



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 138 883 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung: **09.03.2005 Patentblatt 2005/10** (51) Int Cl.7: **F01L 9/04**

(21) Anmeldenummer: **00710039.9**

(22) Anmeldetag: **13.12.2000**

(54) **Gaswechselventilsteuerung für Brennkraftmaschinen mit einem mit Gasfedern ausgerüsteten elektromagnetischen Aktuator**

Combustion engine valve control for an electromagnetic actuator with gas springs

Commande des soupapes de moteur à combustion pour un actionneur électromagnétique, équipé avec des ressorts à gaz

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE ES FR GB IT SE**

(30) Priorität: **25.02.2000 DE 10008991**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**04.10.2001 Patentblatt 2001/40**

(73) Patentinhaber: **Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft  
80809 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Steffens, Hans-Jörg  
24576 Bad Bramstedt (DE)**

• **Meissner, Frank  
85354 Freising (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 870 906 DE-A- 19 651 846  
DE-A- 19 838 118 GB-A- 2 137 420**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 05, 14. September 2000 (2000-09-14) & JP 2000 034912 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 2. Februar 2000 (2000-02-02)**

**EP 1 138 883 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 auf eine Gaswechselventil-Steuerung für Brennkraftmaschinen mit einem mit Gasfedern ausgerüsteten elektromagnetischen Aktuator, bei dem ein mit dem Gaswechselventil in Antriebsverbindung stehender Anker zwischen hubbeabstandeten Schaltmagneten gegen Rückstellkräfte der Gasfedern oszillierend angeordnet ist, wobei die mittels des als Trennkolben dienenden Ankers getrennten Gasfedern über in Abhängigkeit von Lastbereichen der Brennkraftmaschine gesteuerte Gaszumess-Ventile und Gasablass-Ventile der Einstellung angepasster Federkennlinien dienen und ferner eines gedämpften Anschlages des Trennkolbens bzw. des Ankers am jeweiligen Schaltmagneten.

**[0002]** Ein derartiger Aktuator ist Gegenstand der deutschen Patentanmeldung P 100 03 116, (EP-A-1120548, veröffentlicht am 1. August 2001), mit der Zielsetzung, bei einfachem Aufbau in Abhängigkeit von Lastbereichen der Brennkraftmaschine variabel angepasste Federkennlinien zu erzielen, und ferner zusätzlich unabhängig von der jeweiligen Federkennlinie eine gesteuerte Anschlagdämpfung zu erreichen.

**[0003]** Bei diesem bekannten Aktuator ist der als Trennkolben zwischen den beiden Gasfedern dienende Anker an seinem Außenumfang mit einer Gleitdichtung ausgerüstet, die mit der Wandung des Anker-Hubraumes in reibungsbehafteter Verbindung steht. Weiter sind die Schaltmagnete nicht auf einen optimalen Magnetlinienfluss ausgelegt.

**[0004]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den gattungsgemäßen Aktuator sowohl in seinem mechanischen Aufbau als auch in seiner elektromagnetischen Ausbildung derart zu verbessern, dass der Energieaufwand verringert und der Anker mit erhöhter Magnetkraft angezogen ist.

**[0005]** Diese Aufgabe ist mit dem Patentanspruch 1 dadurch gelöst, dass der Anker gleitdichtungsfrei die Gasfedern trennend ausgebildet ist und in der jeweiligen Halteposition an einem Schaltmagneten mittels eines zwischengeschalteten gummielastischen Elementes eine Dämpfungskammer begrenzt, wobei ferner jeder Schaltmagnet eine Spule in einem relativ zu einem Führungsschaft des Ankers oder des Gaswechselventils zentralsymmetrisch geblechten Kern aufweist, und jeder Kern mit einer in einer der ankerseitigen Stirnseite benachbart vorgesehenen Umfangsnut angeordneten Spule außenumfänglich bündig ausgebildet ist zur flächigen Auflage eines die Schaltmagnete einschließlichen des Anker-Hubraumes umschließenden Joches, das im wesentlichen mittig zwischen den Schaltmagneten eine am Anker in der jeweiligen Halteposition eine erhöhte Beschleunigungskraft bewirkende Einrichtung trägt.

**[0006]** Mit der den mechanischen Aufbau betreffenden erfindungsgemäßen Ausgestaltung ist ein im Anker-Hubraum durch den Fortfall einer Gleitringdichtung

reibungsfrei die Gasfedern trennender Anker erzielt, dem zur Erzielung eines luftgedämpften Anschlages eine mittels eines elastischen Elementes begrenzte Dämpfungskammer zugeordnet ist. Mit der fehlenden Anker-Reibung ist in vorteilhafter Weise ein verringerter Energieaufwand erzielt, wobei in weiterer vorteilhafter Weise mit der erfindungsgemäß gestalteten Dämpfungskammer ein akustisch verbesserter Aktuator erreicht ist.

**[0007]** Mit der erfindungsgemäßen elektromagnetischen Ausbildung des Aktuators ist für jeden Schaltmagneten in vorteilhafter Weise ein verkürzter Magnetkreis erzielt, wobei der verkürzte Magnetkreis zumindest in der Anfangsphase der Beschleunigung des Ankers aus der Halteposition an einem der Schaltmagneten der magnetische Widerstand in dem magnetischen Kreis durch lediglich einen Luftspalt wesentlich reduziert ist. Damit kann unabhängig vom anliegenden Gasdruck am Anker dieser höher beschleunigt werden, was in vorteilhafter Weise insbesondere zur Erzielung hoher Drehzahlen der Brennkraftmaschine vorteilhaft ist. In Verbindung mit dem erfindungsgemäß verkürzten Magnetkreis jedes Schaltmagneten ist es besonders vorteilhaft, deren Kerne zentralsymmetrisch geblecht auszuführen zur Senkung der Streuverluste bzw. zur Reduzierung der Wirbelstromverluste, wie dies beispielsweise in der DE 35 00 530 A1 beschrieben und gezeigt ist.

**[0008]** Mit der erfindungsgemäßen Kombination eines verbesserten mechanischen Aufbaus mit einer verbesserten elektromagnetischen Ausbildung eines pneumatischen, elektromagnetischen Aktuators ist in vorteilhafter Weise eine Gaswechselventil-Steuerung für Brennkraftmaschinen von hoher Effizienz erzielt, wobei mit dem erfindungsgemäßen elektromagnetischen Potential wesentlich einfacher eine lastabhängige Abstimmung des pneumatischen Systems zu erzielen ist.

**[0009]** Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in weiteren Unteransprüchen beschrieben.

**[0010]** Die Erfindung ist in anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigt

Figur 1 einen erfindungsgemäßen Aktuator im Querschnitt, und

Figur 2 eine Draufsicht eines Schaltmagneten mit zentralsymmetrisch geblechtem Kern gemäß der Linie II-II in Figur 1.

**[0011]** Eine nicht näher dargestellte Gaswechselventil-Steuerung 1 für nicht gezeigte Brennkraftmaschinen umfasst einen Aktuator 2 mit Gasfedern 3 und 4, wobei ein mit dem Gaswechselventil 5 in Antriebsverbindung stehender Anker 6 zwischen hubbeabstandeten Schaltmagneten 7 und 8 gegen Rückstellkräfte der Gasfedern 3 und 4 oszillierend angeordnet ist. Weiter dienen die mittels des als Trennkolben gebildeten Ankers 6 getrennten Gasfedern 3 und 4 über in Abhängigkeit von

Lastbereichen der Brennkraftmaschine gesteuerte Gaszumess-Ventile 9 und 9' und Gasablass-Ventile 10, 10' der Ermittlung angepasster Federkennlinien und ferner eines gedämpften Anschlages des Trennkolbens bzw. des Ankers 6 am jeweiligen Schaltmagneten 7, 8.

**[0012]** Zur aufgabengemäßen Verbesserung des Aktuators 2 sowohl in seinem mechanischen Aufbau als auch in seiner elektromagnetischen Ausbildung wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass der Anker 6 gleitdichtungsfrei die Gasfedern 3, 4 trennend ausgebildet ist und in der jeweiligen Halteposition an einem Schaltmagneten 7, 8 mittels eines zwischengeschalteten gummielastischen Elementes 11 eine Dämpfungskammer 12 begrenzt. Ferner weist jeder Schaltmagnet 7, 8 eine Spule 13 in einem relativ zu einem Führungsschaft 14 des Ankers 6 oder des Gaswechselventils 5 zentralsymmetrisch geblechten Kern 7', 8' auf, wobei jeder Kern 7', 8' mit einer in einer der ankerseitigen Stirnseite 15 benachbart vorgesehen Umfangsnut 16 angeordneten Spule 13 außenumfänglich bündig ausgebildet ist zur flächigen Auflage eines die Schaltmagnete 7 und 8 einschließlich eines Anker-Hubraumes 17 umschließenden Joches 18, das im wesentlichen mittig zwischen den Schaltmagneten 7, 8 eine am Anker 6 in der jeweiligen Halteposition eine erhöhte Beschleunigungskraft bewirkende Einrichtung 19 trägt.

**[0013]** Wie aus Figur 1 ersichtlich, ist die Einrichtung 19 ein mit Freigang zum Anker 6 einwärts gerichteter Vorsprung 20 an einem zylindrischen Schaltmagneten 7, 8 umschließenden Joch 18 aus magnetisierbarem, hysteresearmen Material, wobei der Vorsprung 20 mit seiner freien Innenumfangsfläche 21 und mit bündig anschließenden, nicht magnetisierbaren Abdeckringen 22 zu beiden Schaltmagneten 7, 8 den die Gasfedern 3, 4 umfassenden Anker-Hubraum 17 begrenzt, wobei die Innenumfangsfläche 21 des Vorsprungs 20 als Ein-/Austrittsfläche ankernah verlaufender Magnetlinien dient. Mit dem erfindungsgemäß angeordneten Vorsprung 20 ist für jeden der Schaltmagneten 7 und 8 ein verkürzter Magnetkreis erzielt mit in der Anfangsphase der Anker-Beschleunigung ankernah lediglich durch einen Luftspalt verlaufenden Magnetlinien.

**[0014]** Weiter ist die Wandstärke "s" des als zylindrisches Gehäuse gestalteten Joches 18 als Abschnitt eines magnetischen Kreises entsprechend der Magnetliniendichte in den zentralsymmetrisch geblechten Kernen 7' und 8' gewählt, wobei der Vorsprung 20 eine der Joch-Wandstärke "s" entsprechende Dicke "d" bzw. die Innenumfangsfläche 21 des Vorsprungs 20 eine der Wandstärke "s" entsprechende Höhe aufweist. Mit dieser Ausgestaltung ist sichergestellt, dass für die im Joch 18 und im Vorsprung 20 verlaufenden Magnetlinien durch Querschnittsänderungen gegebenen magnetische Widerstände vermieden sind. Zu Erzielung eines magnetischen Kreises mit geringem magnetischen Widerstand ist das Joch 18 vorzugsweise aus einem ferromagnetischen Material gebildet. Weiter sind die beiderseits des Vorsprungs 20 angeordneten Abdeckrin-

ge 22 aus einer nicht magnetisierbaren Leichtmetall-Verbindung gefertigt, um die aus der Innenumfangsfläche 21 austretenden bzw. in diese eintretenden Magnetlinien im magnetischen Kreis gebündelt verlaufend zu haben.

**[0015]** Wie aus Figur 1 weiter ersichtlich, ist jedem Schaltmagneten 7, 8 spulenseitig eine im gehäuseartigen Joch 18 gasdicht angeordnete Stirnplatte 23 zugeordnet, die in einer ankerseitigen Nut 24 das gummielastische Element 11 trägt und mit einer konzentrischen Vertiefung 25 einen Abschnitt der Dämpfungskammer 12 bildet.

## 15 Patentansprüche

1. Gaswechselventil-Steuerung für Brennkraftmaschinen mit einem mit Gasfedern ausgerüsteten elektromagnetischen Aktuator,

- bei dem ein mit dem Gaswechselventil (5) in Antriebsverbindung stehender Anker (6) zwischen hubbeabstandeten Schaltmagneten (7, 8) gegen Rückstellkräfte der Gasfedern (3, 4) oszillierend angeordnet ist, wobei
- die mittels des als Trennkolben dienenden Ankers (6) getrennten Gasfedern (3, 4) über in Abhängigkeit von Lastbereichen der Brennkraftmaschine gesteuerte Gaszumess-Ventile (9, 9') und Gasablass-Ventile (10, 10') der Einstellung angepasster Federkennlinien dienen und ferner
- eines gedämpften Anschlages des Trennkolbens bzw. des Ankers (6) am jeweiligen Schaltmagneten (7, 8),

## dadurch gekennzeichnet,

- dass der Anker (6) gleitdichtungsfrei die Gasfedern (3, 4) trennend ausgebildet ist, und
- in der jeweiligen Halteposition an einem Schaltmagneten (7, 8) mittels eines zwischengeschalteten gummielastischen Elementes (11) eine Dämpfungskammer (12) begrenzt, wobei ferner
- jeder Schaltmagnet (7, 8) eine Spule (13) in einem relativ zu einem Führungsschaft (14) des Ankers (6) oder des Gaswechselventils (5) zentralsymmetrisch geblechten Kern (7', 8') aufweist, und
- jeder Kern (7', 8') mit einer in einer der ankerseitigen Stirnseite (15) benachbart vorgesehenen Umfangsnut (16) angeordneten Spule (13) außenumfänglich bündig ausgebildet ist zur flächigen Auflage eines die Schaltmagnete (7, 8) einschließlich eines Anker-Hubraumes (17) umschließenden Joches (18), das
- im wesentlichen mittig zwischen den Schaltma-

gneten (7, 8) eine am Anker (6) in der jeweiligen Halteposition eine erhöhte Beschleunigungskraft bewirkende Einrichtung (19) trägt.

2. Aktuator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** die Einrichtung (19) ein mit Freigang zum Anker (6) einwärts gerichteter Vorsprung (20) an einem zylindrische Schaltmagnete (7, 8) umschließenden Joch (18) aus magnetisierbarem, hysteresearmen Material ist, wobei
- der Vorsprung (20) mit seiner freien Innenumfangsfläche (21) und mit bündig anschließenden, nicht magnetisierbaren Abdeckringen (22) zu beiden Schaltmagneten (7, 8) den die Gasfedern (3, 4) umfassenden Anker-Hubraum (17) begrenzt, und
- die Innenumfangsfläche (21) als Ein-/Austrittsfläche ankernah verlaufender Magnetlinien dient.

3. Aktuator nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** die Wandstärke (s) des als zylindrisches Gehäuse gestalteten Joches (18) als Abschnitt eines magnetischen Kreises entsprechend der Magnetliniendichte in den zentralsymmetrisch geblechten Kernen (7', 8') gewählt ist und
- **dass** der Vorsprung (20) eine der Joch-Wandstärke (s) entsprechende Dicke (d) aufweist.

4. Aktuator nach Anspruch 2 und 3, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** das Joch (18) aus einem ferromagnetischen Material gebildet ist, und
- **dass** die Abdeckringe (22) beiderseits des Vorsprungs (20) aus einer nicht magnetisierbaren Leichtmetall-Verbindung sind.

5. Aktuator nach den Ansprüchen 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** jedem Schaltmagneten (7, 8) spulenseitig eine im gehäuseartigen Joch (18) gasdicht angeordnete Stimplatte (23) zugeordnet ist, die
- in einer ankerseitigen Nut (24) das gummielastische Element (11) trägt und mit einer konzentrischen Vertiefung (25) einen Abschnitt der Dämpfungskammer bildet.

**Claims**

1. A gas change valve control means for internal combustion engines, comprising an electromagnetic ac-

tuator equipped with pneumatic springs,

- wherein an armature (6) connected for drive purposes to the gas change valve (5) is disposed so as to oscillate between switching magnets (7, 8) at opposite ends of the stroke, against restoring forces of the pneumatic springs (3, 4), wherein
- the pneumatic springs (3, 4), separated by the armature (6) which operates as a separating piston, are used to set appropriate spring characteristics via gas metering valves (9, 9') and gas discharge valves (10, 10') controlled in dependence on load ranges of the engine and
- also to damp the impact of the separating piston or armature (6) on the respective switching magnet (7, 8),

**characterised in that**

- the armature (6) is adapted to separate the pneumatic springs (3, 4) without a sliding seal and
- in each position in which it is retained against a switching magnet (7, 8), bounds a damping chamber (12) via an interposed elastomeric element (11), and
- each switching magnet (7, 8) comprises a coil (13) in a tin-plated core (7', 8') disposed with central symmetry relative to a guide shank (14) of the armature (6) or of the gas change valve (5) and
- each core (7', 8') has its outer periphery flush with a coil (13) disposed in a peripheral groove (16) near the end face (15) on the armature side, so as snugly to receive one of the switching magnets (7, 8) including a yoke (18) surrounding an armature stroke space (17) and
- bearing a device (19), substantially centrally between the switching magnets (7, 8), which exerts an increased accelerating force on the armature (6) in each respective retained position.

2. An actuator according to claim 1, **characterised in that**

- the device (19) is a yoke (18) of magnetisable low-hysteresis material which surrounds a projection (20) on a cylindrical switching magnet (7, 8) with free access to the armature (6), wherein
- the projection (20), via its free inner peripheral surface (21) and via flush adjoining non-magnetisable cover rings (22) at both switching magnets (7, 8) bounds the armature stroke space (17) surrounding the pneumatic springs (3, 4), and

- the inner peripheral surface (21) acts as an inlet and outer surface of magnetic lines of force extending near the armature.

**3. An actuator according to claim 2, characterised in that** 5

- the chosen wall thickness (s) of the yoke (18), in the form of a cylindrical casing, is a portion of a magnetic circle corresponding to the density of the magnetic lines of force in the centrally symmetrically tin-plated cores (7', 8') and 10
- the projection (20) has a thickness (d) corresponding to the yoke wall thickness (s). 15

**4. An actuator according to claims 2 and 3, characterised in that**

- the yoke (18) is formed of a ferromagnetic material and 20
- the cover rings (22) on each side of the projection (20) are formed of a non-magnetisable light-metal alloy.

**5. An actuator according to claims 1 to 4, characterised in that** 25

- each switching magnet (7, 8) is associated on the coil side with an endplate (23) which is disposed in gas-tight manner in the casing-like yoke (18) and 30
- receives the elastomeric element (11) in a groove (24) facing the armature and co-operates with a concentric recess (25) to form a portion of the damping chamber. 35

**Revendications**

**1. Commande de soupapes de distribution des gaz pour moteurs à combustion interne comprenant un actionneur électromagnétique équipé de ressorts pneumatiques,** 40

- dans lequel un induit (6) qui est en liaison motrice avec la soupape de distribution des gaz (5) est monté pour osciller entre des électro-aimants de commande (7, 8) espacés de la longueur d'une course, à l'encontre de forces de rappel des ressorts pneumatiques, 50
- les ressorts pneumatiques (3, 4) séparés au moyen de l'induit (6) qui sert de piston séparateur servent à l'ajustement de caractéristiques élastiques adaptées, par l'intermédiaire de soupapes d'admission des gaz (9, 9') et de soupapes d'échappement des gaz (10, 10') qui sont commandées en fonction de plages de charge du moteur à combustion interne et, en 55

- outre,
- à amortir le choc de butée du piston séparateur, ou de l'induit (6), sur l'électro-aimant de commande (7, 8) concerné,

**caractérisée en ce que**

- l'induit (6) est réalisée de façon à séparer les ressorts pneumatiques sans garnitures d'étanchéité glissantes, et
- dans chaque position de retenue contre un électro-aimant de commande (7, 8), il limite une chambre d'amortissement (12) au moyen d'un élément (11) élastique à la façon du caoutchouc, et placé en interposition,
- tandis qu'en outre, chaque électro-aimant de commande (7, 8) présente une bobine (13) dans un noyau (7', 8') feuilleté avec symétrie centrale par rapport à une tige de guidage (14) de l'induit (6) ou de la soupape de distribution des gaz (5) et,
- le long de sa périphérie extérieure, chaque noyau (7', 8') est à l'affleurement d'une bobine (13) disposée dans une gorge périphérique (16) adjacente à la face frontale (15) côté induit, pour permettre à une culasse (18) qui entoure les électro-aimants de commande (7, 8), y compris l'espace de déplacement de l'induit (17) de porter par surface intégrale,
- laquelle culasse porte, sensiblement au milieu entre les électro-aimants de commande (7, 8), un dispositif (19) qui engendre une plus grande force d'accélération dans l'induit situé dans la position de retenue.

**2. Actionneur selon la revendication 1, caractérisé en ce que**

- le dispositif (19) est une saillie (20) dirigée vers l'intérieur, avec dégagement par rapport à l'induit (6), prévue sur une culasse (18) qui entoure des aimants de commande cylindriques (7, 8), et qui est faite d'une matière aimantable, à faible hystérésis, tandis que,
- par sa surface circonférentielle intérieure libre (21) et avec des bagues de recouvrement non aimantables (22) qui y font suite en y affleurant, la saillie (20) limite l'espace de déplacement (17) de l'induit qui comprend les ressorts pneumatiques (3, 4) par rapport aux deux aimants de commande (7, 8) et
- la surface périphérique intérieure (21) sert de surface d'entrée/sortie pour les lignes de force qui passent à proximité de l'induit.

**3. Actionneur selon la revendication 2, caractérisé en ce que**

- l'épaisseur de paroi (s) de la culasse (18) en forme de boîtier cylindrique, qui forme une partie d'un circuit magnétique, est choisie en fonction de la densité de lignes de force dans les noyaux (7', 8') feuilleté avec symétrie centrale, et 5
- la saillie (20) présente une épaisseur (d) qui correspond à l'épaisseur de paroi (s) de la culasse. 10

**4. Actionneur selon la revendication 2 et 3, caractérisé en ce que**

- la culasse (18) est faite d'une matière ferromagnétique, et 15
- les bagues de recouvrement (22) situées de part et d'autre de la saillie (20) sont faites d'un alliage léger non aimantable.

**5. Actionneur selon une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que** 20

- à chaque électro-aimant de commande (7, 8), est associée, côté bobine, une plaque frontale (23) montée à joint étanche dans la culasse (18) en forme de boîtier, et 25
- qui porte l'élément (11) élastique à la façon du caoutchouc dans une gorge (24) côté induit et forme une partie de la chambre d'amortissement au moyen d'une dépression concentrique (25). 30

35

40

45

50

55

FIG.2

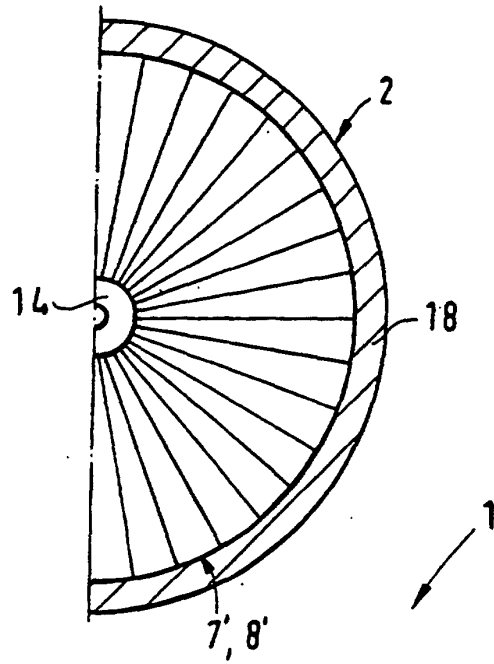


FIG.1

