

①② **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift:
10.12.86

⑤① Int. Cl.⁴: **H 01 Q 21/26**

②① Anmeldenummer: **82106108.2**

②② Anmeldetag: **08.07.82**

⑤④ **Antenne für ein Drehfunkfeuer.**

③① Priorität: **22.07.81 DE 3128952**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.01.83 Patentblatt 83/4

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
10.12.86 Patentblatt 86/50

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB NL

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE - A - 2 135 687
DE - A - 2 753 661
US - A - 2 832 955
US - A - 3 611 389

E.KRAMAR et al.: "Funksysteme für Ortung und Navigation", 1974, Seiten 131-139, Verlag Berliner Union GmbH, Stuttgart (DE); **GÜNTER HÖFGEN:** "Das UKW-Drehfunkfeuer", PROCEEDINGS 13th EUROPEAN MICROWAVE CONFERENCE, 5-8. September 1983, Microwave Exhibitions and Publishers Ltd., Seiten 395-400, Sevenoaks (GB); **G. GREVING et al.:** "A new VOR-Antenna in slot-technology".

⑦③ Patentinhaber: **International Standard Electric Corporation, 320 Park Avenue, New York New York 10022 (US)**

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: **FR GB NL**

⑦③ Patentinhaber: **Standard Elektrik Lorenz Aktiengesellschaft, Hellmuth-Hirth-Strasse 42, D-7000 Stuttgart 40 (DE)**

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: **DE**

⑦② Erfinder: **Würth, Hugo, Schauchertstrasse 33, D-7251 Hemmingen (DE)**
Erfinder: **Greving, Gerhard, Dr., Habichthöhe 74, D-7101 Untergruppenbach (DE)**

⑦④ Vertreter: **Graf, Georg Hugo, Dipl.-Ing. et al, c/o Standard Elektrik Lorenz AG Patent- und Lizenzwesen Postfach 300 929 Kurze Strasse 8, D-7000 Stuttgart 30 (DE)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt 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

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Antenne für ein Drehfunkfeuer. Eine solche Antenne ist aus der DE-PS 1 902 884 bekannt.

Die Drehfunkfeuer, wie z.B. das bekannte VOR (VOR = VHF Omnidirectional Radio Range, beschrieben in dem Buch «Funksysteme für Ortung und Navigation» von E. Kramar, Verlag Berliner Union GmbH Stuttgart, 1973, Seiten 131–139), senden ein richtungsabhängiges Signal aus, das in einem Flugzeug mit Hilfe eines geeigneten Empfängers zur Bestimmung seines Azimutwertes ausgewertet wird. Das richtungsabhängige Signal wird bei einem VOR durch Rotation eines limaconförmigen Strahlungsdiagramms, das durch Überlagerung eines kreisförmigen mit einem doppelkreisförmigen Strahlungsdiagramm gebildet wird, erzeugt.

Zur Erzeugung des rotierenden Doppelkreisdiagramms werden beispielsweise zwei orthogonale Antennen, die jeweils ein doppelkreisförmiges Strahlungsdiagramm haben, wie in dem Buch von E. Kramar beschrieben, über ein Goniometer gespeist.

Bei den genannten Drehfunkfeuern ist es aus Signalauswertungsgründen wichtig, dass die vertikal polarisierten Strahlungskomponenten möglichst gering sind. Wird die aus der DE-PS 1 902 884 bekannte Antenne bei einem VOR verwendet, dann muss zur Kompensation der Vertikalkomponenten ein Polarisationskäfig vorgesehen werden.

Aufgabe

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Antenne für ein Drehfunkfeuer anzugeben, bei dem der Anteil der Vertikalkomponenten der abgestrahlten Signale möglichst gering ist.

Lösung

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt mit den im Anspruch 1 angegebenen Mitteln. Vorteilhafte Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Vorteile

Der Anteil der Vertikalkomponenten der abgestrahlten Signale ist sehr gering. Der Schweigekegel – das ist der Winkelbereich (bezogen auf die Senkrechte über dem Drehfunkfeuer), in dem die vom Flugzeug empfangenen Signale nicht ausgewertet werden dürfen – ist relativ klein (ca. $\pm 30^\circ$). Es ist kein Polarisationskäfig notwendig.

Beschreibung

Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen beispielsweise näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine Schlitzantenne,

Fig. 2 die idealisierten Strahlungsdiagramme einer Schlitzantenne in horizontaler und vertikaler Richtung,

Fig. 3 zwei senkrecht zueinander angeordnete Schlitzantennen,

Fig. 4 eine Schlitzantenne mit induktiven Endbelastungen und Standrohr, und

Fig. 5 einen Querschnitt durch die Antenne in der Ebene eines Schlitzstrahlers.

In der Fig. 1 ist eine einzelne Schlitzantenne dargestellt. Sie besteht aus einem Schlitz 2 mit der Länge L und der Breite b in einem Blech 1 mit der Länge H und der Breite C. Die Längsachse des Schlitzes liegt auf der Längssymmetrieachse des Blechs. Die Abstände des Schlitzes vom Rand des Blechs sind in der Längsrichtung 1 und in der Querrichtung B. Eine solche Schlitzantenne ist an sich aus dem Buch «Taschenbuch der Hochfrequenztechnik» von Meinke/Gundlach, Springer-Verlag, Berlin, 1968, Seite 608 bekannt.

Ist die Schlitzantenne in Bezug auf die Erdoberfläche senkrecht angeordnet, dann ist ihr Strahlungsdiagramm in der Horizontalebene doppelkreisförmig (Fig. 2a). Ihr idealisiertes Strahlungsdiagramm in der Vertikalebene hat den in Fig. 2b angegebenen Verlauf.

Zur Erzeugung eines doppelkreisförmigen Strahlungsdiagramms in der Horizontalebene wird eine erste Schlitzantenne mit einer zweiten Schlitzantenne so kombiniert, dass sie sich räumlich durchdringen, dass sie einen Winkel von 90° miteinander bilden und dass sie ein in Bezug auf die Längsachsen der Schlitzantennen symmetrisches Gebilde ergeben (es ergibt sich in der Draufsicht ein gleichschenkliges Kreuz).

Die Länge der Schlitzes ist ungefähr gleich der halben Betriebswellenlänge. Um eine Feinanpassung an die Sendefrequenz zu ermöglichen, sind in den beiden Endbereichen des Schlitzes 12 (Fig. 4) in dem Blech 6 weitere kleine Schlitzes 8, 81, 82, 83 vorgesehen (Das Rohr 7 ist hier zunächst als nicht vorhanden zu denken). Bei dem Ausführungsbeispiel haben diese kleinen Schlitzes jeweils die Form eines «U», dessen Schenkel parallel zur Längsachse des Schlitzes 12 verlaufen. Jeweils ein Schenkel dieser kleinen Schlitzes ist senkrecht zur Längsachse des Schlitzes 12 zu diesem Schlitz 12 weitergeführt. Die kleinen Schlitzes 8, 81, 82, 83 sind induktive Endbelastungen. Ihre Grösse ist durch Kurzschlussstege 41, 42, 43, 44, die in die U-förmigen Schlitzes einsetzbar sind, einstellbar. Dadurch ist auf eine dem Fachmann an sich bekannte Weise eine Anpassung der Schlitzantenne an die Sendefrequenz möglich.

Die Speisung der Schlitzantennen erfolgt über ein Koaxialkabel 11. Die Leiter des Koaxialkabels sind über ein Symmetrierglied 40 mit den Längsseiten des Schlitzes 12 verbunden. Zwischen den beiden Anschlusspunkten ist eine Phasendifferenz von 180° vorhanden. Die Darstellung in der Fig. 4 ist lediglich schematisch.

Werden die beiden Schlitzantennen 3, 4 (Fig. 3) mit dem Signal

$$U_3 = U_0 \cdot \cos \omega t \cdot \cos \Omega t$$

bzw. mit dem Signal

$$U_4 = U_0 \cdot \sin \omega t \cdot \cos \Omega t$$

gespeist, wobei $\Omega/2\pi$ gleich der Frequenz der Trägerschwingung des abzustrahlenden Signals ist, dann entsteht ein rotierendes Doppelkreisdia-

gramm, das mit der Winkelgeschwindigkeit ω rotiert.

Einen kleinen Schweigekegel erhält man auf vorteilhafte Weise dann, wenn die Abmessungen einer Schlitzantenne bestimmte Voraussetzungen erfüllen. Es müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- der Abstand 1 des Schlitzes vom Blechrand in der Längsrichtung muss grösser als oder gleich einem Fünftel der Betriebswellenlänge sein,
- der Abstand 1 muss sehr viel grösser als der Abstand B sein.

Für ein praktisches Ausführungsbeispiel sind die Grössen wie folgt gewählt:

$$\begin{aligned} C &= 0,36 \text{ m} \\ L &= 1,31 \text{ m} \\ b &= 0,04 \text{ m} \\ B &= 0,16 \text{ m} \\ l &= 0,6 \text{ m} \\ H &= 2,51 \text{ m} \end{aligned}$$

Zur Erzeugung des kreisförmigen Strahlungsdiagramms, das beim VOR zusätzlich zu dem umlaufenden Doppelkreisdiagramm notwendig ist, sind oberhalb und unterhalb der Schlitzes der beiden Schlitzantennen Alford-Rahmenantennen vorgesehen.

In der Fig. 5 ist ein schematischer Querschnitt durch die komplette Antenne in der Ebene einer Schlitzantenne 50 dargestellt. Die beiden Alford-Rahmenantennen 51, 54 sind in Bezug auf die Schlitzantenne so angeordnet, dass die kreuzförmig angeordneten Schlitzantennen und die beiden Alford-Rahmenantennen näherungsweise ein gemeinsames Phasenzentrum haben. Das gemeinsame Phasenzentrum muss nicht notwendigerweise mit dem geometrischen Schwerpunkt oder dem Speisepunkt der Antenne übereinstimmen.

Das gemeinsame Phasenzentrum ist Voraussetzung dafür, dass die Elevationsphasendiagramme der Einzelantennen 3, 4, 51 + 54 übereinstimmen können.

Durch den azimuthal unsymmetrischen Aufbau der Alford-Rahmenantennen werden die Vertikaldiagramme der kreuzförmig angeordneten Schlitzantennen gestört. Um diese Störung zu beseitigen, sind in vorteilhafter Weise zwischen die Alford-Rahmenantennen 51, 54 und die Schlitzes der Schlitzantennen in waagrechten Ebenen kreisförmige, elektrisch leitende Flächen, z.B. Metallbleche 52, 53 vorgesehen. Die Schlitzantennen verkoppeln mit den kreisförmigen Blechen stärker als mit den Alford-Rahmenantennen, und somit haben die kreisförmigen Bleche auf die Schlitzantennen einen symmetrierenden Feldeffekt. Dadurch erhält man eine gute Kongruenz der Vertikaldiagramme. Bei einer Blechbreite $C = 0,36 \text{ m}$ (Fig. 1) einer Schlitzantenne wird der Durchmesser eines kreisförmigen Bleches zu $0,74 \text{ m}$ gewählt. Dies ist auch der Durchmesser einer Alford-Rahmenantenne.

Um, insbesondere bei hohen Elevationswinkeln, eine verbesserte Unterdrückung der störenden Vertikalkomponenten zu erzielen, werden die Bleche 6 der Schlitzantennen oberhalb und unterhalb der elektrisch leitenden Platten 52, 53 von der

Breite C auf die Breite D verbreitert. Die Breite D ist ungefähr gleich dem Durchmesser der Bleche 52, 53.

Die Alford-Rahmenantennen 51, 54, die kreisförmigen Bleche 52, 54 und die Schlitzantennen werden von einem Rohr 7 gehalten, das mit einem kreisförmigen Gegengewicht 55 verbunden ist. Der Durchmesser des Gegengewichts ist 6 m. Bei einer geeigneten Wahl der Höhe der Antenne über dem Gegengewicht und des Gegengewichts über der Erdoberfläche kann man die Kongruenz von Amplituden- und Phasenverhalten in der Elevationsrichtung optimieren.

Das Rohr verläuft durch die Symmetrieachse der kreuzförmig angeordneten Schlitzantennen und der Alford-Rahmenantennen und hat, wenn sein Durchmesser hinreichend klein ist, auf die Strahlungsdiagramme keinen wesentlichen Einfluss.

Die wirksame Schlitzbreite b (Fig. 1) setzt sich in diesem Fall zusammen aus den Spalten 45, 46 zwischen dem Rohr 7, das den Durchmesser d hat, und der Platte 6. Diese Spalte haben jeweils eine Breite von $b/2$. Der Schlitz mit der Breite b wird also gebildet durch zwei wirksame Teilschlitzes, die jeweils die Breite $b/2$ haben. Die Breite C des in Fig. 1 schematisch dargestellten Schlitzstrahlers wird dann

$$C = B + \frac{b}{2} + d + \frac{b}{2} + B = 2B + b + d.$$

Wählt man für L , B , b , l und H die auf Seite 6 angegebenen Werte, dann wird mit $d = 0,15 \text{ m}$ C gleich $0,51 \text{ m}$.

Die Speiseleitungen für die Schlitzantennen und der Alford-Rahmenantennen werden durch das Rohr 7 geführt.

Patentansprüche

1. Antenne für ein Drehfunkfeuer mit mehreren Einzelantennen, von denen mindestens eine in der Horizontalebene kreisförmiges Strahlungsdiagramm und mindestens zwei in der Horizontalebene doppelkreisförmiges Strahlungsdiagramme aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass die Einzelantennen (Fig. 1; Fig. 3: 3, 4) mit den doppelkreisförmigen Strahlungsdiagrammen Schlitzantennen sind, die gebildet werden durch einen Schlitz (2) in einer elektrisch leitenden Fläche (1), wobei der Abstand (1) eines Schlitzendes vom Rand der elektrisch leitenden Fläche in der Längsrichtung des Schlitzes wesentlich grösser als der Abstand (B) des Schlitzes vom Rand der elektrisch leitenden Fläche in der Querrichtung des Schlitzes ist, und dass die beiden Schlitzantennen (3, 4) so angeordnet sind, dass sie sich rechtwinklig räumlich durchdringen und die Längsachsen der Schlitzes auf einer Geraden (5) liegen.

2. Antenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der beiden Enden des Schlitzes (12) einer Schlitzantenne zur Anpassung an die Frequenz der abzustrahlenden Signale in der als Blech ausgebildeten elektrisch leitenden Fläche (6) weitere kleine Schlitzes (8, 82, 83, 84),

die in den Schlitz (12) der Schlitzantenne münden, vorgesehen sind, deren elektrisch wirksame Länge durch die Lage von Kurzschlussstegen (41, 42, 43, 44) in den kleinen Schlitzten bestimmt ist.

3. Antenne nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass oberhalb und unterhalb der Schlitzte (12) der beiden Schlitzantennen (50) weitere Einzelantennen (51, 54), deren Strahlungsdiagramme kreisförmig sind, vorgesehen sind.

4. Antenne nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Schlitzten (12) der beiden Schlitzantennen (50) und den oberen und unteren Einzelantennen (51, 54) waagrecht angeordnete weitere elektrisch leitende Flächen (52, 53) vorgesehen sind.

5. Antenne nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite (C) der elektrisch leitenden Fläche (6) einer Schlitzantenne zumindest in einem Teil der Bereiche zwischen den weiteren elektrisch leitenden Flächen (52, 53) und dem jeweiligen Ende der Schlitzantenne angenähert gleich dem Durchmesser der weiteren Einzelantennen (51, 54), deren Strahlungsdiagramme kreisförmig sind, ist.

6. Antenne nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Symmetrieachse der Antenne ein Rohr (7), dessen Durchmesser kleiner als die Schlitzbreite (b, Fig. 1) ist, geführt ist, und dass die Speiseleitungen für die Einzelantennen (6, 51, 54) durch dieses Rohr geführt werden.

7. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (1) eines Schlitzendes vom Rand der elektrisch leitenden Fläche (6) in der Längsrichtung des Schlitzes grösser oder gleich einem Fünftel der Betriebswellenlänge ist.

Claims

1. Antenna for an omnidirectional range comprising several radiating elements at least one of which has a circular radiation pattern in the horizontal plane and at least two of which have a figure-8 radiation pattern in the horizontal plane, characterized in that the radiating elements (Fig. 1; Fig. 3: 3, 4) with the figure-8 radiation patterns are slot antennas formed by a slot (2) in an electrically conducting surface (1), with the distance (1) between one end of the slot and the edge of the electrically conducting surface in the longitudinal direction of the slot being considerably greater than the distance (B) between the slot and the edge of the electrically conducting surface in the transverse direction of the slot, and that the two slot antennas (3, 4) are arranged to intersect at right angles, with the longitudinal axes of the slots lying on a straight line (5).

2. An antenna as claimed in Claim 1, characterized in that, to permit adjustment to the frequency of the signals to be radiated, the conducting surface (6) of a slot antenna, designed as a sheet metal surface, is provided with additional, small slots (8, 82, 83, 84) in the regions of the two ends of the slot (12) which lead into said slot (12)

and whose electrical lengths are determined by the positions of short-circuiting bridges (41, 42, 43, 44) in the small slots.

3. An antenna as claimed in Claim 1 or 2, characterized in that additional radiating elements (51, 54) with circular radiation patterns are provided above and below the slots (12) of the two slot antennas (50).

4. An antenna as claimed in Claim 3, characterized in that additional, horizontal electrically conducting surfaces (52, 53) are provided between the slots (12) of the two slot antennas (50) and the upper and lower radiating elements (51, 54).

5. An antenna as claimed in Claim 4, characterized in that, in at least part of the regions between the additional electrically conducting surfaces (52, 53) and the respective ends of the slot antenna, the width (C) of the electrically conducting surface (6) of a slot antenna is approximately equal to the diameter of the additional radiating elements (51, 54) with circular radiation patterns.

6. An antenna as claimed in Claim 1 or 4, characterized in that a tube (7) having a diameter smaller than the slot width (b, Fig. 1) is disposed around the axis of symmetry of the antenna, and that the feeders for the radiating elements (6, 51, 54) run through said tube.

7. An antenna as claimed in any one of Claims 1 to 6, characterized in that the distance (1) between one end of the slot and the edge of the electrically conducting surface (6) in the longitudinal direction of the slot is greater than or equal to a fifth of the wavelength at the operating frequency.

Revendications

1. Antenne pour balise omnidirectionnelle comprenant plusieurs éléments rayonnants dont au moins un possède un diagramme de rayonnement circulaire dans le plan horizontal et au moins deux possèdent un diagramme de rayonnement en 8 dans le plan horizontal, caractérisé en ce que les éléments rayonnants (fig. 1; fig. 3: 3, 4) ayant les diagrammes de rayonnement en 8 sont des antennes fendues, formées par une fente (2) dans une surface conductrice (1), la distance (1) entre une extrémité de la fente et le bord de la surface conductrice dans la direction longitudinale de la fente étant considérablement plus grande que la distance (B) entre la fente et le bord de la surface conductrice dans la direction transversale par rapport à la fente, et en ce que les deux antennes fendues (3, 4) sont disposées de manière à se couper à angles droits, les axes longitudinaux des fentes se trouvant sur une ligne droite (5).

2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que, pour permettre l'ajustement de la fréquence des signaux à rayonner, la surface conductrice (6) d'une antenne fendue, constituée par une surface de feuille de métal, est pourvue de petites fentes additionnelles (8, 82, 83, 84) dans les zones des deux extrémités de la fente (12), qui

conduisent dans cette fente (12) et dont les longueurs électriques sont déterminées par les positions de ponts de court-circuit (41, 42, 43, 44) dans les petites fentes.

3. Antenne selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que des éléments rayonnants additionnels (51, 54) ayant des diagrammes de rayonnement circulaires sont prévus au-dessus et au-dessous des fentes (12) des deux antennes fendues (50).

4. Antenne selon la revendication 3, caractérisée en ce que des surfaces conductrices horizontales additionnelles (52, 53) sont prévues entre les fentes (12) des deux antennes fendues (50) et les éléments rayonnants supérieurs et inférieurs (51, 54).

5. Antenne selon la revendication 4, caractérisée en ce que, dans une partie au moins des zones situées entre les surfaces conductrices ad-

ditionnelles (52, 53) et les extrémités respectives de l'antenne fendue, la largeur (C) de la surface conductrice d'une antenne fendue est approximativement égale au diamètre des éléments rayonnants additionnels (51, 54) à diagramme de rayonnement circulaire.

6. Antenne selon la revendication 1 ou 4, caractérisée en ce qu'un tube (7) ayant un diamètre plus petit que la largeur de fente (6, fig. 1) est disposé selon l'axe de symétrie de l'antenne et en ce que les conduites pour les éléments rayonnants (6, 51, 54) sont disposées dans ce tube.

7. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que la distance (1) entre une extrémité de la fente et le bord de la surface conductrice (6) dans le sens longitudinal de la fente est plus grande ou égale à un cinquième de la longueur d'onde à la fréquence d'exploitation.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

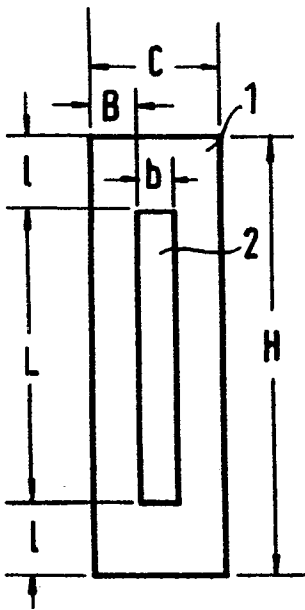


Fig. 1

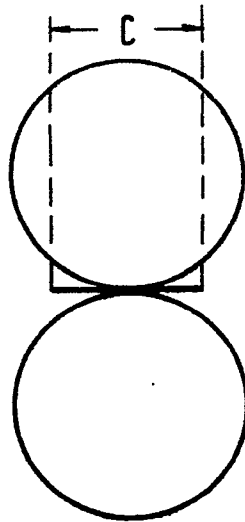


Fig. 2a

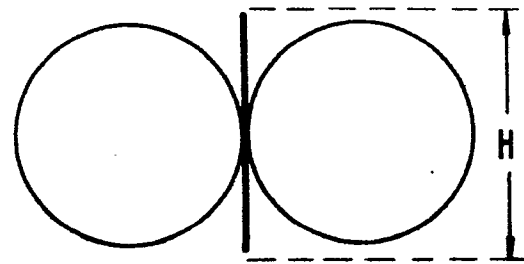


Fig. 2b

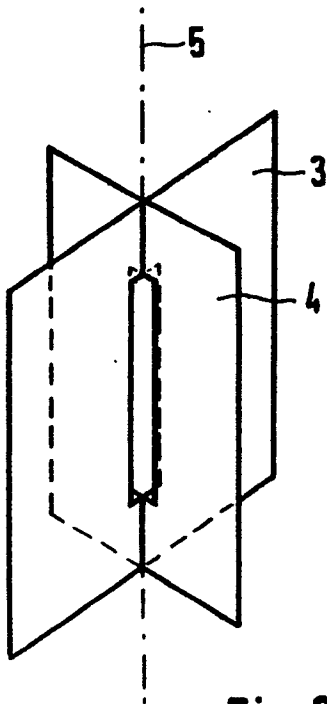


Fig. 3

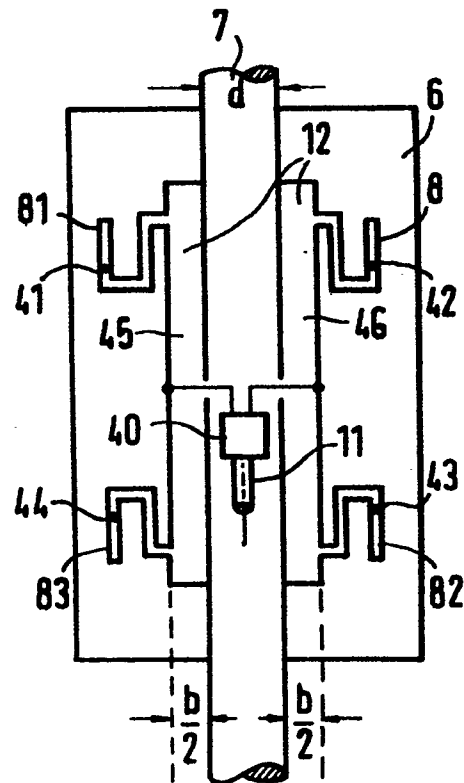


Fig. 4

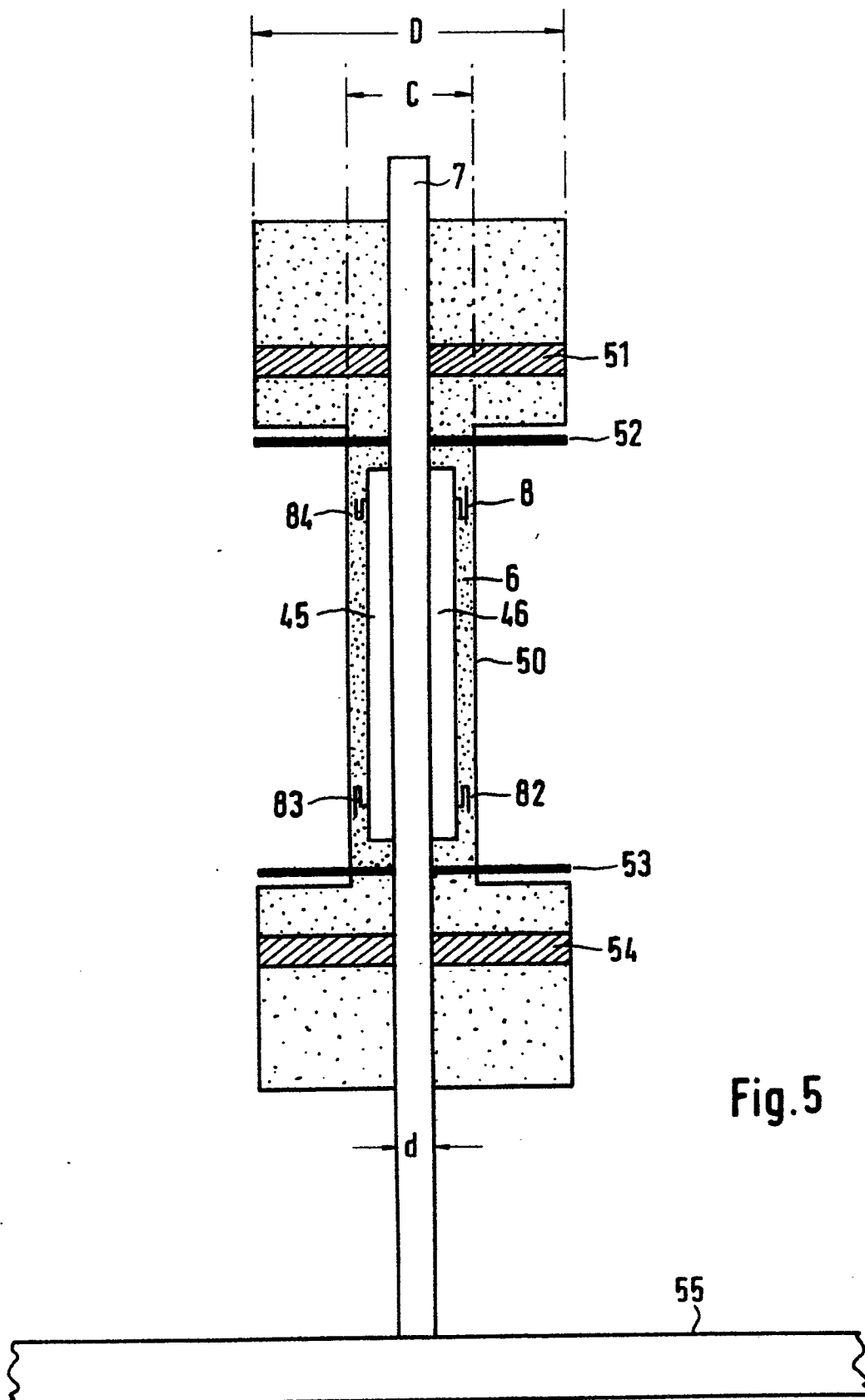


Fig. 5