

51

Int. Cl. 2:

G 21 H 1/10

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Behördeneigentum

# Patentschrift 16 14 281

11

21

22

43

44

45

Aktenzeichen: P 16 14 281.7-33  
 Anmeldetag: 20. 9. 67  
 Offenlegungstag: 27. 5. 70  
 Bekanntmachungstag: 13. 10. 77  
 Ausgabetag: 1. 6. 78  
 Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

30

Unionspriorität:

32 33 31

23. 9. 66 V.St.v.Amerika 581506

54

Bezeichnung: Thermoelektrischer Generator

○

Ausscheidung in: P 17 89 192.8

73

Patentiert für: Arco Nuclear Co. (n.d.Ges.d.Staates Delaware), Leechburgh, Pa. (V.St.A.)

74

Vertreter: Weinhausen, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

72

Erfinder: Purdy, David L., Indiana, Pa. (V.St.A.)

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

BE 6 50 849  
 US 32 66 944  
 US 30 75 030

DE 16 14 281 C 3

## Patentansprüche:

1. Thermoelektrischer Generator mit einer in einer Gammastrahlen absorbierenden Abschirmung eingehüllten radioaktiven Wärmequelle, mit einem die Abschirmung umgebenden wärmeisolierenden Schirm und mit in mindestens einem Gehäuse eingeschlossenen Thermoelementen, deren heiße Lötstellen mit der Abschirmung in wärmeleitender Verbindung stehen, wobei die Wärmequelle, die Abschirmung, der wärmeisolierende Schirm und das Gehäuse mit den Thermoelementen in einem dichten Behälter untergebracht sind, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (21) vakuumdicht und mit einem inerten Gas gefüllt ist und daß der Behälter (23, 31, 51) evakuiert ist.

2. Thermoelektrischer Generator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der wärmeisolierende Schirm ganz oder teilweise aus einem Getterwerkstoff (123, 127, 131) besteht.

3. Thermoelektrischer Generator nach Anspruch 2, bei dem der wärmeisolierende Schirm wärmeres reflektierende Metallfolien in mehreren Lagen aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die der Wärmequelle (91) naheliegenden Metallfolien (123, 127, 131) aus Titan bestehen.

Die Erfindung betrifft einen thermoelektrischen Generator nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs. Ein derartiger Generator ist aus der BE-PS 6 50 849 bekannt.

Thermoelektrische Generatoren dieser Art enthalten eine radioaktive Wärmequelle, z. B. mit Strontium 90 oder Plutonium 238, und eine Reihe von Thermoelementen, die in Wärmeaustausch mit der radioaktiven Wärmequelle stehen. Die Thermoelemente bestehen üblicherweise aus einem Halbleitermaterial; sie sind daher sehr spröde und gegenüber thermischen Spannungen empfindlich. Es empfiehlt sich deshalb, sie in einem Schutzgas unter Überdruck zu halten.

In der US-PS 30 75 030 sind die radioaktive Wärmequelle und die Thermoelemente gemeinsam in einen Behälter eingeschlossen. Dieser Behälter ist entweder mit einem inerten Gas gefüllt, das aber ein merkliches Konvektionsvermögen hat und somit die Wärmeisolierung verschlechtert oder evakuiert, was für die Thermoelemente nicht günstig ist.

Aus der US-PS 32 66 944 ist es bekannt, die Thermoelemente für sich in ein dichtes, mit einem inerten Gas gefüllten Gehäuse einzuschließen. Wie diese Gehäuse mit einer radioaktiven Wärmequelle zu einem thermoelektrischen Generator zusammenzufügen wäre, ist dieser Patentschrift jedoch nicht zu entnehmen.

Der im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Wärmeisolierung eines thermoelektrischen Generators entsprechend der BE-PS 6 50 849 zu verbessern, ohne daß die Thermoelemente dadurch beeinträchtigt werden.

Der wesentliche Erfindungsgedanke besteht darin, daß der die Thermoelemente umgebende Raum von dem übrigen Behälterinnenraum des thermoelektrischen Generators gasdicht getrennt ist, um so den für die beiden Räume jeweils optimalen Gaszustand zu erhalten. Die zur Wärmeisolierung erforderliche Eva-

kuierung kann also ohne Rücksicht auf die Vakuumempfindlichkeit der Thermoelemente durchgeführt werden, da die Thermoelemente sich trotzdem in einer Schutzgasatmosphäre befinden. Auf diese Weise können vakuumempfindliche Thermoelemente jeder Art benutzt werden, ohne daß auf die ideale Wärmeisolierung durch Vakuum verzichtet werden muß.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der wärmeisolierende Schirm ganz oder teilweise aus einem Getterwerkstoff besteht, da so die Gewähr dafür gegeben ist, daß der evakuierte Zustand des Behälters auch bei längerem Betrieb aufrechterhalten wird. Besonders geeignet hierfür sind Metallfolien aus Titan, da diese sowohl die Wärme reflektieren, als auch einen Getterwerkstoff darstellen.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß der Aufbau des wärmeisolierenden Schirms aus mehreren Lagen von wärmeres reflektierenden Metallfolien aus der BE-PS 6 50 849 bekannt ist.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnung beschrieben. Hierin sind:

Fig. 1 eine Schrägansicht des thermoelektrischen Generators mit weggebrochenen Teilen,

Fig. 2 ein Grundriß des Generators,

Fig. 3 ein Schnitt längs der Linie III-III in Fig. 2,

Fig. 4 ein Längsschnitt durch ein die Thermoelemente einschließendes Gehäuse,

Fig. 5 eine Ansicht in Richtung der Pfeile V in Fig. 4 bei abgenommener oberer Wärmeübertragungsplatte,

Fig. 6 eine Ansicht in Richtung der Pfeile VI in Fig. 4 bei abgenommener unterer Wärmeübertragungsplatte.

Die Hauptteile des in der Zeichnung dargestellten thermoelektrischen Generators sind in einem Behälter untergebracht. In der Mitte desselben sitzt die radioaktive Wärmequelle, die von einer Gammastrahlen absorbierenden Abschirmung umschlossen ist, um in der Nähe befindliche Personen vor der Radioaktivität der Wärmequelle zu schützen. Ein wärmeisolierender Schirm umgibt die Abschirmung. Unterhalb der Abschirmung befinden sich in dem Schirm die Thermoelemente (Fig. 4, 5 und 6).

Der Behälter weist eine zylindrische Wand 23 auf, die aus einem Mehrschichtmetall mit einem Edelstahlmantel 25 und mit einer Aluminiumauskleidung 26 besteht. Rippen 27 aus Edelstahl sind an den Mantel 25 angeschweißt. Eine Ausgangsleitung 28 ist durch die Wand 23 durchgeführt und mit dem Innenleiter eines Koaxialkabels 30 verbunden. Zur Durchführung der Leitung 28 dient eine Isolierhülse 32 aus Aluminiumoxid, die ihrerseits vakuumdicht mit einer Edelstahlbuchse 50 verbunden ist, welche in die Stirnfläche eines Edelstahltopfes 34 eingeschweißt ist. Der Topf 34 sitzt in der Wand 23 und ist mit dem Mantel 25 dicht verschweißt. Der Topf 34 hat einen Deckel 36, der unter Zwischenlage eines Dichtungsringes auf den Flansch 38 des Topfes aufgeschraubt ist. Das Kabel 30 ist durch den Deckel 36 durchgeführt und wird von einer Schelle 52 gehalten, die dicht mit dem Deckel 36 verbunden ist. Eine weitere Durchführung 40 in der Stirnfläche des Topfes 34 ist für Meßleitungen 42 vorgesehen. Der Ausgangsleiter 28, die Durchführung 32 und die Meßleitungen sind mit einem Kunstharz 44 (Epoxyharz oder Silikongummi) vergossen.

Der Behälter besitzt ferner einen Deckel 31 aus Edelstahl. In der Mitte des Deckels befindet sich eine vertikale Stange 33, von der Rippen 35 radial ausgehen. Eine Zugöse 37 (Fig. 3) kann am Deckel befestigt werden. Der Deckel 31 ist vakuumdicht mit der Wand 23

verbunden. Ein Pumpstutzen 39 zum Evakuieren des Behälters ist am Deckel 31 angebracht. Nach dem Evakuieren wird der Pumpstutzen 39 abgeklemmt und mittels eines Harzes 43 in eine Hülse 41 eingebettet.

Der Boden 51 des Behälters besteht wie die 5 Seitenwand 23 aus einem Mehrschichtmetall und ist druckdicht mit der Seitenwand 23 verschweißt. Auf dem Boden 51 sind mehrere Stoßdämpfer 53 angebracht, die zur Halterung der Thermolemente dienen. Die Anzahl der Stoßdämpfer 53 ist gleich der Anzahl der die 10 Thermolemente einschließenden Gehäuse 21. Jeder Stoßdämpfer dient gleichzeitig zur Wärmeübertragung von den Gehäusen 21 zum Behälter.

Jeder Stoßdämpfer 53 besitzt eine auf der Aluminiumauskleidung 57 des Bodens befestigte Platte 55 und eine 15 L-förmige Platte 59. Die Verbindung zwischen den Platten 59 und 55 wird von einer Anzahl gewellter Kupferbleche 61 hergestellt, die an der Platte 55 durch Klemmleisten 63 befestigt sind, und auch mit der L-förmigen Platte 59 verbunden sind. Die L-förmige 20 Platte 59 wird von Federn 65 unterstützt, die in Vertiefungen 67 der Auskleidung 57 sitzen und die Köpfe von Schrauben 69 umgeben, welche in der Wärmeableitplatte 54 befestigt sind und lose durch die L-förmige Platte 59 hindurchgehen (Fig. 3).

Die Wärmequelle 91 (Fig. 1) enthält einen Brennstoffzylinder 93. Dieser besteht z. B. aus dem Oxid des radioaktiven Strontium 90. Der Zylinder 93 ist in eine Hülse 95 aus einer gegen Korrosion und hohe Temperaturen widerstandsfähigen Nickellegierung, die nicht mit SrO reagiert, eingeschlossen. Die Hülse 95 ist 30 ihrerseits in einen Mantel 97 aus einer gegen Oxydation und hohe Temperaturen widerstandsfähigen Nickellegierung eingeschlossen. Ein Zapfen 99 am Mantel 97 erleichtert das Hantieren mit der Wärmequelle 91.

Die Abschirmung besteht aus einem Zylinder 101 aus einem Werkstoff, der Gammastrahlen absorbiert. Hierzu kann z. B. eine Legierung von 97,6% Wolfram und 2,4% Nickel und Kupfer dienen.

Der Zylinder 101 besitzt eine zylindrische Aussparung 40 für die Wärmequelle 91. Die Wärmequelle 91 wird durch ein Loch des Zylinders 101 eingesetzt, das dann durch einen Stopfen 103 verschlossen wird. Die Aussparung ist so dimensioniert, daß sie eine Wärmeausdehnung der Wärmequelle zuläßt. Hat diese z. B. einen Durchmesser von 94 mm, so soll ein Spielraum von 1 mm zur Wärmeausdehnung frei bleiben.

An die Außenfläche des Zylinders 101 sind zwei Drahringe 105 angeschraubt. Die Drahringe sollen eine hohe Festigkeit, ein geringes Gewicht und eine 50 geringe Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Jeder Ring 105 besitzt eine Mehrzahl versenkter Bohrungen 107, durch die Tragstäbe 109 für den Zylinder 101 hindurchgehen. Die Tragstäbe 109 sind aus einem Werkstoff hoher Zugfestigkeit und geringer Wärmeleitfähigkeit, z. B. aus einer Chromnickellegierung. Die Stäbe 109 sind in den Bohrungen 107 verschiebbar, aber an den Enden 111 verbreitert, so daß sie nicht herausrutschen können.

An seiner Unterseite ist der Zylinder 101 mit einem 60 Sattel 115 aus Kupfer hart verlötet.

Die die Thermolemente einschließenden Gehäuse 21 werden von den Federn 65 gegen die Unterseite des Sattels 115 gedrückt. Die Wärmeleitplatten 117 der Thermosäulen legen sich unter Druck gegen den Sattel 115. Die Platten 117 bestehen aus einer Nickellegierung und sind verkupfert. Unter Druck ergibt sich eine 65 Diffusionsbindung zwischen der Verkupferung und dem Sattel 115.

Die Wärmeisolierung ist in einen Mantel 121 eingeschlossen. In dem Mantel 121 befindet sich ein Paket wärmereflektierender zylindrischer Folien. Die Ränder des Paketes sind auf Gehrung gearbeitet, so daß sich konische Abschlüsse ergeben. Die inneren Folien 123 bestehen aus einem mit Sauerstoff reagierenden Werkstoff wie Titan und die äußeren Folien 125 z. B. aus Aluminium. Beispielsweise sind etwa 75 Titanfolien und etwa 25 Aluminiumfolien vorhanden. Ferner besitzt die Wärmeisolierung einen Deckel 126, unter dem sich ein 10 verjüngtes Paket aus etwa 75 Titanscheiben 127 und 25 Aluminiumscheiben 129 befindet. Ebenso paßt in die untere Gehrung des Paketes 123, 125 ein Paket aus Titan- und Aluminiumscheiben 131, 133. In diesen Scheiben befinden sich jedoch Löcher für die Gehäuse 21, so daß diese in dem Paket verschiebbar sind. Die Scheiben 131, 133 liegen auf einem Sockel 135 der Aluminiumauskleidung des Bodens 51. Die Titanfolien 123, 127 und 131 dienen nicht nur zur Wärmeisolierung, sondern auch als 20 Getter für das Vakuum im Behälter und zur Abschwächung der Gammastrahlen. Der Mantel 121 und der Deckel 126 bestehen aus der Legierung Ti-90 Al-6 Va-4. Die Pakete 127, 129 und 131, 133 weisen Löcher auf, durch welche die Stäbe 109 hindurchgehen.

Als Träger für die Wärmequelle mit ihrer Abschirmung dient eine Anzahl U-förmiger Bügel 141 mit nach außen gebogenen Enden. Diese Enden sind auf dem Umfang des Mantels 121 der Wärmeisolierung angeschweißt. Die Haltebügel 141 sind an die Wand 23 des Behälters angeschraubt. An ihren unteren Enden legen sich die Bügel 141 gegen den Sockel 135. Wenn der Deckel 31 an der Wand 23 befestigt ist, werden auch die Oberkanten der Bügel 141 durch den Deckel festgehalten.

In die Bügel 141 sind nahe ihren Enden Anker 143 für die Zugstäbe 109 eingeschweißt.

Eine Mehrzahl von Thermolementen ist in ein zylindrisches Gehäuse 21 eingeschlossen, das aus einem Mantel 171, einer Wärmeleitungsplatte 117 und einer Wärmeableitungsplatte 54 besteht. Die Teile 54 und 171 bestehen ebenso wie die Platte 117 aus einer Nickellegierung.

Die Thermolemente bestehen aus N- bzw. P-dotierten Bleitelluridzylindern. Da sich Bleitellurid im Vakuum verändert, ist das Gehäuse mit einem inerten Gas gefüllt, z. B. mit hochreinem Argon. Im kalten Zustand des Gehäuses beträgt der Gasdruck des Argons etwa 1/30 bar, aber bei der Betriebstemperatur steigt der Druck auf etwa ein bar an. Zur Vornahme der 50 Argonfüllung ist die Zuleitungsplatte 117 mit einem Loch 177 versehen. Die Anschlußklemmen 179 und 180 für die erzeugte elektrische Spannung sind durch die Ableitungsplatte 54 durchgeführt.

Die Wärmeübertragung von der Zuleitungsplatte 117 zu den heißen Enden der Thermolementzylinder 173 und 175 geschieht über eine Eisenscheibe 181, Kupferbleche 183 und 184, eine Kupferscheibe 185, eine Isolierscheibe 187 (beispielsweise aus Aluminiumoxid) und eine Kupferscheibe 189. Die Scheibe 189 ist an die Zuleitungsplatte 117 angelötet, die Scheibe 187 an 60 189, die Scheibe 185 an 187, die Bleche 183 und 184 an die Scheibe 185 und die Scheibe 181 an 183. Die Scheibe 181 berührt die Zylinder 173 und 175.

Am kalten Ende der Thermolementzylinder werden die Wärme und die elektrische Leistung über Kupferbälge 191 abgeführt, die an kupferne Verbindungsbleche 193, 195, 197 und 198 angelötet sind. Die Wärme wird von den Verbindungsblechen 193, 195, 197 und 198 über

Kupferscheiben 200 und 201 und eine zwischenliegende Isolierscheibe 203 (z. B. aus Aluminiumoxid) auf die Wärmeableitplatte 54 übertragen. Von den einzelnen Wärmeableitplatten 54 strömt die Wärme über den zugeordneten Stoßdämpfer 53 zur Wand 23 und den Rippen 27 des Behälters.

In Ausnehmungen 199 der Verbindungsbleche befinden sich Kegelfedern 211, die zwischen dem Boden der Ausnehmung und der Unterseite eines frei beweglichen Bolzens 213 zusammengepreßt sind und einen im wesentlichen konstanten Druck auf die Zylinder 173 und 175 ausüben, um diese ständig unter Vorspannung zu halten. Beim Zusammenbau wird der Bolzen 213 durch einen Draht festgehalten, der durch einen Schlitz 215 in Verbindungsblechen und ein nicht gezeigtes Loch in dem Bolzen 213 hindurchgeht.

Jeder Zylinder 173 bzw. 175 ist von Ringisolatoren 221 umgeben, die z. B. aus Bornitrid bestehen. Ein Wärmeschirm, der aus einem Paket 223 aus Titanfolien besteht, umgibt die Zylinder 173 und 175. Die Folien haben kreuzweise verlaufende Rillen, so daß der

Wärmeübergang zwischen den Folien auf die Berührungspunkte zwischen den Rillen beschränkt ist. Ein Kurzschluß zwischen den Verbindungsblechen 183 und den Bälgen 191 über die Folien 223 wird durch Isolierrippe 230 und 228 verhindert, die z. B. aus Bornitrid bestehen.

Die Zylinder 173 und 175 sind durch die Bleche 183, 184 sowie 193, 195, 197 und 198 paarweise parallelgeschaltet. Der Strompfad verläuft wie folgt: von der Klemme 179 über das Verbindungsblech 198 zu zwei P-dotierten Thermoelementen 175, durch diese hindurch und dann über das Blech 184 zu zwei N-dotierten Zylindern 173, weiter von dem Verbindungsblech 197 über eine Verbindungsader 231 zu dem Verbindungsblech 195, dann durch die beiden P-dotierten Zylinder 175 zu dem Blech 183 und schließlich über die beiden N-dotierten Zylinder 173 und das Verbindungsblech 193 zur Klemme 180.

Das Gehäuse 21 wird durch Elektronenstrahlverschweißung der Platten 117 und 54 mit dem Mantel 171 gebildet.

---

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

---

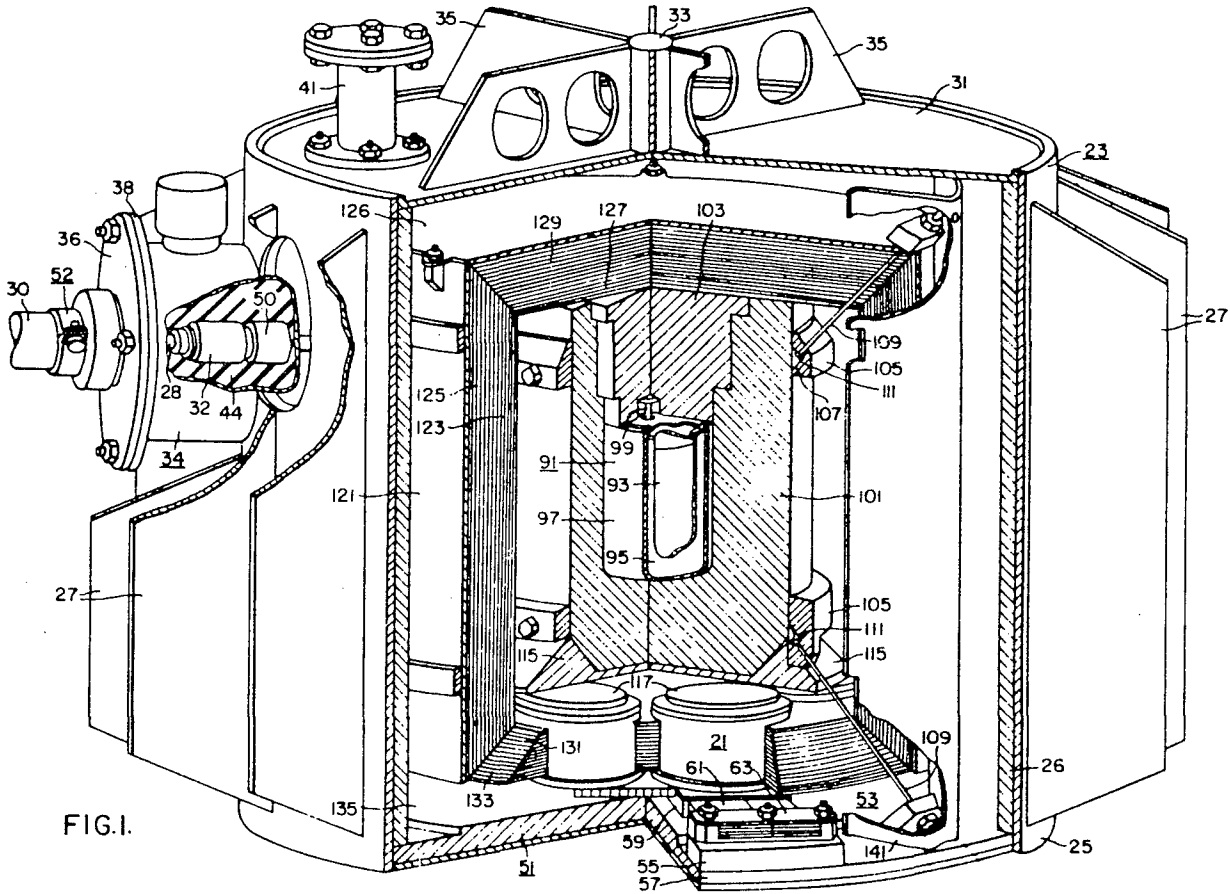


FIG. 1.

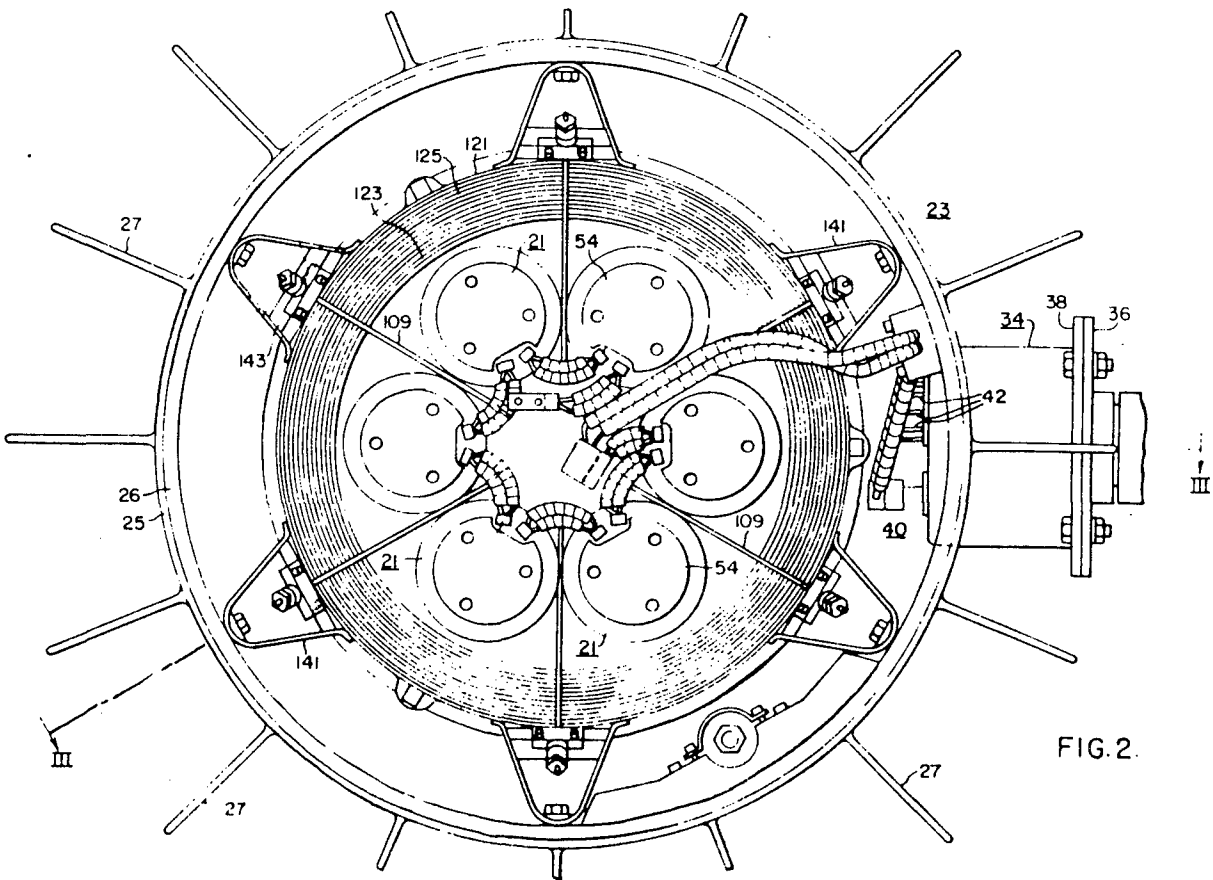
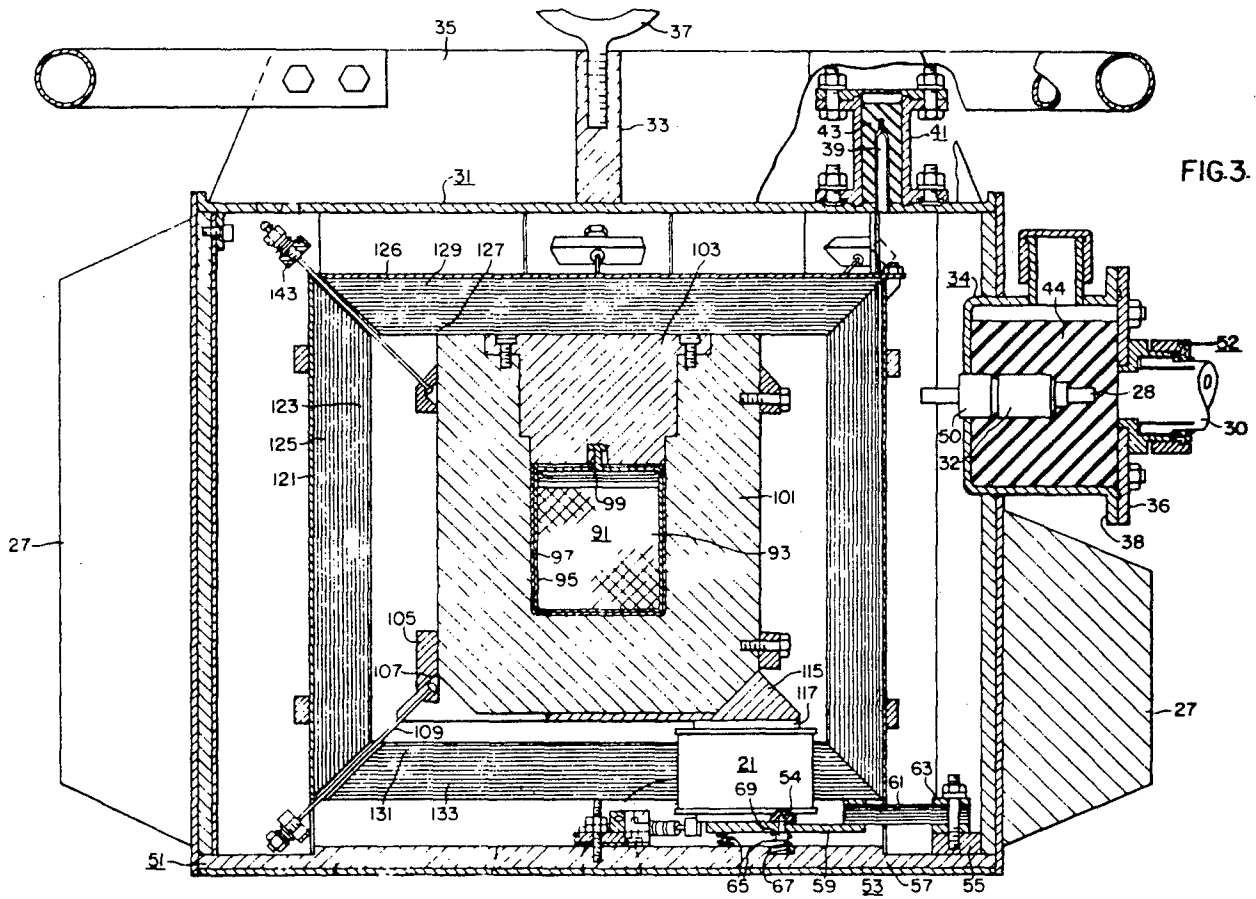


FIG. 2.



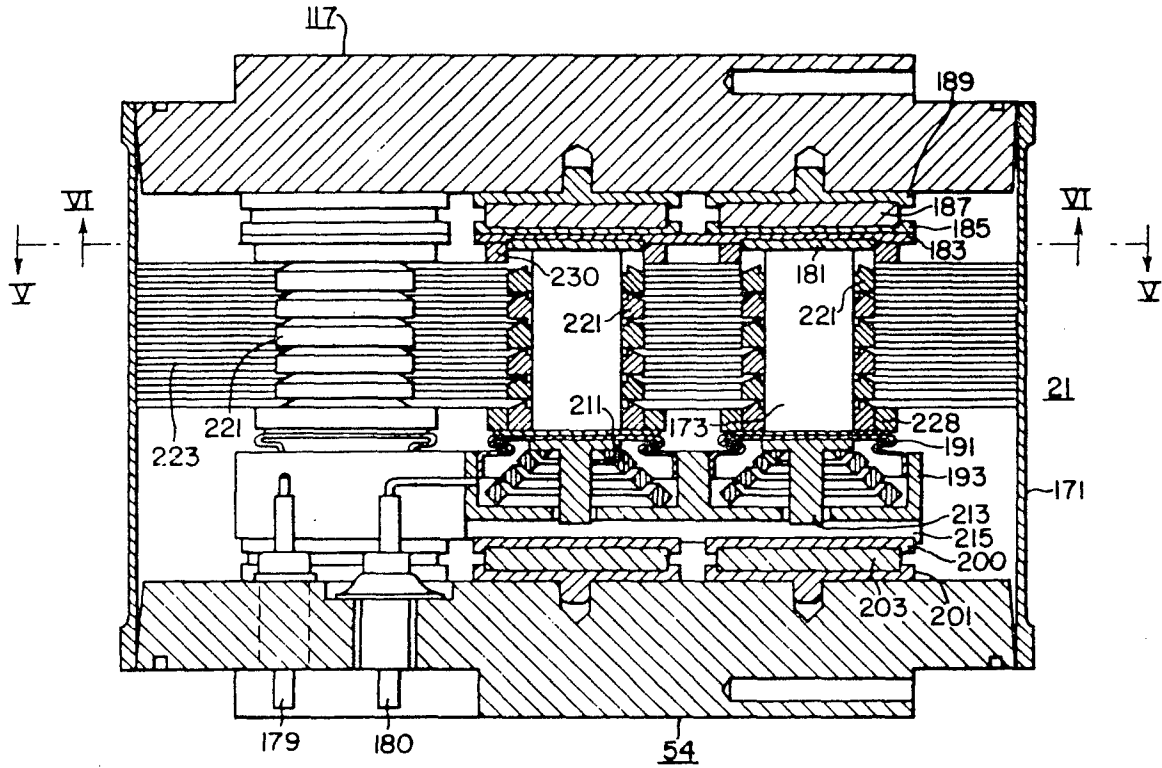


FIG. 4.

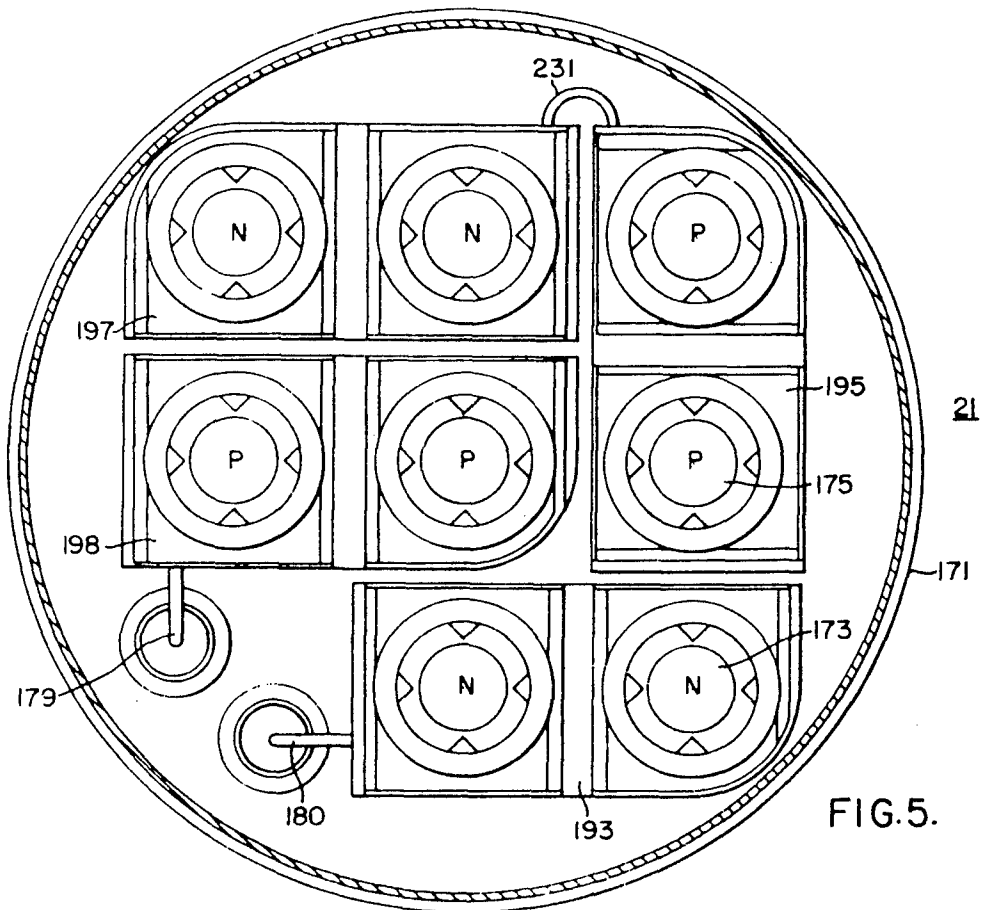


FIG. 5.

