.³: G 01 B 7/30
G 01 D 5/20
G 01 D 5/24

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



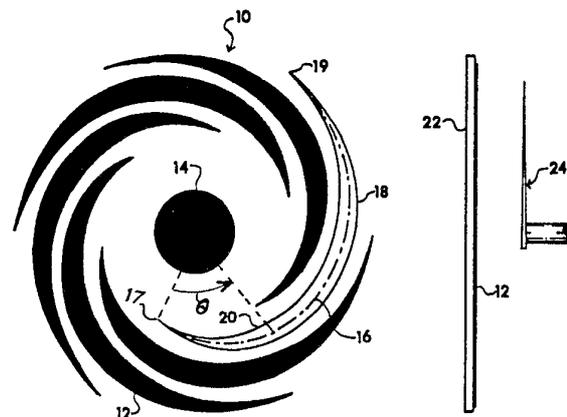
12 PATENTSCHRIFT A5

636 195

<p>21 Gesuchsnummer: 11833/77</p> <p>22 Anmeldungsdatum: 28.09.1977</p> <p>30 Priorität(en): 30.09.1976 US 728119</p> <p>24 Patent erteilt: 13.05.1983</p> <p>45 Patentschrift veröffentlicht: 13.05.1983</p>	<p>73 Inhaber: Cain Encoder Company, Greenville/NC (US)</p> <p>72 Erfinder: Arthur T. Shankle, Raleigh/NC (US)</p> <p>74 Vertreter: Patentanwälte Dr.-Ing. Hans A. Troesch und Dipl.-Ing. Jacques J. Troesch, Zürich</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

54 **Elektroden- bzw. Polstückanordnung für ein rotierendes elektrisches oder magnetisches Feld zur Ermittlung der Winkelstellung eines drehbaren plattenförmigen Bauteiles.**

57 Die Anordnung (10) eignet sich besonders für die Ablesung eines Zeiger-Messgerätes. Sie weist mehrere in gleichmässigen Winkelabständen um einen Mittelpunkt verteilte Elektroden (12) bzw. Polstücke auf, die im wesentlichen in einer sich parallel zur Ebene des drehbaren plattenförmigen Bauteiles (24) erstreckenden Ebene liegen und an eine mehrphasige Spannung bzw. an einen mehrphasigen Strom anschliessbar sind. Die Form der Elektroden (12) bzw. Polstücke ist so gewählt, dass das Verhältnis zwischen ihrer radialen Breite und dem Abstand ihrer Oberfläche von der Ebene des drehbaren Bauteiles (24) für jeden sich vom Mittelpunkt der Anordnung aus durch eine Elektrode (12) bzw. ein Polstück erstreckenden Radius zum Sinus des Azimutwinkels θ proportional ist.



PATENTANSPRÜCHE

1. Elektroden- oder Polstückanordnung für ein elektrisches oder magnetisches Feld zur Ermittlung der Winkelstellung eines der Anordnung zugeordneten drehbaren plattenförmigen Bauteiles, insbesondere zur Ablesung eines Zeiger-Messgerätes, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung (10; 50) mehrere in gleichmässigen Winkelabständen um einen Mittelpunkt verteilte Elektroden (12; 32) bzw. Polstücke (52; 52a) umfasst, die im wesentlichen in einer gemeinsamen Ebene liegen und geeignet sind, mit einer Quelle für eine mehrphasige Spannung bzw. für einen mehrphasigen Strom zusammenzuwirken, und dass das drehbare plattenförmige Bauteil (24) in dem der Anordnung benachbarten Raum in einer zur Hauptebene der Anordnung parallelen Bezugsebene drehbar ist, und dass die Elektroden bzw. die Polstücke, das plattenförmige Bauteil und das dazwischen vorhandene Medium so ausgebildet sind, dass zwischen einer Elektrode bzw. einem Polstück und dem plattenförmigen Bauteil eine kapazitive bzw. eine magnetische Kopplung hervorgerufen wird, die sich in Abhängigkeit von der Winkelstellung des plattenförmigen Bauteils im wesentlichen entsprechend einer Sinusfunktion ändert, derart dass, wenn die Elektroden an eine mehrphasige Spannung angeschlossen bzw. die Polstücke durch einen mehrphasigen Strom erregt werden, im Raum zwischen der genannten Haupt- und Bezugsebene ein elektrisches bzw. magnetisches Feld erzeugt wird, dessen Vektor der maximalen Feldstärke gleichmässig umläuft.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie als kreisrunde Anordnung (10; 50) ausgebildet ist, und dass die Elektroden (12; 32) bzw. Polstücke (52; 52a) eine solche Form haben, dass das Verhältnis zwischen ihrer radialen Breite und dem Abstand ihrer Oberfläche von einer zur Hauptebene der Anordnung parallelen Bezugsebene für jeden sich vom Mittelpunkt der Anordnung aus durch eine Elektrode bzw. ein Polstück erstreckenden Radius zum Sinus des Azimutwinkels θ des betreffenden Radius proportional ist.

3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die oberen Flächen der Elektroden (12) bzw. Polstücke (52) vollständig in einer zur Hauptebene der Anordnung (10; 50) parallelen Ebene liegen, so dass der Abstand aller Punkte auf der Oberseite einer bestimmten Elektrode bzw. eines bestimmten Polstückes von der Hauptebene konstant ist, und dass die radiale Breite jeder Elektrode bzw. jedes Polstückes für jeden beliebigen Radius, der vom Mittelpunkt der Anordnung ausgeht, proportional zum Sinus des Azimutwinkels θ des betreffenden Radius ist.

4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Zentriwinkel, über den sich jede Elektrode (12) bzw. jedes Polstück (52) der Anordnung (10; 50) erstreckt, 180° beträgt.

5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Form der Ränder (18, 20) jeder Elektrode (12) bzw. jedes Polstückes (52) im wesentlichen den Kurven entspricht, die durch die Gleichungen

$$r_{\text{ausseren}} = r_{\text{min}} + \frac{\theta}{\pi} (r_{\text{max}} - r_{\text{min}}) + d \sin \theta \text{ und}$$

$$r_{\text{innen}} = r_{\text{min}} + \frac{\theta}{\pi} (r_{\text{max}} - r_{\text{min}}) - d \sin \theta$$

bestimmt sind, in denen

r_{ausseren} den radialen Abstand zwischen dem Mittelpunkt der Anordnung (10; 50) und dem äusseren Rand (18) der Elektrode bzw. des Polstückes bei einem beliebigen Winkel θ innerhalb des Zentriwinkels $0 \leq \theta \leq \pi$, über den sich die Elektrode bzw. das Polstück erstreckt,

r_{innen} den radialen Abstand zwischen dem Mittelpunkt der Anordnung und dem inneren Rand (20) der Elektrode bzw. des Polstückes bei einem beliebigen Winkel θ innerhalb des Zen-

triwinkels $0 \leq \theta \leq \pi$, über den sich die Elektrode bzw. das Polstück erstreckt,

r_{min} den radialen Abstand zwischen dem Mittelpunkt der Anordnung und beiden Kurven für $\theta = 0$

5 r_{max} den radialen Abstand zwischen dem Mittelpunkt der Anordnung und den beiden Kurven für $\theta = \pi$,
 θ den in rad gemessenen Azimutwinkel und
 d einen die maximale Breite jeder Elektrode bzw. jedes Polstückes bestimmenden Parameter bezeichnet.

10 6. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für jeden sich vom Mittelpunkt der Anordnung (10; 50) aus durch eine bestimmte Elektrode (32) bzw. ein bestimmtes Polstück (52a) erstreckenden Radius die radiale Breite der Elektrode bzw. des Polstückes konstant ist und dass die Höhe
 15 der Elektrode bzw. die Höhe der Oberseite des Polstückes gegenüber der Hauptebene der Anordnung proportional zum Sinus des Azimutwinkels θ des betreffenden Radius ist.

20 Die Erfindung bezieht sich auf eine Elektroden- oder Polstückanordnung für ein elektrisches oder magnetisches Feld zur Ermittlung der Winkelstellung eines der Anordnung zugeordneten drehbaren plattenförmigen Bauteils, insbesondere zur Able-
 25 sung eines Zeiger-Messgerätes.

In der US-PS 3 500 365 sowie in der US-PS 4 007 454 sind die Verwendung eines «sich drehenden elektrischen bzw. magnetischen Feldes» bei einer Vorrichtung zur Fernmessung der Lage eines Messgerätszeigers oder eines anderen sich drehenden
 30 Gegenstandes beschrieben, wobei hier unter der Ausdrucksweise «sich drehendes elektrisches bzw. magnetisches Feld» verstanden wird, dass der die maximale Feldstärke repräsentierende Vektor in dem dem Messgerätszeiger oder sonstigen sich drehenden Gegenstand benachbarten Raum sich dreht. Soweit
 35 die vorliegende Erfindung in Frage kommt, ist der Fall der Verwendung eines magnetischen Feldes dem Fall der Verwendung eines elektrischen Feldes direkt analog, und in beiden Fällen werden ähnliche Wirkungen erzielt. Im Hinblick hierauf befasst sich die folgende Beschreibung zum grössten Teil mit einer
 40 Elektrodenanordnung, und es ist ersichtlich, dass diese Beschreibung sinngemäss auch für eine Anordnung von magnetischen Polstücken gilt.

Zu der vorstehend genannten bekannten Vorrichtung zum Ablesen eines Messgeräts gehört eine kreisrunde Anordnung
 45 von Elektroden, die in einer Ebene liegen, wobei eine Detektorelektrode in der Mitte der Anordnung und in der gleichen Ebene angeordnet ist. Durch Anlegen einer mehrphasigen Spannung an die aufeinander folgenden Elektroden der kreisrunden Anordnung wird ein elektrisches Feld erzeugt, das sich praktisch
 50 in dem benachbarten Luftraum dreht. Die im Drehpunkt des elektrischen Feldes angeordnete Detektorelektrode befindet sich in einem Bereich konstanter Feldstärke, und daher führt jede Messung des elektrischen Potentials zu einem konstanten Wert, wenn das elektrische Feld umläuft. Die Elektroden sind in
 55 unmittelbarer Nähe einer Messgerätskala auf ihrer Vorderseite so angeordnet, dass die Detektorelektrode einem Ende der Welle des Messgeräts benachbart ist und dass die Detektorelektrode umgebenden Elektroden der Kreisbahn gegenüberliegen, auf der sich der Zeiger des Messgeräts bewegt. Daher
 60 taucht der Zeiger in das rotierende elektrische Feld ein, so dass er das Feld «abtastet» und im Wege der kapazitiven Kopplung die jeweils angetroffene Feldstärke auf die nahe dem anderen Ende des Zeigers angeordnete Detektorelektrode überträgt. Das rotierende elektrische Feld ist von solcher Art, dass das
 65 freie Ende des Zeigers einer sinusförmigen Veränderung der Feldstärke ausgesetzt ist, so dass die Detektorelektrode ebenfalls eine sinusförmige Veränderung des elektrischen Potentials wiedergibt. Die elektrische Phase des Potentials an der Detek-

torelektrode wird durch die Winkelstellung des Zeigers gegenüber einer Bezugsstellung bestimmt, bei der es sich gewöhnlich um die Nullstellung handelt, und ein Phasenvergleich zwischen diesem Potential und dem Potential, das auf irgendeine der Elektroden der kreisrunden Anordnung wirkt, d.h. die «Bezugselektrode», liefert ein Mass für die Stellung des Messgeräthezeigers.

Die vorstehende Beschreibung gilt für eine Vorrichtung für die Fernmessung der jeweiligen Stellung der Zeiger von Messgeräten oder von anderen sich drehenden Gegenständen, wie sie in den genannten US-PSen beschrieben sind, und bei denen es erwünscht ist, dass sich das elektrische Feld im wesentlichen gleichmässig dreht, d.h., dass der resultierende Feldvektor innerhalb vernünftiger Grenzen eine konstante Amplitude aufweist und mit einer im wesentlichen gleichmässigen Winkelgeschwindigkeit umläuft. Wäre dies nicht der Fall, würde die Phasendifferenz zwischen den Potentialen der Detektorelektrode und der Bezugselektrode nicht einfach proportional zur jeweiligen Stellung des Zeigers sein, sondern sie würde sich bei Veränderungen der Amplitude bzw. der Drehgeschwindigkeit entsprechend vergrössern oder verkleinern. Dies würde zur Folge haben, dass die Vorrichtung innerhalb bestimmter Winkelbereiche weniger empfindlich sein würde als in anderen Winkelbereichen, und wenn kein Ausgleich durch eine Feldkorrekturereinrichtung oder eine elektronische Einrichtung erfolgte, könnte die Brauchbarkeit der Vorrichtung erheblich beeinträchtigt werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Elektroden- oder Polstückanordnung der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 genannten Art zu schaffen, bei der sich eine gute Gleichmässigkeit der Winkelanzeigempfindlichkeit erzielen lässt. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die im Kennzeichenteil des Patentanspruchs 1 aufgeführten Merkmale gelöst. Die erfindungsgemässe Anordnung bietet den Vorteil, dass die Empfindlichkeit, mit der sich die Winkelstellung des drehbaren Bauteils, z.B. eines Messgeräthezeigers ermitteln lässt, über den gesamten Winkelbereich sehr gleichmässig ist.

Im Falle des elektrischen Feldes kann man die erfindungsgemässe Ausbildung dadurch erreichen, dass man den das Feld erzeugenden Elektroden eine solche Form gibt, dass sich die Kapazität zwischen dem Messgeräthezeiger und jeder einzelnen Elektrode entsprechend einer Sinusfunktion in Abhängigkeit mit dem Winkel verändert, um den sich der Zeiger des Messgeräts dreht. Betrachtet man den Zeiger und den ihm benachbarten Teil einer Elektrode als Kondensator mit aparallelen Belegen, ergibt sich die Kapazität aus dem Ausdruck $C = \epsilon \frac{A}{S}$, wenn ϵ die Dielektrizitätskonstante, d.h. eine Proportionalitätskonstante, A die wirksame Fläche der beiden Belege und S den Abstand zwischen den Belegen bezeichnet. Im Hinblick hierauf kann man die gewünschte sinusförmige Veränderung dieser Kapazität dadurch erreichen, dass man die Form der Elektroden mit Hilfe eines von zwei möglichen Verfahren bestimmt. Bei dem ersten Verfahren werden ebene Elektroden verwendet, deren radiale Breite sich in Abhängigkeit vom Winkel sinusförmig ändert; bei dem zweiten Verfahren werden Elektroden von konstanter Breite verwendet, deren Abstand vom Zeiger des Messgeräts sich im umgekehrten Verhältnis zum Sinus des Winkels verändert. Das erstere Verfahren, bei dem «flache» Elektroden verwendet werden, erweist sich in den meisten Anwendungsfällen als das vorteilhaftere, denn die Elektroden lassen sich auf einfachere Weise herstellen, und es ergibt sich eine minimale Bauhöhe der Vorrichtung. Es sei bemerkt, dass die Wahl der Elektrodenform nur eine der Möglichkeiten ist, die sich bieten, um die gewünschte sinusförmige Veränderung der Kapazität herbeizuführen. Es können auch andere Verfahren angewendet werden; z.B. könnte man das dielektri-

sche Material oder andere Eigenschaften variieren, um eine Veränderung der Kapazität herbeizuführen.

Die Erfindung ist im praktischen Fall auf die Form und die Anordnung von Elektroden gerichtet, die ein gleichmässig rotierendes elektrisches Feld erzeugen, wie es bei Vorrichtungen zum Ablesen von Messgeräten erwünscht ist. Bei einer Ausführungsform der erfindungsgemässen Anordnung, bei der die Elektrodenanordnung durch eine Dreiphasenspannung erregt wird, gehören zu der kreisrunden Anordnung sechs Elektroden von gleichartiger Form. Jede dieser Elektroden hat eine halbmondförmige Gestalt und erstreckt sich über einen Winkelbereich von π Radian; ihre radiale Breite variiert entsprechend einer Sinusfunktion des Winkels zwischen 0 und π . Die Elektroden sind dadurch miteinander verschachtelt, dass ihre Mittellinien auf in gleichmässigen Winkelabständen verteilten Spiralen oder Kurven liegen, und zwar derart, dass ein Ende jeder Elektrode auf einem bestimmten inneren Radius und das andere Ende auf einem längeren äusseren Radius liegt, der von dem inneren Radius durch einen Winkelabstand von π Radian getrennt ist. Bei dieser verschachtelten Anordnung können die elektrischen Verbindungen zu den Elektroden an ihren äusseren Enden hergestellt werden. Insgesamt bilden die Elektroden eine kreisrunde Fühlelektrode. Die Gleichungen für die Ränder jeder einzelnen Elektrode lauten wie folgt:

$$r = r_{\min} + \frac{\theta}{\pi} (r_{\max} - r_{\min}) + d \sin \theta \text{ (äusserer Rand)}$$

$$r = r_{\min} + \frac{\theta}{\pi} (r_{\max} - r_{\min}) - d \sin \theta \text{ (innerer Rand)}$$

Hierin bezeichnet

r_{\min} den Radius beider Kurven bei $\theta = 0$

r_{\max} den Radius beider Kurven bei $\theta = \pi$

θ den Winkel in rad gemessen und

d einen Parameter, der die maximale radiale Breite jeder Elektrode bestimmt.

In den vorstehenden Gleichungen liefern die beiden ersten Glieder eine spiralförmige Mittellinie für jede Elektrode, und das letzte Glied führt zu einer sinusförmigen Abweichung von dieser Mittellinie. Für die radiale Abmessung jeder Elektrode bei einem bestimmten Winkel gilt $R = 2d \sin \theta$.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung, die jedoch etwas unhandlicher ist, kann die «konvexe» Elektrodenform bei Elektroden von konstanter Breite dadurch erreicht werden, dass die Elektroden gegenüber der Hauptebene der Anordnung vorspringen. Bei dieser Ausführungsform muss die im rechten Winkel zu der Hauptebene der Elektrodenanordnung gemessene Abmessung der Vorrichtung genügend gross sein, damit derjenige Teil jeder Elektrode, welcher von dem Zeiger des Messgeräts am weitesten entfernt ist, nur eine vernachlässigbare Kopplungswirkung auf den Zeiger ausübt, d.h. damit dieser Teil als von dem Zeiger unendlich weit entfernt betrachtet werden kann; diese Bedingung hat ihre Ursache in dem Erfordernis, dass der Abstand zwischen dem Zeiger und jeder Elektrode gemäss dem Ausdruck $1/\sin \theta$ variiert; hierbei handelt es sich jedoch um eine Funktion, die nicht für alle Werte des Winkels θ definiert ist, und zwar nicht für $\theta = 0$ und $\theta = \pi$ rad.

Natürlich schliessen sich die beiden vorstehend beschriebenen Gestaltungsmöglichkeiten nicht gegenseitig aus, und es ist möglich, Elektroden zu konstruieren, bei denen die radiale Breite und die Höhe jeweils so kombiniert sind, dass jede das Feld erzeugende Elektrode eine solche Form hat, dass bei einem beliebigen Azimutwinkel θ das Verhältnis zwischen der radialen Breite und der Höhe der Stirnfläche zum Sinus des Winkels θ proportional ist. Ferner lässt sich die gleiche Wirkung erzielen, wenn man das Material der Zwischenschicht so ausbildet, dass sich die Dielektrizitätskonstante sinusförmig in Abhängigkeit vom Azimutwinkel θ verändert; alternativ oder zusätzlich

kann man die Form der Elektroden entsprechend wählen. Wie erwähnt, ist der Azimutwinkel θ der Winkel, über den sich das Anfangsende der Elektrode bzw. des Polstücks bei r_{\min} bis zu dem betreffenden Punkt längs der Elektrode bzw. des Polstücks erstreckt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 die Draufsicht einer erfindungsgemässen Elektrodenanordnung;

Fig. 2 eine Seitenansicht der Elektrodenanordnung nach Fig. 1 und eines ihr benachbarten Zeigers eines Messgeräts;

Fig. 3 eine Draufsicht einer anderen Ausführungsform einer erfindungsgemässen Elektrodenanordnung;

Fig. 3a den Schnitt 3a-3a in Fig. 3;

Fig. 3b einen Fig. 3a ähnelnden Schnitt, aus dem jedoch nur die Form einer einzigen Elektrode A ersichtlich ist;

Fig. 4 die Draufsicht einer erfindungsgemässen Polstückanordnung zum Erzeugen eines Magnetfeldes;

Fig. 4a eine Seitenansicht der Polstückanordnung nach Fig. 4;

Fig. 5 die Draufsicht einer weiteren Ausführungsform einer Polstückanordnung nach der Erfindung; und

Fig. 5a den Schnitt 5a-5a in Fig. 5.

In Fig. 1 und 2 ist eine bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Elektrodenanordnung 10 dargestellt, bei der sechs Elektroden 12 von gleichartiger Form auf einer Tragplatte 22 so angeordnet sind, dass sie eine kreisrunde Anordnung bilden, welche eine runde Fühlelektrode 14 in einem Abstand umgibt. Die Elektrodenanordnung 10 arbeitet gemäss Fig. 2 mit dem zu überwachenden Zeiger 24 eines Messgeräts zusammen. Jede der Elektroden 12 hat eine halbmondförmige Gestalt und erstreckt sich über einen Winkelbereich von 180° . Gemäss Fig. 1 sind die Elektroden 12 miteinander verschachtelt. Zu diesem Zweck sind die Mittellinien 16 der Elektroden auf in gleichmässigen Winkelabständen verteilten, spiralförmigen oder anders gekrümmten Linien so angeordnet, dass das eine Ende 17 jeder Elektrode auf einem bestimmten Radius liegt, während das andere Ende 19, das von dem Ende 17 durch einen Winkelabstand von 180° getrennt ist, auf einem längeren äusseren Radius liegt. Die verschachtelte Anordnung der Elektroden, die als solche nicht von ausschlaggebender Bedeutung ist, ermöglicht es, den Elektroden die gewünschte Form zu geben, die Elektroden in Abständen voneinander anzuordnen und elektrische Verbindungen zu den radial weiter aussen liegenden Enden 19 der Elektroden herzustellen.

Zwar liegt die Mittellinie 16 jeder Elektrode 12 auf einer spiralförmigen Linie, und jede Elektrode erstreckt sich über einen Winkelbereich von 180° , doch variiert der Abstand der äusseren Ränder 18 und der inneren Ränder 20 jeder Elektrode von der Mittellinie 16 innerhalb des Winkelbereichs von 0 bis π entsprechend dem Sinus des Winkels θ . Mit anderen Worten, es kann angenommen werden, dass der Winkel θ am inneren Ende 17 jeder Elektrode den Wert Null und am äusseren Ende 19 den Wert π hat. Längs jeder Elektrode weichen der äussere Rand 18 und der innere Rand 20 der Elektrode über den Bereich von 0 bis π entsprechend dem Sinus des Winkels θ von der Mittellinie 16 ab.

Die Gestalt der Ränder 18 und 20 jeder Elektrode 12 ist durch die nachstehenden Gleichungen bestimmt.

$$r = r_{\min} + \frac{\theta}{\pi} (r_{\max} - r_{\min}) + d \sin \theta \quad (\text{äusserer Rand})$$

$$r = r_{\min} + \frac{\theta}{\pi} (r_{\max} - r_{\min}) - d \sin \theta \quad (\text{innerer Rand})$$

Hierin ist

r_{\min} der Radius beider Kurven bei $\theta = 0$

r_{\max} der Radius beider Kurven bei $\theta = \pi$

θ der Winkel in rad gemessen und

d ein Parameter, der die grösste radiale Breite jeder Elektrode bestimmt.

In den vorstehenden Gleichungen liefern die beiden ersten Glieder den Verlauf der spiralförmigen Mittellinie 16, während das letzte Glied die Abweichung von der Mittellinie angibt.

Während bei der vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsform die Elektroden 12 in einer Ebene liegen, wobei nur ihre Breite variiert, zeigen Fig. 3, 3a und 3b eine Ausführungsform, bei der die Breite der Elektroden 32 konstant ist, bei der jedoch die Oberseite jeder Elektrode gegenüber der Hauptebene der Anordnung so nach oben ragt, dass sie sich dem Messgerätezeiger oder einem anderen zu überwachenden rotierenden Bauteil nähert. Auch in diesem Fall hat die Fühlelektrode 30 eine kreisrunde, ebene Form, während die Bezugselektroden 32 wiederum allgemein halbmondförmig ausgebildet sind. Die Elektroden 32 von konstanter Breite beginnen jeweils an einem inneren Ende 33, sie erheben sich bis zu einem aus Fig. 3b ersichtlichen Scheitel 34, und sie kehren dann wieder zu der Ebene des Bauteils zurück, auf der die Elektroden angeordnet sind, d.h. jeweils an einem Punkt 35. Diese Veränderung der Höhe jeder Elektrode 32 entspricht wiederum dem Sinus des Winkels θ innerhalb des Bereichs zwischen 0 und π , so dass bezüglich der Beziehung zwischen der Oberseite jeder Elektrode 32 und dem zu überwachenden drehbaren Bauteil die Bedingung gilt, dass sich der Abstand zwischen dem Bauteil bzw. dem Zeiger 24 und der betreffenden Elektrode im wesentlichen entsprechend der Funktion $1/\sin \theta$ ändert, wie es weiter oben beschrieben ist.

Fig. 4 und 5 zeigen im Gegensatz zu Fig. 1 und 3, wo Vorrichtungen mit Elektroden dargestellt sind, Ausführungsformen mit Polstücken 52 bzw. 52a, die auf Spulen 54 angeordnet sind, so dass eine Anordnung 50 vorhanden ist, die den beschriebenen Elektrodenanordnungen ähnelt und bei welcher sich das Magnetfeld gleichmässiger dreht und eine in höherem Masse konstante Amplitude aufweist.

Ferner sei bemerkt, dass es gemäss der Erfindung auch möglich wäre, Anordnungen zu schaffen, bei denen die Anordnungen nach Fig. 1 und 3 so miteinander kombiniert sind, dass sich sowohl die Breite der Elektroden als auch ihre Höhe bzw. ihr Abstand vom Zeiger des Messgeräts ändert. Die einzige Bedingung, die durch eine solche Anordnung erfüllt werden müsste, besteht darin, dass jede ein elektrisches Feld erzeugende Elektrode bzw. jedes ein Magnetfeld erzeugendes Polstück eine solche Form hat, dass bei jedem Azimutwinkel θ das Verhältnis zwischen der radialen Breite und der Höhe gegenüber der Grundfläche proportional zum Sinus des Winkels θ ist.

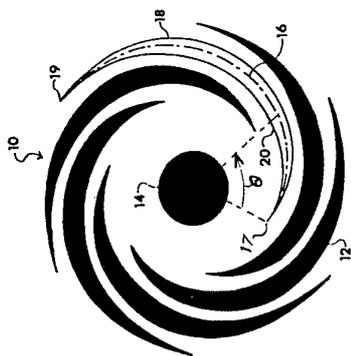


FIG. 1

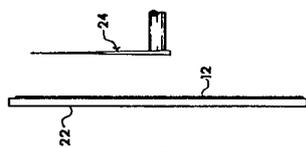


FIG. 2

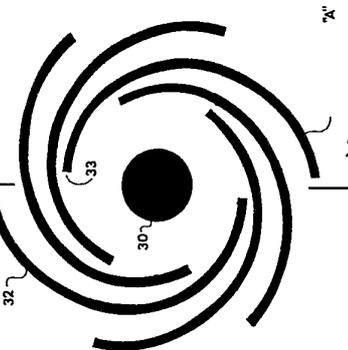


FIG. 3

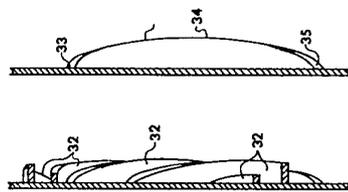


FIG. 3a FIG. 3b

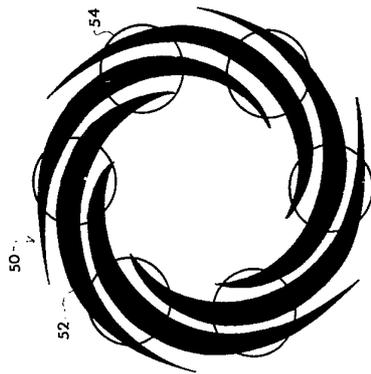


FIG. 4

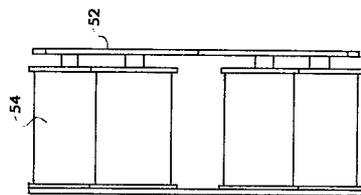


FIG. 4a

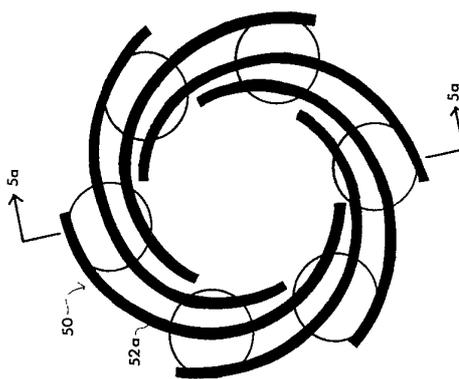


FIG. 5

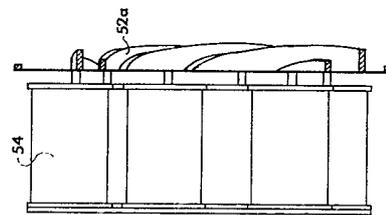


FIG. 5a