



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 034 554 A1** 2010.02.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 034 554.7**

(22) Anmeldetag: **24.07.2008**

(43) Offenlegungstag: **04.02.2010**

(51) Int Cl.⁸: **H01F 3/02** (2006.01)

(71) Anmelder:

Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

Bachmaier, Georg, 80538 München, DE;
Bergmann, Dominik, 83679 Sachsenkam, DE;
Ebelsberger, Gerit, 81737 München, DE;
Fuchshuber, Tobias, 86492 Egling, DE; Gerlich,
Matthias, Dr., 80333 München, DE; Tump,
Christian, 80469 München, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

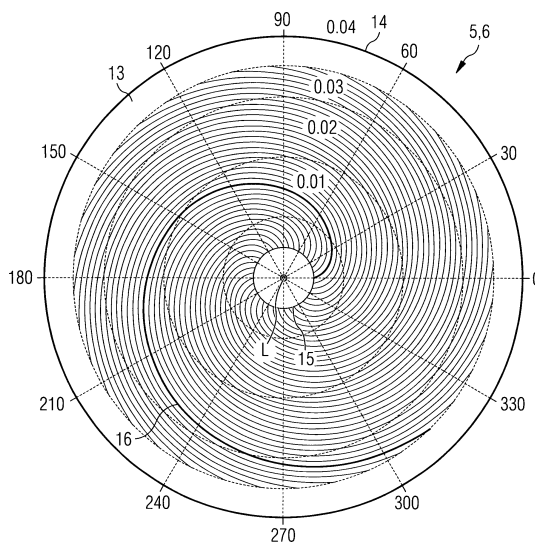
DE 5 02 063 A
DE 19 81 377 U

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Geblechter Magnetkern**

(57) Zusammenfassung: Der Magnetkern ist zumindest teilweise aus Einzelblechen gefertigt, wobei die Einzelbleche zumindest annähernd kreisevolventenförmig geformt sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Magnetkern, insbesondere in Form eines Gehäuses eines Topfmagneten, einen Elektromagneten mit einem solchen Magnetkern, ein magnetisches Axiallager mit einem solchen Elektromagneten und Verfahren zum Herstellen des Magnetkerns.

[0002] Um Wirbelströme in Kernen für Elektromagnete, einschließlich Transformatoren, zu vermeiden, müssen geeignete Maßnahmen getroffen werden. Wirbelströme produzieren Verluste und begrenzen die Eindringtiefe des magnetischen Feldes in das Material. Mit höheren Frequenzen nehmen die Wirbelströme zu, weswegen die Eindringtiefe des Feldes immer kleiner wird. Klassisch werden deshalb die Kerne aus dünnen Einzelblechen aufgebaut, wobei an der Isolation zwischen den Blechen die Wirbelströme unterbrochen werden. Kerne für runde Elektromagnete (Topfmagnete), z. B. für die axiale Lagerung von Magnetlagern oder andere Anwendungen, sind jedoch produktionstechnisch nur schwer aus Einzelblechen zu fertigen, da diese nach bisheriger Kenntnis die Form von Kuchenstücken haben müssten. Bleche mit konstanter Dicke sind ebenfalls nicht direkt verwendbar, da ein variabler und Außen viel zu großer Luftspalt entstehen würde. Für eine runde Geometrie sind folglich keine geblechten Anordnungen bekannt.

[0003] Alternativ können für höherfrequente Anwendungen mit geringeren Feldstärken auch Ferrite verwendet werden, die einen sehr hohen spezifischen elektrischen Widerstand aufweisen und daher Wirbelströme sehr gut unterdrücken. Ein Aufbau aus Ferrit hat den Nachteil einer geringeren Sättigungsfeldstärke von 0,3 bis 0,4 T im Vergleich zu 1,5 bis 2 T für Eisenbleche.

[0004] Neuartige Materialien aus gepressten, lackierten Eisenspänen (Pulververbundwerkstoffe) sind ebenfalls verwendbar, aber teuer und weisen deutlich geringere Permeabilitätswerte als massives Eisen auf.

[0005] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Magnetkern, insbesondere einen runden Magnetkern (insbesondere ein Gehäuse eines Topfmagneten) bereitzustellen, welcher verlustminimiert ist und einen schnellen Feldaufbau erlaubt.

[0006] Diese Aufgabe wird mittels eines Magnetkerns, eines Elektromagneten, eines axialen Magnetlagers und mittels zweier Verfahren zur Herstellung eines Magnetlagers nach dem jeweiligen unabhängigen Anspruch gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind insbesondere den abhängigen Ansprüchen entnehmbar.

[0007] Der Magnetkern ist zumindest teilweise aus Einzelblechen gefertigt, welche zumindest annähernd kreisevolventenförmig geformt sind, insbesondere kreisevolventenförmig. Durch einen Aufbau des Magnetkerns aus in Form einer Kreisevolvente gebogenen Blechen, insbesondere konstanter Dicke, kann eine wirkungsvolle Blechung des Kerns und damit eine wirksame Unterdrückung von Wirbelströmen erreicht werden. Der Herstellungsaufwand ist vergleichsweise gering, und es können wesentlich größere Feldstärken erreicht werden als bei einem Kern aus Ferritmaterial, was eine wesentlich kompaktere Bauweise ermöglicht.

[0008] Zur besonders einfachen Herstellung werden Einzelbleche bevorzugt, welche zumindest vor der Biegung in die kreisevolvente Form eine konstante Dicke aufweisen. Der Herstellungsaufwand ist deutlich geringer als ein Aufbau aus Elementen variabler Dicke, welcher grundsätzlich auch möglich ist.

[0009] Eine solche kreisevolventenförmige Blechung ist besonders einfach herstellbar für im Wesentlichen achssymmetrische Körper. Daher wird ein zumindest äußerlich runder bzw. zylinderförmiger Magnetkern, insbesondere ein Topfmagnet, bevorzugt. Genauer gesagt wird insbesondere ein Magnetkern mit zumindest annähernd zylinderförmiger (einschließlich scheibenförmiger) Mantelfläche bevorzugt.

[0010] Es wird zur einfachen Herstellung besonders bevorzugt, wenn die Einzelbleche um eine Symmetrieachse, insbesondere Längsachse, des Gehäuses winkelsymmetrisch angeordnet sind.

[0011] Die Einzelbleche sind dann vorzugsweise in Umfangsrichtung der Symmetrieachse gebogen.

[0012] Zur einfachen Herstellung und Nutzung als Topfmagnet kann ein Magnetkern bevorzugt sein, der insbesondere eine mittige Aussparung entlang seiner Symmetrieachse aufweist, z. B. zur Durchführung einer Achse oder Welle, z. B. eines magnetischen Lagers.

[0013] Es wird insbesondere ein Magnetkern bevorzugt, der ein Gehäuse eines Topfmagneten darstellt, da dieser besonders einfach aus den kreisevolventen Blechen herstellbar ist.

[0014] Die kreisevolvente Blechung macht sich bereits vorteilhaft bei einem als Gehäuse eines Topfmagneten ausgestalteten Magnetkern bemerkbar, falls mindestens eine (insbesondere kreis- oder ringförmige) Bodenplatte aus den kreisevolventenförmigen Einzelblechen geformt ist. Diese ist meist besonders einfach herstellbar.

[0015] Es wird zur besonders wirksamen Unterdrückung

ckung von Wirbelströmen jedoch ein Gehäuse eines Topfmagneten bevorzugt, das im Wesentlichen vollständig aus den kreisevolventenförmig geformten Einzelblechen aufgebaut ist.

[0016] Die Aufgabe wird auch mittels eines Elektromagneten gelöst, welcher mindestens einen solchen Magnetkern aufweist.

[0017] Das magnetische Axiallager weist mindestens einen solchen Magnetkern bzw. Elektromagneten mit einem solchen Magnetkern, speziell Topfmagneten, auf. Eine kreisevolvente Blechung ist hierbei nicht nur vorteilhaft, um Verluste zu vermeiden, sondern auch, um einerseits einen schnellen Feldaufbau bei großen Kraftgradienten zu ermöglichen und andererseits ein hochfrequentes Feld aufzomodulieren, was dann zur Positionsbestimmung des Rotors genutzt werden kann. Dies funktioniert allerdings nur dann, wenn die Wirbelströme geeignet unterdrückt werden können, wie nun möglich. Andere Anwendungen (z. B. Kerne für Trafos) mögen eine kreisevolvente Blechung vorzugsweise zur Verlustminimierung benötigen.

[0018] Ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Magnetkerns weist mindestens den Schritt eines Biegens von vollflächigen Einzelblechen in eine kreisevolvente Form auf, um einen Vollkörper aus den aufeinanderliegenden, kreisevolvent geformten Einzelblechen zu bilden. Im einfachsten Fall wird so ein Magnetkern mit einer vollzylindrischen oder rohr- oder scheibenförmigen Grundform geschaffen.

[0019] Um komplexere Formen aus einer solchen Grundform zu entwickeln, wird es bevorzugt, wenn sich daran ein Schritt eines Einbringens von Aussparungen in den Vollkörper anschließt, z. B., um ein Gehäuse für einen Topfmagneten zu bilden.

[0020] Ein anderes Herstellungsverfahren umfasst mindestens den Schritte eines Biegens von mit Aussparungen versehenen Einzelblechen in eine kreisevolvente Form, um ein Gehäuse für einen Elektromagneten aus den aufeinanderliegenden, kreisevolvent geformten Einzelblechen zu bilden.

[0021] In den folgenden Figuren wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels schematisch genauer beschrieben. Dabei können zur besseren Übersichtlichkeit gleiche oder gleichwirkende Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen sein.

[0022] [Fig. 1](#) zeigt in Schrägansicht ein aufgeschnittenes magnetisches Lager mit einem Topfmagneten;

[0023] [Fig. 2](#) zeigt in Schrägansicht ein Gehäuse des Topfmagneten aus [Fig. 1](#);

[0024] [Fig. 3](#) skizziert in Ansicht von vorne einen Aufbau einer Bodenplatte des Gehäuses aus [Fig. 2](#) aus kreisevolvent geformten Einzelblechen.

[0025] [Fig. 1](#) zeigt ein magnetisches Radial-Lager **1** mit einer zu lagernden Welle **2**. Die Welle **2** wird axial mittels eines magnetischen Axiallagers **3** gelagert, an das sich zu beiden Seiten beabstandet jeweils ein magnetisches Radiallager **4** anschließt.

[0026] Das Axiallager **3** weist zwei benachbarte zylinderförmige Elektromagnete (Topfmagnete) **5** auf, welche die Welle **2** berührungslos umgeben und in deren auch als Magnetkern dienenden Gehäusen **6** jeweils eine die Welle **2** ringförmig umgebende Wicklung **7** eingeschlossen ist. Zur Sicherstellung der axialen Lagerung wird eine in einem Zwischenraum zwischen den Topfmagneten **5** an der Welle **2** senkrecht stehend angebrachte Lagerscheibe **8** aus magnetischem Material verwendet. Das Gehäuse **6** des Topfmagneten **5**, das die Wicklung **7** aufnimmt, weist im Einzelnen seitliche Bodenplatten **13** auf sowie radiale Wandungen **14** auf. Die Welle **2** ragt lose durch eine Aussparung (ohne Bezugszeichen) des Gehäuses **6**.

[0027] Die Lagerscheibe **8** ist von den Topfmagneten **5** durch einen Luftspalt (ohne Bezugszeichen) getrennt. Die Lagerscheibe **8** dreht sich somit mit der Welle **2** gegen die Topfmagnete **5** mit und stellt folglich den Rotor des Axiallagers **3** dar. Die Lagerscheibe **8** wird üblicherweise als ein Teil des Axiallagers **3** angesehen. Die Lagerscheibe **8** müsste nach bisheriger Kenntnis radial geblecht werden (in Form von Kuchenstücken), was fertigungstechnisch nicht sinnvoll ist. Ebenso wenig kommt ein Ferritmaterial oder gepresstes Eisenpulver in Frage. Für einige Magnetanordnungen tritt ein ähnliches Problem auch bei der radialen Lagerung auf. Ist der Rotor **8** nicht geblecht, kann nach bisheriger Kenntnis eine Signalauswertung der positionsabhängigen Induktivität jedoch nur mit relativ geringen Messfrequenzen erfolgen bzw. ist der Signalhub der Induktivität zu Rotorposition relativ gering. Folglich muss ein erheblicher Aufwand in eine Signalauswertung investiert werden. Der hochfrequente Anteil des magnetischen Flusses, der zur Positionsbestimmung des Rotors ausgenutzt wird, weist nur eine relativ geringe Amplitude im Verhältnis zum im Wesentlichen gleichstromartigen Anteil des Feldes für die Krafterzeugung auf. Deshalb würde schon eine kleine Verbesserung der Eindringtiefe eine deutliche Verbesserung der Signalaufnahme bringen.

[0028] Das Radiallager **4** weist drei um jeweilige als Magnetkerne wirkende Streben **9** eines statischen Rahmens bzw. Stators **10** gewickelte Wicklungen **11** auf, welche winkelsymmetrisch um die Welle **2** angeordnet sind. Der Stator **10** umgibt ein an der Welle **2** befestigtes magnetisches Element **12** mit ringförmiger Außenkontur ('Rotor'). Der Rotor **12** ist vom Stator **10** durch einen Luftspalt (ohne Bezugszeichen)

getrennt.

[0029] **Fig. 2** zeigt ein herkömmliches Gehäuse **6** des Topfmagneten **5** des Axiallagers **3** aus **Fig. 1** mit der Bodenplatte **13**, der Mantelfläche **14** und der mitigen Aussparung **15** zur Durchführung der Welle.

[0030] **Fig. 3** zeigt eine vereinfachte Skizze eines Aufbaus einer Bodenplatte **13** des Gehäuses **6** eines Topfmagneten **5** aus kreisevolvent geformten Einzelblechen, die als durchgehende Linien dargestellt sind und von denen hier ein Einzelblech **16** zur übersichtlicheren Darstellung als breitere Linie hervorgehoben ist. Die Einzelbleche **16** setzen senkrecht an der Aussparung **15** an und sind dann so gegen den Uhrzeigersinn um die durch die Aussparung **15** laufende Längsachse bzw. Drehachse **L** verdreht, dass sie vollflächig aufeinanderliegen. Dadurch ergibt sich eine im Querschnitt kreisevolvente Form der Einzelbleche **16**, welche nur zur Vereinfachung nicht bis zur Rand der Bodenplatte **13** weitergeführt gezeichnet sind.

[0031] Durch eine Blechung, bei der die einzelnen Bleche **16** in Form einer Kreisevolvente gebogen sind, lässt sich sowohl das Problem der zu großen Luftspalte lösen als auch die Fertigung relativ einfach halten. Durch die Biegung in Form einer Kreisevolventen bleibt die Materialdicke über den radialen Querschnitt näherungsweise konstant. Ferner können zur Herstellung Standardbleche verwendet werden, die lediglich in die richtige Form gebogen werden müssen.

[0032] Eine solche Bodenplatte **13** kann beispielsweise dadurch hergestellt sein, dass zunächst ebene Einzelbleche **16** aneinander an ihren Kanten kontaktierend der Kontur der Aussparung **15** folgend angeordnet werden, wobei die Einzelbleche sich zunächst ungefähr radial und zueinander winkelsymmetrisch erstrecken. Folgend werden die Bleche **16** gegen den Uhrzeigersinn so lange um die Längsachse **L** verdreht, bis sie vollflächig aufeinander aufliegen. Dann bilden sie einen aus den aufeinanderliegenden, kreisevolvent geformten Einzelblechen **16** gebildeten zylindrischen Vollkörper mit der mittigen Aussparung **15**.

[0033] Falls das gesamte Gehäuse **6** aus einem solchen Blechpaket hergestellt wird, folgt der Schritt des Einbringens von Aussparungen in den Vollkörper, um das Gehäuse aus dem Zylinder zu bilden, z. B. mittels Fräsens und so weiter.

[0034] Alternativ oder zusätzlich können Einzelbleche **16** in die kreisevolvente Form gebogen werden, welche bereits Aussparungen enthalten, die auf eine Aussparung des fertigen Gehäuses abgestimmt sind.

[0035] Der gezeigte Aufbau der Bodenplatte **13** kann analog auch für die Lagerscheibe **8** aus **Fig. 1**

verwendet werden.

[0036] Selbstverständlich ist die vorliegende Erfindung nicht auf das gezeigte Ausführungsbeispiel beschränkt.

[0037] So können die kreisevolvent geformten Bleche auch für Elemente eines Transformators verwendet werden.

[0038] Ein aus diesen Blechen geformter Körper kann zur Erhöhung der mechanischen Stabilität außenseitig mittels einer darüber aufgezogenen Hülse oder Rings versehen sein.

Patentansprüche

1. Magnetkern (**6**) welcher zumindest teilweise aus Einzelblechen (**16**) gefertigt ist, wobei die Einzelbleche (**16**) zumindest annähernd kreisevolventenförmig geformt sind.

2. Magnetkern (**6**) nach Anspruch 1, wobei die Einzelbleche (**16**) eine konstante Dicke aufweisen.

3. Magnetkern (**6**) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Einzelbleche (**16**) um eine Symmetrieachse, insbesondere Längsachse (**L**), des Magnetkerns (**6**) winkelsymmetrisch angeordnet sind.

4. Magnetkern (**6**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einzelbleche (**16**) in Umfangsrichtung der Symmetrieachse (**L**) gebogen sind.

5. Magnetkern (**6**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der eine zumindest annähernd zylindrische Mantelfläche (**14**) aufweist.

6. Magnetkern (**6**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der eine mittige Aussparung (**15**) entlang seiner Symmetrieachse (**L**) aufweist.

7. Magnetkern (**6**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der ein Gehäuse (**6**) eines Topfmagneten (**5**) darstellt.

8. Magnetkern (**6**) nach Anspruch 7, bei dem mindestens eine Bodenplatte (**13**) des Gehäuses (**6**) aus den kreisevolventenförmigen Einzelblechen (**16**) geformt ist.

9. Magnetkern (**6**) nach Anspruch 7 oder 8, bei dem das Gehäuse (**6**) im Wesentlichen vollständig aus den kreisevolventenförmig geformten Einzelblechen (**16**) aufgebaut ist.

10. Elektromagnet (**5**) mit mindestens einem solchen Magnetkern (**6**).

11. Magnetisches Axiallager (**3**), aufweisend min-

destens einen Elektromagneten (5) nach Anspruch 10.

12. Verfahren zur Herstellung eines Magnetkerns (6), insbesondere Gehäuses (6) eines Topfmagneten (5), nach einem der Ansprüche 1 bis 9, das mindestens die folgenden Schritte aufweist:

– Biegen von vollflächigen Einzelblechen (16) in eine kreisevolvente Form, um einen Vollkörper aus den aufeinanderliegenden, kreisevolvent geformten Einzelblechen (16) zu bilden.

13. Verfahren nach Anspruch 12, das folgend den Schritt

– Einbringen von Aussparungen in den Vollkörper, aufweist.

14. Verfahren zur Herstellung eines Magnetkerns (6), insbesondere Gehäuses (6) eines Topfmagneten (5), nach einem der Ansprüche 1 bis 9, das mindestens den folgenden Schritt aufweist:

– Biegen von Einzelblechen (16), von denen mindestens eines mit mindestens einer Aussparung versehen ist, in eine kreisevolvente Form, um den Magnetkern (6) aus den aufeinanderliegenden, kreisevolvent geformten Einzelblechen (16) zu bilden.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

FIG 1

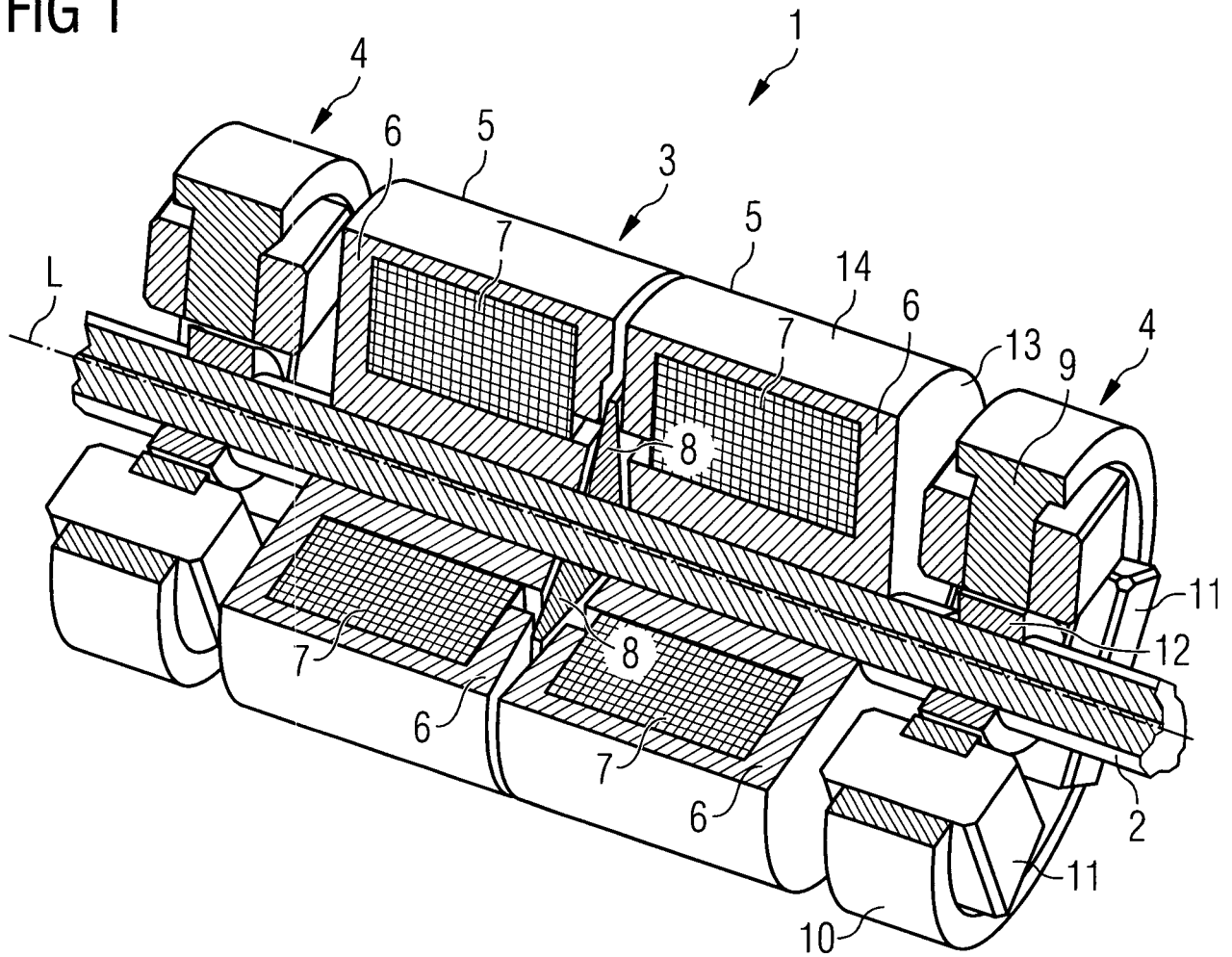


FIG 2

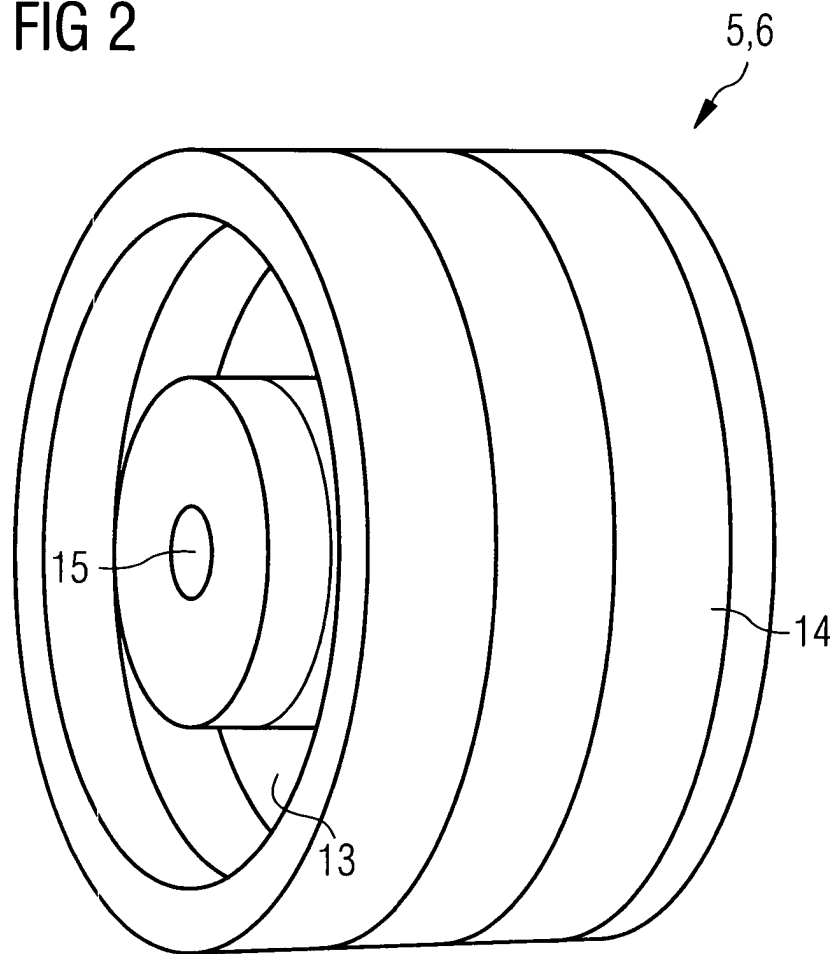


FIG 3

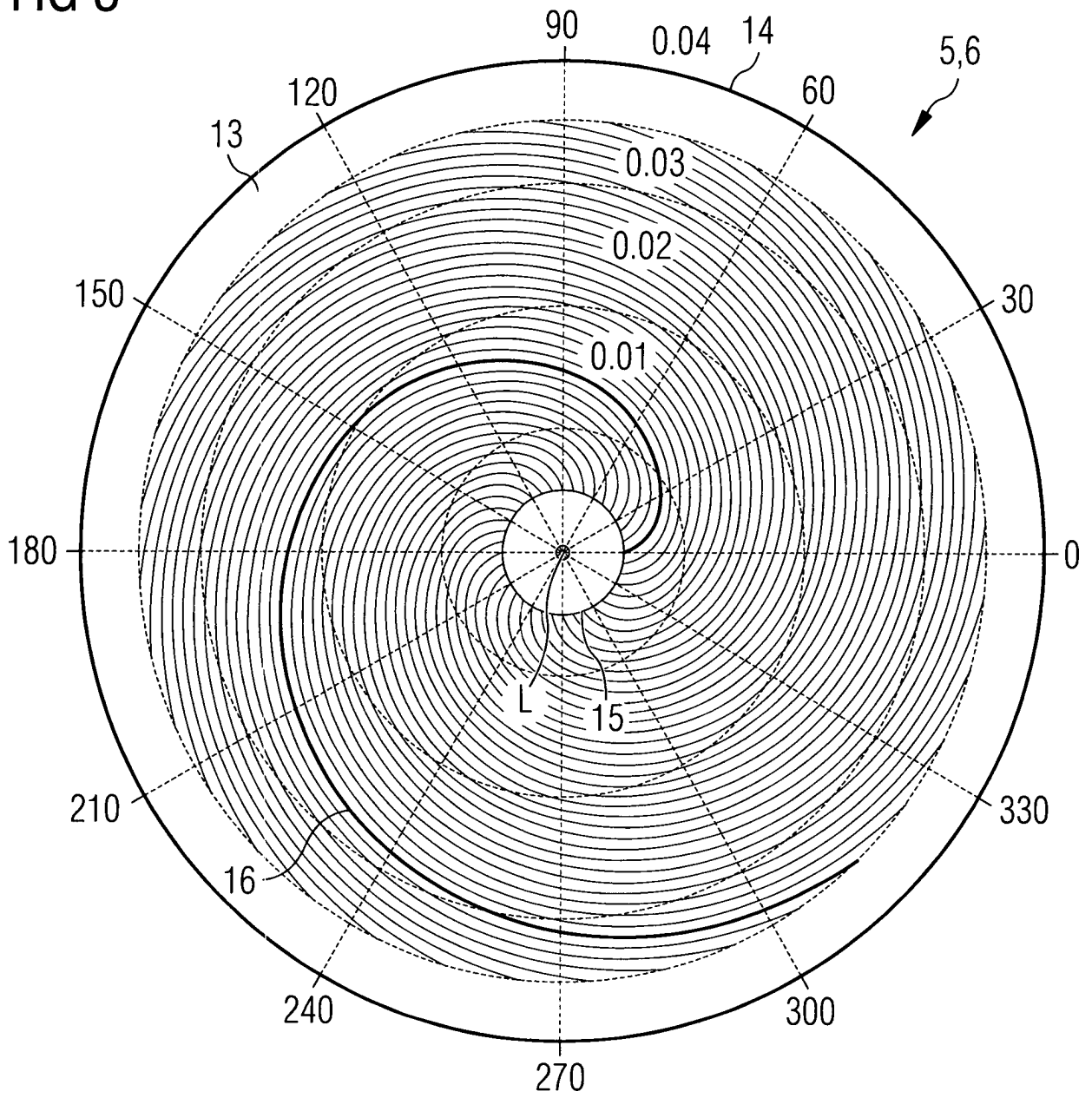


FIG 4

