

3)

19) **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



Int. Cl. 2:

G 21 H 1/10

A 61 N 1/36

Handwritten marks: a large '7' and a signature-like scribble.

DT 22 50 869 B 2

11)

Auslegeschrift **22 50 869**

21)

Aktenzeichen: P 22 50 869.6-33

22)

Anmeldetag: 17. 10. 72

43)

Offenlegungstag: 26. 4. 73

44)

Bekanntmachungstag: 30. 12. 76

30)

Unionspriorität:

32)

33)

31)

18. 10. 71 USA 189837

18. 10. 71 USA 189838

18. 10. 71 USA 189839

18. 10. 71 USA 189840

18. 10. 71 USA 189841

18. 10. 71 USA 189842

54)

Bezeichnung: Mikrowatt-Thermostromerzeuger

71)

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

74)

Vertreter: Lorenz, E.; Seidler, B.; Seidler, M.; Gossel, H.K., Dipl.-Ing.;
Wulf, R., Dipl.-Chem.; Judis, R.M., Dr.; Rechtsanwälte, 8000 München

72)

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

56)

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DT-AS 15 39 337

DT-OS 18 10 528

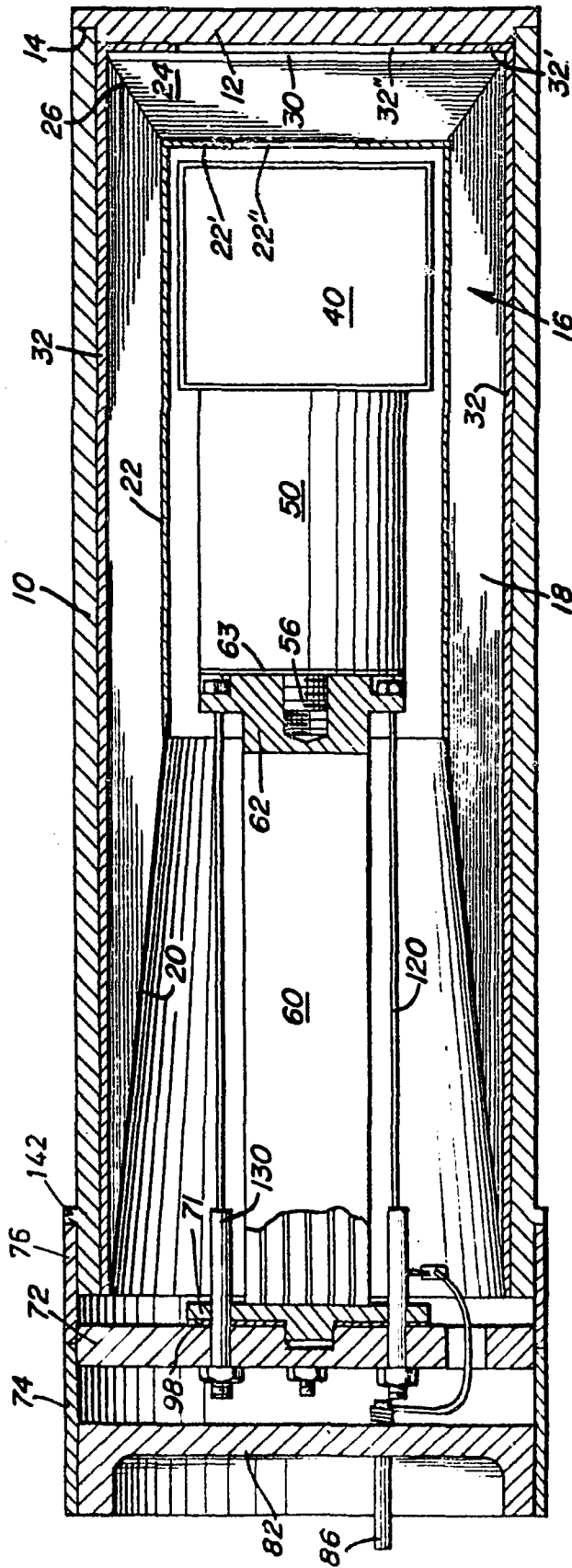
DT-OS 21 04 176

Kernenergie, 3. Jg., 1960, S. 278

Isotopenpraxis, 6. Jg., 1970, S. 1-11

2

Fig. 1



Patentansprüche:

1. Mikrowatt-Thermostromerzeuger mit einer in einem geschlossenen evakuierten Gehäuse angeordneten Kernbrennstoffeinrichtung, einer mit ihrer warmen Seite mit dieser in wärmeübertragender Verbindung stehenden Thermosäule sowie mit einer thermischen Isolierung, dadurch gekennzeichnet, daß die Kernbrennstoffeinrichtung (50) mit einer Gettereinrichtung (40) in direkter wärmeleitender Berührung steht und zwischen der Kernbrennstoffeinrichtung (50) und der warmen Seite (62) der Thermosäule (60) ein Wärmewiderstand (63) angeordnet ist, so daß die warme Seite der Thermosäule (60) auf einer niedrigeren Temperatur als die Gettereinrichtung (40) liegt.

2. Mikrowatt-Thermostromerzeuger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmewiderstand ein Abstandhalter (63) aus nichtrostendem Stahl ist, der aus einem Ring mit radial anschließenden Armen besteht.

3. Mikrowatt-Thermostromerzeuger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmewiderstand durch einen Spalt gebildet wird.

4. Mikrowatt-Thermostromerzeuger nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Gettereinrichtung zwischen der Kernbrennstoffeinrichtung und der warmen Seite der Thermosäule angeordnet ist.

Die Erfindung betrifft einen Mikrowatt-Thermostromerzeuger mit einer in einem geschlossenen evakuierten Gehäuse angeordneten Kernbrennstoffeinrichtung, einer mit ihrer warmen Seite mit dieser in wärmeübertragender Verbindung stehenden Thermosäule sowie mit einer thermischen Isolierung.

Ein derartiger als Batterie für einen Herzschrittmacher geeigneter Thermostromerzeuger ist aus der DT-OS 21 04 176 bekannt. Da in den menschlichen Körper implantierte Batterien für Herzschrittmacher durch einen chirurgischen Eingriff ausgetauscht werden müssen, ist deren lange Lebensdauer sehr erwünscht.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die Lebensdauer eines Mikrowatt-Thermostromerzeugers bei hoher Zuverlässigkeit zu erhöhen.

Diese Aufgabe wird bei einem Mikrowatt-Thermostromerzeuger der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Kernbrennstoffeinrichtung mit einer Gettereinrichtung in direkter wärmeleitender Berührung steht und zwischen der Kernbrennstoffeinrichtung und der warmen Seite der Thermosäule ein Wärmewiderstand angeordnet ist, so daß die warme Seite der Thermosäule auf einer niedrigeren Temperatur als die Gettereinrichtung liegt. Eine zuverlässige Arbeitsweise und hohe Lebensdauer eines Mikrowatt-Thermostromerzeugers ist dann gegeben, wenn die Gettereinrichtung zu ihrer Aktivierung auf einer möglichst hohen Temperatur gehalten ist, so daß ein hohes Vakuum aufrechterhalten wird, und wenn die Temperatur der warmen Seite der Thermosäule so gewählt ist, daß die Temperatur von deren kalten Seite etwa der zulässigen Manteltemperatur entspricht. Bei dem erfindungsgemäßen Mikrowatt-Thermostromerzeuger lassen sich die Temperaturabstufungen zwischen

der Kernbrennstoffeinrichtung, der Gettereinrichtung und der kalten Seite der Thermosäule so einstellen, daß bei hoher Lebensdauer des Thermostromerzeugers dessen Manteltemperatur auf die Körpertemperatur abgestimmt ist.

Aus der Zeitschrift »Kernenergie«, 1960, Seite 278, ist es bekannt, eine Kernbatterie mit einem Getter zu versehen.

Aus der DT-OS 18 10 528 ist ein Thermostromerzeuger mit einer Kernbrennstoffzelle bekannt, bei dem zwischen der Thermosäule und der Kernbrennstoffzelle Dehnungsspalten angeordnet sind, die mit einem elastischen, gut wärmeleitenden Material ausgefüllt sind.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen 2 bis 4 näher beschrieben.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend an Hand der Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigt

Fig. 1 einen Schnitt durch einen Mikrowatt-Thermostromerzeuger,

Fig. 2 die auseinandergezogenen Teile des Mikrowatt-Thermostromerzeugers nach Fig. 1 und

Fig. 3 einen teilweisen Schnitt durch einen Mikrowatt-Thermostromerzeuger anderer Ausführungsform.

Bei Verwendung einer Kernbrennstoffeinrichtung zum Erzeugen von Wärmeenergie entsprechend etwa 50 Milliwatt hat der Mikrowatt-Thermostromerzeuger eine Ausgangsleistung von 300–400 Mikrowatt bei etwa 0,3 V. In diesem Fall ist für den Kernbrennstoff 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 Schweißnaht 14 angebrachten Klappe 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 zur thermischen Isolierung 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. Im abgewickelten Zustand ist die Folie 18 trapezförmig. Sie wird in mehreren Windungen auf eine Kernhülse 22 gewickelt, bis der Wickel eine bestimmte 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. Wenn auf der Kernhülse 22 Folienwindungen 18 und Schrauben 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 Mantelhülse 32 aufgeschoben, welche die Isolierfolienanordnung 16 umschließt. Die Mantelhülse 32 ist an ihrem Ende 32' mit einer Öffnung 32'' versehen.

Die etwa 13 µm dicke Isolierfolie kann aus jedem wärmerreflektierenden Material bestehen, z. B. aus Platin, Aluminium oder nichtrostendem Stahl, und ist mit einem Überzug aus Zirkoniumdioxid versehen. Dieser Überzug hat eine Dicke von etwa 2,5 µm oder

weniger. 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 gehandhabt werden kann. Die Scheiben 24 sind von ähnlicher Beschaffenheit wie die Folie.

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

Im Inneren der Isolierfolienanordnung ist eine Gettereinrichtung 40 vorgesehen. Diese besteht aus einer 0,13 mm starken Tantalhülse, die mehrere Löcher besitzt und in der eine Bariumpulvertablette angeordnet ist. Die Hülse kann auch aus anderen Metallen oder Legierungen bestehen, z. B. aus Aluminium, Titan oder nichtrostendem Stahl.

Da der Mikrowatt-Thermostromerzeuger zusammen mit der von ihm gespeisten elektronischen Einrichtung in einen menschlichen Körper implantiert werden soll und die Wirksamkeit der Gesamteinrichtung 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. Eine der in dieser Hinsicht wichtigen Eigenschaften des Getters ist seine freiliegende Fläche. Man kann daher eine massive Bariumtablette 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 der Tablette von Bedeutung.

Die Kernbrennstoffeinrichtung 50 besitzt eine Doppelhülse aus einem geeigneten Behältermaterial, z. B. eine Nickellegierung. In der Doppelhülse befindet sich eine geeignete Menge Plutoniumoxid. Die dichtverschweißte Doppelhülse ist lose in einem offenen zylindrischen Mantel angeordnet, der aus nichtrostendem Material besteht und an seinem geschlossenen Ende mit einem Stehbolzen 56 versehen ist. Der offene Mantel hat eine Wandstärke von etwa 0,635 mm. An seinem offenen Ende halten zwei kreuzförmig angeordnete Drähte die Doppelhülse in dem Mantel fest.

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

Anstelle der dargestellten und beschriebenen Anordnung kann in der Kernbrennstoffeinrichtung 50 der an den Enden offene Zylinder auch entfallen und die Doppelhülse direkt mit der Gettereinrichtung 40 verbunden werden. In diesem Fall wird die heiße Platte 62 nur in die Nähe der Doppelhülse gebracht und ist somit durch einen kleinen, die Wärmeleitung unterbrechenden Spalt von ihr getrennt.

Die Thermosäule wird starr mit den Platten 62 und 71 verbunden und zwar durch einen Epoxidharz-Klebstoff von etwa 25 μm . Diese Verbindung stellt sicher, 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 Wärmewiderstand bedeuten. Aus demselben Grund ist zwischen der kalten Platte 71 und der Lagerplatte 72 und zwischen der heißen Platte 62 und dem Abstandhalter 63 bzw. dem Mantel je eine ausgeglühte Goldfolie 98 angeordnet, die eine Dicke von 150 μm hat und infolge ihrer Verformbarkeit den Spalt ausfüllt, der infolge von Unebenheiten der Oberflächen zwischen der Aluminiumplatte 71 und der Lagerplatte 72 bzw. zwischen der Platte 62 und dem Halter 63 vorhanden ist.

Zum Zusammenbau des Mikrowatt-Thermostromerzeugers wird zunächst das Gehäuse 10 an der Kappe 12 angeschweißt. Dann wird die aus dem Wickel 18 und den Scheiben 24 bestehende Isolierfolienanordnung 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 besteht ebenfalls aus Niobium, Tantal oder Titan. Danach wird in die aus dem Gehäuse und der Isolierfolienanordnung bestehende Anordnung die Gettereinrichtung 40 eingesetzt. Das Gehäuse wird dann vertikal mit obenliegendem offenen Ende in einer Elektronenstrahl-Schweißeinrichtung angeordnet, die sich in einem Vakuumraum befindet. In dieser wird das gewünschte Vakuum von 10^{-6} Torr hergestellt. Da die Bariumtablette vorher in einer Inertgasatmosphäre (Argon) gehalten wurde, sind ihre Oberflächen mit adsorbiertem Argon und anderen Gasen gesättigt. In das Gehäuse wird ein Heizelement abwärts in eine Stellung in nächster Nähe der Gettereinrichtung bewegt. Die Temperatur wird auf etwa 427°C erhöht und das Heizelement etwa 2 Stunden lang in diesem Zustand gehalten, so daß das Barium entgast wird. Durch dieses Verfahren wird das Barium aktiviert, so daß es mit viel höherem Wirkungsgrad zum Gettern von Gasen geeignet ist.

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

Nunmehr wird die zuletzt genannte Anordnung in das Gehäuse 10 eingesetzt. Danach wird die Einheit durch eine Schweißnaht zwischen dem freien Ende des Ringes 76 und dem offenen Ende des Gehäuses 10 dicht verschlossen. Die Schweißnaht wird zwischen dem Rand des Zylinders 76 und einem Flansch 142 des Gehäuses 10 hergestellt.

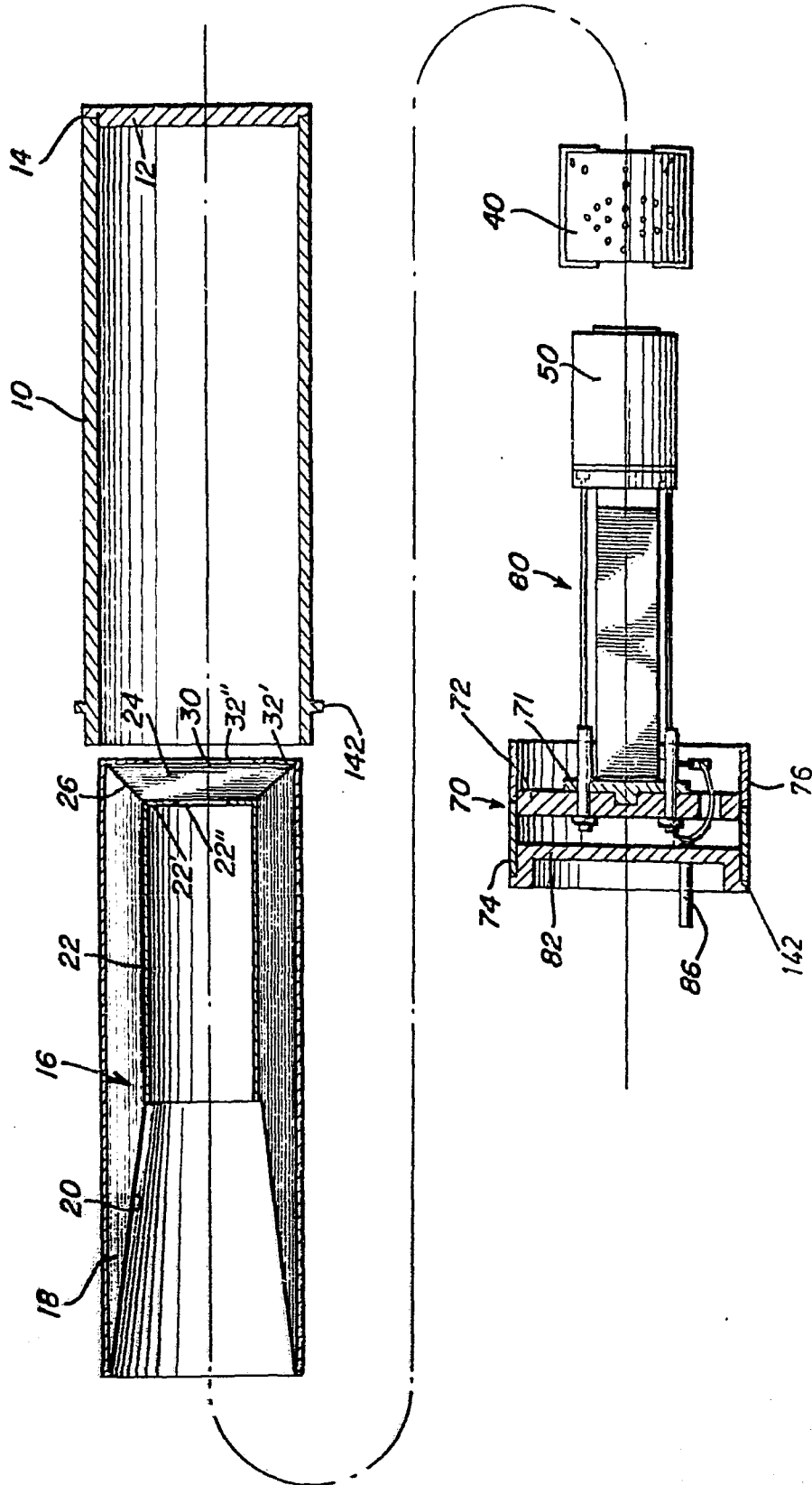
Die Fig. 3 zeigt eine andere Anordnung der Kernbrennstoffeinrichtung und des Getters. Die Kernbrennstoffeinrichtung 50 und die Gettereinrichtung 40 werden im Innern der Isolierfolienanordnung 16 so angeordnet, daß sich die Gettereinrichtung 40 zwischen der Kernbrennstoffeinrichtung 50 und der Thermosäule 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 Kernbrennstoffeinrichtung 50 besitzt einen Stehbolzen 158, der in eine Gewindebohrung 160

des Steges 152 eingeschraubt ist. Zwischen der Kernbrennstoffeinrichtung 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 Gettereinrichtung 40 befindet sich in dem Mantel 150. Bei dieser Anordnung wird die höchste Betriebstemperatur (etwa 204°C) der Gettereinrichtung 40 erzielt. Die heiße Platte 62 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 Gettereinrichtung durch einen Spalt 178 von 1,3 mm getrennt, so daß ein Wärmewiderstand für die Wärmeleitung vorhanden und die

Wärmeübertragung im wesentlichen auf die Wärme beschränkt ist, die von der Gettereinrichtung 40 abgestrahlt wird. Zwischen dem Mantel 150 und der Deckplatte 172 befindet sich ein Stapel von von Ringen 180 aus einer Isolierfolie, die der in der Isolieranordnung 16 verwendeten ähnelt. Die kalte Platte 71 am kalten Ende der Thermosäule soll entsprechend der normalen Temperatur des menschlichen Körpers eine Temperatur von etwa 37,8°C haben. Da zur Stromerzeugung durch die Thermosäule eine Temperaturdifferenz von etwa 55,6°C erforderlich ist, soll die heiße Platte 62 eine Betriebstemperatur von 93,4°C haben. Wenn die Teile der Innenanordnung gut wärmeleitend miteinander verbunden wären, würde die Gettereinrichtung bei einer Temperatur von etwa 93,4°C und daher mit einem viel zu geringen Wirkungsgrad arbeiten. Die Gettereinrichtung weist jedoch eine Temperatur von über 121°C und vorzugsweise von etwa 204°C auf.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 2



7

Fig. 3

