

51

Int. Cl.:

G 21 h, 1/00

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.: 21 g, 21/30

10

Offenlegungsschrift 2 264 397

11

21

Aktenzeichen: P 22 64 397.6

22

Anmeldetag: 17. Oktober 1972

43

Offenlegungstag: 3. Januar 1974

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: 18. 10. 71 18. 10. 71 18. 10. 71 18. 10. 71 18. 10. 71 18. 10. 71

33

Land: V. St. v. Amerika

31

Aktenzeichen: 189837 189838 189839 189840 189841 189842

54

Bezeichnung: Verschluß für Kernenergieerzeuger

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: 2 050 869

71

Anmelder: Nuclear Battery Corp., Columbia, Md. (V.St.A.)

Vertreter gem. § 16 PatG Lorenz, E.; Seidler, B.; Seidler, M.; Witt, L., Dr.;
Gossel, H. K., Dipl.-Ing.; Pohl, K.-P.; Rechts-Anw., 8000 München

72

Als Erfinder benannt: Bustard, Thomas Stratton, Ellicott City;
Goslee, David Earl, White Marsh; Barr, Harold Newton, Baltimore;
Md. (V.St.A.)

Prüfungsantrag gemäß § 28 b PatG ist gestellt

DT 2264397

25 174 we

19. Sept. 1973

2264397

NUCLEAR BATTERY CORPORATION
Columbia, Maryland (V.St.A.)

Verschluß für Kernenergieerzeuger

Die Erfindung betrifft einen Verschluß für Kernenergieerzeuger, die in Zusammenhang mit einem Mikrowatt-Thermostromerzeuger Verwendung finden können.

Es sind verschiedene Einrichtungen bekannt, die in einen menschlichen Körper implantiert werden können und dazu dienen, eine Funktion des Körpers zu unterstützen. Beispielsweise ist es bekannt, daß in den menschlichen Körper Herzschrittmacher implantiert worden sind, die zur elektrischen Steuerung des Herzschlages dienen. Derartige Einrichtungen brauchen eine Energiequelle, die ebenfalls in den menschlichen Körper

309881/0746

eingesetzt werden muß. Bisher sind für diesen Zweck elektrochemische Batterien verwendet worden, die jedoch nur eine begrenzte Gebrauchsdauer von durchschnittlich nur einem oder zwei Jahren haben. Nach dieser Zeit muß die Einrichtung durch einen chirurgischen Eingriff ausgetauscht werden.

Für den Fall, daß eine Person, in die eine derartige Einrichtung eingesetzt worden ist, den mit derartigen chirurgischen Eingriffen verbundenen Belastungen nicht gut gewachsen ist, wären Einrichtungen vorteilhaft, durch welche die Gebrauchsdauer der elektrischen Energiequelle verlängert werden kann.

Es ist schon vorgeschlagen worden, als elektrische Energiequelle eine Kernenergiequelle zu verwenden, und es sind auf diesem Gebiet auch schon Versuchsarbeiten durchgeführt worden. Bisher war es jedoch nicht möglich, eine vollkommen zuverlässige, langlebige kernelektrische Energiequelle für die Speisung von implantierbaren Einrichtungen zu entwickeln.

Die vorliegende Erfindung schafft nun einen Mikrowatt-Thermostromerzeuger, der kleine Abmessungen, einen hohen Wirkungsgrad und eine beträchtliche Gebrauchsdauer besitzt.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen zweckmäßigen und dichten Verschluss für Kernenergieerzeuger zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Tragkörper mit mindestens einer Bohrung gelöst, durch die sich ein Anschlußteil aus Niobium erstreckt, und einen Aluminiumoxidstößel, in dem der Anschlußteil dicht angeordnet ist, und der seinerseits dicht in der Bohrung des Tragkörpers angeordnet ist.

2264397

Der mit dem erfindungsgemäßen Verschlusssystem versehene Mikrowatt-Thermostromerzeuger besitzt eine Kernenergiequelle, sowie einen elektrischen Ausgang zur Speisung von implantierten elektronischen Systemen, wobei der Stromerzeuger mit hohem Wirkungsgrad und guter Wirksamkeit längere Zeit hindurch arbeiten kann als die derzeit erhältlichen Batterien oder Stromerzeuger. Der mit dem erfindungsgemäßen Verschlusssystem versehene Stromerzeuger läßt sich so klein herstellen, daß er ohne weiteres in geeigneten Räumen des menschlichen Körpers angeordnet werden kann und eine äußerst zuverlässige Funktion besitzt.

Der Kernenergiewandler mit dem erfindungsgemäßen Verschlusssystem besteht im wesentlichen aus zwei Baugruppen. Die eine Baugruppe besteht aus einem Außengehäuse, das ein Isoliersystem mit einem Getter enthält, sowie aus einer Kernbrennstoffkapsel. Die andere Baugruppe besteht aus einer Thermosäule und dem erfindungsgemäßen Verschlusssystem. Die Kernbrennstoffkapsel kann auch ein Teil der anderen Baugruppe sein. Die Baugruppen sind so ausgebildet, daß sie durch eine einzige Schweißverbindung miteinander verbunden und dicht verschlossen werden können.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 schaubildlich einen Mikrowatt-Thermostromerzeuger gemäß der Erfindung,

Fig. 2 einen Vertikalschnitt entlang der Linie 2-2 in Fig. 1,

- Fig. 3 einen Vertikalschnitt entlang der Linie 3-3 in Fig. 2,
- Fig. 4 als Einzelheit die Anschlüsse zur Wärmezufuhr zu der Thermosäule,
- Fig. 5 eine Einzelheit im Schnitt entlang der Linie 5-5 in Fig. 4,
- Fig. 6 schaubildlich und mit auseinandergezogenen Teilen deren Zusammenbau,
- Fig. 7 im Schnitt die Halterung für die Brennstoffkapsel und
- Fig. 8 in einem der Fig. 2 ähnlichen Schnitt eine bevorzugte Anordnung für die Brennstoffkapsel und den Getter.

Nachstehend wird nun ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung ausführlich beschrieben. Bei Verwendung einer Kernenergiequelle zum Erzeugen von Wärmeenergie entsprechend etwa 50 Milliwatt hat der Mikrowatt-Stromerzeuger eine Ausgangsleistung von 300 - 400 Mikrowatt bei etwa 0,3 V. In diesem Fall ist für die Kernenergiequelle im allgemeinen 1/10 g Plutonium in geeigneter Form (Oxid) erforderlich. Der Stromerzeuger besitzt ein zylindrisches Außengehäuse 10, das am einen Ende mit einer durch eine

2264397

Schweißnaht 14 angebrachten Kappe 12 verschlossen ist. Die Schweißnaht wird durch Elektronenstrahlschweißen oder ein äquivalentes Verfahren hergestellt und stellt eine vakuumdichte Verbindung zwischen dem Gehäuse 10 und der Kappe 12 dar. Das Gehäuse 10 enthält eine Isolierfolienanordnung 16, die einen spiralförmigen Folienwickel 18 umfaßt, der bei 20 etwa von der Mitte des Gehäuses 10 bis zu dem der Kappe 12 entgegengesetzten Ende des Gehäuses verjüngt ist. Infolge der Verjüngung des Wickels 18 können die heißeren Teile, d. h. die inneren Windungen, keine Wärme von der heißen zur kalten Seite des Stromerzeugers leiten. Es hat sich gezeigt, daß eine Wärmeleitung durch die Folie zu beträchtlichen Verlusten führen kann. Im abgewickelten Zustand ist die Folie 18 trapezförmig. Sie wird in mehreren Windungen auf eine Kernhülse 22 gewickelt, bis der Wickel eine vorherbestimmte Dicke erreicht hat. Während dieses Wickelns werden am Ende 22' der Kernhülse 22' mehrere Scheiben 24 aufgesetzt, die zunehmende Durchmesser haben und deren Ränder längs der Kegelfläche 26 an die Windungen 18 des Isolierfolienwickels anschließen. Die Kernhülse 22 ist an ihrem Ende 22' mit einer zentralen Öffnung 22'' versehen, deren Zweck nachstehend angegeben ist. Wenn auf der Kernhülse 22 Folienwindungen 18 und Scheiben 24 in geeigneter Anzahl angebracht worden sind, wird an der äußersten Scheibe 24 eine Platte 30 in Anlage gebracht und über die Platte 30 eine am einen Ende geschlossene und am anderen Ende offene Mantelhülse 32 aufgeschoben, welche die Isolierfolienanordnung 16 umschließt. Die Mantelhülse 32 ist an ihrem Ende 32' mit einer Öffnung 32'' versehen.

309881/0746

Die etwa 13 μm dicke Isolierfolie kann aus jedem wärme-reflektierenden Material bestehen, z. B. aus Platin, Aluminium oder nichtrostendem Stahl, und ist mit einem Überzug aus Zirkoniumdioxid versehen. Dieser Überzug wird von einer sehr dünnen Schicht mit einer Dicke von etwa 2,5 μm oder weniger gebildet. Beim Herumwickeln der Folie um die Kernhülse 22 wird jede fünfte Windung 18 mit einem Lappen versehen und durch Punkt- oder Heftschweißen mit der entsprechenden Scheibe 24 verbunden, damit die Isolieranordnung genügend fest ist und beim Zusammenbau leichter manipuliert werden kann. Die Scheiben 24 sind von ähnlicher Beschaffenheit und bestehen aus 13 μm dicken Folien, die mit demselben Überzug aus Zirkoniumdioxid versehen ist. Wie bereits angegeben wurde, nimmt der Durchmesser der Folienscheiben 24 von innen nach außen zu, so daß sie die Folienwindungen 18 an der Kegelfläche 26 berühren.

Die Isolieranordnung ist nur in einem Vakuum wirksam, darum muß sie in einem Hochvakuum angeordnet sein. Bei einem Druck von mehr als etwa 10^{-3} Torr nimmt das Isoliervermögen der Isolieranordnung ab.

An dem innersten Teil der Isolierfolienanordnung ist eine Getteranordnung 40 vorgesehen. Diese besteht aus einer Tantalhülse, die mehrere Löcher besitzt und in der ein Bariumpulverpellet angeordnet ist. Die Hülse kann auch aus anderen Metallen oder Legierungen bestehen, z. B. aus Aluminium, Titan oder nichtrostendem Stahl.

Vorstehend wurde eine der beiden Baugruppen des Mikrowatt-Thermostromerzeugers beschrieben. Diese Baugruppe besteht aus drei Hauptteilen, und zwar dem Außengehäuse 10 mit dem Endverschluß 12, ferner der Isolierfolienanordnung mit dem Wickel 18 und den Scheiben 24, und der Getteranordnung mit der perforierten Hülse und dem darin angeordneten Bariumpellet. Da der Mikrowatt-Thermostromerzeuger zusammen mit der von ihm gespeisten elektronischen Einrichtung in einen menschlichen Körper implantiert werden soll und die Wirksamkeit der Gesamtanordnung in hohem Maße von der Aufrechterhaltung des in dem Gehäuse enthaltenen Vakuums abhängig ist, ist es wichtig, daß die Kapazität des Getters zur Aufrechterhaltung des Vakuums während eines langen Zeitraums genügt und der Getter zum Gettern von Gasen in einer Menge geeignet ist, die größer ist als die Menge, in der die Gase erzeugt werden. Eine der in dieser Hinsicht wichtigen Eigenschaften des Getters ist seine freiliegende Fläche. Daher kann man zwar ein massives Barium-Pellet verwenden oder einen anderen Bariumkörper, der eine solche Form hat, daß er eine auf sein Volumen bezogene große spezifische Oberfläche besitzt. In dieser Hinsicht ist wegen der Beziehung zu der Porosität die Dichte des Pellets von Bedeutung.

Die andere Baugruppe des Stromerzeugers besteht aus einer Brennstoffkapsel 50, einer Thermosäulenordnung 60 und einer Endkappe 70.

Die Brennstoffkapselanordnung besitzt eine Doppelhülse 52 aus einem geeigneten Behältermaterial, wie Hastelloy C-276. Dies ist eine Nickelbasis-Speziallegierung, die unter dieser Bezeichnung von der Stellite Division der Firma Cabot Corporation in Kokomo, Indiana (USA) hergestellt wird. In dieser Doppelhülse befindet sich eine geeignete Menge Plutoniumoxid, das die gewünschten bzw. bevorzugten Eigenschaften besitzt. Die dichtverschweißte Doppelhülse 52 ist lose in einem offenen zylindrischen Mantel 54 angeordnet, der aus nichtrostendem Material besteht und an seinem geschlossenen Ende mit einem Stehbolzen 56 versehen ist. Der offene Mantel 54 hat eine Wandstärke von etwa 0,635 mm. An seinem offenen Ende sind zwei kreuzförmig angeordnete Drähte 58 angebracht, die zum Halten der Doppelhülse in dem Mantel 54 dienen.

Der Stehbolzen 56 des Mantels 54 ist in eine Aluminiumplatte 62 geschraubt, die als die heiße Platte oder das heiße Ende der Thermosäulenordnung 60 dient. Diese ist in Fig. 3 genauer dargestellt. Zwischen der Aluminiumplatte 62 und der Außenfläche am Ende des Mantels 54 befindet sich ein 0,1 mm dicker Abstandhalter 63, der aus nichtrostendem Stahl besteht und der eine Nabe besitzt, der den Stehbolzen 56 umgibt und von dem radiale Arme abstehen. Auf ihrer an der Thermosäule anliegenden Seite ist die Platte 62 mit einem isolierenden Oxidüberzug versehen.

Anstelle der dargestellten und beschriebenen Anordnung kann in der Brennstoffkapsel 50 der an den Enden offene Zylinder 54 auch entfallen und die Doppelhülse 52 direkt mit der Geteranordnung 40 verbunden werden. In diesem Fall wird die

heiße Platte 62 nur in die Nähe der Doppelhülse 52 gebracht und steht die Platte 62 entweder mit der Doppelhülse 52 lose in Berührung oder ist durch einen kleinen, die Wärmeleitung unterbrechenden Spalt von ihr getrennt.

Die Thermosäulenordnung besteht aus einer Reihe von langgestreckten Halbleiter-Wärmeelementen 64, z. B. p- und -Wismuttellurid-Elementen. Diese Elemente 64 sind in einer parallelen Anordnung gestapelt, in der die p- und die n-Elemente miteinander abwechseln. Die Halbleiter-Wärmeelemente haben einen quadratischen Querschnitt von 0,38 mm Seitenlänge und sind etwa 19 mm lang. Der Stapel besteht aus 36 solchen Elementen. Innerhalb des Stapels sind die Elemente durch 0,13 mm dicke Polyimidfilme 67 voneinander getrennt, wie sie im Handel unter der Bezeichnung KAPTON von der Firma E. I. du Pont de Nemours & Co. erhältlich sind. Einander benachbarte Thermoelemente der Säule sind durch Schuhe 66 so miteinander verbunden, daß die Thermoelemente in einem einzigen elektrischen Leitweg hintereinandergeschaltet sind. Diese Schuhe sind gemäß den Figuren 4 und 5 in die Stirnflächen der Thermoelemente einlegiert. Zum Herstellen der Verbindung werden Draht- oder Bandstücke auf die beiden miteinander zu verbindenden Thermoelemente gelegt und wird dann an im Abstand voneinander liegenden Stellen, an denen der Draht einlegiert und der Legierungskontakt 68 hergestellt werden soll, eine kapazitive Entladung bewirkt oder eine andere energiereiche Wärmequelle zur Einwirkung gebracht. Dieses Verfahren ist als Mikroschweißen (weld brazing) bekannt. Das unterhalb des Drahtes angeordnete Wismuttellurid hat einen

viel niedrigeren Schmelzpunkt als der Draht. Die Wärme wird dem Draht, nicht dem Wusmuttellurid, zugeführt, bis das Metall des Drahtes und das Wusmuttellurid eine Legierung in Form einer schmelzflüssigen, z. B. Eutektikumphase bilden. Vor dem Mikroschweißen wird der Draht oder das Band an beiden Enden umgelegt, damit der über dem Isolierfilm 67 befindliche Teil des Schuhs angehoben wird. Der fertige Legierungskontakt und die mittels des Schuhs hergestellte Verbindung sind in Fig. 5 dargestellt. Der Draht besteht vorzugsweise aus Palladium, doch kann man auch Gold, Nickel, vergoldeten Nickel und Legierungen aus 92 % Gold und 8 % Palladium verwenden, wenn auch mit weniger gutem Erfolg.

Die im Rahmen der Erfindung in den Thermoelementen verwendbaren Halbleitermaterialien sind Bi_2Te_3 , Sb_2Te_3 , Bi_2Se_3 und Mischkristalle und Legierungen derselben, z. B. Bi_2Te_3 - Sb_2Te_3 (p-Leiter) und Bi_2Te_3 - Bi_2Se_3 (p-Leiter), jeweils mit geeigneten Störstoffen. Zur Herstellung von n-Leitern kann man folgende Störstoffe verwenden: AgCl , AgBr , AgI , CuBr_2 , SbCl_3 , Cu , Ag , Te und I . Zur Herstellung von p-Leitern kann man folgende Störstoffe verwenden: Bi , Pb , Na , Cd , In , Sn , Sb und Ni .

Am andern Ende der Thermosäule ist eine kalte Platte 71 vorgesehen. Die an der Thermosäule anliegenden Flächen der Aluminiumplatten 62 und 71 sind mit einem Oxidüberzug versehen, der eine elektrische Isolierung gewährleistet, aber eine genügende Wärmeübertragung zuläßt. Die kalte Platte 71 ist mit

einem zentralen Vorsprung 73 versehen, der in eine Vertiefung 73' eingreift, die zentral in der Innenfläche einer Lagerplatte 72 ausgebildet ist. Aus Titan bestehende Außenringe oder Zylinder 74 und 76 sind an je einem Ende vakuumdicht an die Lagerplatte 72 angeschweißt, wobei die Schweißnähte mit 78 und 80 bezeichnet sind. Die Ringe 74 und 76 können auch aus anderen geeigneten Materialien bestehen. Das andere Ende des Zylinders 74 ist durch die vakuumdichte Naht 84 mit einer Endverschlußplatte 82 aus Niob verbunden. In der Endplatte 82 ist ein Aluminiumoxidstöpsel 88 dicht eingesetzt. Durch die Platte 82 erstreckt sich ein aus Niobium bestehender, elektrischer Anschlußteil, der dicht in dem Stöpsel sitzt. Der Aluminiumoxidstöpsel 88 ist ringförmig. Zu seiner Herstellung trägt man auf die Innen- und die Außenfläche des Stöpsels eine Aufschlammung aus Molybdän auf und oxidiert dieses bei 1400° C in nassem Wasserstoff, so daß das Molybdän dem Aluminiumoxid zulegiert wird. Auf den beiden an dem Aluminiumoxidstöpsel 88 anzubringenden Flächen der Endverschlußplatte 82 und des Anschlußteils 86 wird ein Nickelüberzug vorgesehen. Durch Hartlöten mit Silber-Kupfer oder Gold-Kupfer werden die nickelüberzogenen Niobiumteile mit dem Aluminiumoxidstöpsel 88 verbunden.

Die Verwendung einer Endverschlußplatte und eines Anschlußteils aus Niobium und eines Verschlußstöpsels aus Aluminiumoxid dürfte neuartig sein. Diese Materialien sind hinsichtlich der Wärmedehnung gut miteinander verträglich. Je nach der verwendeten Konstruktion kann man einen oder zwei dieser elektrischen Ausgangsanschlüsse 86 verwenden. Wenn zwei verwendet werden, durchsetzen sie beide die Platte 82 und sind

sie in der beschriebenen Weise in je einen Stöpsel aus Aluminiumoxid dicht angeordnet. Wenn nur ein Anschlußteil aus dem Gehäuse herausgeführt ist, verbindet der andere die Thermosäule mit dem Gehäuse 10.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Endverschlußplatte 82 besteht diese aus Tantal. Mit dieser Kombination von Tantal, Aluminiumoxid und Niobium erzielt man bessere Ergebnisse, weil beim Abkühlen das Tantal, das in dem Bereich angeordnet ist, der am kritischsten ist und die größten technischen Schwierigkeiten macht, offenbar schneller schrumpft als das Aluminiumoxid und der Anschlußteil aus Niobium, so daß das Tantal einen beträchtlichen, radial einwärts zum Mittelpunkt der Endverschlußplatte hin gerichteten Druck erzeugt.

Die Verbindung zwischen dem Anschlußteil 86 und der Thermosäule wird mit einem Goldpalladium-Leiter 90 hergestellt, der am einen Ende mit dem Anschlußteil 86 verbunden ist. Der Leiter 90 durchsetzt ein Loch 92 in der Lagerplatte 72 und ist mit einem Draht 94 verbunden, der vorzugsweise aus Palladium besteht und seinerseits mit dem geeigneten Ende eines der Halbleiter-Thermoelemente verbunden ist. Diese Verbindung wird hergestellt, indem in das gewählte Thermoelement ein kleines Loch gebohrt und in dieses der Draht eingesetzt wird und dann mit Hilfe einer kapazitiven Entladung oder in einem ähnlichen Mikroschweiß-Verfahren (weld brazing) und durch Erhitzen mit einem Plasmabrenner hartgelötet und verschweißt wird, so daß die Palladiumlegierungen zu dem Wasmuttellurid in dem Loch zulegiert werden. Der zweite

elektrische Anschluß wird an einem anderen geeigneten Halbleiter-Thermoelement in derselben Weise angebracht und durch einen Draht 90 entweder mit einem anderen Anschlußteil 86 oder mit dem Gehäuse verbunden. Die mittels der Drähte hergestellten Anschlüsse an die Thermosäule werden noch dadurch verbessert, daß die Anschlußstellen mit Epoxidharz-Klebstoff vergossen werden, wodurch die Festigkeit der Verbindung erhöht und ein Bruch des Leiters oder des Legierungskontaktes unter Belastung verhindert wird.

Die Thermosäule wird ferner starr mit den Platten 62 und 71 verbunden, und zwar durch einen Epoxidharz-Klebstoff oder Leim, dessen Eigenschaften denen der aus Polyimidfilm bestehenden Abstandhalter in der Thermosäule angepaßt sind. Diese Verbindung wird mit einem Epoxidharz-Klebstofffilm hergestellt, der eine Dicke von etwa 25 μm hat und gewährleistet, daß zwischen der Thermosäule und den Platten 62 und 71 kein Spalt vorhanden ist. Da das Innere des Behälters 10 unter einem Hochvakuum gehalten werden soll (mindestens 10^{-3} Torr) muß die Wärmeübertragung durch die Thermosäule und zwischen ihr und den Platten möglichst gut sein. Jeder Spalt in diesem Wärmeübertragungsweg würde infolge des Vakuums einen hohen Widerstand bedeuten. Aus demselben Grunde ist zwischen der kalten Platte 71 und der Lagerplatte 72 und zwischen der heißen Platte 62 und dem Abstandhalter 63 bzw. der Kapsel 50 je eine ausgeglühte Goldfolie 98 angeordnet, die eine Dicke von 50 μm hat und infolge ihrer Bildsamsamkeit den Spalt ausfüllt, der infolge von Unebenheiten der

Oberflächen zwischen der Aluminiumplatte 71 und der Lagerplatte 72 bzw. zwischen der Platte 62 und dem Teil 63 oder 50 vorhanden ist.

Die Thermosäulenanordnung umfaßt ferner eine Halterung, die dazu dient, die Thermolemente auf Druck zu belasten. Diese Halterung umfaßt vier in gleichen Abständen voneinander angeordnete Spanndrähte 120, die einen Durchmesser von nur etwa 0,15 mm haben, damit die Wärmeverluste möglichst gering sind. Die Drähte bestehen aus 94,5 % Titan, 3 % Aluminium und 2,5 % Vanadin. Bei dieser Zusammensetzung erhält man die größtmögliche Festigkeit bei möglichst niedriger Wärmeleitfähigkeit. Das ist wichtig, weil die Spanndrähte einen im Nebenschluß zu der Thermosäule liegenden, direkten Wärmeleitweg zwischen der heißen und der kalten Platte bilden. Die heiße Platte 62 besitzt gewöhnlich auf ihrer von der Thermosäule abgekehrten Seite am Umfang vier in gleichmäßigen Abständen voneinander angeordnete Vertiefungen 122, an die je eine Axialbohrung 124 anschließt. Die Spanndrähte 120 durchsetzen an ihrem einen Ende je eine der Axialbohrungen 124 und sind mit diesem Ende mit Hilfe einer Kupfer-Nickel-Legierung in je einer Kappe 126 aus nichtrostendem Stahl hartgelötet. In einem Ausführungsbeispiel haben die Drähte eine Festigkeit von 125 000 psi ($87,9 \text{ kp/mm}^2$) und eine Wärmeleitfähigkeit von 4,6 BTU.Fuß $^{\circ}$ F ($6,85 \text{ kcal/m } ^{\circ}$ C). Das Verhältnis der Festigkeit des Drahtes zu seiner Wärmeleitfähigkeit ist größer als 250 000 und beträgt vorzugsweise 300 000 oder mehr.

Das andere Ende der Drähte 120 ist in eine Axialbohrung je eines mit einem Außengewinde versehenen Stehbolzens 130 eingesetzt und ebenfalls durch ein Kupfer-Nickel-Hartlot im Innern der Bohrungen der Stehbolzen festgelegt. Die Gewindebolzen 130 durchsetzen Löcher in der kalten Platte 71 und der Lagerplatte 72. Auf die von der Thermosäule entfernten Enden der Gewindebolzen 130 sind Muttern 136 aufgeschraubt und festgezogen, so daß sie die Drähte 120 spannen und dadurch die Thermosäule auf Druck belasten. Beispielsweise werden die Drähte 120 mit etwa 0,54 kp pro Draht belastet, so daß die Vorspannung der Säule insgesamt 2,16 kp beträgt.

In einer anderen, bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die Spanndrähte hergestellt, indem Drähte, die einen Durchmesser von 0,76 mm besitzen und aus einer Titanlegierung mit 3 % Aluminium und 2,5 % Vanadin bestehen, an den Enden mit einem Gewinde versehen und dann der mittlere Teil der Drähte chemisch auf einen Durchmesser von etwa 0,15 mm bearbeitet wird. Die gewindetragenden Endteile der Drähte werden durch Muttern direkt in den Vertiefungen 122 gehalten. Mit Hilfe von Muttern 136 wird die Halterung gegen die Lagerplatte 72 gespannt.

Zum Zusammenbau des Mikrowatt-Thermostromerzeugers wird zunächst das Gehäuse 10 an der Endkappe 12 angeschweißt. Dann wird die aus dem Wickel 18 und den Scheiben 24 bestehende Isolierfolienanordnung in der vorstehend beschriebenen Weise in das Gehäuse 10 eingesetzt. Das Gehäuse 10 besteht ebenso wie die Lagerplatte 72 und die Endplatte 82 aus Tantal, Titan oder Niobium. Der Anschlußteil 86 be-

steht ebenfalls aus Niobium, Tantal oder Titan. Danach wird in die aus dem Gehäuse und der Isolierfolienanordnung bestehende Anordnung die Getteranordnung 40 eingesetzt, die aus dem porösen Barium-Pellet besteht, das sich in der perforierten Tantalhülse mit der Wandstärke von 0,13 mm befindet. Das Gehäuse wird dann vertikal mit oberliegendem offenem Ende in einer Elektronenstrahl-Schweißeinrichtung angeordnet, die sich in einem Vakuumraum befindet. In dieser wird das gewünschte Vakuum von 10^{-6} Torr hergestellt, worauf das Barium-Pellet durch eine neuartige Wärmebehandlung aktiviert wird und seine Gettereigenschaften verbessert werden. Das Barium-Pellet wurde vorher in einer Inertgasatmosphäre (Argon) gehalten; seine Oberflächen sind daher mit adsorbiertem Argon und anderen Gasen gesättigt. In das Gehäuse wird ein Heizelement abwärts in eine Stellung in nächster Nähe der Getteranordnung bewegt. Die Temperatur wird auf etwa 427° C erhöht und das Heizelement etwa zwei Stunden lang in diesem Zustand gehalten, so daß das Barium entgast wird. Durch dieses Verfahren wird das Barium aktiviert und die Aktivität seiner Oberflächen erhöht, so daß es mit viel höherem Wirkungsgrad zum Gettern von Gasen geeignet ist.

Inzwischen wird die zweite Baugruppe, die aus der Brennstoffkapsel und der Thermosäulenordnung einschließlich deren heißer und kalter Platte besteht, während eines Zeitraums von 24 Stunden bis zu einer Woche bei etwa $260 - 288^{\circ}$ C entgast und dann zusammen mit der Halterung, der Lagerplatte 72, der Endplatte 82 und den Ringen 74 und 76 zusammengesetzt. Dabei erhalten die Spanndrähte 120 die gewünschte Vorspannung.

Danach wird die zweite Baugruppe auf ihren elektrischen Widerstand geprüft, damit gewährleistet ist, daß der durch die Thermosäule gehende Leitweg einen geeigneten elektrischen Widerstand von beispielsweise etwa 60 - 90 Ohm besitzt. Da die Thermoelemente sehr klein und spröde sind, besitzen sie Mikrorisse, die zwar optisch nicht entdeckt werden können, aber den Widerstand der Säule auf bis zu 1000 oder sogar 2000 Ohm erhöhen können. Durch die Erhitzung auf oder über 260° C während eines Zeitraums von 24 Stunden oder mehr werden einige der Mikrorisse durch Diffusion beseitigt und werden die Verbindungen mit den Schuhen verbessert. Gewöhnlich ist der Widerstand der Säule aber immer noch zu hoch. Es hat sich gezeigt, daß bei einer Belastung der Säule mit einem Axialdruck und dem Anlegen einer kapazitiven Entladung von etwa 2,0 Wattsekunden oder mehr die Unregelmäßigkeiten in der Säule behoben werden und der Widerstand auf den gewünschten Wert sinkt. Die kapazitive Entladung hat die Form eines Stromimpulses, der eine hohe Stromstärke und eine kurze Dauer (Millisekunden) besitzt. Es hat sich gezeigt, daß auf diese Weise Fehler und Unregelmäßigkeiten in der Säule behoben werden können.

Vor dem Zusammenbau der aus den Spanndrähten bestehenden Halterung sind die Bestandteile dieser zweiten Baugruppe bei einer Temperatur von etwa 260° C entgast worden. Diese Maßnahme hat den großen Vorteil, daß dadurch die Belastung des Getters auf ein Minimum herabgesetzt und eine längere Lebensdauer und ein höherer Wirkungsgrad des Getters erzielt werden. Man kann die Bestandteile dieser Baugruppe bei einer so hohen Temperatur entgasen, weil die Schuhe und die elektrischen Kontakte auf besondere Weise

mit der Thermosäule verbunden worden sind und die Bestandteile aus hitzebeständigen Materialien bestehen. Beispielsweise haben die verschiedenen Legierungskontakte, mit denen die Thermosäule versehen ist, eine hohe Warmfestigkeit und neigen sie nicht zum Vergiften der Thermosäule, so daß diese der genannten hohen Temperatur ausgesetzt werden kann, ohne daß die Gefahr besteht, daß diese Kontakte verlagert werden oder schädliche Diffusionserscheinungen auftreten.

Die in der vorstehend angegebenen Weise hergestellte, zweite Baugruppe wird dann dadurch in die erste Baugruppe eingesetzt, daß die zweite Baugruppe mit der Brennstoffkapsel zuerst von oben in das Gehäuse 10 eingesetzt wird. Danach wird die Einheit durch die Schweißnaht 140 zwischen dem freien Ende des Ringes oder Zylinders 76 und dem offenen Ende des Gehäuses 10 dicht verschlossen. Zu diesem Zweck wird der Zylinder 76 auf das Ende des Behälters 10 aufgesetzt. Die Schweißnaht 140 wird zwischen dem Rand des Zylinders 76 und dem Flansch 142 des Gehäuses 10 hergestellt. Wie alle anderen Schweißnähte muß auch diese Vakuumdicht sein.

Fig. 8 zeigt die bevorzugte Anordnung der Brennstoffkapsel und des Getters. Die Brennstoffkapsel 50 und die Getteranordnung 40 werden im Innern der Isolierfolienanordnung 16 so angeordnet, daß sich die Getteranordnung 40 zwischen der Brennstoffkapsel 50 und der Thermosäulenordnung 60 befindet. Zwischen einem zentralen Quersteg 152 und einer Vertiefung 154, die von einer Schulter 156

begrenzt ist, wird ein zylindrischer Mantel 150 angeordnet. Die Brennstoffkapsel 50 besitzt einen Stehbolzen 158, der in einer Gewindebohrung 160 des Steges 152 eingeschraubt ist. Zwischen der Brennstoffkapsel 50 und dem Steg 152 ist zur Verhinderung einer Unterbrechung des Wärmeleitweges eine Goldfolie 162 angeordnet. In der Vertiefung 154 sind Isolierfolien 164 angeordnet, die denen der Isolierfolienanordnung 16 ähneln. Die Getteranordnung 40 befindet sich in dem Mantel 150. Bei dieser Anordnung wird die höchste Betriebstemperatur (etwa 2040° C) der Getteranordnung 40 erzielt, so daß diese mit der höchsten Getterleistung arbeitet. Die heiße Platte 62 am unteren Ende der Thermosäule besitzt eine Gewindebohrung 170. Mit der heißen Platte 62 ist eine Deckplatte 172 verbunden, die einen Gewindebolzen 174 besitzt. Zwischen der Deckplatte 172 und der heißen Platte 62 ist eine Goldfolie 176 angeordnet, damit kein die Wärmeleitung unterbrechender Spalt vorhanden ist. Die Deckplatte 172 ist von dem Ende der Getteranordnung durch einen Spalt 178 von 1,3 mm getrennt, so daß ein Nebenschluß für die Wärmeleitung vorhanden und die Wärmeübertragung im wesentlichen auf die Wärme beschränkt ist, die von dem Getter 40 und dem oberen Ende des Mantels 150 abgestrahlt wird. Zwischen dem Mantel 150 und der Deckplatte 172 befindet sich ein Stapel von Ringen 180 aus einer Isolierfolie, die der in der Isolieranordnung 16 verwendeten ähnelt.

Der in der beschriebenen Weise aufgebaute Mikrowatt-Thermostromerzeuger hat verschiedene wichtige Vorteile. Zunächst ermöglicht der Aufbau der Isolierung und der Thermosäule sowie der anderen Bestandteile die Erzeugung der größtmöglichen elektrischen Ausgangsleistung bei einem sehr

kleinen Brennstoffvorrat. Es wurde schon darauf hingewiesen, daß mit einem Brennstoffvorrat zum Erzeugen einer Wärmeenergie von etwa 50 Milliwatt der Stromerzeuger eine elektrische Ausgangsleistung von etwa 350 Milliwatt bei 0,3 V erzeugen kann. Die Betriebstemperatur der Getteranordnung muß möglichst hoch sein, damit diese mit dem höchstmöglichen Wirkungsgrad arbeitet. Andererseits dürfen die Thermosäule und das Außengehäuse Wärme nur auf einer niedrigeren Temperatur abgeben, weil die Einrichtung in den menschlichen Körper implantiert werden soll. Die kalte Platte 71 am kalten Ende der Thermosäule soll entsprechend der normalen Temperatur des menschlichen Körpers eine Temperatur von etwa $37,8^{\circ}$ C haben. Da zur Stromerzeugung durch die Thermosäule eine Temperaturdifferenz von etwa $55,6^{\circ}$ C erforderlich ist, soll die heiße Platte 62 eine Betriebstemperatur von $93,4^{\circ}$ C haben.

Wenn die Teile der Innenanordnung gut wärmeleitend miteinander verbunden wären, würde die Getteranordnung bei einer Temperatur von etwa $93,4^{\circ}$ C und daher mit einem viel niedrigeren Wirkungsgrad arbeiten. Wie anhand der in Fig. 8 gezeigten Anordnung erwähnt wurde, soll die Getteranordnung bei einer Temperatur von über 121° C und vorzugsweise von etwa 204° C arbeiten. Die Brennstoffkapsel selbst kann die höchste Temperatur erzeugen, die angesichts der begrenzten Menge des Kernbrennstoffs möglich ist, der sich in der Doppelhülse 52 befindet.

Damit diese verschiedenen Merkmale vorteilhaft miteinander kombiniert werden und die größtmögliche Wirkung erzielt wird, ist der Stromerzeuger so ausgelegt, daß einerseits der Getter mit einer relativ hohen Temperatur arbeitet und andererseits das heiße Ende der Thermosäule auf der bevorzugten Temperatur von $93,4^{\circ}$ C gehalten wird. Zu diesem

Zweck ist der Brennstoffbehälter 52 in dem Mantel 54 so angeordnet, daß zwischen dem Brennstoffbehälter und dem Ende des Mantels 54 ein kleiner Zwischenraum oder nur eine lose Berührung vorhanden ist, oder es ist die Brennstoffkapsel 52 der Getteranordnung 40 zugeordnet und zwischen der Brennstoffkapsel 52 oder der Getteranordnung 40 und der heißen Platte 62 ein die Wärmeleitung unterbrechender Spalt vorhanden. Infolgedessen kann die Betriebstemperatur des Brennstoffbehälters höher sein als dies bei einer gut wärmeleitenden Berührung möglich wäre. In einer Ausführungsform stellt der aus nichtrostendem Stahl bestehende Abstandhalter 63 zwischen dem Mantel 54 und der heißen Platte 62 ebenfalls einen Wärmewiderstand dar, so daß er dazu beiträgt, daß sich die heiße Platte 62 im Betrieb auf der gewünschten Temperatur befindet. Dagegen ist der Getter der höheren Temperatur der Kapsel ausgesetzt, so daß seine Betriebstemperatur über 121° C liegt, da er von maximaler Isolierung umgeben ist.

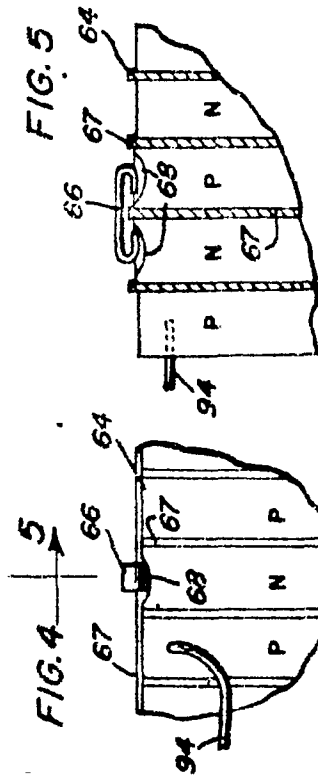
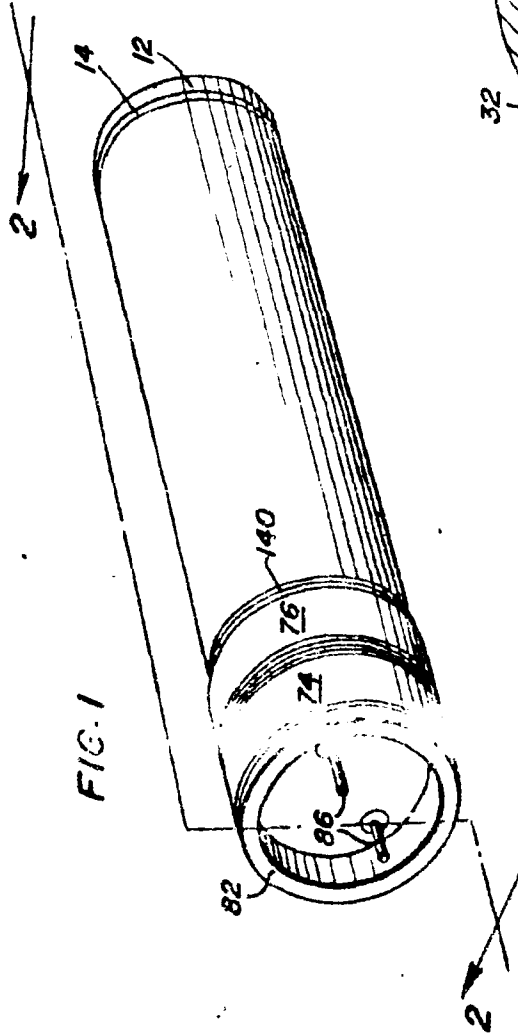
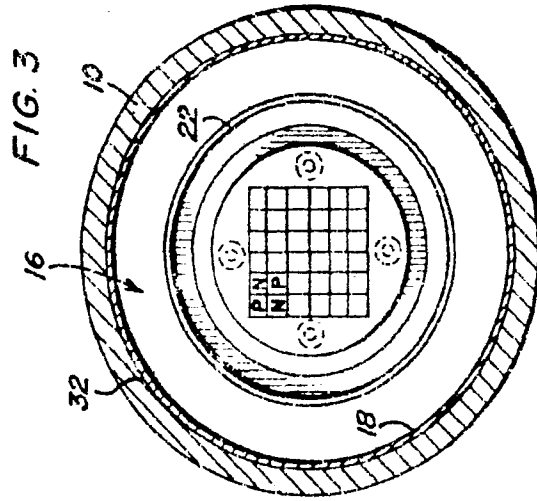
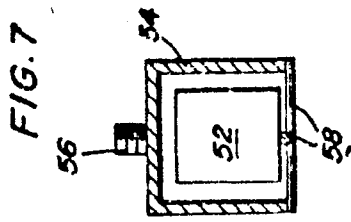
Man erkennt, daß zwischen dem Brennstoffbehälter 52 und der heißen Platte 62 absichtlich ein Temperaturgefälle geschaffen wurde. Während es den Anschein hat, daß dieses Temperaturgefälle mit einem befriedigenden Wirkungsgrad eines Thermostromerzeugers unvereinbar ist, muß in dem vorliegenden Fall dieses Temperaturgefälle aus den angegebenen Gründen vorhanden sein, damit der Stromerzeuger mit einem befriedigenden Wirkungsgrad arbeiten kann.

2264397

Vorstehend wurde ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben, das jedoch im Rahmen des Erfindungsgedankens vom Fachmann auf verschiedene Weise abgeändert werden kann.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verschuß für Kernenergieerzeuger, gekennzeichnet durch einen Tragkörper mit mindestens einer Bohrung, durch die sich ein Anschlußteil aus Niobium erstreckt, und einen Aluminiumoxidstöpsel, in dem der Anschlußteil dicht angeordnet ist und der seinerseits dicht in der Bohrung des Tragkörpers angeordnet ist.
2. Verschuß nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper zwei Bohrungen besitzt, durch die sich je ein Anschlußteil in je einem Aluminiumoxidstöpsel erstreckt.
3. Verschuß nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper aus Niobium besteht.
4. Verschuß nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper aus Tantal oder einer Tantallegierung besteht.

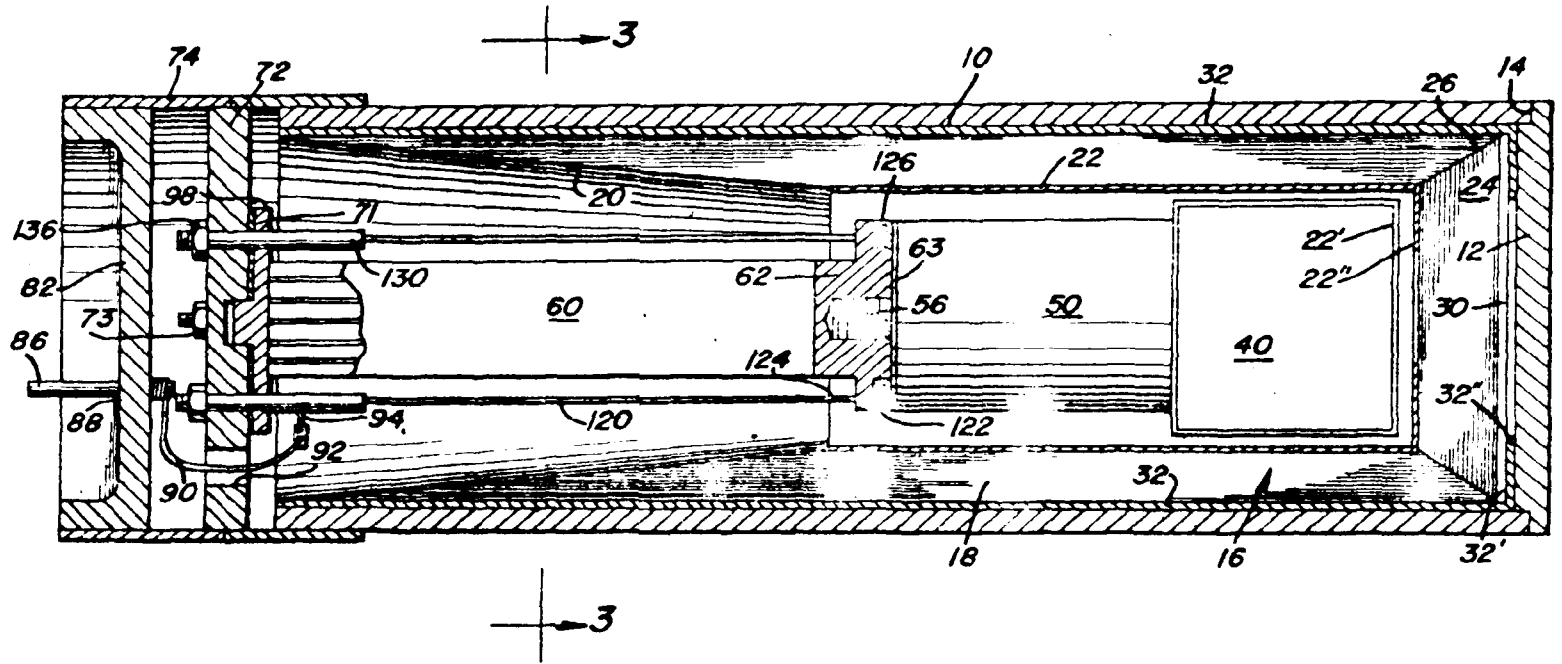


215 21-30 AT:17.10.72 OT:03.01.74

309881/0748

309881/0746

FIG. 2



24

2264397

FIG. 6

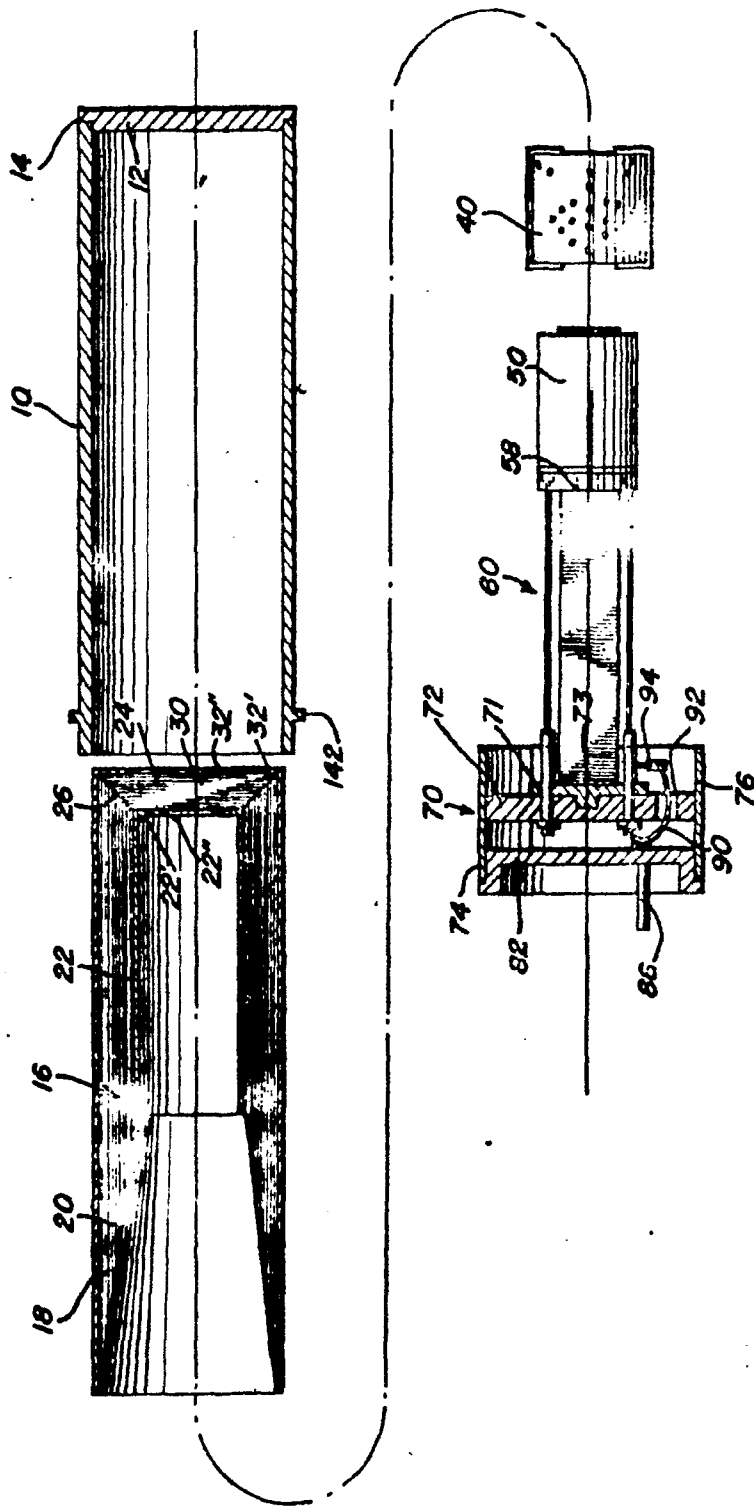


FIG. 8

