



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 651 706 A5

⑤ Int. Cl.⁴: H 02 K 37/20

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTCHRIFT** A5

⑲ Gesuchsnummer: 4663/80

⑳ Anmeldungsdatum: 17.06.1980

㉑ Priorität(en): 20.06.1979 NL 7904817

㉔ Patent erteilt: 30.09.1985

㉕ Patentschrift veröffentlicht: 30.09.1985

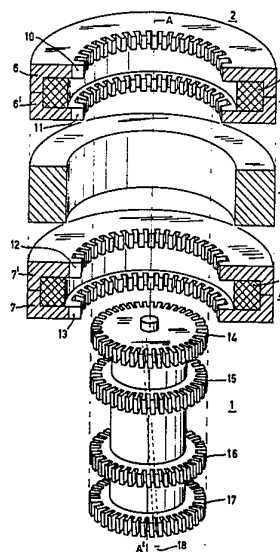
㉗ Inhaber:
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven (NL)

㉘ Erfinder:
Goddijn, Bernardus Henricus Antonius, Eindhoven (NL)

㉙ Vertreter:
Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich

⑤④ **Schrittmotor.**

⑤⑦ Der Schrittmotor weist zwei axial voneinander getrennt angeordnete, ringförmige Statorteile (3, 4) auf, die je eine Ringspule (8; 9) umschliessen, wobei jede Ringspule (8, 9) von einer magnetisch leitenden Umhüllung (6; 7) umschlossen ist. Jedes Statorteil (3, 4) mündet auf der Innenseite in zwei ringförmige Zähnesysteme (10, 11; 12, 13). Ein Rotor (1) hat eine mit diesen Zähnesystemen (10, 11, 12, 13) zusammenarbeitende Verzahnung (14, 15, 16, 17). Um eine einfache und genaue Ausrichtung der unterschiedlichen Zähne zu erhalten, fluchten die Zähne der Zähnesysteme (10, 11, 12, 13) der Statorteile (3, 4) miteinander, während die Zähne der Rotorverzahnung (14, 15, 16, 17) in der Rotoroberfläche durch schraubenlinienförmige Nuten gebildet sind.



PATENTANSPRÜCHE

1. Schrittmotor, der wenigstens enthält: einen ersten ringförmigen Statorteil (3) eines Stators (2), mit einer Ringspule (8) und einer diese Ringspule umschliessenden magnetisch leitenden Umhüllung (6), die in ein erstes (10) und ein zweites (11) ringförmiges Zähnesystem mündet; einen zweiten ringförmigen Statorteil (4) des Stators (2), mit einer Ringspule (9) und einer die Ringspule umschliessenden magnetisch leitenden Umhüllung (7), die in ein drittes (12) und ein viertes (13) ringförmiges Zähnesystem mündet; und einen Rotor (1) mit einer mit dem ersten, dem zweiten, dem dritten und dem vierten Zähnesystem zusammenarbeitenden Verzahnung (14, 15, 16, 17), dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne der Zähnesysteme des Stators axial miteinander fluchten und dass die Zähne der Rotorverzahnung auf dem Umfang des Rotors angebracht sind, dadurch, dass in der Rotoroberfläche schraubenlinienförmige Nuten vorgesehen sind.

2. Schrittmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne der Rotorverzahnung, was ihre axiale Höhe anbelangt, kleiner als die der damit zusammenarbeitenden Statorzähnesysteme sind und dass die Zähne der Statorzähnesysteme in axialer Richtung die damit zusammenarbeitenden Rotorzähne in beiden Richtungen überlappen.

3. Schrittmotor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein erstes, ein zweites, ein drittes bzw. ein viertes Rotorzähnesystem vorhanden ist, das mit dem ersten, dem zweiten, dem dritten bzw. dem vierten Statorzähnesystem zusammenarbeitet, wobei diese Rotorzähnesysteme dadurch gebildet sind, dass neben den genannten schraubenlinienförmigen Nuten auch kreisförmige Nuten, die die genannten Rotorzähnesysteme in axialer Richtung begrenzen, angebracht sind.

4. Schrittmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne der Statorzähnesysteme, was ihre axiale Höhe anbelangt, kleiner als die der damit zusammenarbeitenden Rotorverzahnung sind und dass die Zähne der Rotorverzahnung in axialer Richtung die damit zusammenarbeitenden Zähne der Statorzähnesysteme in beiden Richtungen überlappen.

Die Erfindung bezieht sich auf einen Schrittmotor, der wenigstens enthält:

einen ersten ringförmigen Statorteil eines Stators mit einer Ringspule und einer diese Ringspule umschliessenden magnetisch leitenden Umhüllung, die in ein erstes und ein zweites ringförmiges Zähnesystem mündet;

einen zweiten ringförmigen Statorteil des Stators mit einer Ringspule und einer diese Ringspule umschliessenden magnetisch leitenden Umhüllung, die in ein drittes und ein viertes ringförmiges Zähnesystem mündet; und

einen Rotor mit einer mit dem ersten, dem zweiten, dem dritten und dem vierten Zähnesystem zusammenarbeitenden Verzahnung.

Ein derartiger Schrittmotor ist aus der DE-OS 27 27 450 bekannt und ist besonders gut dazu geeignet, als Schrittmotor mit einem kleinen Schrittwinkel, z.B. von $1,8^\circ$, d.h. 200 Schritte pro Rotorumdrehung, ausgeführt zu werden. Um bei einem derartigen Schrittmotor das Auftreten grosser Schrittwinkelfehler zu vermeiden, werden an die Ausrichtung der Statorzähnesysteme in bezug auf die Rotorverzahnung sehr hohe Anforderungen gestellt, die bei Serienfertigung eine starke Erhöhung der Kosten mit sich bringen können. Hinzu kommt, dass es vorteilhaft sein kann, bestimmte Abweichungen in den nominalen gegenseitigen Lagen der Rotorverzahnung in bezug auf die Statorverzahnung einzuführen, wie in

der niederländischen Patentanmeldung Nr. 79 04 818 der Anmelderin beschrieben ist.

Die Erfindung hat die Aufgabe, einen Schrittmotor der eingangs genannten Art zu schaffen, der sich verhältnismässig leicht genau ausrichten lässt.

Die Erfindung ist dazu dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne der Zähnesysteme des Stators axial miteinander fluchten und dass die Zähne der Rotorverzahnung auf dem Umfang des Rotors angebracht sind, dadurch, dass in der Rotoroberfläche schraubenlinienförmige Nuten vorgesehen sind.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass es verhältnismässig einfach ist, die Statorverzahnung in axialer Richtung auszurichten, und dass infolge der Tatsache, dass die Rotorverzahnung eine schraubenlinienförmige Struktur aufweist, die tangentielle Anordnung der Rotorverzahnung in bezug auf die Statorverzahnung durch axiale Abstände bestimmt wird.

Eine erste vorteilhafte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass die Zähne der Rotorverzahnung, was ihre axiale Höhe anbelangt, kleiner als die der damit zusammenarbeitenden Statorzähnesysteme sind, und dass die Zähne der Statorzähnesysteme in axialer Richtung die damit zusammenarbeitenden Rotorzähne in beiden Richtungen überlappen.

Bei dieser Ausführungsform wird die tangentielle Ausrichtung durch die Lage der axialen Grenzen der Rotorzähne bestimmt. Diese Ausführungsform kann weiter dadurch gekennzeichnet sein, dass ein erstes, ein zweites, ein drittes bzw. ein viertes Rotorzähnesystem vorhanden ist, das mit dem ersten, dem zweiten, dem dritten bzw. dem vierten Statorzähnesystem zusammenarbeitet, wobei diese Rotorzähnesysteme dadurch gebildet sind, dass neben den genannten schraubenlinienförmigen Nuten auch kreisförmige Nuten angebracht sind, die die genannten Rotorzähnesysteme in axialer Richtung begrenzen. Dadurch wird die tangentielle Ausrichtung des Motors durch die Lage der genannten kreisförmigen Nuten bestimmt. Diese Lage kann während der Serienfertigung einfach geändert werden.

Eine andere vorteilhafte Ausführungsform kann dadurch gekennzeichnet sein, dass die Zähne der Statorzähnesysteme, was ihre axiale Höhe anbelangt, kleiner als die der damit zusammenarbeitenden Rotorverzahnung sind, und dass die Zähne der Rotorverzahnung in axialer Richtung die damit zusammenarbeitenden Zähne der Statorzähnesysteme in beiden Richtungen überlappen.

Bei dieser Ausführungsform wird die tangentielle Ausrichtung durch die Lage der axialen Begrenzungen der Statorzähnesysteme bestimmt.

Einige Ausführungsformen der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 einen axialen Schnitt durch einen Schrittmotor nach der Erfindung,

Fig. 2 perspektivisch eine Ansicht eines Schrittmotors nach der Erfindung in auseinandergezogener Darstellung mit axial durchgeschnittenem Stator,

Fig. 3 schematisch die Lage der Statorzähne in bezug auf die Rotorzähne bei einer ersten Ausführungsform eines Schrittmotors nach den Figuren 1 und 2, und

Fig. 4 schematisch die Lage der Statorzähne in bezug auf die Rotorzähne bei einer zweiten Ausführungsform eines Schrittmotors nach den Figuren 1 und 2.

Fig. 1 zeigt einen axialen Schnitt durch einen Schrittmotor, in dem das Prinzip nach der Erfindung angewandt wird, während Fig. 2 diesen Motor in auseinandergezogener Darstellung und perspektivisch mit axial durchgeschnittenem Stator zeigt. Der Schrittmotor ist im wesentlichen dreh-

metrisch um die Achse A-A' und enthält einen Rotor 1 und einen Stator 2. Der Stator besteht aus zwei koaxialen Statorteilen 3 und 4 mit einem koaxial dazwischenliegenden in axialer Richtung magnetisierten dauermagnetischen Ring 5. Jeder der Statorteile 3 bzw. 4 enthält eine koaxial liegende Ringspule 8 bzw. 9, die von einer magnetisch leitenden Umhüllung 6 bzw. 7 umgeben ist, die auf der Innenseite in zwei ringförmige Zähnesysteme 10 und 11 bzw. 12 und 13 mündet. Der Rotor 1 ist mit den ringförmigen Zähnesystemen 10, 11, 12 bzw. 13 zusammenarbeitenden ringförmigen Zähnesystemen 14, 15, 16 bzw. 17 versehen. Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, werden diese Zähne des Rotors von schraubenlinienförmigen Nuten begrenzt, von denen eine mit gestrichelten Linien 18 angegeben ist. Die Ausrichtung erfolgt dabei derart, dass die Zähne der Statorzähnesysteme 10, 11, 12 und 13 axial miteinander fluchten und dass, wenn die Zähne des Rotorzähnesystems 14 den Zähnen des Statorzähnesystems 10 gegenüber liegen, die Zähne der Statorzähnesysteme 11, 12 bzw. 13 in bezug auf die Rotorzähnesysteme 15, 16 bzw. 17 tangentiell über 180° , 90° bzw. 270° (oder als Alternative 180° , 270° bzw. 90°) verschoben sind, wobei 360° einem Zahnteilungsabstand entspricht.

Der axial magnetisierte dauermagnetische Ring magnetisiert die Zähnesysteme 10 und 11 mit einer bestimmten Polarität und die Zähnesysteme 12 und 13 mit einer dieser Polarität entgegengesetzten Polarität. Bei einer bestimmten Richtung des Stromes durch die Ringspule 8 bzw. 9 ist dann die Richtung des Feldes infolge der Erregung in dem zu dem Zähnesystem 10 bzw. 12 gehörigen Luftspalt zwischen Stator und Rotor gleich der Richtung des von dem dauermagnetischen Ring erzeugten Feldes in diesem Luftspalt und in dem anderen zu dem Zähnesystem 11 bzw. 13 gehörigen Luftspalt dieser Richtung entgegengesetzt. Bei der entgegengesetzten Richtung des Stromes durch die Ringspule 8 bzw. 9 ist die Richtung des Feldes infolge dieser Erregung in dem zu dem Zähnesystem 11 bzw. 13 gehörigen Luftspalt zwischen dem Stator und dem Rotor gleich der Richtung des vom dauermagnetischen Ring erzeugten Feldes in diesem Luftspalt und in dem anderen zu dem Zähnesystem 10 bzw. 12 gehörigen Luftspalt dieser Richtung entgegengesetzt. Durch die Wahl der Erregungsrichtung des Stromes in jeweils einer Spule oder jeweils beiden Spulen 8 und 9 können ein oder jeweils zwei Rotor-Statorzähnesysteme drehmomentliefernd werden, so dass es möglich ist, den Rotor schrittweise mit Schritten gleich einem Viertelzahnteilungsabstand anzutreiben.

Dabei sei bemerkt, dass die Anordnung des Dauer magnets in dem Stator nicht besonders wesentlich ist. Dieser Dauermagnet kann z.B. auch in dem Rotor an der Stelle, die in Fig. 1 mit 5' bezeichnet ist, angeordnet werden oder kann z.B. als eine zylindrische Buchse die beiden Statorteile 3 und 4 umgeben. Auch kann der Dauermagnet grundsätzlich durch eine mit Gleichstrom erregte Spule ersetzt werden.

Fig. 3a zeigt schematisch eine Abwicklung eines Teiles der Rotorverzahnung und, darüber gezeichnet, die Lage jeweils zweier Zähne jedes Statorzähnesystems 10, 11, 12 und 13. Wenn der Abstand zwischen den Statorzähnesystemen in Vereinigung mit dem Winkel zu der Achse, unter dem die in der Abwicklung auf einer schrägen Reihe liegenden Rotorzähne angeordnet sind, passend gewählt ist, gilt, dass, wenn die Zähne des Statorzähnesystems 10 den Zähnen des Rotorzähnesystems 14 gegenüber liegen (als ein Winkel von 0° zwischen den beiden Systemen definiert), die Zähne des Statorzähnesystems 11 gerade zwischen den Zähnen des Rotorzähnesystems 15 liegen (als ein Winkel von 180° zwischen den beiden Systemen definiert), die Zähne des Statorzähnesystems 12 einerseits zur Hälfte den Zähnen des Rotorzähnesystems 16 gegenüber liegen (als ein Winkel von 90° zwischen den beiden Zähnesystemen definiert) und die Zähne des Sta-

torzähnesystems 13 andererseits zur Hälfte den Zähnen des Rotorzähnesystems 17 gegenüber liegen (als ein Winkel von 270° zwischen den beiden Zähnesystemen definiert).

In der Fig. 3a dargestellten Situation erstrecken sich die Rotorzähne in axialer Richtung bis ausserhalb der Statorzähne. Dies kann grundsätzlich derart weitergehen, dass sich die Zähne der unterschiedlichen Rotorzähnesysteme 14, 15, 16 und 17 aneinander anschliessen und schraubenlinienförmige Rippen bilden, die sich zwischen den beiden Stirnflächen des Rotors erstrecken. Um jedoch das Trägheitsmoment des Rotors herabzusetzen, ist es meistens vorteilhaft, die Rotorzahnhöhe h_r (siehe Fig. 3b) auf ein Mindestmass zu beschränken.

Um den Effekt eines Rotor-Statorzähnesystemgebildes nach Fig. 3a auf die tangentielle Ausrichtung der Zähnesysteme in bezug aufeinander zu veranschaulichen, zeigt Fig. 3b einen Rotorzahn t_r mit, darüber gezeichnet, einem Statorzahn t_s , und Fig. 3c dieselbe Konfiguration mit in bezug auf die Situation nach Fig. 3b einem in axialer Richtung über einen Abstand x verschobenen Statorzahn bei ungeänderter Lage des Rotorzahns t_r . In Fig. 3b befindet sich der Mittelpunkt a_s des Statorzahns t_s in tangentieller Richtung in einem Abstand $\frac{1}{2}y$ rechts von der Mittellinie b_r des Rotorzahns t_r . Nach Verschiebung des Statorzahns t_s über einen Abstand x in axialer Richtung (Fig. 3c) befindet sich der Mittelpunkt a_s des Statorzahns t_s in einem Abstand $\frac{1}{2}y$ links von der Mittellinie b_r des Rotorzahns t_r . Eine Verschiebung des Statorzahns t_s über einen Abstand x in axialer Richtung ergibt also eine Verschiebung y des Statorzahns in bezug auf den Rotorzahn in tangentieller Richtung. Auf diese Weise wird die tangentielle Ausrichtung (Positionierung der Statorzähnesysteme in bezug auf die Rotorverzahnung unter richtigen Winkeln) durch die axialen Abstände zwischen den Statorzähnesystemen bestimmt, welche axiale Ausrichtung verwirklichen lässt.

Ein zusätzlicher Vorteil kann darin bestehen, dass das Verhältnis y/x gleich der Tangente des Winkels α ist, den die Mittellinie des Rotorzahns mit der des Statorzahns einschliesst. Wenn dieser Winkel kleiner als 45° ist, ergibt eine Verschiebung x in axialer Richtung eine kleinere Verschiebung y in tangentieller Richtung, so dass eine bestimmte Toleranz in y mit einer grösseren Toleranz in x gepaart ist.

Fig. 4a zeigt eine gleiche Situation wie Fig. 3a, jedoch mit Statorzähnen, die sich in axialer Richtung bis ausserhalb der Rotorzähne erstrecken. Fig. 4b zeigt einen Rotorzahn t_r aus der Konfiguration nach Fig. 4a in einer bestimmten Lage, mit, darüber gezeichnet, einem Statorzahn t_s , und Fig. 4c dieselbe Situation, jedoch mit einer Verschiebung über einen Abstand x in Richtung der Schraubenlinie, entlang deren er sich erstreckt, dadurch, dass beide Flächen, die das Rotorzähnesystem, zu dem der Zahn t_r gehört, begrenzen, in axialer Richtung über einen Abstand x verschoben sind. In der Situation nach Fig. 4b befindet sich der Mittelpunkt a_r des Rotorzahns t_r in einem Abstand $\frac{1}{2}y$ links von der Mittellinie b_s des Statorzahns t_s . Eine Verschiebung des Rotorzahns entlang der Schraubenlinie, auf der er sich befindet, über einen axialen Abstand x ergibt die Situation nach Fig. 4c, in der der Mittelpunkt a_r dieses Rotorzahns in einem Abstand $\frac{1}{2}y$ rechts von der Mittellinie b_s des Statorzahns t_s liegt (da der kleinste Zahn die gegenseitige Lage beider Zähne bestimmt, gilt für die gegenseitige tangentielle Lage zweier Zähne der tangentielle Abstand zwischen der Mittellinie des längeren Zahns und dem Mittelpunkt des kürzeren Zahns).

Eine Verschiebung der axialen Grenzflächen der Rotorzähnesysteme über einen Abstand x ergibt also eine Verschiebung y des Statorzahns in bezug auf den Rotorzahn in tangentieller Richtung. Auf diese Weise wird die tangentielle Ausrichtung durch die axialen Abstände zwischen den Rotorzähnesystemen bestimmt.

In der in Fig. 3 gezeigten Situation ist die Höhe h_r der Rotorzähne grösser als die Höhe h_s der Statorzähne gewählt, wobei die Statorzähne, was ihre Höhe anbelangt, innerhalb der Höhe der Rotorzähne fallen. Bei dieser Lösung ist die axiale Ausrichtung der Statorteile und sind somit die axialen Abstände zwischen den Statorzähnesystemen 10 bis 13 entscheidend für die tangentielle Ausrichtung und ist die Lage der die Rotorzähnesysteme 14 bis 17 in axialer Richtung begrenzenden Flächen nicht kritisch. In der in Fig. 4 gezeigten Situation ist es gerade umgekehrt. Hier fällt die Höhe h_r der Rotorzähnesysteme 14 bis 17 innerhalb der Höhe h_s der Statorzähne und sind die die Rotorzähnesysteme in axialer Richtung begrenzenden Flächen entscheidend für die tangentielle Ausrichtung, während die axialen Abstände zwischen den Statorzähnesystemen nicht kritisch sind. Grundsätzlich kann aber auch z.B. $h_r = h_s$ gewählt werden. Die axiale Lage sowohl der Statorzähnesysteme als auch der Rotorzähnesysteme ist dann entscheidend für die tangentielle Ausrichtung. Hinzu kommt dann noch, dass eine falsche Anordnung nicht nur die Ausrichtung, sondern auch die Grösse der Drehmomente beeinflusst, weil der in bezug auf die axiale Lage gemeinsame Teil der Höhe der Stator- und Rotorzähne, der in diesem Falle von der axialen Lage beider Zähnesysteme in bezug aufeinander abhängig geworden ist, für das Drehmoment entscheidend ist. Es ist daher zu bevorzugen, die Höhe entweder der Rotor- oder der Statorzähne kleiner als die der anderen zu wählen und diese betreffenden Zähne in bezug auf ihre Höhe auf beiden axialen Seiten innerhalb der axialen Seiten der anderen Zähne fallen zu lassen.

Ein Rotor eines Motors nach der Erfindung kann einfach dadurch hergestellt werden, dass in einem zylindrischen Körper schraubenlinienförmige Nuten angebracht werden, z.B. indem ein Fräsmesser in axialer Richtung über die Oberfläche des Zylinders bewegt und in zwischen diesem Zylinder eine Drehbewegung erteilt wird. Wenn gesonderte Zähnesysteme auf diesem Rotor gewünscht sind, kann dann zunächst oder anschliessend das Material zwischen diesen Zähnesystemen mittels einer dazu geeigneten Bearbeitung entfernt werden. Bei einer Situation nach Fig. 4 ist dann die Stelle, an der dieses Material entfernt, z.B. abgedreht wird, entscheidend für die tangentielle Ausrichtung des Rotors in bezug auf den Stator. Dieses Verfahren weist dabei den Vorteil auf, dass es verhältnismässig einfach ist, während der Serienfertigung diese Ausrichtung dadurch zu ändern, dass eine andere Einstellung der verwendeten Bearbeitungsmaschine, z.B. einer Drehbank, gewählt wird. Eine andere Möglichkeit besteht darin, von einer Rotorkonstruktion nach Fig. 2 auszugehen, jedoch noch ohne die die Zähne definierenden schraubenlinienförmigen Nuten, und diese Nuten in allen vier Zähnesystemen in einer einzigen Bearbeitung anzubringen.

Die Erfindung beschränkt sich auf das gezeigte Ausführungsbeispiel. Das Prinzip nach der Erfindung ist ausser bei dem gezeigten Hybridschrittmotor auch bei einem Reluktanzschrittmotor mit einer ähnlichen Konstruktion wie der gezeigte Hybridschrittmotor, also bei jedem Motor mit axial voneinander getrennt angebrachten ringförmigen und dreh-symmetrischen Zähnesystemen, anwendbar.

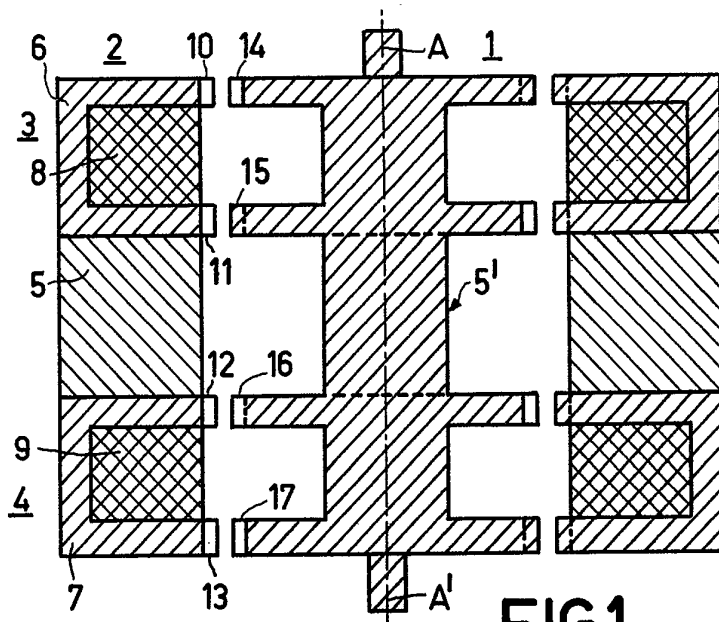


FIG. 1

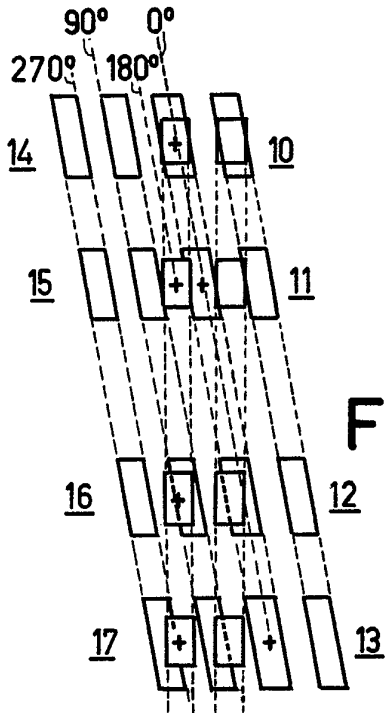


FIG. 3a

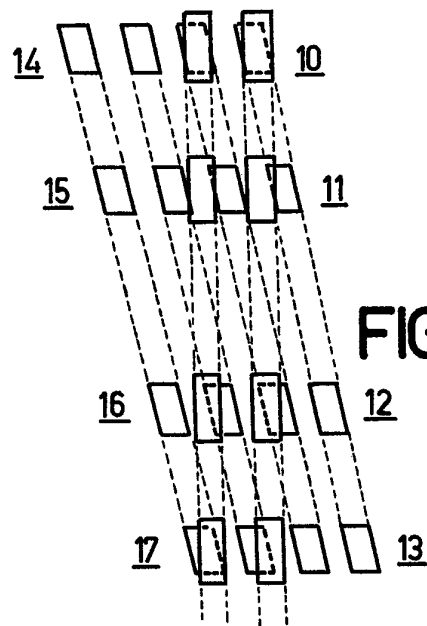


FIG. 4a

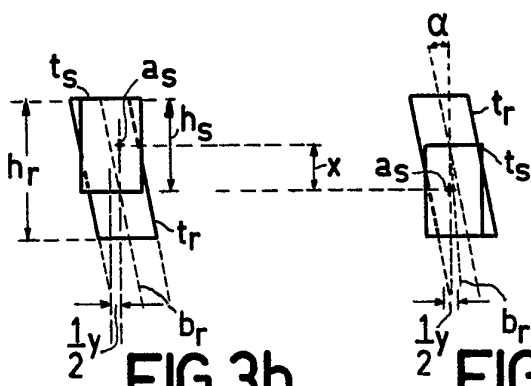


FIG. 3b

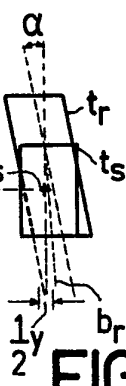


FIG. 3c

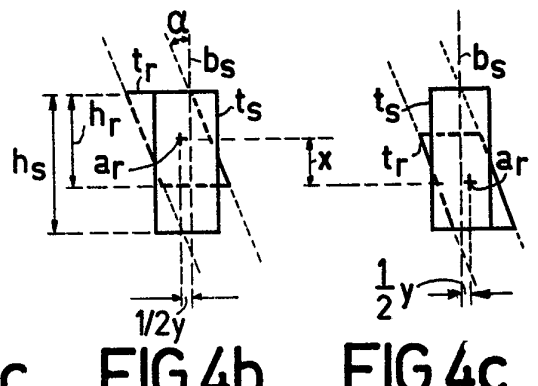


FIG. 4b

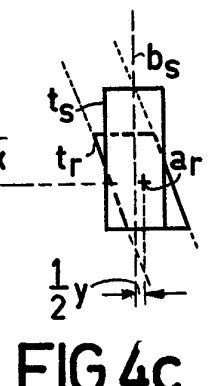


FIG. 4c

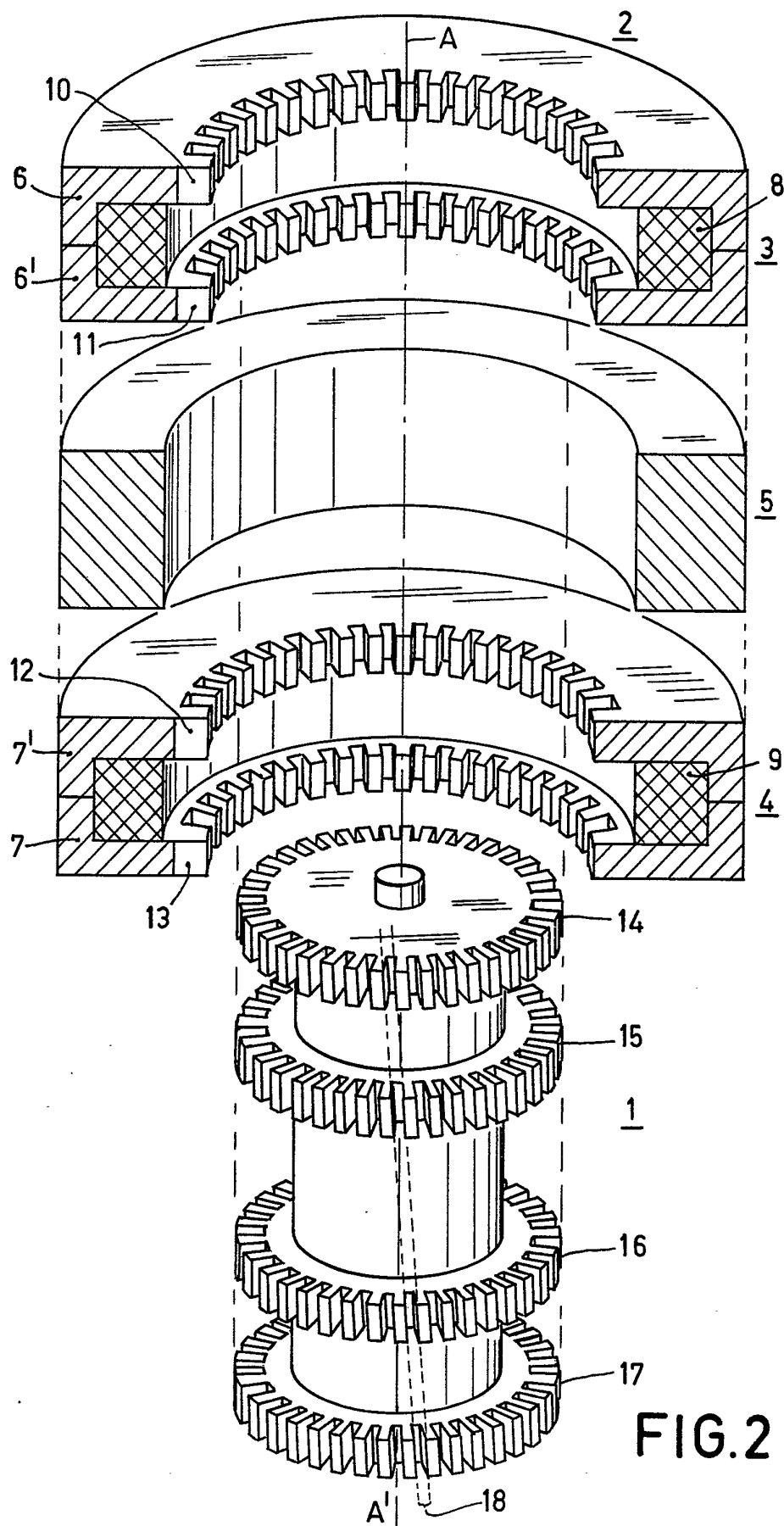


FIG. 2