

⑬



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

⑪

Veröffentlichungsnummer: **0 155 464 B1**

⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④

Veröffentlichungstag der Patentschrift:
11.05.88

⑥

Int. Cl.: **H 01 J 21/10, H 01 J 19/08**

②

Anmeldenummer: **85100758.3**

③

Anmeldetag: **25.01.85**

⑤

Hochleistungs-Elektronenröhre.

③

Priorität: **07.02.84 CH 569/84**

④

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.09.85 Patentblatt 85/39

⑤

Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
11.05.88 Patentblatt 88/19

⑧

Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB LI NL

⑥

Entgegenhaltungen:
FR - A - 2 276 682
GB - A - 1 076 313
US - A - 2 916 659

BROWN BOVERI MITTEILUNGEN, Band 62, Nr. 5, 1975,
Seiten 194-197, Baden, CH; **R. BACHMANN**: "CQS
400-1, eine neue siedegekühlte
Höchstleistungs-Tetrode"
SIEMENS REVIEW, Band 45, Nr. 8, 1978, Seiten 388-390,
Erlangen, DE; **K.-D. HEINZE**: "UHF power tetrode RS
1034"

⑦

Patentinhaber: **BBC Brown Boveri AG, CH-5401 Baden (CH)**

⑦

Erfinder: **Käch, Alfred, Lierenstrasse 36, CH-5417 Untersiggenthal (CH)**
Erfinder: **Schminke, Wolfram, Dr., Hirsfeld 2, D-7887 Laufenburg (DE)**
Erfinder: **Zigerlig, Benno, Dorfstrasse 85 F, CH-5417 Untersiggenthal (CH)**

EP 0 155 464 B1

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

Die Erfindung geht aus von einer Hochleistungs-Elektronenröhre gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Eine solche Röhre ist aus dem Stand der Technik bekannt (Brown Boveri Mitteilungen, Band 62, Nr. 5, 1975, S. 194–197).

Hochleistungs-Elektronenröhren mit Verlustleistungen von einigen kW bis einigen 100 kW werden beispielsweise als Schalt- oder Steuerelemente in Hochleistungs-Stromversorgungen, insbesondere jedoch als Modulator- oder Endstufenröhren in Rundfunk-Sendern eingesetzt. Die Röhren sind üblicherweise aus einem vakuumdichten, meist zylindrischen, aus Metall und Keramik oder Glas zusammengesetzten Topf aufgebaut, in dem sich das koaxial angeordnete Elektrodensystem mit entsprechenden nach aussen geführten Elektrodenanschlüssen befindet.

Das Elektrodensystem umfasst, von innen nach aussen gesehen, eine heizbare Kathode, ein oder mehrere Steuergitter sowie eine Anode, die das Elektrodensystem zum Aussenbehälter hin elektrisch abschliesst. Die Kathode selbst setzt sich zusammen aus einem Innenleiter in der Form eines Metallzylinders und einem koaxial den Innenleiter umschliessenden Aussenleiter, der die Elektronen emittierenden Heizdrähte in der Gestalt eines Maschennetzes (Maschenkathode) oder parallel verlaufender Stäbe (Stabkathode) enthält.

Zwischen dem als Zuführung für den Heizstrom dienenden Innenleiter und dem Aussenleiter, d.h. den Heizdrähten, verbleibt ein freier Raum, der als Kathodenraum bezeichnet wird.

Der Innenleiter der Kathode bildet zusammen mit dem Aussenleiter, den Gittern und der Anode ein Koaxialleitungsstück mit entsprechenden Eigenresonanzen. Aufgrund dieser Eigenresonanzen des Elektrodensystems können beim Betrieb einer Hochleistungs-Elektronenröhre störende Eigenschwingungen auftreten, die z.B. durch eine inhomogene Elektronenverteilung innerhalb der Röhre oder geometrische Inhomogenitäten der Elektrodenstruktur angeregt werden. Diese Eigenschwingungen sind einerseits schädlich für die Röhre selbst und beeinflussen andererseits in unkontrollierbarer Weise das Betriebsverhalten der Röhre in ihrem Arbeitsfrequenzbereich.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, störende Eigenschwingungen einer Hochleistungs-Elektronenröhre in einem möglichst breiten Frequenzbereich zu unterdrücken bzw. auf ein tolerierbares Mass herabzudämpfen, wobei diese Dämpfung aus Gründen der Betriebssicherheit am Entstehungsort innerhalb der Röhre erfolgen soll.

Die Aufgabe wird bei einer Hochleistungs-Elektronenröhre der eingangs genannten Art durch die Merkmale aus dem Kennzeichen des Anspruchs 1 gelöst.

Die Anordnung einer rotationssymmetrischen Dämpfungsstruktur mit einem ausgewählten elektrischen Widerstand im Kathodenraum der Röhre führt zu einer drastischen Reduzierung des Güte-werts der aus den Elektroden gebildeten Reso-

nanzstruktur, so dass über einen breiten Frequenzbereich, der die Resonanz-Grundschiwingung und eine Vielzahl von zugehörigen Oberschwingungen umfasst, eine wirkungsvolle Bedämpfung der Resonanzschwingungen gegeben ist.

Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung hat die Dämpfungsstruktur die Gestalt eines Hohlzylinders, auf dessen Aussenseite umlaufende Nuten äquidistant längs der Zylinderachse angeordnet sind, wobei diese Nuten eine Breite zwischen 3 und 15 mm, eine Tiefe von wenigstens dem Doppelten der Breite und einen gegenseitigen Abstand von 3–15 mm aufweisen. Eine Dämpfungsstruktur dieser Art ist besonders geeignet zur Dämpfung von Eigenmoden des TEM-Typs im Kathodenraum.

Gemäss einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann anstelle eines mit Nuten versehenen Hohlzylinders ein Stapel aus einer Mehrzahl von gleichartigen Dämpfungsscheiben als Dämpfungsstruktur verwendet werden, wenn z.B. die Eigenschaften des Dämpfungsmaterials die mechanische Bearbeitung erschweren. Die Dämpfungsscheiben mit einer Scheibendicke zwischen 3 und 15 mm sind bei dieser Ausführungsform mit ihrer Scheibenachse parallel zur Röhrenachse angeordnet. Zwischen den einzelnen Dämpfungsscheiben ist jeweils ein Isolierabstand von 3–15 mm vorgesehen.

Zur Dämpfung von Eigenmoden des TM-Typs in einer Hochleistungs-Elektronenröhre mit Stabkathode und Stabgittern ist vorzugsweise eine Dämpfungsstruktur in der Form eines einfachen Hohlzylinders vorgesehen. Je nach Situation sind noch bessere Dämpfungserfolge mit einem axial genuteten Hohlzylinder erreichbar. Dabei gilt für die Ausführung der Nuten das oben Gesagte. Die notwendige Entkopplung der Dämpfungsstruktur zu den Nutzmoden des TEM-Typs erfolgt dabei auch für höhere Frequenzen über die parallel zur Röhrenachse verlaufenden Gitter- und Kathoden-drähte.

Besonders vorteilhaft ist die Verwendung eines Schaumkohlenstoffes als Dämpfungsmaterial für die Dämpfungsstruktur, weil Schaumkohlenstoff die notwendige Temperaturfestigkeit und gute Vakumeigenschaften aufweist, sich mit üblichen Methoden mechanisch bearbeiten lässt und über die Dichte bzw. Porosität im elektrischen Widerstand optimal an den gewünschten Frequenzbereich der Dämpfung angepasst werden kann.

Bevorzugt wird ein Schaumkohlenstoff, der durch Carbonisieren eines geschäumten Kunstharzes hergestellt worden ist, eine Dichte von 50–20 km/m³ aufweist und einen für das Röhrenvakuum unschädlichen Aschegehalt 0,01 % hat.

Die Erfindung soll nun nachfolgend anhand der Zeichnung in mehreren Ausführungsbeispielen erläutert werden.

Es zeigen:

Fig. 1 eine als Grundlage für die Berechnung der Dämpfungseigenschaften dienende, idealisierte Dämpfungszelle;

Fig.2 Kurven des Güterwerts Q einer Dämpfungszelle nach Fig.1 in Abhängigkeit von der Normierungsgrösse

$$d \sqrt{\pi f \mu \sigma}$$

für verschiedene Geometrien der Dämpfungszelle;

Fig.3 die Anordnung einer hohlzylindrischen Dämpfungsstruktur nach der Erfindung im Kathodenraum einer Hochleistungs-Elektronenröhre;

Fig.4 eine als Stapel aus Dämpfungsscheiben aufgebaute Dämpfungsstruktur nach der Erfindung;

Fig.5 eine als Hohlzylinder mit aussen umlaufenden Nuten ausgeführte Dämpfungsstruktur nach der Erfindung;

Fig.6 eine bevorzugte Halterung für die Dämpfungsstruktur innerhalb der Röhre im Längsschnitt, und

Fig.7 die Halterung nach Fig.6 in der Draufsicht.

Zur Dämpfung von im Elektrodenystem einer Hochleistungs-Elektronenröhre auftretenden Koaxialresonanzen in einem grösseren Frequenzbereich, d.h. bezüglich der Grundwelle und der nächstfolgenden Oberwellen, kann man prinzipiell den Resonatorraum, in diesem Fall den Kathodenraum zwischen Innen- und Aussenleiter der Kathode, mit einem genügend absorbierenden Medium füllen. Das in Betracht kommende Dämpfungsmedium muss ausser den elektrischen auch bezüglich Temperatur und Vakuum bestimmte Eigenschaften aufweisen. Insbesondere sollen jedoch die Verluste im Bereich der Arbeitsfrequenz der Röhre möglichst gering sein.

Ganz allgemein verschwindet die Wirbelstromdämpfung in einem elektrisch schlecht leitenden Dämpfungsmedium, wenn die Frequenz entweder gleich Null ist oder gegen unendlich strebt. Zwischen diesen beiden Grenzfällen liegt ein Frequenzgebiet optimaler Absorption, in dem das Dämpfungsmedium vom Wirbelstromfeld der Resonanzschwingung in einem bestimmten Mass durchdrungen wird. Die geometrischen Abmessungen der Dämpfungsstruktur müssen in Verbindung mit der elektrischen Leitfähigkeit bzw. dem elektrischen Widerstand des Dämpfungsmediums so gewählt werden, dass diese optimale Absorption gerade im gewünschten Frequenzgebiet liegt.

Da aufgrund der frequenzabhängigen Eindringtiefe das aktive Resonanzvolumen mit steigender Frequenz abnimmt, ergibt sich eine Verbreiterung des Resonanzgebietes zu höheren Frequenzen hin. Um mit den in Betracht kommenden Stoffen (z.B. Schaumkohlenstoff) eine optimale Dämpfung zu erzielen, bleibt nur die Aufteilung des Resonatorraumes in radial- oder längsisolierte Bezirke, wobei die Breite der Bezirke bei der Bezugsfrequenz höchstens etwa das Doppelte der jeweiligen Eindringtiefe des Wirbelstromfeldes betragen darf. Man hat es also mit einer Schichtung relativ dünnwandiger Leiter zu tun. Bei radialer Aufteilung sind dies koaxial verschachtelte Zylinder, bei axialer Aufteilung längs der Achse des Resonatorraums geschichtete Dämpfungsscheiben.

Für die einfachere Aufteilung in längsgeschichtete Dämpfungsscheiben kann die Dämpfung als Funktion der verschiedenen Parameter vergleichsweise einfach berechnet werden, wenn man voraussetzt, dass die Scheibendicke der Dämpfungsscheiben sehr viel kleiner ist als der Scheibendurchmesser, dass die Verluste in den Resonatorwänden gegenüber den Verlusten im Dämpfungsmedium vernachlässigt werden können, und dass die Dämpfungsbelegung längs der Resonatorachse gleichmässig verteilt ist.

Unter den o.g. Voraussetzungen reicht die Kenntnis der Feldverteilung in einer einzelnen Dämpfungsscheibe und dem sie umgebenden Isolierraum aus, um bei vorgegebenen Randbedingungen die optimalen Parameter für die gesamte Dämpfungsstruktur zu ermitteln. Die einzelne Dämpfungsscheibe bildet zusammen mit dem benachbarten Isolierraum eine Dämpfungszelle, wie sie in Fig.1 dargestellt ist.

Ein Aussenleiter 1 und ein Innenleiter 2 bilden einen koaxialen Resonanzraum, der in Dämpfungszellen mit einer Zellenlänge λ aufgeteilt ist. Innerhalb jeder Dämpfungszelle ist zwischen Aussenleiter 1 und Innenleiter 2 eine Dämpfungsscheibe 3 mit einer Scheibendicke d senkrecht zur Längsachse des Resonanzraumes angeordnet. Da nach Voraussetzung die Scheibendicke d sehr viel kleiner ist als der Scheibendurchmesser ist, kann man bei der Berechnung der Feldverteilung davon ausgehen, dass innerhalb der Dämpfungsscheibe 3 neben der Tangentialkomponente (H_φ) des Magnetfeldes nur die Radialkomponente (E_r) des elektrischen Feldes wirksam ist.

Mit einem axialen Resonanzstrom I im Innenleiter 2 erhält man aus den Maxwell-Gleichungen für die beiden Feldkomponenten in Abhängigkeit von der Axialkoordinate z und der Radialkoordinate r :

$$(1) \quad H_\varphi = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot \frac{\operatorname{ch} [(1+j) \beta z]}{\operatorname{ch} [(1+j) \beta d/2]}$$

und

$$(2) \quad E_r = - \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot \frac{\beta}{\sigma} (1+j) \frac{\operatorname{sh} [(1+j) \beta z]}{\operatorname{ch} [(1+j) \beta d/2]}$$

Mit der elektrischen Leitfähigkeit σ des Dämpfungsmediums und dem Parameter

$$(3) \quad \beta = \sqrt{\pi \cdot f \cdot \mu \cdot \sigma}$$

der neben der Leitfähigkeit σ auch die Frequenz f und die Permeabilität μ einbezieht.

Der Güterwert Q der Dämpfungszelle als Mass für die Wirksamkeit der Dämpfungsstruktur ergibt sich aus der in der Dämpfungsscheibe 3 gespeicherten magnetischen Feldenergie M_w

$$(4) \quad M_w = \int_V (\mu / H_\varphi)^2 dV$$

und der absorbierten Verlustleistung P_w des Wirbelstromfeldes

$$(5) \quad P_W = \int_V (\sigma/E_r)^2 dV$$

zu

$$(6) \quad Q = 2\pi f \frac{M_W}{P_W} = \frac{\text{sh}(\beta d) + \sin(\beta d) + \beta(l-d)[\text{ch}(\beta d) + \cos(\beta d)]}{\text{sh}(\beta d) - \sin(\beta d)}$$

Das Verhalten des so berechneten Gütevalues Q ist in Fig. 2 in Abhängigkeit von

$$\beta d = d \sqrt{\pi \cdot f \cdot \mu \sigma}$$

für verschiedene Verhältnisse λ/d aufgetragen. Alle Kurven zeigen ein teilweise ausgeprägtes Minimum, den minimalen Gütevalue Q_{\min} , dessen Verlauf durch die gestrichelt eingezeichnete Kurve angedeutet ist und der den Bereich maximaler Dämpfung charakterisiert.

Der Anstieg des Gütevalues Q unterhalb des minimalen Gütevalues Q_{\min} resultiert aus dem schwindenden Einfluss des Dämpfungsmediums bei abnehmbarer Frequenz f , weshalb in Fig. 2 die Kurven für den Bereich

$$d \sqrt{\pi \cdot f \cdot \mu \sigma} \leq 1$$

nicht aufgeführt sind. Oberhalb des minimalen Gütevalues Q_{\min} fließen in der Dämpfungsscheibe 3 zunehmend nur noch Oberflächenströme; die Dämpfung sinkt mit wachsender Frequenz f , der Gütevalue Q strebt gegen die Eigengüte des leeren Resonators. Dazwischen liegen jedoch Verhältnisse, die in einem grossen Frequenzbereich eine gute Dämpfung ergeben. Bei vorgegebener Grundfrequenz der zu dämpfenden Eigenschwingungen der Röhre können anhand der Kurven aus Fig. 2 durch Variation der Scheibendicke und der elektrischen Leitfähigkeit σ des Dämpfungsmediums optimale Dämpfungsverhältnisse in einem breiten Frequenzbereich eingestellt werden.

Beispiel: Bei einer angenommenen Grund-Resonanzfrequenz von 300 MHz und einem l/d -Verhältnis von 3 in der Dämpfungszelle erhält man für eine elektrische Leitfähigkeit von $\sigma = 1 \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$ eine Scheibendicke von $d = 5 \text{ mm}$, wenn man den Gütevalue Q am Anfang des Dämpfungsbereichs auf etwa 8 festlegt. Die Dämpfungsstruktur besteht in diesem Fall aus einem Stapel von Dämpfungsscheiben der Scheibendicke $d = 5 \text{ mm}$ mit einem Isolierabstand von 10 mm zwischen benachbarten Dämpfungsscheiben. Dasselbe Dämpfungsverhalten lässt sich jedoch auch mit einer Scheibendicke von $d = 10 \text{ mm}$ erreichen, wenn die elektrische Leitfähigkeit des Dämpfungsmediums $\sigma = 0,25 \text{ S} \cdot \text{cm}^{-1}$ beträgt.

Eine besonders einfache Ausführungsform einer Dämpfungsstruktur nach der Erfindung ist in Fig. 3 dargestellt. Fig. 3 zeigt einen Längsschnitt durch eine Hochleistungs-Elektronenröhre und ihre Elektrodenanordnung. Die Elektrodenanord-

nung umfasst, von aussen nach innen, eine Anode 4, Gitter 5 und 6 und eine Kathode 7, die sich aus einem Aussenleiter 8 und einem Innenleiter 9 zusammensetzt. Zwischen dem Innenleiter 9 und dem Aussenleiter 8 befindet sich der Kathodenraum 16, in dem eine Dämpfungsstruktur 10 angeordnet ist.

Der Aussenleiter 8 der Kathode 7 weist im Bereich der Gitter 5 und 6 heizbare Kathodendrähte auf, die in diesem Fall als parallel zur Röhrenachse 24 verlaufende Stäbe (Feinstabkathode) ausgebildet sind. Der Heizstrom für die Kathodendrähte fliesst über den Innenleiter 9 und den Aussenleiter 8, die über Kathodenanschlüsse 13 und 14 mit dem Aussenraum verbunden sind. Entsprechende Gitteranschlüsse 11 und 12 sind für die Steuerung der Gitter 5 und 6 vorgesehen. Die Elektroden 4, 5, 6, 8 und 9 sind im wesentlichen zylindrisch und coaxial zur Röhrenachse angeordnet.

Die Dämpfungsstruktur 10 ist in dem in Fig. 3 abgebildeten Fall einer Hochleistungs-Elektronenröhre mit Feinstabkathode und entsprechenden Feinstabgittern als einfacher Hohlzylinder mit nicht strukturierter Aussenwand 23 ausgeführt. Aufgrund der speziellen Kathoden- und Gitterstruktur, die eine besondere Kopplung zwischen Kathodenraum 16 und dem übrigen Raum innerhalb der Anode 4 zur Folge hat, können mit der einfach hohlzylindrischen Dämpfungsstruktur 10 gemäss Fig. 3 Eigenschwingungen vom TE_{ml} -Typ (Transversal-Elektrisch) im gesamten Röhrensystem bedämpft werden. Die notwendige Entkopplung zu den Nutzmoden vom TEM-Typ (Transversal-Elektrisch-Magnetisch) erfolgt hier auch bei höheren Frequenzen über die longitudinalen Gitter- und Kathodenstäbe bzw. -drähte.

Wesentlich andere Verhältnisse ergeben sich für die Bedämpfung vom TEM-Störmoden im Kathodenraum 16 selbst. In diesem Fall können die vorangestellten theoretischen Überlegungen, wie sie in den Kurven aus Fig. 2 ihren Ausdruck finden, angewendet werden. Eine bevorzugte Ausführungsform der Dämpfungsstruktur ist dann gemäss Fig. 4 ein Stapel aus Dämpfungsscheiben 18 innerhalb des Kathodenraums 16 zwischen dem Innenleiter 9 und dem Aussenleiter 8. Die Dämpfungsscheiben 18 haben eine Scheibendicke d , die in Abhängigkeit von der elektrischen Leitfähigkeit des Dämpfungsmediums und dem gewünschten Dämpfungsbereich gemäss Fig. 2 ausgewählt ist und vorzugsweise zwischen 3 und 15 mm beträgt. Zwischen den Dämpfungsscheiben besteht ein Isolierabstand a , der beispielsweise durch zwischenliegende Isolierringe 17 eingehalten werden kann und vorzugsweise ebenfalls zwischen 3 und 15 mm beträgt. Die gesamte Dämpfungsstruktur ist, wie auch in Fig. 3, mittels einer Halterung 15 am Innenleiter 9 befestigt und bezüglich der Röhrenachse 24 zentriert. Auf Einzelheiten der Halterung 15 wird im weiteren Verlauf noch näher eingegangen.

Der stapelförmige Aufbau der Dämpfungsstruktur gemäss Fig. 4 erfordert bei der Montage einen zusätzlichen Aufwand, der nur dann gerechtfertigt ist, wenn das Material, aus dem die Dämpfungs-

fungsscheiben bestehen, sich mechanisch nur schwer bearbeiten lässt, oder die Dämpfungsstruktur für verschiedene Anwendungsfälle nach Art eines Baukastensystems aufbaubar sein soll.

In anderen Fällen ist es besonders vorteilhaft, die Dämpfungsstruktur gemäss Fig. 5 in der Form eines ganzheitlichen Hohlzylinders auszuführen, auf dessen Aussenseite 23 umlaufende Nuten 19 eingearbeitet und längs der Röhrenachse 24 äquidistant angeordnet sind. Ein solcher mit Nuten versehener Hohlzylinder ist elektrisch weitgehend äquivalent zu einer Stapelstruktur nach Fig. 4, kann jedoch in besonders einfacher Weise aus Vollmaterial hergestellt werden. Die Breite c der Nuten entspricht dem Isolierabstand a aus Fig. 4. Dieselbe Beziehung besteht zwischen dem Nutabstand e und der Scheibendicke d . Die Tiefe b der Nuten beträgt vorzugsweise wenigstens das Doppelte der Nutbreite c , um den Einfluss des Dämpfungsmediums auf dem Boden der Nuten zu begrenzen.

Besondere Bedeutung kommt dem Dämpfungsmedium selbst, d.h. dem Material der Dämpfungsstruktur zu. Das Material muss nicht nur die erforderliche geringe elektrische Leitfähigkeit besitzen, sondern vor allem auch temperaturbeständig bis zu Temperaturen von 3000 K und bei diesen Temperaturen verträglich für das in der Röhre herrschende Vakuum sein. Weiterhin ist es wünschenswert, dass das Material mechanisch bearbeitbar ist und in seiner elektrischen Leitfähigkeit an die verschiedenen Anwendungsfälle angepasst werden kann.

Alle diese Forderungen werden in vorteilhafter Weise von einem porösen Schaumkohlenstoff erfüllt, der als nahezu reiner Kohlenstoff die notwendige Temperaturfestigkeit im Vakuum aufweist, sich durch Sägen, Fräsen, Bohren und Drehen bearbeiten lässt und über die Dichte, d.h. den Porenanteil, in seiner elektrischen Leitfähigkeit in weiten Bereichen beeinflussen lässt. In verschiedenen Versuchen hat sich ein solcher Schaumkohlenstoff als besonders geeignet erwiesen, der durch Carbonisieren eines geschäumten Kunstharzes hergestellt wird, eine Dichte zwischen 50 und 200 kg/m³ besitzt und einen Aschegehalt von weniger als 0,01% hat.

Als Ausgangsmaterial ist mit grossem Erfolg ein Schaumkohlenstoff verwendet worden, der unter dem eingetragenen Warenzeichen «sigrapor» im Handel erhältlich ist und von der Firma Sigri Elektrographit GmbH, D-8901 Meitingen vertrieben wird. Er wird in zwei Qualitäten, «sigrapor-6» und «sigrapor-15» angeboten, die sich durch die nachfolgend aufgeführten Eigenschaften auszeichnen.

	sigrapor-6	sigrapor-15	
Rohdichte	70– 90	130– 180	kg/m ³
Offenes Porenvolumen	93– 95	86– 90	%
Spez. el. Widerstand	2000–3000	800–1500	$\Omega \cdot \mu\text{m}$
Aschewert	< 0,3	< 0,3	%
Gesamtschwefelgehalt	0,2	0,3	%
Sulfatgehalt	< 0,1	< 0,1	%

Der spezifische elektrische Widerstand bzw. die elektrische Leitfähigkeit hängen dabei von der Dichte des Schaumkohlenstoffs ab. Durch die offenen Poren ist die für Vakuumanwendungen wichtige gute Entgasung gegeben. Der Partialdruck des Kohlenstoffs liegt bei einer Temperatur von 2000 K unterhalb von 10^{-7} mbar und ist daher für das Röhrenvakuum unkritisch. Der an sich schon niedrige Aschegehalt oder Aschewert von weniger als 0,3% kann durch eine geeignete Vorbehandlung des Materials auf weniger als 0,01% abgesenkt werden, so dass auch bei den hohen Betriebstemperaturen der Röhren keine störenden Abdampfprodukte ins Gewicht fallen.

Die Vorbehandlung des Schaumkohlenstoffs zur Verringerung des Aschewerts erfolgt durch einen Vakuum-Glühprozess, bei dem in einem mehrmals mit Stickstoff gespülten und evakuierten Ofen der bearbeitete Schaumkohlenstoffzylinder bei einem Druck von weniger als 10^{-3} mbar etwa 1 Stunde lang auf einer Temperatur von ungefähr 2000 °C gehalten wird.

Nach der mechanischen Bearbeitung des Schaumkohlenstoffs, wie z. B. dem Ausdrehen der Nuten gemäss Fig. 5, ist besonders darauf zu achten, dass der bei der Bearbeitung entstehende Kohlenstaub aus dem porösen Material möglichst weitgehend entfernt wird, um die Spannungsfestigkeit der Röhre nicht zu verschlechtern. In diesem Zusammenhang hat es sich als geeignet erwiesen, den fertigen Schaumkohlenstoffkörper mit ölfreiem Stickstoffgas abzublasen.

Die Porosität und Sprödigkeit des beschriebenen Dämpfungsmaterials erfordert auch die Verwendung einer speziellen Halterung für die Dämpfungsstruktur im Kathodenraum der Hochleistungs-Elektronenröhre. Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer solchen Halterung ist im Längsschnitt in der Fig. 6 und in Draufsicht in der Fig. 7 wiedergegeben.

Die Halterung 15 ist im wesentlichen als Zylindermantel aus Molybdänblech mit einer bevorzugten Blechstärke von etwa 0,5 mm ausgeführt. Der Zylindermantel liegt an der Innenseite der Dämpfungsstruktur 10 an. Er ist gegen den Innenleiter 9 der Kathode, der in Fig. 7 dargestellt, in Fig. 6 dagegen der Übersichtlichkeit wegen weggelassen worden, durch Verstrebungen 20 aus demselben Blech abgestützt und über die Verstrebungen 20 zugleich am Innenleiter 9 befestigt. Die Dämpfungsstruktur 10 wird in der Halterung 15 durch eine Klemmvorrichtung fixiert, die aus parallel zur Röhrenachse 24 verlaufenden Blechstreifen 21 besteht, deren Enden 22 abgewinkelt sind und federnd auf die Ober- und Unterseite 25 und 26 der Dämpfungsstruktur 10 drücken. Um eine Beschädigung des mechanisch wenig belastbaren Dämpfungsmaterials im Bereich der aufliegenden Enden 22 zu vermeiden, ist es vorteilhaft, zwischen den abgewinkelten Enden 22 und der Ober- und Unterseite 25 und 26 der Dämpfungsstruktur zur Druckverteilung Blechringe 27 anzuordnen. Die spezielle Auslegung der Halterung 15 ermöglicht es, die Halterung aus einem einzigen Blech anzufertigen, was die Herstellung erleichtert und

eine Vielzahl von Schweiss- oder Nietverbindungen überflüssig macht.

Für den Einbau der Dämpfungsstruktur in das Elektrodensystem der Röhre hat es sich schliesslich als besonders günstig erwiesen, den Minimalabstand g zwischen der Dämpfungsstruktur 10 und dem Aussenleiter 8 der Kathode 7, wie er aus Fig. 5 hervorgeht, im Bereich von 5–15 mm zu wählen, um die Montage des Gesamtsystems zu erleichtern und Beschädigungen der Dämpfungsstruktur zu vermeiden.

Patentansprüche

1. Hochleistungs-Elektronenröhre, insbesondere für Hochfrequenzanwendungen, mit einer coaxialen Elektrodenanordnung, wobei eine innenliegende heizbare Kathode (7) von einer aussenliegenden Anode (4) umgeben ist und wobei die Kathode (7) in coaxialer Anordnung einen Innenleiter (9) und einen Aussenleiter (8) aufweist, zwischen denen ein Kathodenraum (16) vorhanden ist, dadurch gekennzeichnet, dass zur Dämpfung unerwünschter Eigenschwingungen innerhalb der Röhre im Kathodenraum (16) eine den Innenleiter (9) umgebende Dämpfungsstruktur (10) coaxial zu den Elektroden angeordnet ist, und der spezifische elektrische Widerstand der Dämpfungsstruktur (10) bei Zimmertemperatur zwischen 100 und 10000 $\Omega \cdot \mu\text{m}$, vorzugsweise zwischen 800 und 3000 $\Omega \cdot \mu\text{m}$ liegt.

2. Hochleistungs-Elektronenröhre nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Dämpfungsstruktur (10) die Form eines Hohlzylinders aufweist, auf dessen Aussenseite (23) umlaufende Nuten (19) längs der Röhrenachse (24) äquidistant angeordnet sind, und dass die Nuten (19) eine Breite (c) zwischen 3 und 15 mm, eine Tiefe (b) von wenigstens dem Doppelten der Breite (c) und einen gegenseitigen Abstand (e) von 3 bis 15 mm aufweisen.

3. Hochleistungs-Elektronenröhre nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Dämpfungsstruktur (10) als Stapel aus einer Mehrzahl von gleichartigen Dämpfungsscheiben (18) aufgebaut ist, und die Dämpfungsscheiben (18) eine Scheibendicke (d) zwischen 3 und 15 mm aufweisen, mit ihrer Scheibenachse parallel zur Röhrenachse (24) angeordnet sind, und durch einen Isolierabstand (a) von 3–15 mm getrennt sind.

4. Hochleistungs-Elektronenröhre nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode (7) eine Feinstabkathode ist, und die Dämpfungsstruktur (10) die Form eines einfachen Hohlzylinders aufweist.

5. Hochleistungs-Elektronenröhre nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode (7) eine Feinstabkathode ist und die Dämpfungsstruktur (10) die Form eines Hohlzylinders aufweist, auf dessen Aussenseite (23) umlaufende Nuten (19) längs der Röhrenachse (24) äquidistant angeordnet sind, und dass die Nuten (19) eine Breite (c) zwischen 3 und 15 mm, eine Tiefe (b) von wenigstens dem Doppelten der Breite (c) und ei-

nen gegenseitigen Abstand (e) von 3 bis 15 mm aufweisen.

6. Hochleistungs-Elektronenröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Dämpfungsstruktur (10) im wesentlichen aus einem porösen Schaumkohlenstoff besteht und dass der Schaumkohlenstoff durch Carbonisieren eines geschäumten Kunstharzes hergestellt ist, eine Dichte zwischen 50 und 200 kg/m^3 aufweist und einen Aschegehalt $< 0,01\%$ hat.

7. Hochleistungs-Elektronenröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Minimalabstand (g) zwischen der Dämpfungsstruktur (10) und dem Aussenleiter (8) der Kathode (7) zwischen 5 und 15 mm liegt.

8. Hochleistungs-Elektronenröhre nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Dämpfungsstruktur (10) mittels einer Halterung (15) am Innenleiter (9) der Kathode (7) befestigt ist.

9. Hochleistungs-Elektronenröhre nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Halterung (15) im wesentlichen als ein Zylindermantel aus Molybdän-Blech ausgestaltet ist, der an der Innenseite der Dämpfungsstruktur (10) anliegt, gegen den Innenleiter (9) durch Verstrebungen (20) abgestützt ist und eine Klemmvorrichtung in Form von Blechstreifen (21) aufweist, deren Enden (22) abgewinkelt sind und federnd auf die Ober- und Unterseite (25, 26) der Dämpfungsstruktur (10) drücken.

10. Hochleistungs-Elektronenröhre nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den abgewinkelten Enden (22) der Blechstreifen (21) und der Ober- und Unterseite (25, 26) der Dämpfungsstruktur (10) zur Druckverteilung Blechringe (27) angeordnet sind.

Claims

1. High-power electron tube, in particular for high-frequency applications, with a coaxial electrode arrangement, with an inner heatable cathode (7) being surrounded by an outer anode (4) and the cathode (7) exhibiting in coaxial arrangement an inner conductor (9) and an outer conductor (8), between which a cathode space (16) is present, characterized in that for damping undesired natural oscillations within the tube in the cathode space (16) there is arranged a damping construction (10) surrounding the inner conductor (9) and arranged coaxially to the electrodes, and in that the specific electric resistance of the damping construction (10) at room temperature lies between 100 and 10,000 $\Omega \cdot \mu\text{m}$, preferably between 800 and 3,000 $\Omega \cdot \mu\text{m}$.

2. High-power electron tube according to claim 1, characterized in that the damping construction (10) has the form of a hollow cylinder on the outer side (23) of which orbiting grooves (19) are arranged equidistantly along the tube axis (24) and in that the grooves (19) have a width (c) between 3 and 15 mm, a depth (b) of at least twice the width (c) and a distance (e) between each other of 3 to 15 mm.

3. High-power electron tube according to claim 1, characterized in that the damping construction (10) is designed as a stack of a plurality of similar damping discs (18) and in that the damping discs (18) have a disc thickness (d) between 3 and 15 mm, are arranged with their disc axis parallel to the tube axis (24) and are separated by an insulating distance (a) of 3–15 mm.

4. High-power electron tube according to claim 1, characterized in that the cathode (7) is a fine bar cathode and the damping construction (10) has the form of a simple hollow cylinder.

5. High-power electron tube according to claim 1, characterized in that the cathode (7) is a fine bar cathode and the damping construction (10) has the form of a hollow cylinder, on the outer side (23) of which orbiting grooves (19) are arranged equidistantly along the tube axis (24) and in that the grooves (19) have a width (c) between 3 and 15 mm, a depth (b) of at least twice the width (c) and a distance (e) between each other of 3 to 15 mm.

6. High-power electron tube according to any of the claims 1 to 4, characterized in that the damping construction (10) consists essentially of a porous foam carbon, and that the foam carbon is produced by carbonizing a foamed synthetic resin, has a density between 50 and 200 kg/m³ and an ash content < 0,01%.

7. High-power electron tube according to any of the claims 1 to 6, characterized in that the minimum distance (g) between the damping construction (10) and the outer conductor (8) of the cathode (7) is between 5 and 15 mm.

8. High-power electron tube according to any of the claims 1 to 7, characterized in that the damping construction (10) is secured to the inner conductor (9) of the cathode (7) by means of a holder (15).

9. High-power electron tube according to claim 8, characterized in that the holder (15) is essentially designed as a cylinder jacket of sheet-molybdenum which lies against the inner side of the damping construction (10), is propped against the inner conductor (9) by means of struts (20) and has a clamping device in the form of sheet-metal strips (21) whose ends are bent and press resiliently on the upper and lower side (25, 26) of the damping construction (10).

10. High-power electron tube according to claim 9, characterized in that there are sheet-metal rings (27) for distributing the pressure arranged between the bent ends (22) of the sheet-metal strips (21) and the upper and lower side (25, 26) of the damping construction (10).

Revendications

1. Tube électronique à haute puissance, en particulier pour des applications à haute fréquence, avec une disposition coaxiale des électrodes, dans lequel une cathode intérieure chauffante (7) est entourée par une anode extérieure (4) et où la cathode (7) présente, en agencement coaxial, un conducteur intérieur (9) et un conducteur exté-

rieur (8) entre lesquels il existe une chambre cathodique (16), caractérisé en ce que, pour amortir les oscillations propres indésirables à l'intérieur du tube, une structure d'amortissement (10) entourant le conducteur intérieur (9) est disposée dans la chambre cathodique, coaxialement aux électrodes, et en ce que la résistance électrique spécifique de la structure d'amortissement (10) à la température ambiante est comprise entre 100 et 10000 $\Omega \cdot \mu\text{m}$, et de préférence entre 800 et 3000 $\Omega \cdot \mu\text{m}$.

2. Tube électronique à haute puissance suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la structure d'amortissement (10) présente la forme d'un cylindre creux portant dans sa surface extérieure (23) des rainures circonférentielles (19) équidistantes le long de l'axe (24) du tube, et en ce que les rainures (19) présentent une largeur (c) comprise entre 3 et 15 mm, une profondeur (b) au moins double de la largeur (c) et un écartement (e) de 3 à 15 mm.

3. Tube électronique à haute puissance suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la structure d'amortissement (10) est constituée d'un empilage d'une pluralité de disques d'amortissement (18) identiques, et en ce que les disques d'amortissement (18) présentent une épaisseur (d) comprise entre 3 et 15 mm, sont disposés avec leur axe parallèle à l'axe (24) du tube et sont séparés par une distance d'isolation (a) de 3 à 15 mm.

4. Tube électronique à haute puissance suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la cathode (7) est une cathode constituée d'un fin barreau et en ce que la structure d'amortissement (10) présente la forme d'un cylindre creux simple.

5. Tube électronique à haute puissance suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la cathode (7) est une cathode constituée d'un fin barreau et en ce que la structure d'amortissement (10) présente la forme d'un cylindre creux, portant dans sa surface extérieure (23) des rainures circonférentielles (19) équidistantes le long de l'axe (24) du tube, et en ce que les rainures (19) présentent une largeur (c) comprise entre 3 et 15 mm, une profondeur (b) au moins double de la largeur (c) et un écartement (e) de 3 à 15 mm.

6. Tube électronique à haute puissance suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la structure d'amortissement (10) se compose essentiellement d'une mousse de carbone poreuse et en ce que la mousse de carbone a été produite par carbonisation d'une mousse de résine synthétique, présente un poids spécifique compris entre 50 et 200 kg/m³ et a une teneur en cendres inférieure à 0,01%.

7. Tube électronique à haute puissance suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la distance minimale (g) entre la structure d'amortissement (10) et le conducteur extérieur (8) de la cathode (7) est comprise entre 5 et 15 mm.

8. Tube électronique à haute puissance suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la structure d'amortissement (10)

est fixée au moyen d'un support (15) au conducteur intérieur (9) de la cathode (7).

9. Tube électronique à haute puissance suivant la revendication 8, caractérisé en ce que le support (15) est constitué essentiellement sous la forme d'une enveloppe cylindrique en tôle de molybdène, qui s'applique sur la surface intérieure de la structure d'amortissement (10), est appuyée contre le conducteur intérieur (9) par l'intermédiaire d'entretoises (20) et présente un dispositif de serrage sous la forme de bandes de tôle (21) dont les

extrémités (22) sont recourbées et pressent élastiquement sur les surfaces supérieure et inférieure (25, 26) de la structure d'amortissement (10).

5

10. Tube électronique à haute puissance suivant la revendication 9, caractérisé en ce qu'entre les extrémités recourbées (22) des bandes de tôle (21) et les surfaces supérieure et inférieure (25, 26) de la structure d'amortissement (10) sont disposées des bagues de tôle (27) assurant la répartition de la pression.

10

FIG.1

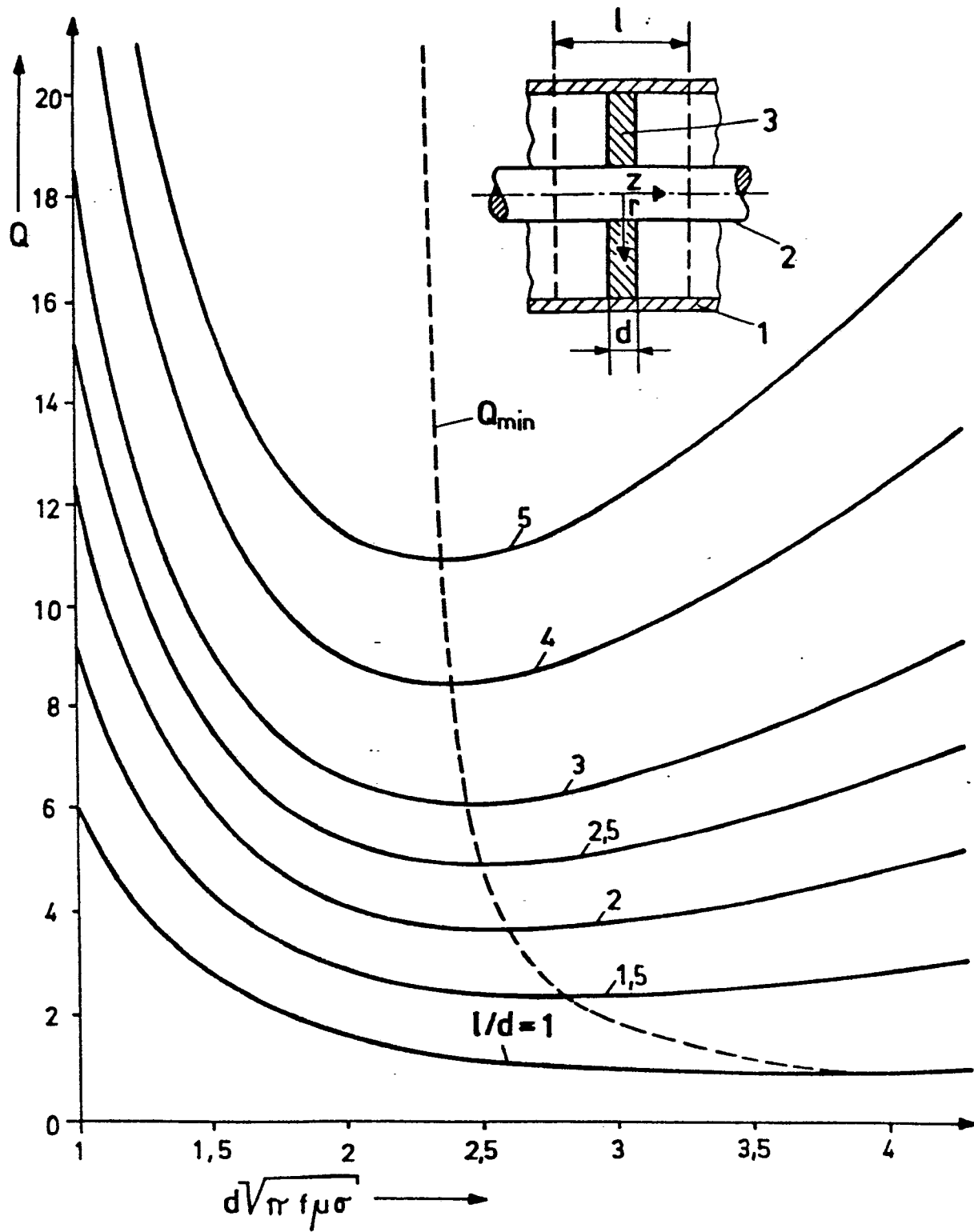


FIG.2

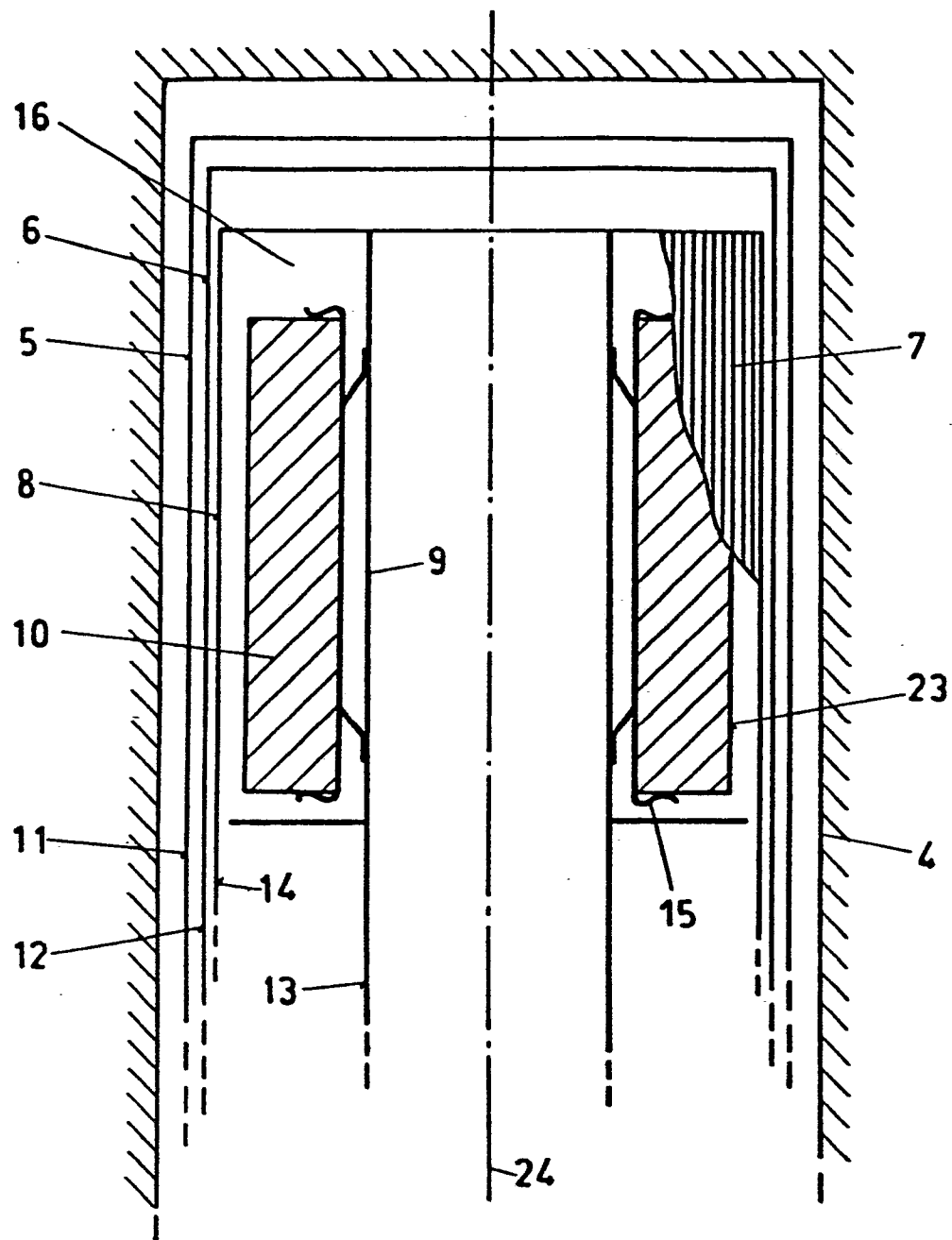


FIG.3

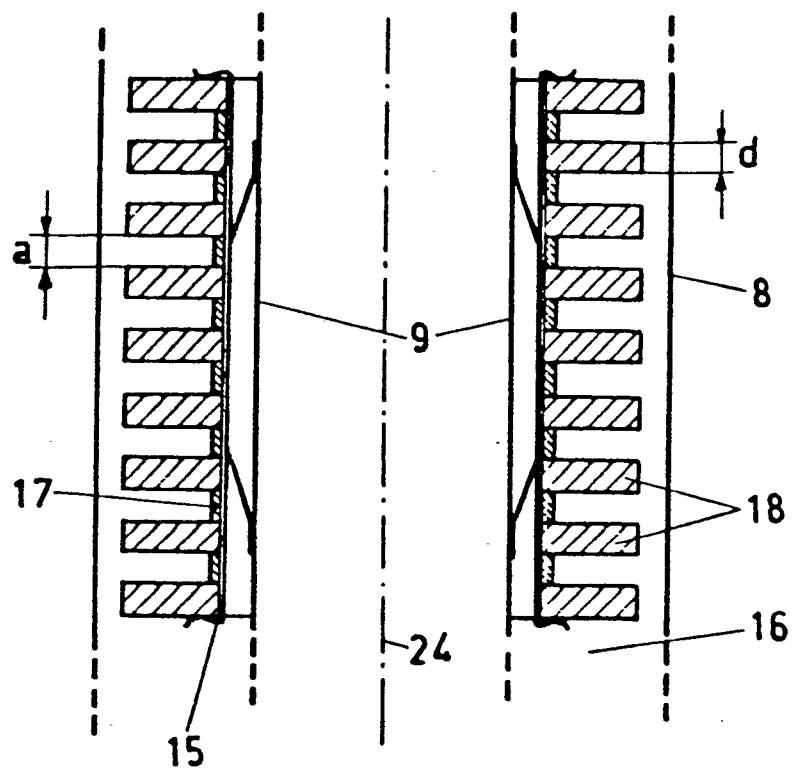


FIG. 4

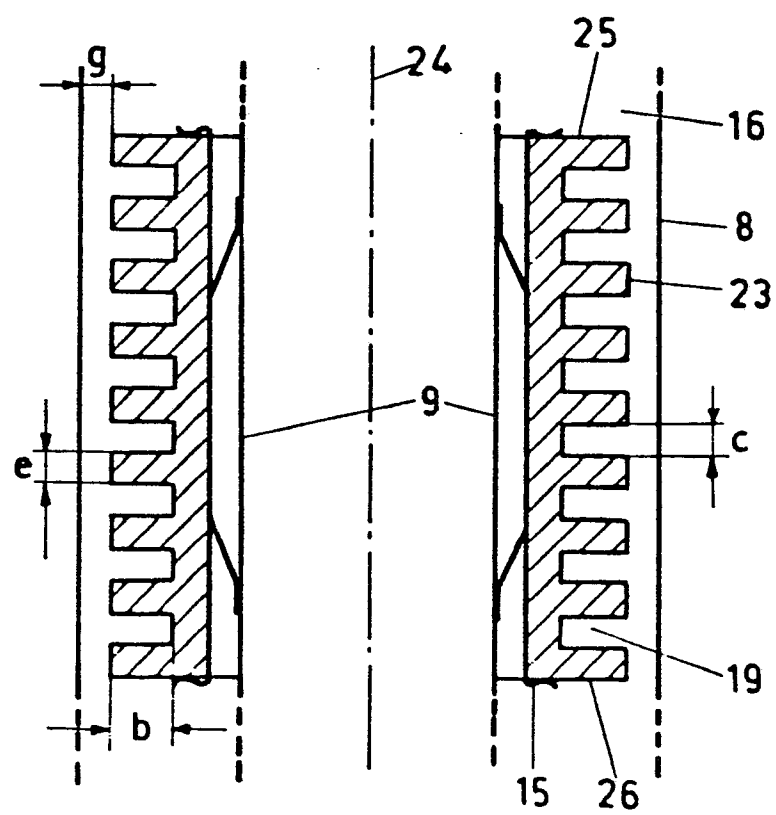


FIG. 5

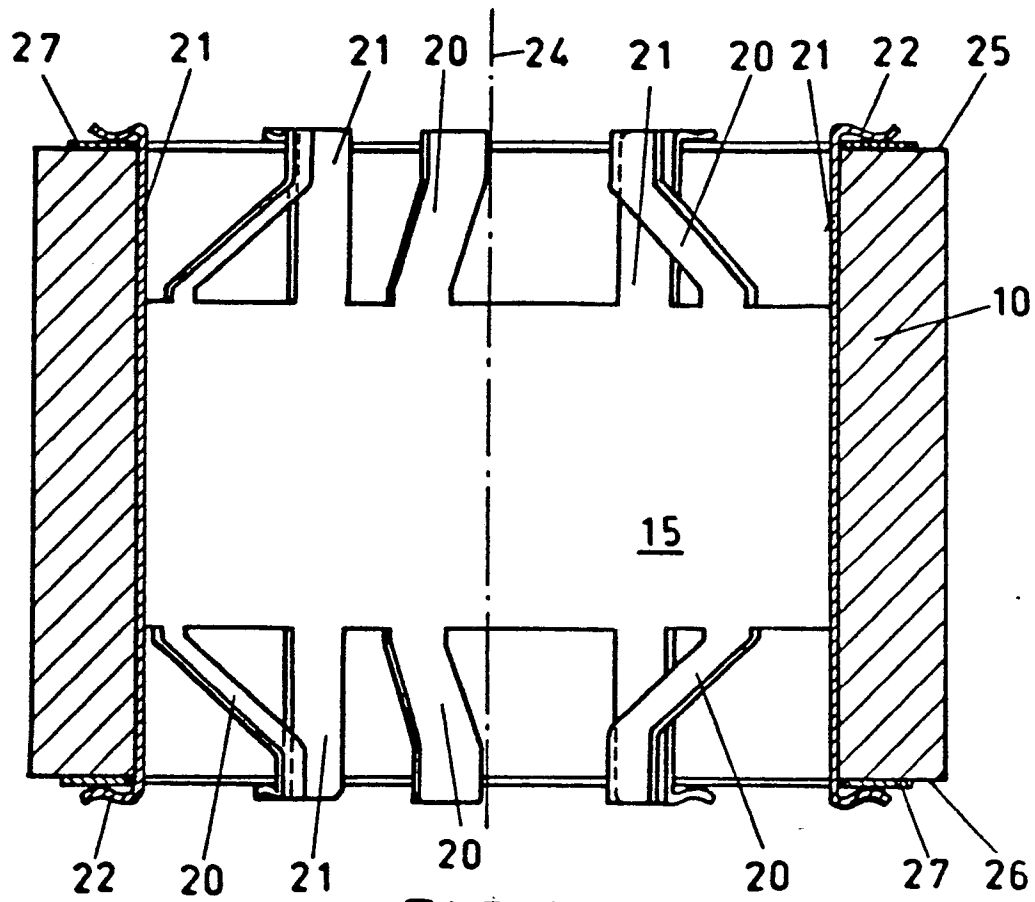


FIG. 6

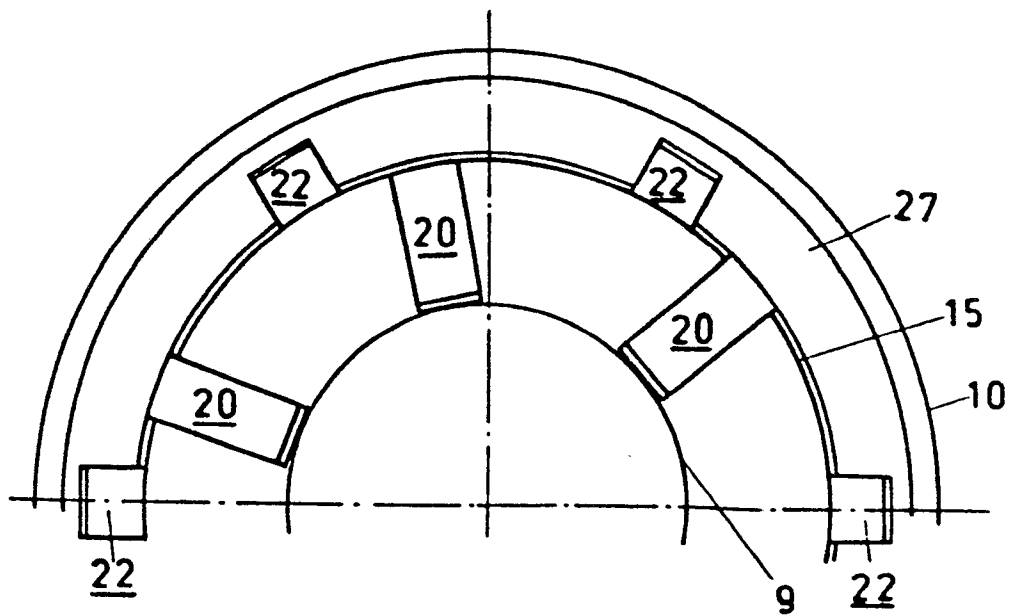


FIG.7