

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 279 873 B1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **21.10.92**

(51) Int. Cl.⁵: **H01P 1/19, H01P 1/30**

(21) Anmeldenummer: **87102471.7**

(22) Anmeldetag: **21.02.87**

(54) **Phasenschieber.**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
31.08.88 Patentblatt 88/35

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
21.10.92 Patentblatt 92/43

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

(56) Entgegenhaltungen:
DE-B- 1 117 183 FR-A- 1 548 492
GB-A- 781 024 GB-A- 836 440
US-A- 2 956 245 US-A- 3 434 076

**IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, Band
MAG-2, Nr. 3, September 1966, Seiten
251-255, New York, US; W.H. VON AULOCK:
"Selection of ferrite materials for microwave
device applications"**

(73) Patentinhaber: **ANT Nachrichtentechnik GmbH**
Gerberstrasse 33
W-7150 Backnang(DE)

(72) Erfinder: **Mörz, Günter, Dr. Dipl.-Ing.**
Moserstrasse 19
W-7140 Ludwigsburg(DE)
Erfinder: **Pivitt, Erich, Dr. Dipl.-Ing.**
Akazienhain 14
W-7151 Allmersbach(DE)
Erfinder: **Lenz, Sigmund, Dipl.-Ing.**
Im Mühlfeld 9
W-7152 Aspach(DE)

EP 0 279 873 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

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Phasenschieber, bestehend aus einem Hohlleiter, in dem entlang mindestens einer in Wellenausbreitungsrichtung und parallel zum elektrischen Hochfrequenzfeld verlaufenden Ebene verteilt ferromagnetisches Material angeordnet ist, das sich von einer Hohlleiterwand bis zur gegenüberliegenden erstreckt und einem parallel zu dem elektrischen Hochfrequenzfeld orientierten statischen Magnetfeld ausgesetzt ist.

Eine derartige Anordnung, die allerdings mit verlustbehaftetem, stabförmig ausgebildetem ferromagnetischen Material als Isolator betrieben wird, ist aus der GB - A - 836 440 bekannt.

In dem Buch von E. Pehl, "Mikrowellentechnik", Band 1, 1984, Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH, Heidelberg, Kapitel 5.2.3 Seite 225 ist offenbart, daß eine solche Anordnung, wenn sie im Bereich kleiner Verluste unter- oder oberhalb der gyromagnetischen Resonanz des ferromagnetischen Materials betrieben wird, als reziproker Phasenschieber wirkt.

Ein anderer bei einem Phasenschieberzirkulator eingesetzter Ferrit-Phasenschieber ist aus der DE - A - 24 14 939 bekannt. Das ferromagnetische Material ist bei diesem bekannten Phasenschieber in Form von parallel zur Hohlleiterlängsachse verlaufenden Streifen an den Innenseiten zweier einander gegenüberliegender Hohlleiterwände angeordnet. Dieser der DE - A - 24 14 939 zugrundeliegende Ferrit-Phasenschieber ist zwar mit einer bestimmten Materialzusammensetzung der Ferritstreifen für die Übertragung von Hochfrequenzsignalen mit hohen Impulsleistungen ausgelegt. Er ist aber nicht geeignet für die Übertragung von Hochfrequenzfeldern mit sehr hoher Dauerleistung, da die wegen der relativ hohen Durchgangsdämpfung (ca. 0,3 dB) entstehende Verlustwärme nicht mehr abgeführt werden kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Phasenschieber der eingangs genannten Art anzugeben, der für einen Betrieb mit sehr großer Hochfrequenzleistung geeignet ist.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1, 2 oder 6 gelöst,

Zweckmäßige Ausführungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen 3, 4, 5 und 7 hervor.

Durch die erfindungsgemäße Gestaltung des ferromagnetischen Materials im Phasenschieber besitzt dieser eine sehr große Durchschlagfestigkeit, wodurch der Phasenschieber mit äußerst hoher Leistung betrieben werden kann. Die nach der Erfindung ausgeführte Gestaltung des ferromagnetischen Materials ermöglicht außerdem die Ableitung großer Wärmemengen, was das ferromagnetische Material vor thermischer Zerstörung schützt.

Dies gilt vornehmlich bei einer feinstrukturierten Konfiguration des ferromagnetischen Materials, weil dann ein besonders guter Wärmeübergang auf das wärmeabführende Dielektrikum gewährleistet ist.

Anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen wird nun die Erfindung näher erläutert.

Figur 1 zeigt die Draufsicht auf einen Phasenschieberzirkulator,

Figur 2 zeigt einen Querschnitt A-A durch einen als Phasenschieber wirkenden Hohlleiterarm des Phasenschieberzirkulators und

Figur 3 zeigt einen Querschnitt durch einen Hohlleiterarm eines Phasenschieberzirkulators mit einer anderen als in Figur 1 dargestellten Struktur des ferromagnetischen Materials

Der in Figur 1 gezeigte Phasenschieberzirkulator besteht in an sich bekannter Art aus einem in Hohlleitertechnik ausgeführten magischen T 1 mit zwei als Ferrit-Phasenschieber ausgebildeten Hohlleiterarmen 2, 3 und einem an die beiden Hohlleiterarme angeschlossenen 3dB-Koppler 4. Dieser Phasenschieber hat folgende Wirkungsweise:

Ein am Tor 1a des magischen T eingespeistes Hochfrequenzfeld wird zu gleichen Energieteilen auf die beiden Tore 2a und 3a, an die die Ferrit-Phasenschieber 2 und 3 angeschlossen sind, aufgeteilt. Die Ferrit-Phasenschieber 2 und 3 sind nun so vormagnetisiert, daß die sie durchlaufenden Hochfrequenzfelder an den Phasenschieber-Ausgängen 2b und 3b eine gegenseitige Phasenverschiebung von 90° aufweisen. Der anschließende 3dB-Koppler 4 vereinigt die beiden an den Phasenschieber-Ausgängen 2b und 3b anliegenden Hochfrequenzfelder an seinem Ausgang 4a gleichphasig, so daß dort das am Tor 1a eingespeiste Hochfrequenzfeld vollständig zur Verfügung steht, wenn man von den Verlusten der Anordnung absieht.

Wird andererseits ein Hochfrequenzfeld am Tor 4a des 3dB-Kopplers 4 angelegt, so erscheint es zu gleichen Energieteilen aufgeteilt an den beiden Toren 2b und 3b, jedoch mit einer gegenseitigen Phasenverschiebung von 90°. Auf Grund der phasendrehenden Wirkung der beiden Phasenschieber 2 und 3 erreichen die beiden Hochfrequenzfelder gegenphasig die Tore 2a und 3a des magischen T. Im magischen T 1 werden beide Hochfrequenzfelder überlagert, und das ursprünglich in den 3dB-Koppler 4 eingespeiste Hochfrequenzfeld ist schließlich am Tor 1b des magischen T verfügbar.

Um den soeben beschriebenen, in Fig. 1 dargestellten Phasenschieberzirkulator mit sehr hoher Leistung (ca. 100 kW bis 2000 kW) betreiben zu können, kommt es ganz wesentlich auf die Beschaffenheit der Phasenschieber und dabei insbesondere auf die Ausgestaltung des in den Hohlleitern befindlichen ferromagnetischen Materials an.

Das ferromagnetische Material im Hohlleiter 2 bzw. 3 ist zu einer Vielzahl von Stäben 5 geformt, die sich parallel zu den Hohlleiterschmalseiten von einer Hohlleiterwand zur gegenüberliegenden erstrecken. Alle ferromagnetischen Stäbe 5 sind parallel zu dem sich im Hohlleiter ausbreitenden elektrischen Hochfrequenzfeld und zu einem von außen angelegten statischen Magnetfeld ausgerichtet. Die Ferrit-Stäbe 5 befinden sich in einem Abstand von einer Hohlleiterschmalseite, der etwa dem 0,2-fachen der Hohlleiterbreite entspricht. Abweichend von dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel können in dem gleichen Abstand vor jeder der beiden Hohlleiterschmalseiten solche ferromagnetische Stäbe angeordnet sein.

Um bei dem einer sehr großen Hochfrequenzleistung ausgesetzten Phasenschieber die Durchgangsdämpfung auf Grund von Spinwellenverlusten möglichst gering zu halten, werden die ferromagnetischen Stäbe durch Anlegen eines entsprechend hohen statischen Magnetfeldes im Bereich oberhalb der gyromagnetischen Resonanz betrieben.

Da sich die ferromagnetischen Stäbe ohne Unterbrechung durch ein anders geartetes Dielektrikum über die gesamte Hohlleiterhöhe erstrecken, werden unerwünschte Feldstärkeüberhöhungen ausgeschlossen. Dies hat eine hohe Durchschlagsfestigkeit des Phasenschiebers zur Folge, weshalb dieser für die Übertragung sehr großer Leistungen geeignet ist.

Durch die Aufteilung des ferromagnetischen Materials in viele einzelne im Abstand zueinander angeordnete Stäbe 5 entsteht eine große Kühlfläche, womit äußerst günstige Voraussetzungen gegeben sind für die Ableitung der in den ferromagnetischen Stäben 5 entstehenden Wärme. Mit Hilfe eines die ferromagnetischen Stäbe 5 umströmenden Kühlmittels, z.B. Luft oder eines anderen geeigneten Gases oder einer dielektrischen Flüssigkeit, können auf einfache Weise sehr große Wärmemengen abgeführt werden.

Die Fig. 1 zeigt zwei Ausführungsbeispiele dafür, mit welchen Mitteln die ferromagnetischen Stäbe 5 einem kühlenden Gas oder eine Kühlflüssigkeit ausgesetzt werden können. Beim Phasenschieber 2, von dem ein Querschnitt A-A in Fig. 2 dargestellt ist, sind die ferromagnetischen Stäbe 5 einzeln oder in Gruppen von dielektrischen Hohlzylindern umgeben, die sich wie die ferromagnetischen Stäbe 5 über die ganze Hohlleiterhöhe erstrecken und an den Innenseiten der Hohlleiterwände abgedichtet sind. In diese dielektrischen Hohlzylinder 6 wird durch Öffnungen 7 in einer Hohlleiterwand ein Gas oder eine Flüssigkeit eingelassen und durch Öffnungen 8 in der gegenüberliegenden Hohlleiterwand wieder abgeführt.

Das Magnetsystem, welches das statische Ma-

gnetfeld für die ferromagnetischen Stäbe 5 erzeugt, besteht aus auf beiden Hohlleiterwänden oberhalb und unterhalb der Stäbe 5 angeordneten Polschuhen 9 und 10, darauf liegenden Permanentmagneten 11 und 12 und einem den magnetischen Rückschluß bildenden Joch 13. Damit Kühlflüssigkeit oder Kühlgas durch die Öffnungen 7 bzw. 8 in die dielektrischen Hohlzylinder 6 im Hohlleiter 2 eingeleitet bzw. abgeleitet werden kann, sind die die Öffnungen 7 und 8 überdeckenden Polschuhe 9 und 10 des Magnetsystems mit Zufluß- bzw. Abflußkanälen 14, 15 versehen. Die Öffnungen 7 und 8 in den Hohlleiterwänden sind so dimensioniert, daß sie für das Hochfrequenzfeld undurchlässig sind.

Durch weitere für das Hochfrequenzfeld undurchlässige Öffnungen 16 und 17 in den einander gegenüberliegenden Hohlleiterwänden sind die ferromagnetischen Stäbe 5 bis an die Polschuhe 9 und 10 herangeführt. Zum einen ist dadurch eine einfache Halterung für die ferromagnetischen Stäbe 5 gegeben, und zum anderen ist durch den direkten Kontakt zwischen den ferromagnetischen Stäben 5 und den Polschuhen 9, 10 der magnetische Übergangswiderstand zwischen den Magneten 11, 12 und den ferromagnetischen Stäben 5 gering gehalten.

Anstatt die ferromagnetischen Stäbe 5 einzeln oder gruppenweise in mehreren dielektrischen Hohlzylindern 6 wie im Hohlleiter 2 anzuordnen, können auch alle ferromagnetischen Stäbe 5 gemeinsam in einem parallel zu einer Hohlleiterschmalseite installierten, langgestreckten dielektrischen Behälter 18 untergebracht werden wie das im Hohlleiter 3 der Fall ist (s. Figur 1).

Es ist zweckmäßig, die Menge des ferromagnetischen Materials von den Hohlleitereingängen aus in Richtung zum Hohlleiterinneren allmählich zunehmen zu lassen. Dies läßt sich beispielsweise dadurch realisieren, daß, wie im Hohlleiter 2 ausgeführt, die Zahl der jeweils in einem dielektrischen Hohlzylinder 6 vorhandenen ferromagnetischen Stäbe 5 von Hohlzylinder zu Hohlzylinder zunimmt oder daß die Abstände zwischen den ferromagnetischen Stäben 5 zum Hohlleiterinneren hin geringer werden, wie es am Beispiel des Hohlleiters 3 deutlich wird. Auch könnte man die Dicke der ferromagnetischen Stäbe zum Hohlleiterinneren hin von Stab zu Stab zunehmen lassen.

Um einen möglichst reflexionsfreien Eintritt eines Hochfrequenzfeldes in den Phasenschieber zu gewährleisten, ist beim Hohlleiter 3 neben der Abstufung der Dichte des ferromagnetischen Materials eine Verjüngung des dielektrischen Behälters 18 zu den Hohlleiterausgängen hin vorgenommen worden. Die Verjüngung des dielektrischen Behälters 18 kann entweder kontinuierlich oder gestuft erfolgen.

Werden die mit ferromagnetischen Stäben 5 bestückten dielektrischen Hohlzylinder 6 in Hohlleiter 2 im Abstand von etwa einer Viertelwellenlänge angeordnet, so ergeben sich besonders breitbandige und reflexionsarme Eigenschaften des Phasenschiebers.

Gemäß dem in Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ist das ferromagnetische Material des Phasenschiebers zu Stäben 5 geformt. Invers dazu kann auch gemäß Fig. 3 in einem Hohlleiter 19 entlang mindestens einer parallel zu einer Hohlleiterschmalseite liegenden Ebene ein langgestreckter ferromagnetischer Körper 20 angeordnet werden, der mit parallel zum statischen Magnetfeld verlaufenden Durchgangsbohrungen 21 versehen ist. Diese Durchgangsbohrungen 21 setzen sich fort in Öffnungen 22 und 23 in den Hohlleiterwänden, um ein Durchleiten eines Kühlgases oder einer Kühlflüssigkeit durch den ferromagnetischen Körper 20 zu ermöglichen.

Die vorgehend beschriebenen Ausführungen eines Phasenschiebers sind geeignet für die Anwendung in einem mit extrem großen Hochfrequenzleistungen betriebenen Phasenschieberzirkulator, so wie er eingangs an Hand von Fig. 1 dargelegt worden ist.

Patentansprüche

1. Phasenschieber, bestehend aus einem Hohlleiter, in dem entlang mindestens einer in Wellenausbreitungsrichtung und parallel zum elektrischen Hochfrequenzfeld verlaufenden Ebene verteilt ferromagnetische Stäbe angeordnet sind, die sich von einer Hohlleiterwand bis zur gegenüberliegenden erstrecken und einem parallel zu dem elektrischen Hochfrequenzfeld orientierten statischen Magnetfeld ausgesetzt sind, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der ferromagnetischen Stäbe (5) einzeln oder mit mehreren zusammen in einem dielektrischen Hohlzylinder (6) steckt, durch den zur Kühlung des ferromagnetischen Stabes (der Stäbe) eine Flüssigkeit oder ein Gas strömt.
2. Phasenschieber, bestehend aus einem Hohlleiter, in dem entlang mindestens einer in Wellenausbreitungsrichtung und parallel zum elektrischen Hochfrequenzfeld verlaufenden Ebene verteilt ferromagnetische Stäbe angeordnet sind, die sich von einer Hohlleiterwand bis zur gegenüberliegenden erstrecken und einem parallel zu dem elektrischen Hochfrequenzfeld orientierten statischen Magnetfeld ausgesetzt sind, dadurch gekennzeichnet, daß alle ferromagnetischen Stäbe (5) gemeinsam in einem langgestreckten dielektrischen Behälter (18) angeordnet sind, durch den zur Kühlung der

ferromagnetischen Stäbe (5) eine Flüssigkeit oder ein Gas strömt.

3. Phasenschieber nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die ferromagnetischen Stäbe (5) durch Öffnungen (16, 17) in den gegenüberliegenden Hohlleiterwänden geführt sind und daß diese Öffnungen (16, 17) so dimensioniert sind, daß sie für das Hochfrequenzfeld im Hohlleiter (2) undurchlässig sind.
4. Phasenschieber nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der ferromagnetischen Stäbe (5) von den Hohlleitereingängen in Richtung zum Hohlleiterinneren hin von Stab zu Stab zunimmt.
5. Phasenschieber nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstände zwischen benachbarten ferromagnetischen Stäben (5) von den Hohlleitereingängen in Richtung zum Hohlleiterinneren hin abnehmen.
6. Phasenschieber, bestehend aus einem Hohlleiter, in dem entlang mindestens einer in Wellenausbreitungsrichtung und parallel zum elektrischen Hochfrequenzfeld verlaufenden Ebene verteilt ferromagnetisches Material angeordnet ist, das sich von einer Hohlleiterwand bis zur gegenüberliegenden erstreckt und einem parallel zu dem elektrischen Hochfrequenzfeld orientierten statischen Magnetfeld ausgesetzt ist, dadurch gekennzeichnet, daß das ferromagnetische Material als ein langgestreckter Körper (20) ausgebildet ist, der mit parallel zum statischen Magnetfeld verlaufenden Durchgangsbohrungen (21) versehen ist, und daß durch die Durchgangsbohrungen (21) zur Kühlung des ferromagnetischen Körpers (20) eine Flüssigkeit oder ein Gas strömt.
7. Phasenschieber nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge des ferromagnetischen Materials (20) von den Hohlleitereingängen in Richtung zum Hohlleiterinneren hin allmählich zunimmt.

Claims

1. A phase shifter composed of a waveguide in which rods of a ferromagnetic material are distributed along at least one plane extending in the direction of wave propagation and parallel to the electric high frequency field, with said rods extending from one waveguide wall to the opposite waveguide wall and being exposed to a static magnetic field that is oriented parallel to the electric high frequency field,

characterised in that each one of the ferromagnetic rods (5) individually or as a group is inserted into a dielectric hollow cylinder (6) through which flows a liquid or a gas in order to cool the ferromagnetic rod(s).

2. A phase shifter composed of a waveguide in which rods of a ferromagnetic material are distributed along at least one plane extending in the direction of wave propagation and parallel to the electric high frequency field, with said rods extending from one waveguide wall to the opposite waveguide wall and being exposed to a static magnetic field that is oriented parallel to the electric high frequency field, characterised in that all ferromagnetic rods (5) are disposed together in an elongate dielectric container (18) through which flows a liquid or a gas in order to cool the ferromagnetic rods (5).
3. A phase shifter according to claim 1 or 2, characterised in that the ferromagnetic rods (5) are brought through openings (16, 17) in the oppositely disposed waveguide walls and said openings (16, 17) are dimensioned so that they do not permit the high frequency field in the waveguide (2) to pass through.
4. A phase shifter according to claim 1 or 2, characterised in that the thickness of the ferromagnetic rods (5) increases from rod to rod from the waveguide input ports in the direction toward the interior of the waveguide.
5. A phase shifter according to claim 1 or 2, characterised in that the distances between adjacent ferromagnetic rods (5) decrease from the waveguide inputs in the direction toward the interior of the waveguide.
6. A phase shifter composed of a waveguide in which ferromagnetic material is distributed along at least one plane extending in the direction of wave propagation and parallel to the electric high frequency field, with this ferromagnetic material extending from one waveguide wall to the opposite waveguide wall and being exposed to a static magnetic field that is oriented parallel to the electric high frequency field, characterised in that the ferromagnetic material is configured as an elongate body (20) provided with passage bores (21) extending parallel to the static magnetic field and a liquid or a gas flows through said passage bores (21) to cool the ferromagnetic body (20).
7. A phase shifter according to claim 6, charac-

terised in that the quantity of ferromagnetic material (20) gradually increases from the waveguide input ports in the direction toward the interior of the waveguide.

Revendications

1. Déphaseur constitué par un guide d'ondes à conducteur creux dans lequel sont agencés des barreaux ferromagnétiques répartis le long d'au moins un plan s'étendant dans la direction de propagation des ondes et parallèlement au champ électrique à haute fréquence, ces barreaux ferromagnétiques s'étendant d'une paroi du conducteur creux jusqu'à celle située en face, et étant exposés à un champ magnétique statique orienté parallèlement au champ électrique à haute fréquence, caractérisé par le fait que chacun des barreaux ferromagnétiques (5) est placé, individuellement ou conjointement avec plusieurs autres, dans un cylindre diélectrique creux (6) par lequel un liquide ou un gaz s'écoule pour refroidir le ou lesdits barreau(x) ferromagnétique(s).
2. Déphaseur constitué par un guide d'ondes à conducteur creux dans lequel sont agencés des barreaux ferromagnétiques répartis le long d'au moins un plan s'étendant dans la direction de propagation des ondes et parallèlement au champ électrique à haute fréquence, ces barreaux ferromagnétiques s'étendant d'une paroi du conducteur creux jusqu'à celle située en face, et étant exposés à un champ magnétique statique orienté parallèlement au champ électrique à haute fréquence caractérisé par le fait que tous les barreaux ferromagnétiques (5) sont disposés conjointement dans une enceinte diélectrique allongée (18) par laquelle un liquide ou un gaz s'écoule pour refroidir les barreaux ferromagnétiques (5).
3. Déphaseur selon revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que les barreaux ferromagnétiques (5) sont passés par des ouvertures (16, 17) dans les parois opposées du conducteur creux, et par le fait que ces ouvertures (16, 17) sont dimensionnées de manière à être imperméables au champ à haute fréquence dans le conducteur creux (2).
4. Déphaseur selon revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que l'épaisseur des barreaux ferromagnétiques (5) est croissante de barreau en barreau, des entrées du conducteur creux vers l'intérieur de celui-ci.
5. Déphaseur selon revendication 1 ou 2, caracté-

risé par le fait que les intervalles entre barreaux ferromagnétiques voisins (5) diminuent des entrées du conducteur creux vers l'intérieur de celui-ci.

- 5
6. Déphaseur constitué par un guide d'ondes à conducteur creux dans lequel du matériau ferromagnétique est disposé en étant réparti le long d'au moins un plan s'étendant dans la direction de propagation des ondes et parallèlement au champ électrique à haute fréquence, ce matériau ferromagnétique s'étendant d'une paroi du conducteur creux à la paroi opposée et étant exposé à un champ magnétique statique orienté parallèlement au champ électrique à haute fréquence, caractérisé par le fait que le matériau ferromagnétique est réalisé sous la forme d'un corps allongé (20) qui est muni de trous traversants (21) s'étendant parallèlement au champ magnétique statique, et par le fait qu'un liquide ou un gaz passe par les trous traversants (21), afin de refroidir le corps ferromagnétique (20).
- 10
- 15
- 20
- 25
7. Déphaseur selon revendication 6, caractérisé par le fait que la quantité du matériau ferromagnétique (20) croît progressivement des entrées du conducteur creux vers l'intérieur de celui-ci.

30

35

40

45

50

55

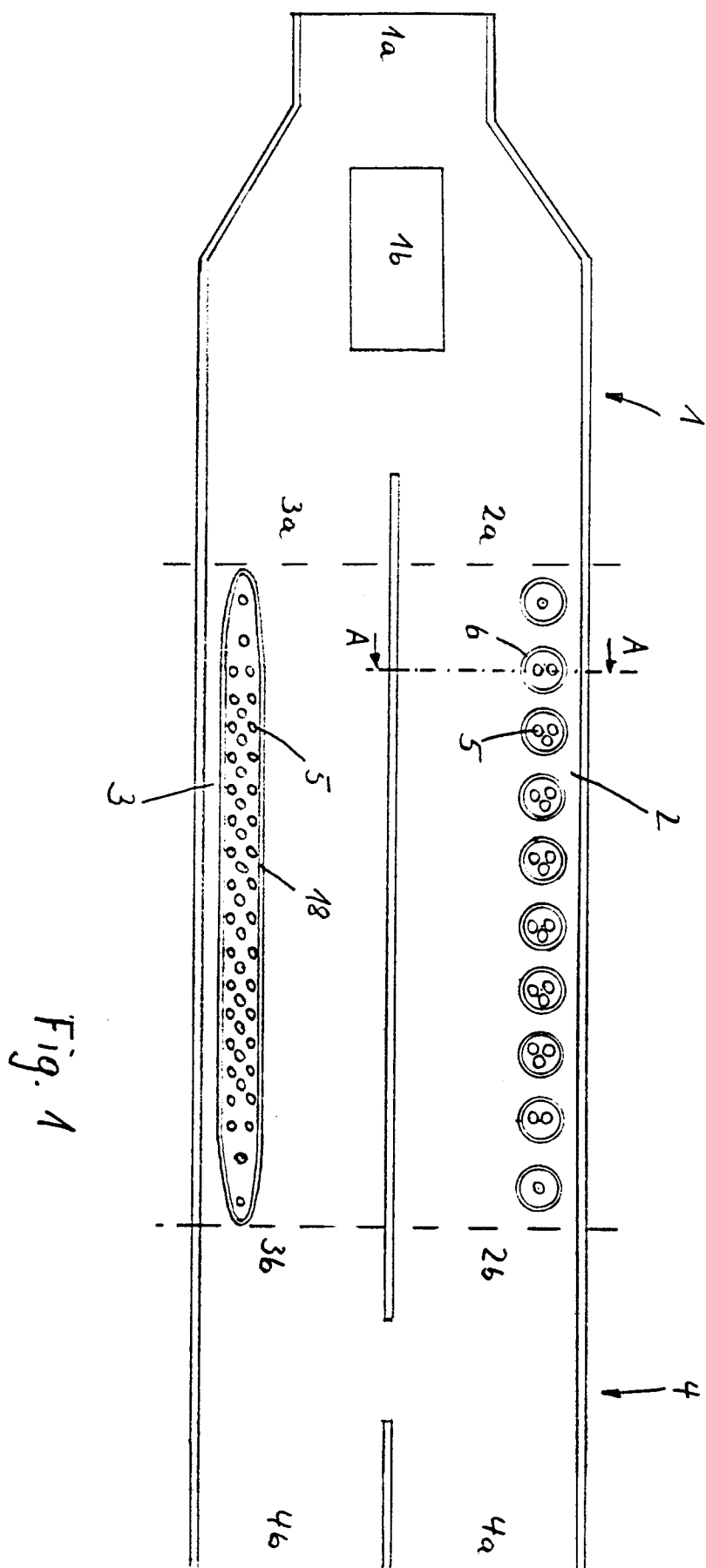


Fig. 1

