

P. 34.950.-

U.S. 554.874

10 6 JUN. 1961



340337

Memoria descriptiva

340337

para solicitar PATENTE DE INVENCION

por 20 años

a nombre de NUCLEAR MATERIALS AND EQUIPMENT CORPORATION

entidad /~~de nacionalidad~~ norteamericana

**con domicilio en 7th and Warren Avenues, Apollo, Pensilvania,
Estados Unidos de América**

**por: "UN GENERADOR DE ENERGIA ELECTRICA" (Clase Internacio-
nal H02n)**

14.6.67



Este invento se refiere a la generación de energía eléctrica y tiene relación, en particular, con generadores totalmente autónomos que crean energía eléctrica en sitios donde no se puede disponer de otras fuentes más que de tales generadores. Entre los dispositivos a los cuales puede servir tal generador como alimentación de energía están los marcadores de ritmo cardiaco o marcadores de ritmo del corazón.

Un marcador de ritmo del corazón alimenta impulsos eléctricos al corazón de un paciente o sujeto para excitar los músculos de bombeo del corazón. El marcador de ritmo incluye un generador de impulsos implantado debajo del abdomen de un sujeto y un electrodo en aplicación de fijación con el corazón. El electrodo está conectado al generador a través de un cable. El polo de cátodo de la alimentación de impulsos está en el electrodo, el polo de ánodo en el generador. Cada impulso es, típicamente, un impulso de onda cuadrada que tiene una duración de unos 1,5 milisegundos. Característicamente, la corriente del impulso tiene una intensidad entre 4 y 10 miliamperios; la carga a la que son alimentados los impulsos es de 300 a 700 ohmios acoplados en paralelo mediante una capacitancia de 0,25 microfaradios y una resistencia de 1.000 ohmios. La frecuencia de los impulsos depende del sujeto y, típicamente, es de 70 más o menos 5 por minuto para los seres humanos, y 120 más o menos 5 por minuto para los perros. El generador debe suministrar un voltaje de unos 6 voltios. La instalación de un marcador de ritmo en un sujeto exige una operación de cirugía mayor.

En los marcadores de ritmo de acuerdo con los principios de la técnica anterior, la fuente de alimentación es una batería de pilas de larga duración. Pero la vida de tal

340337



batería es como máximo de dos o tres años, y a la vista del peligro que representa para el sujeto la pérdida de carga de la batería y la operación quirúrgica que se requiere para sustituir las baterías, se precisa una alimentación de energía de una vida mucho más larga. Un objeto de este invento es proporcionar un generador que mantenga el voltaje durante muchos años para alimentar energía eléctrica a marcadores de ritmo de corazón y similares.

En la práctica de este invento se ha provisto un generador que extrae su energía primaria de la radiactividad. El término "radiactividad" se usa aquí en su sentido amplio y puede incluir emisores de rayos alfa solos, o emisores de rayos alfa, beta y/o gamma. Este generador incluye un material radiactivo que es de larga vida a la mitad, y un convertidor termoeléctrico, de calor en electricidad.

El material desarrolla calor que sirve como unión caliente para un convertidor termoeléctrico que esta construido para suministrar voltaje adecuado. Un material radiactivo adecuado es el plutonio 238, (Pu 238).

Tal generador deberá satisfacer las condiciones siguientes:

1. Máxima confiabilidad operativa, en lo que cabe esperar razonablemente.

2. Riesgo mínimo para el paciente, derivado de la radiación.

3. Máximas probabilidades para el paciente de no experimentar efectos fisiológicos adversos.

4. Debe quedar excluida toda posibilidad de diseminación del Pu-238 por cualquier causa fortuita que pueda imaginarse.

340337



5. Completa estabilidad operativa sin pérdida de características aparte de la desintegración natural del material radiactivo.

5 6. Adaptabilidad máxima a las exigencias quirúrgicas, incluyendo, en particular, robustez, facilidad de manipulación y pequeñas dimensiones.

7. Una construcción suficientemente robusta para garantizar una resistencia superior a la adecuada al choque y a las vibraciones, en todas las condiciones imaginables de transporte, implantación y funcionamiento.

8. Capacidad de exceso de energía, suficiente para circuitos mejorados y más confiables que pueden exigir energía adicional.

15 9. Suficiente atenuación de la energía inherente para evitar daños a causa de exceso de energía, y al mismo tiempo un voltaje adecuado.

20 10. Una relación estructural y funcional que permita reducir al mínimo el tiempo y el coste de la puesta a punto, disponer del máximo de tiempo para experimentación en vivo, y la eliminación de la necesidad de resolver problemas marginales que pudieran obstaculizar el ataque a los problemas principales de construcción y de experimentación.

25 11. Estructura de fabricación económica con objeto de hacer mínimo el coste y permitir una utilización en gran escala.

Un objeto de este invento es proporcionar un generador que satisfaga los anteriores requisitos.

30 De acuerdo con este invento, se ha provisto un generador de energía eléctrica que incluye una fuente de calor, una pluralidad de pares de elementos de alambres o hi-

340337



los conductores, incluyendo en cada par un elemento termo-
eléctrico positivo y un elemento termoeléctrico negativo,
estando cada uno de los elementos de dicho par unido por
los extremos para formar una primera unión termoeléctrica
5 en un extremo y una segunda unión termoeléctrica, en el
otro extremo, medios que conectan las uniones primeras de
dichos elementos térmicamente a dicha fuente para formar una
unión termoeléctrica caliente, estando enrollados dichos
elementos en espiral alrededor de dicha fuente con dicha
10 fuente como centro, y situadas dichas segundas uniones de
dichos elementos alejadas de dicha fuente, medios conecta-
dos a dichas uniones segundas para mantener dichas uniones
segundas como una unión termoeléctrica fría a una temperatu-
ra sustancialmente inferior a la de dicha fuente, y medios
15 conectados a dichos elementos para tomar energía eléctrica
de dichos elementos.

De acuerdo con otro aspecto de este invento, se ha
provisto un generador termoeléctrico que es de uso particu-
lar en el generador de energía eléctrica descrito en el pá-
20 rrafo anterior, pero que tiene otros usos, y el cual incluye
un recipiente en que se ha hecho el vacío, una fuente de ca-
lor en dicho recipiente, un evacuador de calor, medios ter-
moeléctricos en dicho recipiente que tienen una unión ca-
liente conectada a dicha fuente de calor y una unión fría
25 conectada a dicho evacuador de calor, y medios de reflexión
de la radiación de calor en dicho recipiente, que confinan
el calor de dicha fuente sustancialmente solo a dicha unión
caliente de dichos medios termoeléctricos y que reflejan di-
cho calor lejos del resto de dichos medios termoeléctricos,
30 estando compuestos dichos medios de reflexión de un material

340337



adsorbente y sirviendo para mantener el vacío dentro de dicho recipiente.

De acuerdo con el invento, se ha provisto un generador que incluye una cápsula central de combustible radiactivo, alrededor de la cual está enrollada en espiral cinta que tiene empotrados en ella cordones de material de termopar. Entre las capas de cinta está enrollada una hoja aislante de la radiación. Típicamente, la cinta puede ser formada por hilado de hilo aislador térmico, por ejemplo, hilo de cuarzo, como trama en los cordones termoeléctricos que hacen de urdimbre. El hilo puede ser la urdimbre y los cordones termoeléctricos la trama, pero esto presenta el inconveniente de que los cordones metálicos, relativamente rígidos, deben ser vueltos por debajo y por encima del hilo de cuarzo deformable, en lugar de ser a la inversa. Los cordones termoeléctricos alternados son de materiales de polaridades opuestas y los extremos de los cordones adyacentes están unidos para conducción de modo que los cordones de polaridades opuestas de la cinta forman una termopila de termopares largos en serie. Alternativamente, los cordones termoeléctricos en cada cinta pueden ser de la misma polaridad y formarse la termopila uniendo para conducción los extremos de los cordones de cintas adyacentes que una tiene cordones de una polaridad y la otra cordones de la polaridad opuesta.

La cinta está enrollada de modo que los extremos del cordón termoeléctrico en el interior de la espiral están contiguos a la cápsula y forman la unión caliente de la pila. Los extremos de la cinta en el exterior de la espiral forman la unión fría.

340337



El generador de acuerdo con este invento tiene las ventajas siguientes:

5 1. Relación óptima de longitud a diámetro de termopar; el circuito de conducción térmica es por tanto largo, garantizando una diferencia máxima de temperaturas; al propio tiempo hay una adecuada atenuación interna de energía no sujeta a cortocircuitos.

2. Robustez y capacidad de resistencia a los choques.

10 3. Configuración geométrica de espacio mínimo; es decir, dimensiones pequeñas.

4. Adaptabilidad para producción y experimentación mecanizadas en gran escala.

15 típicamente pueden estar incluidos en la cinta cordones de termopar de Cupron Special y Tophel Special, y éstos pueden estar conectados en redundancia en paralelo para confiabilidad óptima. El Cupron Special es una aleación de cobre, níquel y manganeso, típicamente 59,5% Cu 40 % Ni, 0,5 % Mn; el Tophel Special es una aleación de cobre y níquel que tiene 90 % de Cu, 10 % Ni. Los cordones se desenvuel
20 ven en espiral desde la fuente central de combustible y ocupan el espacio entre las hojas de aislamiento de radiación en vacío. Los termopares están unidos a la cápsula por un extremo, y al evacuador de eliminación de calor, el cual es el exterior del recipiente, por el otro. Los termopares
25 están tejidos como las fibras longitudinales en la tela de cuarzo, y están aislados eléctricamente entre sí por las fibras de cuarzo tejidas lateralmente. Esta construcción combina excelentes propiedades aislantes con capacidad de absorción de choques y vibraciones. típicamente, una envuel
30 ta exterior de titanio, seleccionada por su pasividad a los



fluidos del cuerpo humano, así como por su favorable relación de resistencia a peso, encierra herméticamente el haz formado por el núcleo central de combustible y las cintas de ternopar enrolladas en espiral con sus pantallas para la radiación intercaladas. En la fabricación del generador, la envuelta con su contenido es cerrada herméticamente por soldadura con haz de electrones en alto vacío. Los terminales de alimentación de energía son sacados fuera, típicamente a través de juntas herméticas de alumina cerámica con metal, a otra cámara cerrada herméticamente que contiene el transmisor de impulsos marcador de ritmo del corazón. Otra junta hermética de cerámica con metal conduce la señal a un terminal encerrado herméticamente en epoxi transparente. Esta epoxi es transparente para que el cirujano tenga una visión clara que garantice la conexión final del cable del corazón al terminal.

Todos los componentes del generador hechos en la práctica de este invento son cerámicos o metálicos. Para evitar la degradación del vacío, no se usan materiales orgánicos dentro de la envuelta de titanio. Los materiales de los cuales están hechas las pantallas para la radiación son de autoadsorción, y el vacío, en lugar de degradarse, mejora a lo largo de la vida de la unidad. Las conexiones se hacen con cintas conductoras de cobre de alta conductividad, así como de flujos caloríficos extremadamente bajos para hacer mínimos los gradientes de temperatura. Típicamente, un generador de acuerdo con este invento, con el generador de impulsos, puede construirse para que ajuste dentro de una envuelta de 2,8x 5x 6 cm.

Para la mejor comprensión de este invento, tanto en

340337



cuanto a su organización, como en cuanto a su método de funcionamiento, juntamente con los objetos y ventajas adicionales del mismo, se hace referencia a la descripción que sigue, considerada juntamente con los dibujos, en los cuales:

5 La figura 1 es una vista en corte transversal de un marcador de ritmo del corazón de acuerdo con este invento;

La figura 2 es una vista en corte tomada a lo largo de la línea II-II de la figura 1;

10 La figura 3 es una vista en corte tomada a lo largo de la línea III-III de la figura 2;

La figura 4 es una vista en corte tomada a lo largo de la línea IV-IV de la figura 1;

La figura 5 es una vista ampliada de la parte de la figura 1 rodeada por el círculo V;

15 La figura 6 es una vista en planta de la cinta del aparato representado en las figuras 1 y 5;

La figura 7 es una vista en alzado desde un extremo de esa cinta;

20 La figura 8 es una vista ampliada en corte tomada a lo largo de la línea VIII-VIII de la figura 6;

La figura 9 es una vista esquemática ampliada de la cinta mostrando el modo en que están conectados los cordones termoeléctricos;

25 La figura 10 es una vista en planta ampliada de una aleta extrema a la cual están conectados los cordones termoeléctricos;

La figura 11 es una vista en alzado lateral, ampliada, de esa aleta extrema;

30 La figura 12 es una vista en alzado desde un extremo, ampliada, de esa aleta extrema;

340337



Las Figuras 13A y 13B son vistas en planta ampliadas de una sola garganta de una aleta extrema mostrando la forma en que los extremos de los cordones termoeléctricos están conectados en las gargantas de las aletas extremas.

5 Las Figuras 14A y 14B son vistas en alzado desde un extremo de las estructuras representadas en las Figuras 13A y 13B; y

La Figura 15 es un esquema de un aparato de acuerdo con este invento.

10 El aparato representado en los dibujos incluye una Cápsula de Combustible, una Cinta enrollada en espiral alrededor de la Cápsula de Combustible, una Estrella de Soporte de Cápsula, un Generador de Impulsos, y un Cable de Salida. La Cápsula de Combustible, la Cinta y la Estrella están en
15 un recipiente formado soldando dos mitades de forma acopada 18 y 20 entre sí.

La Cápsula incluye una pluralidad de unidades radiactivas 21, 23, 25. Cada unidad incluye una funda o tubo interior 27 dentro del cual hay un alambre o una barra 29 de material radiactivo. El tubo interior está encerrado dentro
20 de una funda o tubo medio 31. Los tubos 31 están dispuestos en los tabiques 33 de una caja exterior 35. Cada uno de los tubos 27 y 31 y de los tabiques 33 están cerrados herméticamente por tapones 37, 39, 41 soldados respectivamente al tubo asociado.
25

Tipicamente, el alambre de combustible consiste en plutonio 238 metálico de pureza "normal" en forma de un pequeño alambre extruido de aproximadamente 25,4 mm de largo y de aproximadamente 0,56 mm de diámetro, en cada uno de
30 tres tubos o forros de cápsula cilindricos 27. El tubo inte

340337



rior o primario 27 está hecho de Ta-10W por brevedad, las aleaciones se describen aquí en forma abreviada. El primer símbolo químico representa el componente principal, y los números que hay antes de los símbolos siguientes el contenido en esos componentes. Ta-10W es una aleación de tántalo y tungsteno con 90 por ciento de Ta y 10 por ciento de W, y es capaz de contener la presión del helio generado por el Pu 238 a los casos de accidentes más graves que pueden imaginarse.

10 La pared del cilindro de cada tubo 27 tiene 0,76 mm de grueso, y el tapón extremo tiene 1,52 mm de grueso. En la cápsula se ha provisto un volumen de huecos de aproximadamente el 400 por ciento para permitir el montaje fácil y la flexibilidad de forma de combustible. La información de que se dispone sobre compatibilidad de materiales indica que no existe posibilidad de daños por falta de compatibilidad del Ta-10W con el Pu metálico en las condiciones de funcionamiento previstas para la vida del generador. Existen razones sólidas para creer que el generador será seguro en todas las desviaciones térmicas imaginables, incluyendo la originada por una llama de gasolina de elevado índice de octano (1.300° C) durante periodos hasta de 5 horas. Puede conseguirse una seguridad todavía mayor mediante la flexibilidad de que se dispone, que permite el uso, como práctica alternativa de este invento, de una aleación de combustible de Zr-Pu, o una encapsulación adicional de Zr o Hf que retardaría el ataque por disolución del recipiente formando una aleación de alto punto de fusión con el plutonio en la cara de contacto.

30 El tubo 27 de Ta-10W está protegido de oxidación por



elevada temperatura mediante la funda o tubo 31 de Hastelloy "C". El Hastelloy "C" se selecciona debido a ser resistente a los efectos corrosivos de un amplio espectro de reactivos químicos, así como por su resistencia a la oxidación a temperaturas elevadas. La funda de Hastelloy tiene 0,25 mm de grueso, con tapones extremos de 1,52 mm. Se obtiene protección adicional contra la corrosión mediante un recubrimiento de 0,025 mm de Pt sobre el Hastelloy, el cual se ha previsto para evitar las reacciones con la caja exterior 35 de Ti durante las posibles desviaciones térmicas.

Los tres tubos individuales 31 están contenidos en la caja exterior 35 de Ti para fijarlos en la posición requerida y para facilitar la unión de los termopares a la fuente de calor. Se selecciona el titanio por facilidad y confiabilidad de la unión, alta relación de resistencia a peso, y debido a su resistencia única a un amplio espectro de reactivos químicos, en los cuales cabe exigir la inmersión accidental. El uso de la aleación Ti-0,2Pd como práctica alternativa de este invento, permite el ensanchamiento de ese espectro para abarcar los reactivos reductores, así como los reactivos oxidantes.

El tubo 27 se llena con helio o argón, u otro gas inerte, a una presión de aproximadamente una atmósfera, y luego se suelda el tapón 37 a su reborde por soldadura con haz de electrones o por arco de tungsteno. El helio proporciona la conductividad térmica entre el alambre 29 y la pared de Ta-10W. Se hace el vacío en el tubo 31 y en los tabiques 33, y se unen herméticamente los tapones 39 y 41 a sus rebordes, por soldadura con haz de electrones.

Las Cápsulas de Combustible alternativas en la prác-



M5

tica de este invento pueden incluir como combustible el PuO_2 . además, el platino puede sustituir a la aleación Hastelloy "C" para el tubo 31 cuando se exige una mayor absorción de rayos gamma.

5 La Cápsula de Combustible está soportada por una Estrella de Soporte de Cápsula en cada extremo. Cada Estrella incluye una placa en T o ménsula 51, cuya alma 53 y cuyo miembro transversal 55 tienen agujeros para disminuir el peso. Cada alma 53 tiene una espiga 57 de soporte de alambre en su extremo, y el miembro transversal 55 tiene espigas similares 59 y 61 en sus extremos. Los alambres 63, 65 y 67 de soporte de cápsula, que divergen desde una placa central 68 a la cual están sujetos en puntos que están espaciados aproximadamente por igual, pasan sobre las espigas 57, 59 y 61 respectivamente, a través de aletas de resorte 69, 71 y 73, y están sujetos en gargantas 75, 77, 79, respectivamente. Las aletas de resorte 69, 71, 73 tensan los alambres 63, 65, 67. Las aletas 69, 71, 63 están incluidas para proporcionar la necesaria acción de amortiguamiento y de resorte contra el movimiento dinámico de la cápsula de Combustible con relación al aislamiento y a las partes termoeléctricas, garantizando la protección contra impactos y vibraciones. Los miembros transversales 55 de las placas 51 en T están cada uno de ellos unidos con pernos a un angular 81 sujeto a la pared exterior 83 del generador. Las placas 68 están sujetas a los extremos de la Cápsula de Combustible.

 Típicamente, la placa 51 en T y los alambres 63, 65, 67 pueden estar compuestos de aleación Ti-6Al-4V. Los alambres 63, 65, 67 tienen 0,12 mm de diámetro. Los alambres tienen una resistencia a la tracción, en estado recocido, de apro

340337



ximadamente 9.100 kilogramos por centimetro cuadrado, y son adecuados para contener el movimiento de la cápsula. Además de por consideraciones de caracter mecánico, la aleación Ti-6Al-4V se ha elegido por su baja conductividad térmica en comparación con otros alambres de alta resistencia a la tracción. Ello garantiza una baja pérdida calorífica a través de esos alambres.

El calor desarrollado por la Cápsula de Combustible es convertido en la electricidad por una pila termoeléctrica empotrada en la Cinta. La pila termoeléctrica incluye una pluralidad de termopares 89 compuesto cada uno de ellos de un par de alambres diferentes 91 y 93, uno eléctricamente negativo, o que tiene exceso de electrones, designado por N, y el otro que tiene exceso de hoyos, designado por P. Los alambres están conectados por sus extremos en paralelo en pares dobles (figuras 8 y 9) para formar uniones calientes 92 en la Cápsula de Combustible y uniones frias 94 en el exterior de la Cinta. Típicamente los alambres 91 pueden ser de aleación Cupron y los alambres 93 de aleación Tophel.

La cinta es compuesta y está constituida por 6 capas (figura 8). Hay una capa 95 reflectora de la radiación térmica compuesta típicamente de hoja de titanio y zirconio. Hay dos capas 97 y 99 de tejido termoeléctrico en que los alambres 91 y 93 forman la urdimbre y los hilos aislantes eléctricos y térmicos 101 y 103, típicamente hilos de cuarzo, forman la trama. Los hilos de cuarzo 101 y 103 cruzan en ambos lados de los alambres 91 y 93 en puntos de cruce 105, de modo que los alambres 91 y 93 están aislados térmica y eléctricamente entre sí. Como se ha ilustrado, cada tejido



97 y 99 incluye pares alternados de alambres N 91 y alambres P 93. Cada tejido puede también incluir alambres de la misma polaridad; 97, por ejemplo, que incluye alambres N 91 y 99, y alambres P 93. Hay capas 107, 109, 111 de tejido aislante térmico y eléctrico, típicamente de tejido de cuarzo, respectivamente entre la capa reflectora de la radiación 95 y la capa termoeléctrica 97, la capa 97 y la capa 99, y la capa 99 y la capa reflectora 95 de la espira adyacente de Cinta. La protección 95 de la radiación térmica de cada capa de Cinta se extiende más allá de las capas 101 y 103 de tejido termoeléctrico y de las capas 107, 109 y 111 de tejido aislante.

Cada Cinta incluye un par de aletas 121 y 123 de conexión de cerámica, una para la unión caliente 92 y la otra para la unión fría 94. Las aletas 121 y 123 pueden estar compuestas de un material tal como alúmina, el cual es conductor térmico pero aislador eléctrico. Cada aleta tiene una pluralidad de gargantas 125 que están recubiertas con un compuesto 127 de soldadura fuerte, típicamente de cobre y plata. Las capas 129 y 131 de cobre y plata pueden ser depositadas sobre una capa de titanio 133 por evaporación o electrodeposición; el titanio es depositado por evaporación o por fusión.

Los extremos de los alambres 91 y 93 del termopar se extienden libremente desde el tejido del termopar. Las uniones 92 y 94 están formadas para cada Cinta colocando los extremos en las gargantas 125 recubiertas con las capas 129, 131, 133 y calentando la unidad completa incluyendo la Cinta y las aletas 121 y 123 hasta la temperatura eutéctica del compuesto de soldadura fuerte 127 la cual, para cobre y

340337



plata, es de 790°C. El compuesto 127 se funde alrededor de los extremos de los alambres 91 y 93 (figuras 13B, 14B).

A la vista del modo en que los alambres 91 y 93 están tejidos en la tela 97, 99, la colocación correcta de los alambres en la garganta requerida 127 es natural y no presenta problema alguno. Esto es cierto tanto si cada tela o tejido tiene alambres de ambas polaridades, como si una tela tiene alambres de una polaridad y la otra alambres de la otra polaridad. Los fondos de las aletas de alumina y cerámica 121 y 123 están unidos con soldadura fuerte a aletas delgadas 141 y 143 de cobre, las cuales están unidas por puntos de soldadura fuerte a una banda de cobre 145 que es luego conectada a la cápsula de combustible y a la superficie exterior, respectivamente, del generador. Las aletas de cobre 141 y 143 están curvadas para compensar la dilatación térmica y las tolerancias de fabricación, las cuales someten a esfuerzo a la cinta. Las aletas de cobre 143 a las cuales está unida la cerámica en las uniones frías 94 tienen pequeñas ondulaciones 147 (figura 5) para acomodar los cambios de longitud relativos en la cinta durante la fabricación y el funcionamiento. Esta técnica permite que la cerámica 123 flote en esencia con una pieza de cobre delgada que no puede someterla a esfuerzo. La eutéctica de cobre y plata no moja la superficie de la cerámica 121 ó 123, y no cortocircuita las uniones 92 ó 94 por fluir de unión a unión. Solamente moja al titanio 133 y a los alambres 91 y 93 de termopar.

Una pluralidad de cintas 151, 153, 155, 157, 159, 161, 163 estan enrolladas en espiral desde una posición caliente contigua a la Cápsula de Combustible a una posición



contigua a la pared 83 de recipiente exterior del generador. Cada Cinta tiene terminales 121 y 123 cerámicos en cada lado. Las uniones calientes de cerámica 121 de las cintas 151 a 163 están distribuidas en torno a la periferia de la Cápsula de Combustible, y las uniones frías de cerámica 123 están distribuidas (espaciadas) a lo largo de una parte de la mitad de pared 18 (figuras 1 y 5). Las cintas 151 a 163 empiezan desde posiciones espaciadas en torno a la periferia de la Cápsula de Combustible y terminan en posiciones espaciadas a lo largo del interior de la pared 83 y están arrolladas juntas. Los extremos que se solapan 95 de las protecciones de radiación 95 de las cintas forman una superficie interior en general troncocónica que termina en los alambres 63 de la Estrella de Soporte de Cápsula. El interior de esta superficie está lleno de láminas 171 de la hoja de titanio y zirconio reflectora de la radiación térmica.

Las uniones calientes 92 de la cinta están conectadas en relación de intercambio térmico con la Cápsula a través de la banda de cobre 145 la cual está unida con soldadura fuerte a la Cápsula de Combustible. Las uniones frías 94 están conectadas térmicamente a la pared 83, la cual está unida con soldadura fuerte a una banda de conexión 173, unida a su vez por soldadura fuerte a la banda exterior 145, unida a su vez por soldadura fuerte al conector flexible 143. La unión fría 94 del par extremo 175 (figura 15) en un lado de la cerámica 123 conectada a la Cinta 163, está puesta a tierra eléctricamente a la pared 83. La unión fría del par extremo 177 en el lado opuesto está conectada eléctricamente a la unión fría del par extremo adyacente de la

340337



Cinta 161 siguiente, a través de una banda 179, y la unión fría en el lado opuesto está conectada de un modo similar al par extremo adyacente de la Cinta siguiente 159, y así sucesivamente, conectando cada banda 179 a los pares de una
5 Cinta, en serie con los pares de las otras. La unión fría del par extremo 181 de Cinta 151 está conectada al conductor de salida 183 desde el generador. Típicamente, cada Cinta 151 a 163 tiene 424 alambres de termopar, éstos están conectados para formar 106 uniones calientes y 107 uniones
10 frías.

Para montar el generador, se colocan las Cintas 151 a 163 y las bandas de cobre 145 en un dispositivo que soporta las cintas con la orientación apropiada con respecto a las bandas de cobre en ambos extremos de las cintas. Las aletas de cobre 141 y 143, las cuales han sido previamente unidas a las aletas de cerámica 121 y 123 a las cuales están unidos por soldadura fuerte los extremos de los termopares, son unidas a las bandas de transferencia de calor de cobre 145 situadas en ambos extremos de las cintas de termopar 151
15 a 163 mediante puntos de soldadura fuerte con aleación de cobre y plata. Las ochos cintas son con ello combinadas en un solo conjunto de termopar unificado de las dimensiones y de la longitud apropiadas, el cual puede ser previamente experimentado por entero antes de pasar a la siguiente fase
20 del montaje. La fase siguiente consiste en unir los alambres 63, 65, 67 de soporte de esfuerzo de tracción a la Cápsula de Combustible, colocar el aislamiento térmico extremo 171 entre los tres alambres de soporte en cada extremo, y fijar
25 alambres de soporte de esfuerzo de tracción a las ménsulas
30 51 en T de soporte las cuales han sido previamente fijadas



a una plantilla de montaje. La plantilla de montaje está
construido de modo que las ménsulas 51 están sujetas con la
separación apropiada para inserción y sujeción en la envuel
ta 83. Se pone cuidado para ejercer la tensión apropiada en
5 los alambres cuando éstos son sujetados a la ménsula. El
aislamiento 171 está situado entre los alambres 63, 65, 67
de esfuerzo de tracción y el dispositivo puede ser hecho ro
tar alrededor de un eje geométrico que pasa a través del
centro de la Cápsula de Combustible. A continuación, se une
10 el extremo de unión caliente de la banda 145 de termopar
de terminal de cobre en torno a la Cápsula de Combustible
situando primero el extremo de la banda terminal 145 en la
garganta provista en la Cápsula de Combustible y uniendo
por puntos de soldadura fuerte la banda a la Cápsula. Due
15 go se une la unión térmica "fría" a la banda de cobre 173
provista en la mitad 18 del recipiente. Esa unión se hace
soldando con puntos de soldadura fuerte los extremos de las
bandas de cobre 173 entre sí con aleación eutéctica de co
bre y plata. La Cápsula de Combustible que está todavía fi
20 ja a su plantilla de enrollar se hace entonces rotar alre
dedor de su eje geométrico hasta que los conjuntos 151 a
163 de cinta de termopar se enrollen en torno al eje geomé
trico central, y entonces se sujeta la Estrella a las ménsu
las provistas en el interior del recipiente. El terminal
25 hermético 183, el cual es una banda plana delgada, es unido
al terminal eléctrico en el conjunto de termopar, completán
dose así la conexión eléctrica.

La unidad, excluido el generador de impulsos, se co
loca entonces en un dispositivo de expulsión o evacuación
30 de gases de alto vacío y se hace un vacío en el que tendrá



lugar la expulsión de gases a una temperatura de 500°C hasta que la presión en el sistema sea disminuída a 10^{-6} milímetros de mercurio. Con esto se expulsa todo vapor de agua residual, los gases adsorbidos u otros contaminantes los cuales, a lo largo de la vida prevista de diez años, pudieran degradar el sistema y ser causa de fallo del generador. Se rompe el vacío con argón seco y puro, después de lo cual se coloca la mitad 20 del recipiente sobre la mitad 18. La unidad montada se coloca luego en un dispositivo de bloque de enfriamiento profundo en el cual se ha hecho el vacío a 10^{-6} milímetros de mercurio, y se suelda por haz de electrones. Este procedimiento garantiza la limpieza y la exclusión de contaminantes degradantes los cuales, como se ha indicado en lo que antecede, puedan afectar perjudicialmente al funcionamiento del sistema a lo largo de su vida.

El Generador de Impulsos incluye una envuelta cerrada herméticamente 201 montada en la mitad 18 del recipiente adyacente al punto en que el conductor 183 se extiende desde el terminal eléctrico "caliente" de la termopila. Dentro del recipiente 183 hay un dispositivo productor de impulsos 203 que incluye transistores o válvulas de estado sólido. Típicamente, el dispositivo productor de impulsos puede ser un multivibrador de libre funcionamiento con sus impedancias ajustadas para producir los impulsos de la duración deseada, con las amplitudes deseadas, y durante los tiempos deseados de actuación y de corte. En una situación típica, el productor de impulsos genera impulsos de 2 milisegundos de duración a intervalos de 500 milisegundos. Los impulsos tienen una amplitud de 6 miliamperios. La conducción en régimen constante del dispositivo es de aproximadamente 3 mi-

croamperios.



El dispositivo productor de impulsos tiene solamente un terminal de entrada conectado a través de un conector pasante de alimentación de cerámica a metal 204, de un conductor 205 y de otro conector pasante de cerámica a metal 207, pasado herméticamente a través de la mitad 18 del recipiente, al conductor 183. El conductor 183 establece una tensión negativa de aproximadamente 6 voltios en ese terminal de entrada. El terminal opuesto del generador de impulsos está puesto a tierra, a la misma tierra que la del terminal puesto a tierra de la termopila. El dispositivo generador de impulsos incluye un conductor de salida 221 (figura 4) que se extiende fuera del recipiente 201 y conectado a un aro conector 223 al cual transmite los impulsos producidos.

El Generador de Impulsos está moldeado en una masa en general rectangular 225 de resina epoxidica transparente. El conductor 221 está empotrado en esa masa. La masa 225 incluye una abertura tubular 227 entre cuyos extremos está moldeado el aro 223. La abertura 227 se estrecha ligeramente desde sus dos extremos hacia el aro 223.

El Cable de Salida incluye un conductor enrollado en helice 231 típicamente de aleación de ELIGLOY. El conductor 231 está encerrado en un tubo flexible 233 de preferencia de caucho silicona, el cual está encerrado en una funda aislante 235 típicamente de caucho silicona. Un espárrago 237 que tiene una parte central 239 en general troncocónica desde la cual se extiende un tornillo 241 está sujeto en el extremo de la funda 235. El conductor 231 está conectado al extremo adelgazado 238 del espárrago 237. El Cable de Sal-

340337



da incluye además una tuerca conectadora 243. Esa tuerca
243 está ranurada en un extremo 245 y lleva una rosca in-
terna 247 en el otro. Entre los extremos 245 y 247 hay un
cuello sobre el cual está montada una junta tórica 249. Gi-
5 rando la cabeza ranurada 245, se tira del tornillo 241, la
parte troncocónica 239, la funda 235 y las partes unidas a
ella hacia el aro 223 en un sentido, y se tira de la tuerca
243 y de la junta tórica 249 en el sentido opuesto. El aro
223 tiene una superficie interior cónica a la cual se apli-
lo ca en contacto eléctrico firme la parte 239. La junta tóri-
ca cierra herméticamente el agujero cónico 227 por un lado,
y los salientes 251 en el exterior de la funda 235, cierran
herméticamente el agujero por el otro lado.

En el uso de este aparato, la energía eléctrica ge-
nerada por la termopila excita al generador de impulsos, el-
15 cual alimenta impulsos para hacer funcionar al corazón.

340337



La Tabla I que sigue ilustra Los principales componentes incluidos en el aparato de acuerdo con este invento, y las razones para su selección.

TABLA I

<u>Elemento</u>	<u>Descripción</u>	<u>Razones para su Selección</u>
5 Combustible (preferido)	Alambre de Pu-238 metálico	Bajo nivel de radiación superficial. Alta densidad de energía. Fácil de fabricar y de conformar. Bajos costes de fabricación
10 (Alternativa - 1)	Microesferas de PuO ₂	Niveles razonables de radiación superficial para los grupos por edades que representan la gran mayoría de usuarios. Muy inerte.
15 (Alternativa - 2)	Pu-238 metálico de pureza especial	Nivel extraordinario bajo de radiación superficial.
20 Capsula Configuración geométrica	Cápsula triple Aleación de Tántalo y 10 % de tungsteno	Bajo régimen de irradiación superficial. Espesor mínimo. Resistencia máxima.
25 Cápsula de Combustible Principal (Unidad Interior 21)		Compatibilidad excelente con los combustibles. Alta resistencia a elevadas temperaturas para contener presión de helio.

340337



TABLA I (Continuación)

<u>Elemento</u>	<u>Descripción</u>	<u>Razones para su Selección</u>
5	Cápsula de Combustible Segunda (Fundada Media 31)	Hastelloy "C" Alta resistencia a oxidación por temperatura. Resistencia a la corrosión por ataque de productos químicos industriales. Excelente compatibilidad a elevada temperatura con las aleaciones de tántalo.
10	Barrera de reacción Platino	Evitar el desarrollo de fases de bajo punto de fusión entre el Hastelloy "C" y el titanio. Excelente resistencia a la oxidación a elevada temperatura. Excelente resistencia al ataque químico.
15	Cápsula de Combustible Tercera (Caja Exterior 35)	Aleación de titanio y 0,2 % de paladio. Resistencia a la corrosión por una amplia gama de reactivos químicos. Facilidad de unión de termopares. Excelente resistencia a la oxidación.

340337



TABLA I (Continuación)

<u>Elemento</u>	<u>Descripción</u>	<u>Razones para su Selección</u>
5	Termopar Configuración en Espiral geométrica	Facilidad de integración en el aislamiento. Máximo diámetro de alambre en volumen pequeño. Gran confiabilidad. Proporciona gran longitud, permitiendo así mayor diámetro en un mínimo de espacio. Permite realizar un sistema totalmente de cerámica a metal de gran confiabilidad. Las uniones con soldadura fuerte de gran área superficial permiten un dispositivo de montaje abierto por completo. Facilidad de fabricación y de prueba.
10		
15		
20	Termopar Material	Cupron Especial Tophel Especial
25		Facilidad para unión y para soldadura fuerte. Mejor coeficiente de calidad de los materiales de termopila que tienen buenas propiedades mecánicas, en el estado actual de la técnica. Estabilidad de propiedades metalúrgicas, mecánicas, de composición y eléctricas. Se encuentra fácilmente en los diámetros de alambre deseados. Buenas propiedades mecánicas.
30		

340337



TABLA I (Continuación)

<u>Elemento</u>	<u>Descripción</u>	<u>Razones para su Selección</u>
5		Gran confiabilidad. Son posibles valores altos de la relación L/A (longitud/área). No se requiere convertidor de corriente continua a corriente continua.
10	Aislamiento de Radiación de Radiación de Titanio-Zirconio en vacío	Altas características. Mínimo de pérdidas térmicas. Fácilmente integrado en el arrollamiento en espiral. Autoadsorbente de vacío en la envuelta.
15	Aislamiento Eléctrico Tejido de Cuarzo, Arrollamiento en espiral	Puede ser tejido con alambres de termopar para producción con montaje de bajo coste. Espacia los termopares para facilidad de montaje. Soporta y sirve de almohadillado para los alambres de termopar. Puede ser sometido a evacuación de gases a elevada temperatura. Separa las protecciones de la irradiación. Funcionamiento estable en vacío.
20		
25	Envuelta exterior y ánodo	Titanio
30		Compatibilidad excelente con los tejidos humanos. Electroquímicamente inerte. Resistente a la corrosión por los fluidos del cuerpo humano. Buena ductilidad y resistencia. Su baja densidad permite que la envuelta sea más



TABLA I (Continuación)

<u>Elemento</u>	<u>Descripción</u>	<u>Razones para su Selección</u>	
5		gruesa, más confiable. Soldabilidad excelente cuando está protegido de la atmósfera. Buena conformabilidad. Buena resistencia de unión a epoxi. Material esencialmente puro que hace mínimas las posibilidades de defectos metalúrgicos.	
10	Envuelta, Método de Cierre	Soldadura por Haz de Electro- nes	Facilidad de montaje de dispositivo de soldadura. Zona aplicada pequeña y limpia. Estanqueidad al vacío en el momento de la soldadura.
15	Compuesto de Relleno	Epoxi transpa- rente	Historia excelente de compatibilidad en el cuerpo humano. Su transparencia permite al cirujano ver que queda hecha la conexión final quedando con ello asegurada la confiabilidad de la implantación. Resistente al esponjamiento por la acción del agua. Proporciona montaje elástico de las conexiones y los componentes electrónicos. Puede ser esterilizado en autoclave.
20			Unión excelente al titanio.
25			

340337



TABLA I (Continuación)

<u>Elemento</u>	<u>Descripción</u>	<u>Razones para su Selección</u>
5	Conductor Eléctrico Aleación Eligloy Enrollada	El enrollamiento en hélice de alta resistencia proporciona elasticidad. Unión de gran confiabilidad en ensayo de izado prolongado. Excelente resistencia a la corrosión. Excelente historia de compatibilidad en el cuerpo humano.
10	Conductor Aislamiento Caucho Silicóna	Excelente elasticidad. Excelente historia de compatibilidad en el cuerpo humano. Excelente aislamiento eléctrico. Puede ser esterilizado en autoclave, amplia gama de temperaturas de servicio. Resistente al esponjamiento por la acción del agua.
15	Electrodos Electrodo Char- dack de Cátodo con alambre de electrodo de Eligloy de 50 cm en espiral	Resultados satisfactorios de funcionamiento.
20	Ambiente Interior del Generador Vacío	Hace que sean mínimas las pérdidas térmicas. Proporciona máxima vida útil. Evita el aumento de la presión de gas y las fugas. Proporciona ambiente ultralimpio para evitar la degradación.
25		
30		

310327



TABLA I (Continuación)

<u>Elemento</u>	<u>Descripción</u>	<u>Razones para su Selección</u>
5	Temperatura de la Unión Caliente	Proporciona un punto de carga de combustible mínima con rendimiento máximo. Larga vida útil, gran confiabilidad.
10	Unión de Termopar Cerámica Unida con Soldadura Fuerte	Gran confiabilidad. Facilidad de montaje. Unión de gran área superficial, de baja resistividad. Totalmente de cerámica y metal. Utiliza las soldaduras fuertes actuales en la técnica. Interconecta el circuito automáticamente. Facilidad de comprobación. Construcción muy resistente a los choques. Estructura de cerámica reforzada. Conectores térmicos amortiguados.
15		
20	Soporte de Cápsula	Alambre Resistente a la Tracción (63, 65, 67)
25		Alta resistencia. Mínimo de perdidas térmicas. Impacto amortiguado. Facilidad de montaje. Soporta las protecciones contra la radiación. Une fácilmente con la pared de la cápsula. Gran resistencia a choques y vibraciones.

340337



TABLA I (Continuación)

<u>Elemento</u>	<u>Descripción</u>	<u>Razones para su Selección</u>
5 Conexiones Térmicas	Uniones con Soldadura Fuerte	Máxima confiabilidad. Sencillez de montaje. Excelente transferencia térmica. Capacidad de evacuación de gases a elevada temperatura.

10 Típicamente, un marcador de ritmo del corazón de acuerdo con este invento tiene las propiedades que se indican en la Tabla II siguiente.

TABLA II

Características del Impulso	
15 (a) corriente	4 a 10 miliamperios en 300 a 700 ohmios en paralelo por una capacitancia de 0,25 microfaradios y una resistencia de 1.000 ohmios.
(b) Forma	impulso rectangular de 1,5 milisegundos de duración
20 (c) Régimen	1. En seres humanos 70 más o menos 5 por minuto 2. En animales 120 más o menos 5 por minuto
Alimentación de Energía	
25 (a) Tipo	Pares metálicos de Aleaciones de Tophel Especial y Cupron Especial
(b) Circuito	Serie-Paralelo
(c) Combustible	Plutonio 238 metálico
(d)	162 microvatios

340337

TABLA II (Continuación)



Características generales		
5	(a) Dimensiones	6 x 5 x 2,8 centímetros (ningún radio de menos de 0,5 centímetros)
	(b) Peso	97,5 gramos
10	Densidad relativa	1,4 (puede disminuirse con la disminución de peso que se logra quitando cintas aislantes adicionales)
	(c) Radiación externa	Entre 1,5 y 25 mrem/hora en la superficie del sistema
	(d) Electrodo	
15	Cátodo	Alambre de Aleación de Eligloy en espiral
	Anodo	Titanio (metal noble electroquimicamente); también puede usarse 316L SS.
	(e) Vida Util	
20	En seres Humanos	10 años prevista - 20 probable
	En animales	5 años mínimo
	Condiciones Ambiente	
	(a) Temperatura	
25	1. Ambiente	36,1°C - 41,1°C
	2. Superficie	42,8°C
	(b) Cara de Contacto	Recipiente cerrado herméticamente, no reactivo, capaz de operar en condiciones de humedad del 100%
30	(c) Choque	Puede tolerarse una caída de

340337



que conectan las primeras uniones de dichos elementos térmicamente a dicha fuente para formar una unión termoeléctrica caliente, estando dichos elementos enrollados en espiral alrededor de dicha fuente con dicha fuente como centro, y
5 dichas uniones segundas de dichos elementos situadas alejadas desde dicha fuente, medios conectados a dichas uniones segundas para mantener dichas uniones segundas como una unión termoeléctrica fría a una temperatura sustancialmente inferior a la de dicha fuente, y medios conectados a dichos
10 elementos para tomar energía eléctrica desde dichos elementos.

2ª.- El generador según la reivindicación 1, en que los pares de elementos están empotrados en una banda de material aislante térmico y eléctrico longitudinalmente a dicha banda, y dicha banda con los elementos así empotrados
15 está enrollada en torno a la fuente en capas desde una posición interior térmicamente contigua a dicha fuente a una posición exterior térmicamente alejada desde dicha fuente, estando los extremos de dichos elementos, respectivamente
20 en dicha posición interior y en dicha posición exterior, unidos eléctricamente para formar uniones calientes y frías respectivamente.

3ª.- El generador según las reivindicaciones 1 ó 2, en que los medios que toman energía eléctrica están conectados a la unión fría.
25

4ª.- El generador según las reivindicaciones 2 ó 3, en que una capa de material que refleja la radiación térmica está interpuesta entre capas sucesivas de la banda aislante térmica y eléctrica.

5ª.- El generador según las reivindicaciones 2, 3
30

340337



5 ó 4 en que la banda es una cinta tejida compuesta de juegos de hilos de urdimbre y de hilos de trama, siendo uno de dichos juegos de material aislante térmico y eléctrico y siendo el otro de dichos juegos de elementos termoelectricos alternadamente positivos y negativos.

6^a.- El generador según las reivindicaciones 1, 2, 3 ó 4 en que la fuente de calor es de material radiactivo y la banda sirve para absorber la radiación procedente de dicho material.

10 7^a.- El generador según las reivindicaciones 1, 2, 3, 4 ó 5, en que la fuente de calor y la banda están encerradas en un recipiente en que se ha hecho el vacío.

15 8^a.- El generador según la reivindicación 4, en que la fuente de calor y la banda están encerradas en un recipiente en que se ha hecho el vacío, y en que el material que refleja la radiación térmica es también un material absorbente, el cual mantiene el vacío en el recipiente.

20 9^a.- Un generador de energía eléctrica por calor, en particular para uso en el generador de energía eléctrica según la reivindicación 1 pero que tiene otros usos, incluyendo el citado generador termoelectrico un recipiente en que se ha hecho el vacío, una fuente de calor en dicho recipiente, un evacuador de calor, medios termoelectricos en dicho recipiente que tienen una unión caliente conectada a dicha fuente de calor y una unión fría conectada a dicho
25 evacuador de calor, y medios que reflejan la radiación de calor en dicho recipiente que limitan el calor de dicha fuente en esencia sólo a dicha unión caliente de dichos medios termoelectricos y que reflejan dicho calor alejándolo de los
30 restantes de dichos medios termoelectricos, estando compues



tos dichos medios que reflejan de un material adsorbente y que sirve para mantener el vacío dentro de dicho recipiente.

10^o. - Un generador de energía eléctrica. (Clase Internacional H02n).

5 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de treinta y cinco hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 6 JUN 1967.

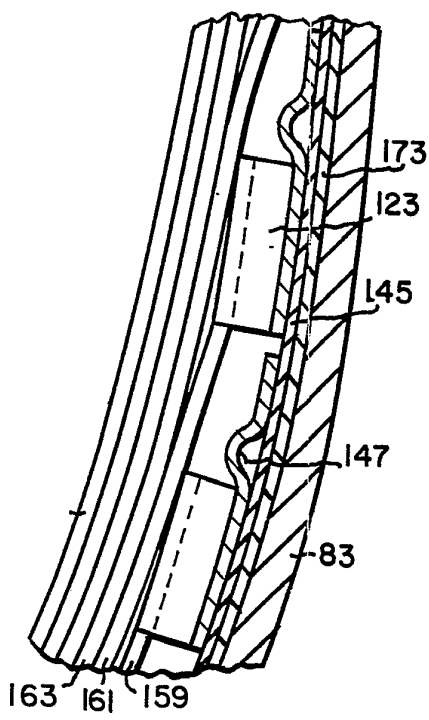
P.A.

Alonso de Eizaburu
Por Poder.

340337



FIG. 5



340337

IG.1

23



FIG. 6

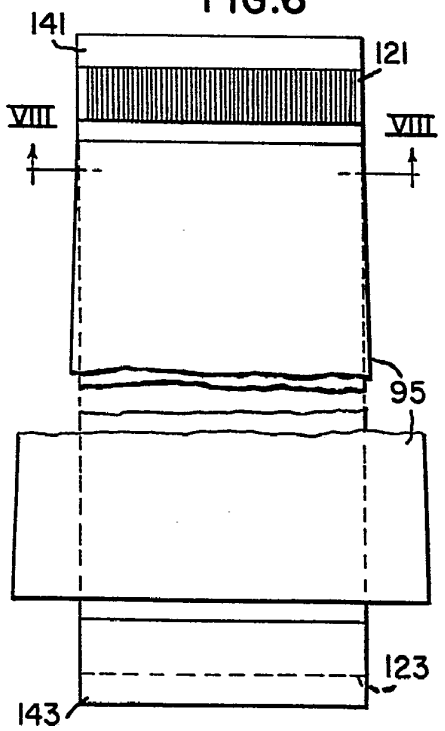
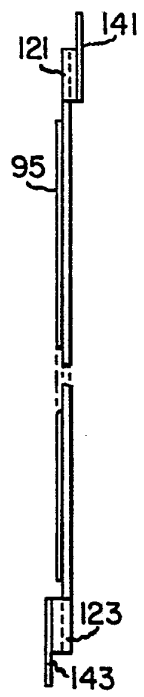


FIG. 7



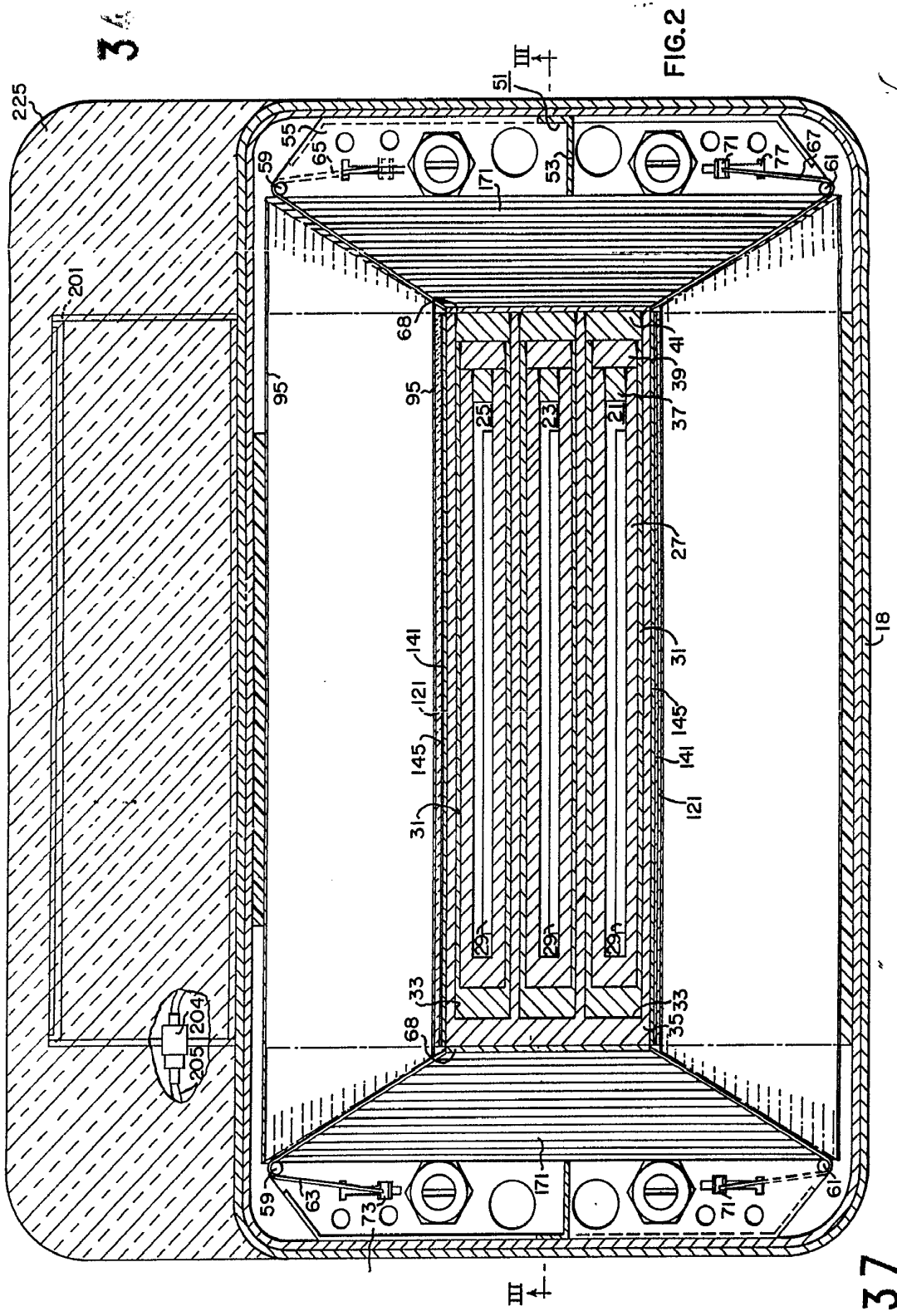
Office of the Secretary
of the Patent Office
[Handwritten signature]



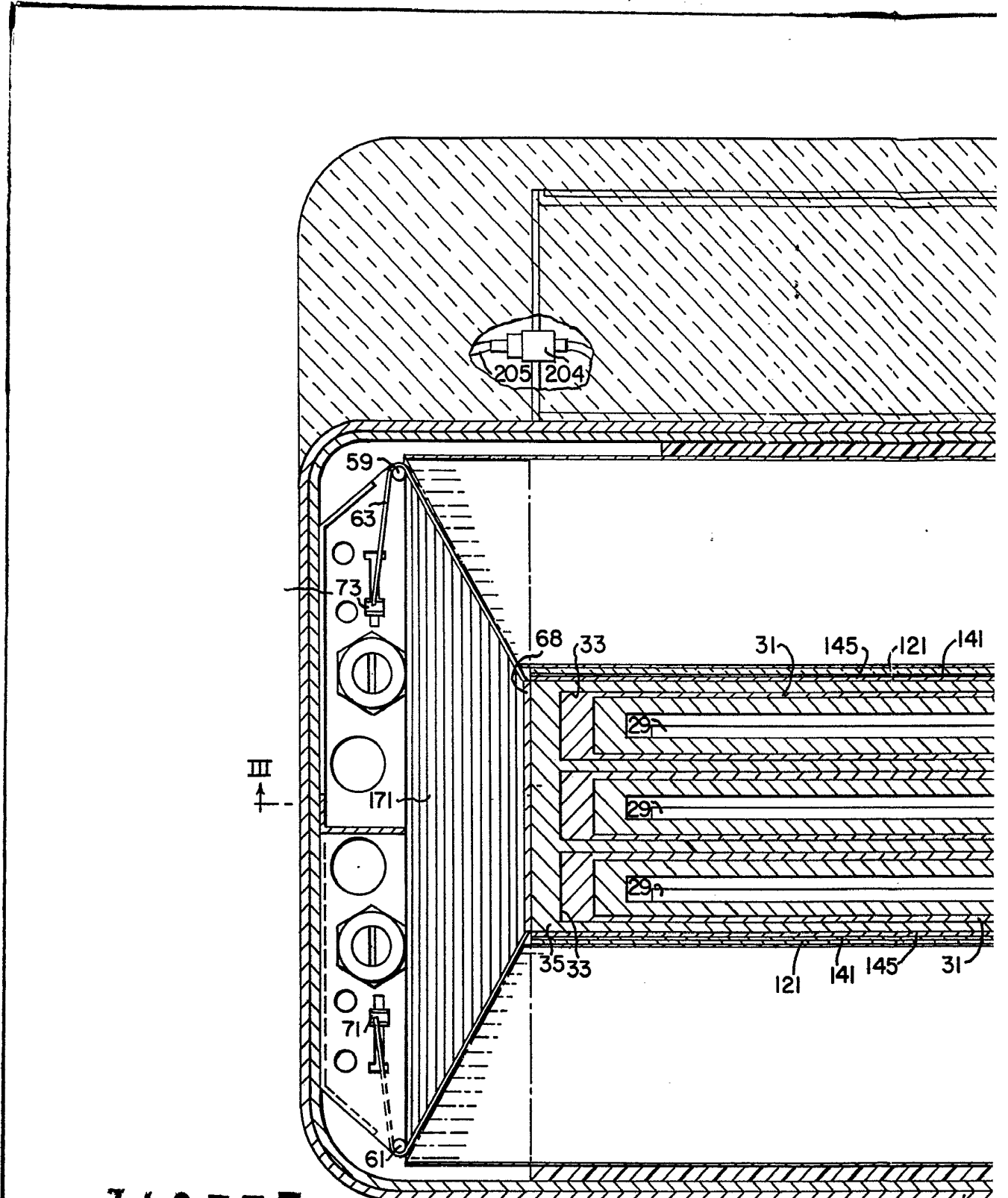
45

340337

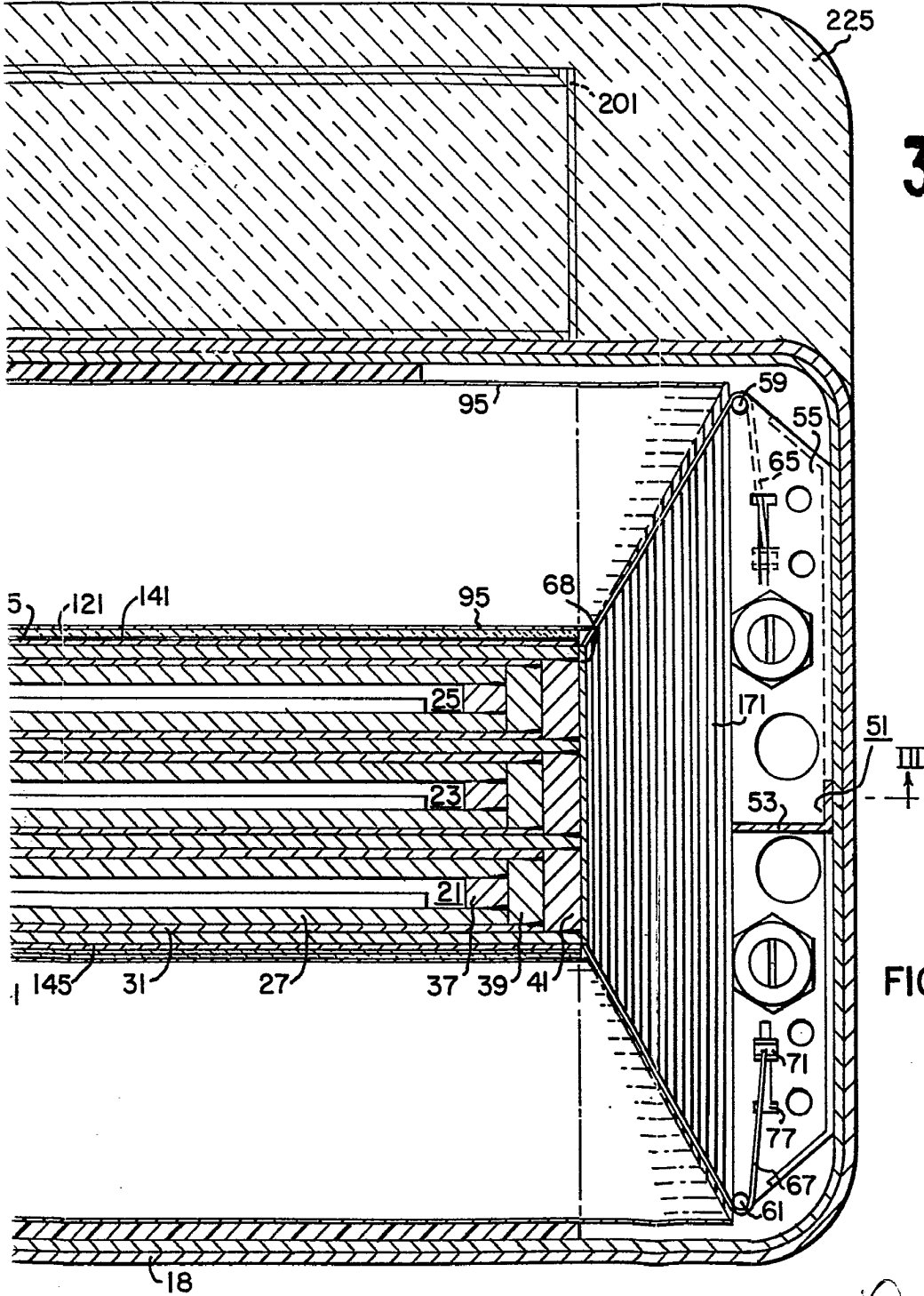
Alfred C. ...
Pat. Attor.



340337



340337



340337

FIG. 2

Alberto de Echebur
Pat. Tech.



45

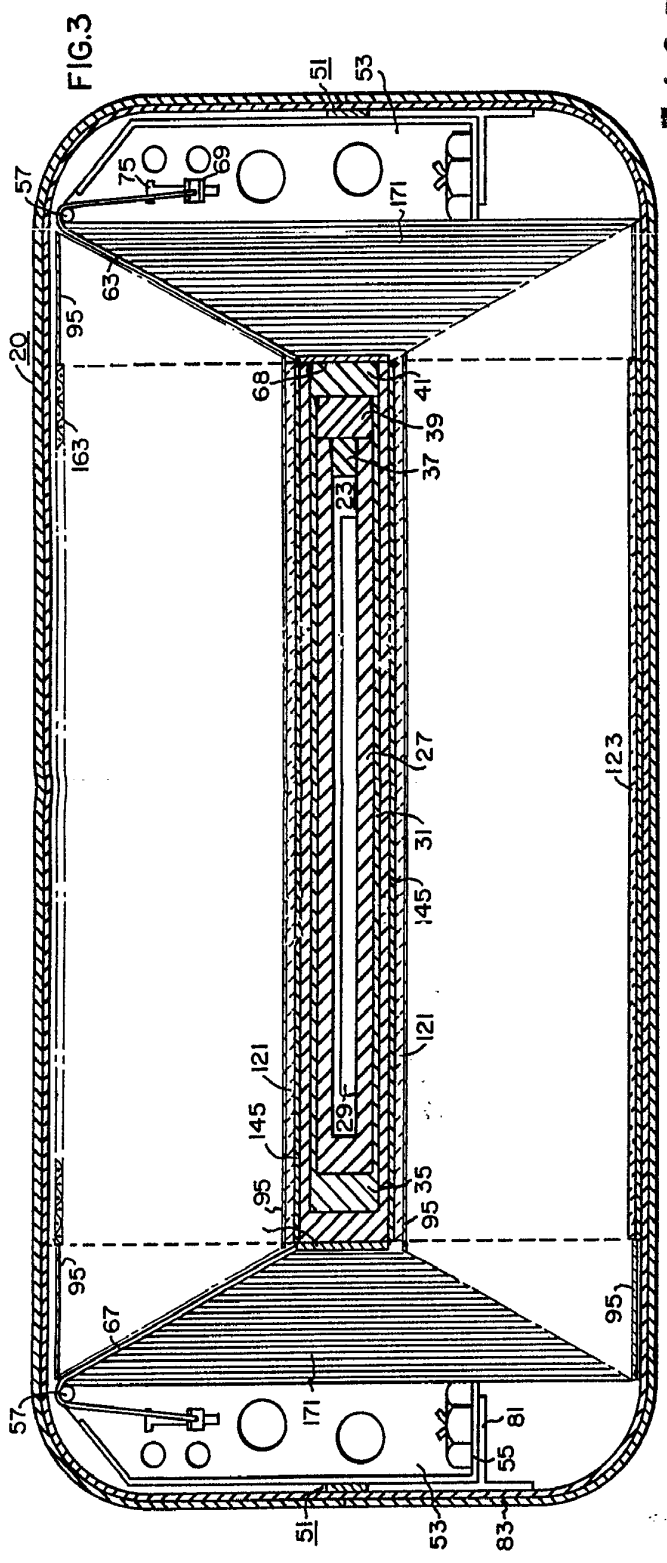


FIG. 3

340337

340337

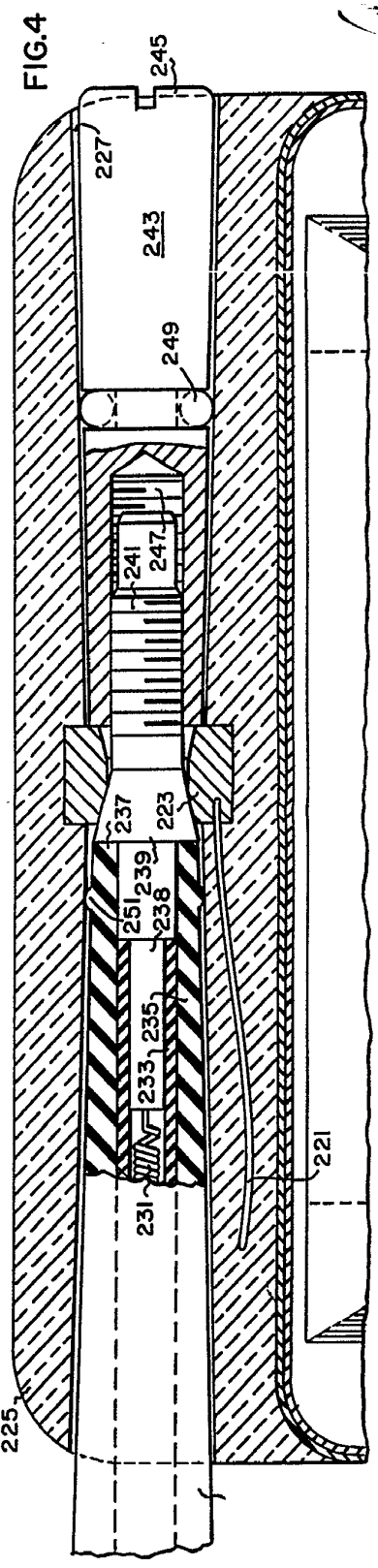
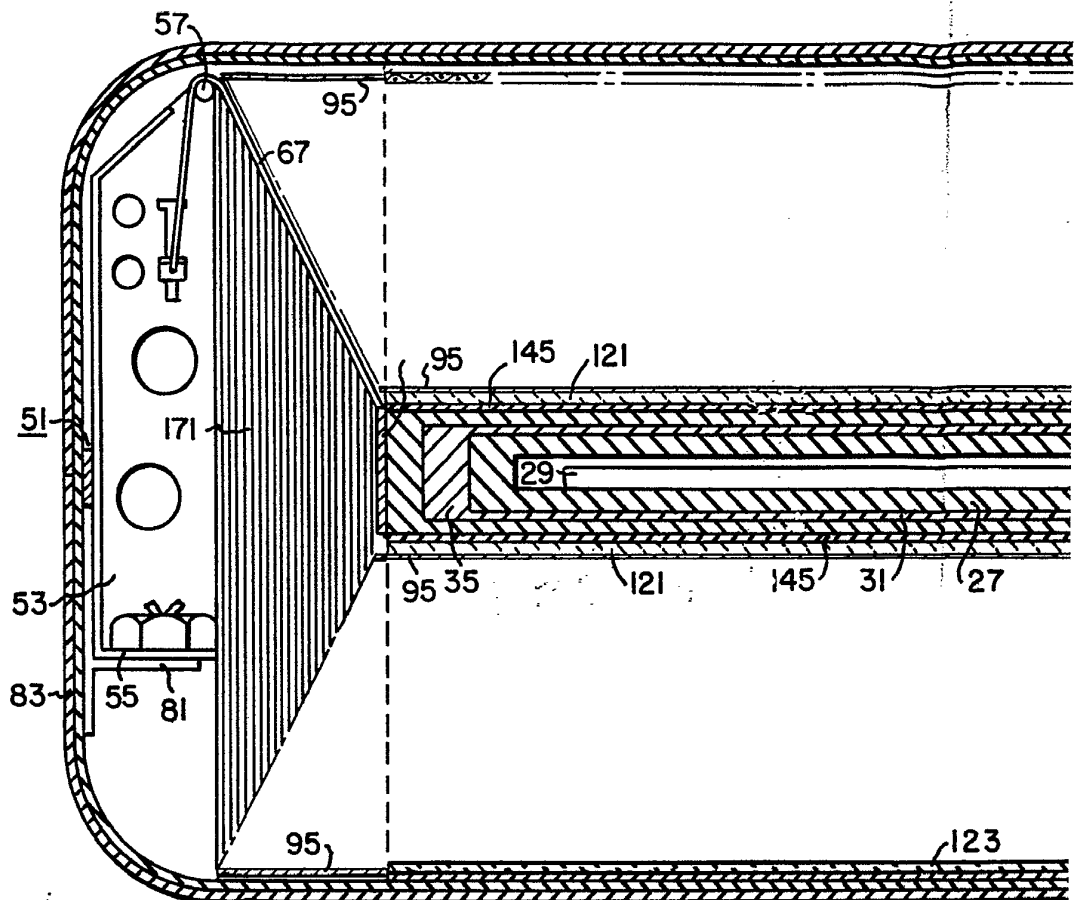
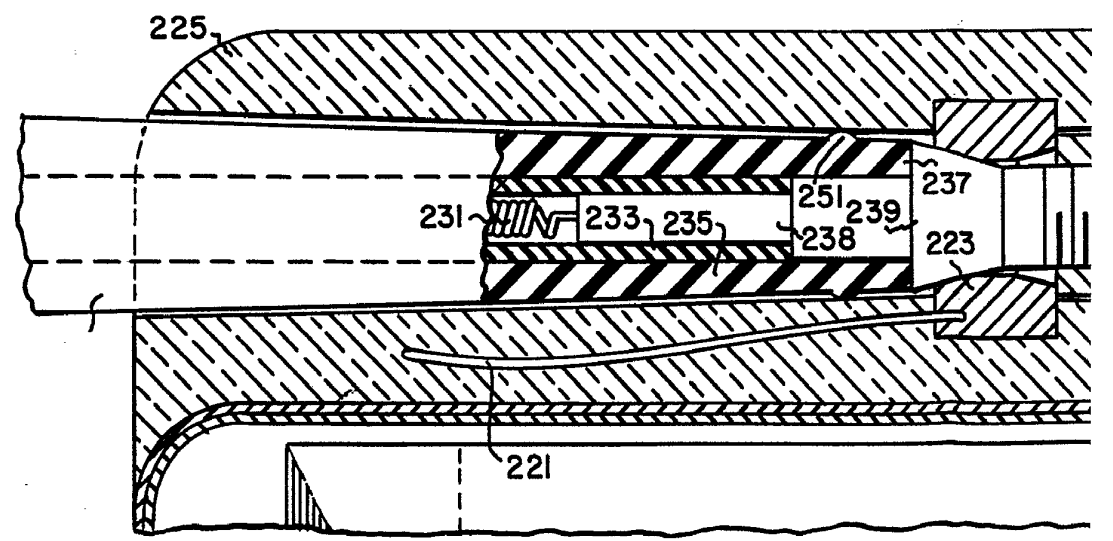


FIG. 4

Handwritten signature or initials in the bottom right corner.



340337



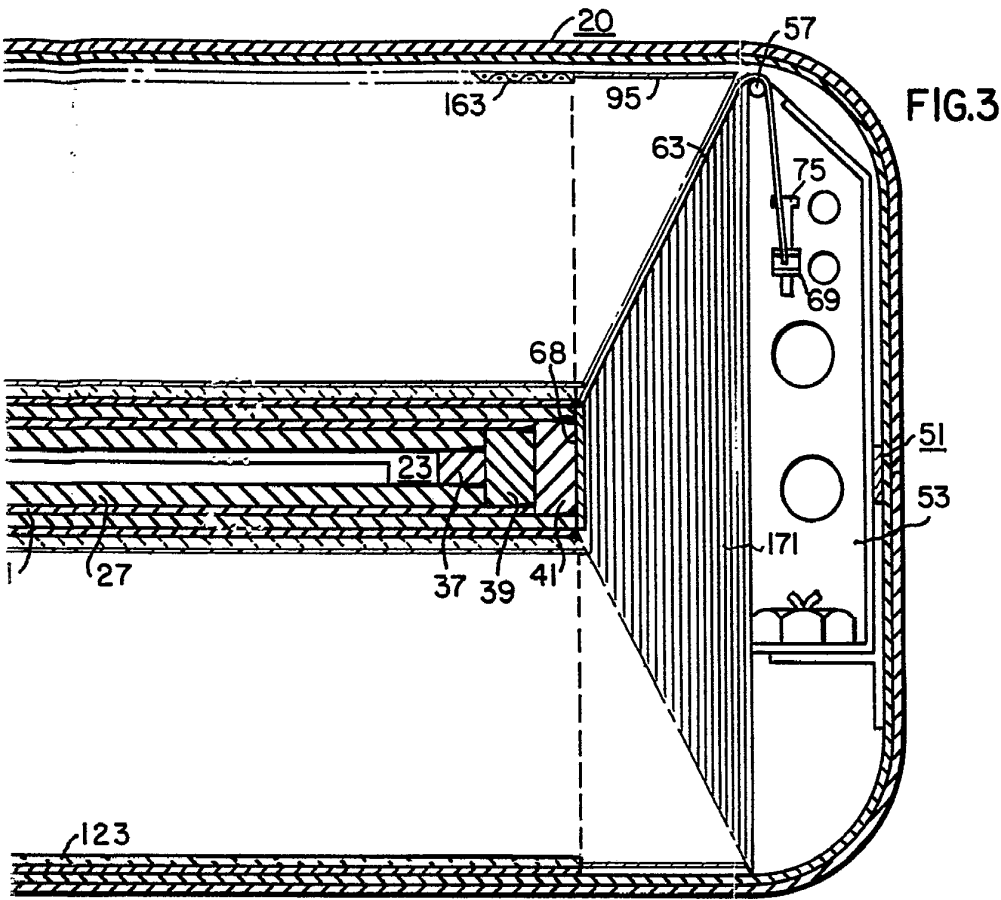


FIG. 3

340337

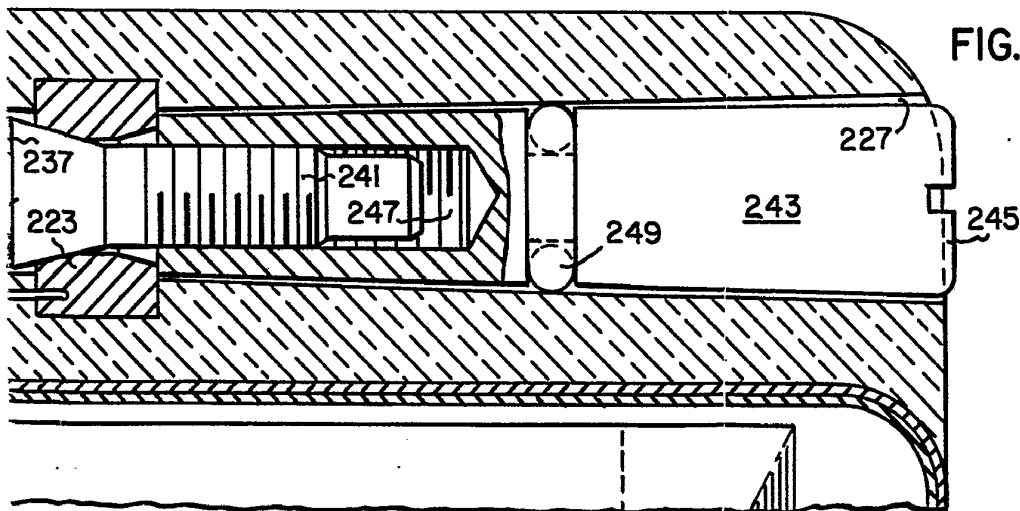


FIG. 4

del
 de la
 de la

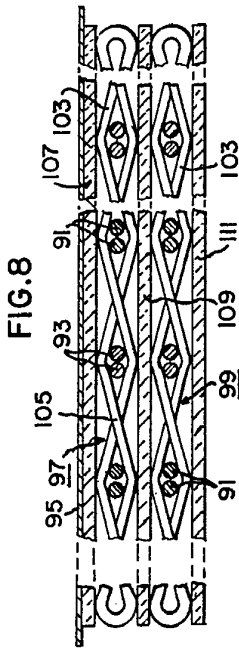
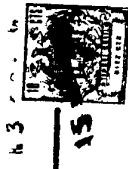


FIG. 8

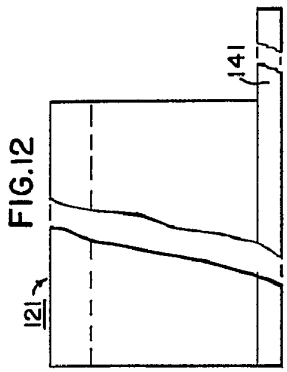


FIG. 12

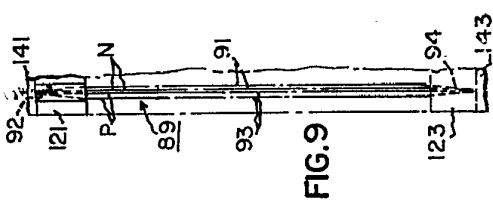


FIG. 9

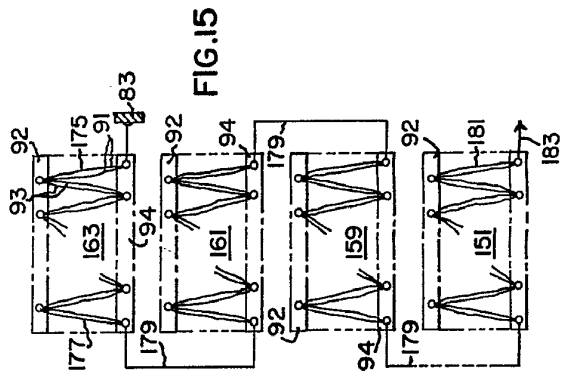


FIG. 15

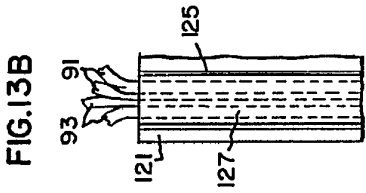


FIG. 13B

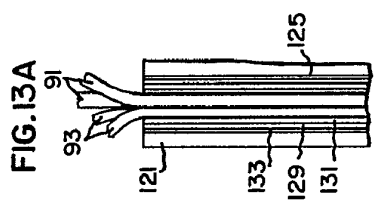


FIG. 13A

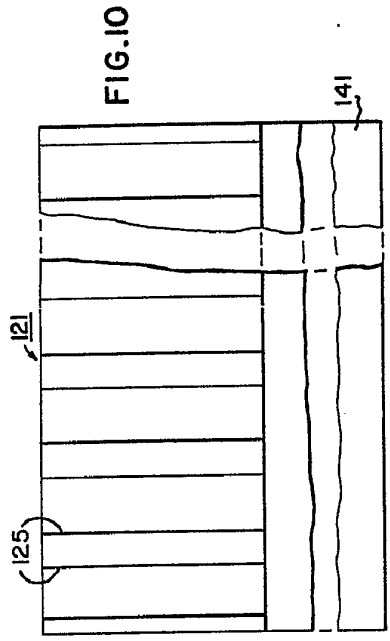


FIG. 10

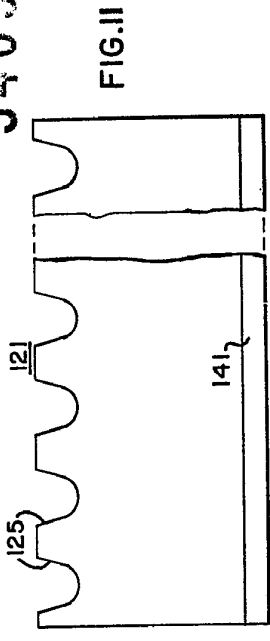


FIG. 11

340337

340337

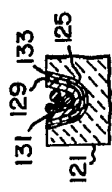


FIG. 14A



FIG. 14B

Handwritten signature or mark in the bottom right corner.

FIG.8

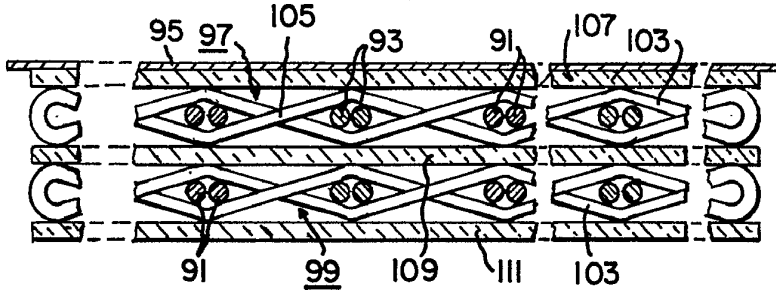


FIG.9

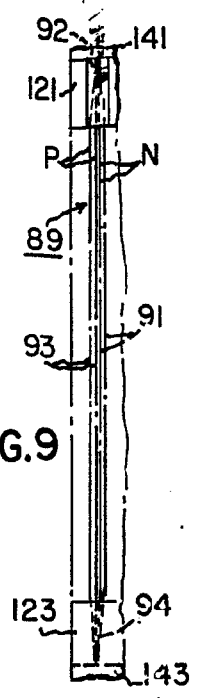
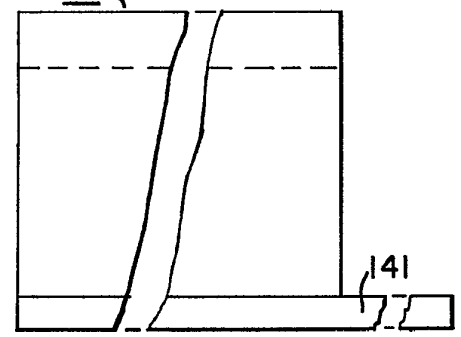


FIG.12



340337

FIG.13A

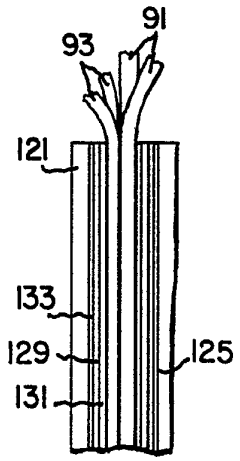
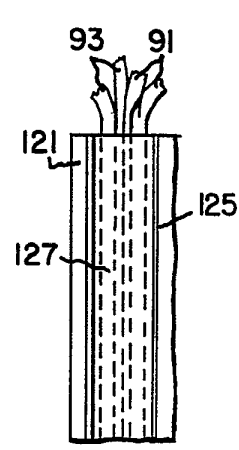
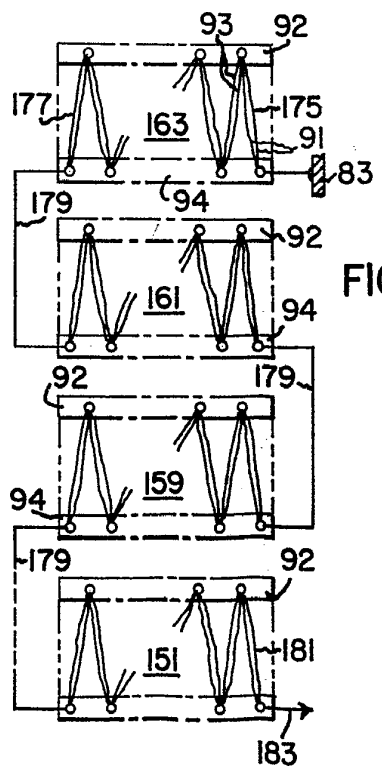


FIG.13B



FIG



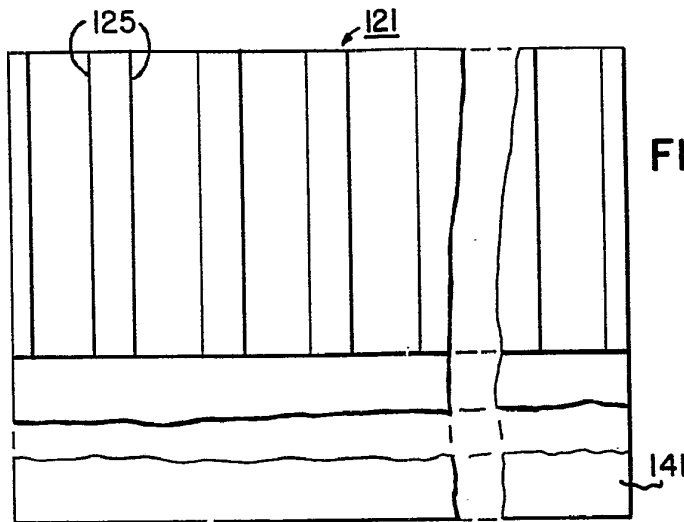
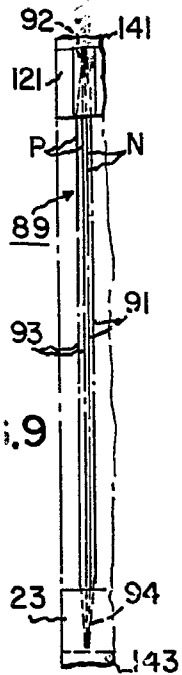


FIG. 10

340337

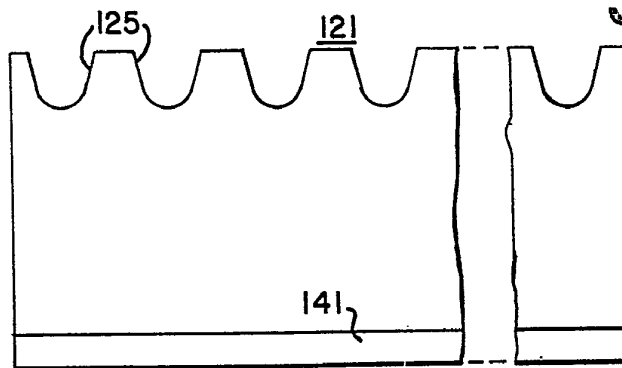


FIG. 11

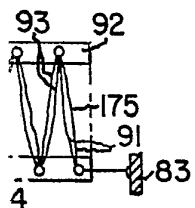


FIG. 15

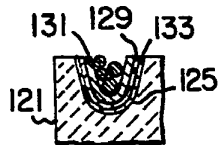
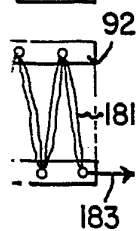
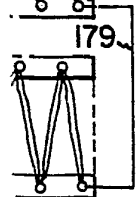
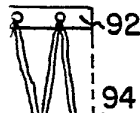


FIG. 14A

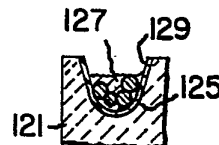


FIG. 14B

Alberto de la Hoz
 Alberto de la Hoz
 Pat. 340337