

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ES	(11) NUMERO	A 1
	(21) 441.932	
	(22) FECHA DE PRESENTACION	
	20-10-1975	

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:	(31) FECHA	(33) PAIS
(31) NUMERO 519.920	1-11-1974	U.S.A.

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	H01L	

(54) TITULO DE LA INVENCION
"MEJORAS INTRODUCIDAS EN APARATOS PARA CONVERTIR ENERGIA SOLAR EN ENERGIA ELECTRICA".

(71) SOLICITANTE (SI)
TYCO LABORATORIES, INC.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
16 Hickory Drive, WALTHAM, Massachusetts, U.S.A.

(72) INVENTOR (ES)
Abraham I. Mlavsky

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE
D. BERNARDO UNGRIA GOIBURU

POOR
QUALITY

COMPENDIO DE LA DESCRIPCION

1 Se proporcionan celdas solares tubulares que
pueden ser acopladas unas con las otras en disposiciones
de serie y paralelo para formar una estructura integrada.
5 Se combinan concentradores de energía solar con las celdas
solares para obtener el máximo de su salida de potencia. -
Las celdas solares pueden ser enfriadas haciendo circular
un fluido de intercambio térmico a través del interior de
las celdas solares y el calor capturado por dicho fluido -
10 puede ser utilizado, por ejemplo, para proporcionar agua
caliente para un sistema de calentamiento. El sistema de
circulación de enfriamiento de las celdas solares también
puede ser integrado con un dispositivo térmico solar de -
tal manera como para formar un sistema de calentamiento de
15 dos etapas, con el que el enfriador se precalienta a medi-
da que enfria las celdas solares y luego se calienta adi-
cionalmente por medio del dispositivo térmico solar.

Esta invención se refiere a un aparato para
convertir energía solar en energía eléctrica y más parti-
20 cularmente a celdas solares mejoradas y a disposiciones de
celdas solares. En la actualidad es práctica común propor-
cionar celdas fotovoltaicas semiconductoras conocidas como
celdas solares, para generar energía eléctrica de la radia-
ción solar. La mayor parte de las celdas solares están he-
25 chas de silicio pero también se han desarrollado y se han
probado celdas hechas de otros materiales, por ejemplo, -
sulfuro de cadmio y arseniuro de galio. Hasta donde esta el
estado del arte anterior antes de esta invención, la mayor
parte de las celdas solares comúnmente se fabrican como en-
30 tidades físicas separadas con áreas para recoger la luz -

1 que tienen una superficie del orden de 4 a 6 centímetros
cuadrados. Por esta razón es práctica corriente para aplica
ciones de generación de potencia montar las celdas en una
5 disposición plana sobre un substrato o panel de soporte, de
tal manera que sus superficies recogedoras de luz proporcio
nen una aproximación de una sola superficie grande recogedora
de luz. También puesto que cada una de las celdas en sí mis
ma genera sólo una pequeña cantidad de potencia (una celda
10 solar de silicio tiene un voltaje de circuito abierto apro
ximadamente de 0,52 volts), el voltaje requerido y/o la co
rriente que se requiere se obtiene interconectando las celdas
de dispositivo en serie en una matriz y/o paralela.

Se hapresentado un buen número de problemas en la
15 fabricación de paneles de celdas solares utilizando celdas
solares individuales. Entre los problemas y limitaciones
más significativas están la relativamente baja densidad
de empaque debido al consumo del espacio de las intercone
xiones de las celdas, a la mala eficiencia de la recolección
de corriente, al calentamiento de las celdas debido a la ab
20 sorción de la radiación de longitudes de onda mayores de
aproximadamente 1,1 micras, la pérdida de energía debida a
la reflexión de la radiación solar incidente desde las su
perficie de las celdas solares que recogen la luz, el eclips
se de porciones de las celdas por medio de los elementos que
25 interconectan las celdas, el daño físico a las celdas y a
las interconexiones de las celdas debido a la expansión
y la contracción originadas por los ciclos térmicos o es
fuerzos físicos y el alto costo de fabricación.

30 Algunos de los métodos propuestos para eliminar di
chos problemas se establecen, por ejemplo, en las patentes

1 de los Estados Unidos números 3359137, 3575721, 3116171,
3150999, 3778312, 3502507, 3489615, 3378407, 3819417, -
3546542, 3811954, 3457427, 3459597, 3411050, 3175929, -
5 3361594, 3615853, 3682708, 3089070 y 3574925, y las refe-
rencias citadas en las mismas.

Un objeto primordial de esta invención es el de proporcionar una celda solar de una configuración nueva y singular que sustancialmente evite o resuelva un buen número de problemas de los que se encuentran en la fabricación y el uso de las celdas solares hechas de acuerdo con las técnicas del arte anterior. Un objeto adicional es el de proporcionar disposiciones de celdas solares que comprenden una pluralidad de dichas celdas interconectadas eléctricamente en matrices de serie y/o paralelo. Otros
10 objetos más específicos de la invención son los de proporcionar celdas solares y disposiciones de celdas solares que tienen forma modular, que pueden enfriarse fácilmente, y tienen integridad estructural, pueden fabricarse por medio de técnicas existentes, y son capaces de resistir cambios en las dimensiones debido a los ciclos térmicos. Un
15 objeto adicional es el de proporcionar una unidad de celda solar en la que se reduce al mínimo la fuga de corriente utilizando una geometría que hace que haya una relación mínima entre el área de superficie activa expuesta y el
20 área de la región de junta expuesta. Aún otro objeto es el de proporcionar un módulo de celda solar que pueda ser integrado con un sistema térmico solar. Aún otro objeto es el de proporcionar módulos de celdas solares que puedan ser físicamente y eléctricamente interconectados en forma
25 fácil y eficiente. Otro objeto importante es el de pro-
30

1 proporcionar celdas solares y disposiciones de celdas solares del tipo descrito en combinación con concentradores de energía radiante para obtener el máximo de intensidad de la radiación recibida por dichas celdas y también para 5 distribuir la concentración de dicha radiación.

Esta invención proporciona una celda solar que comprende una estructura tubular con una junta de rectificación fotovoltaica formada cerca de su superficie exterior recogedora de la luz.

10 Para recoger la corriente de la celda solar, se proporciona sobre la superficie exterior de la estructura tubular y formando contacto óhmico con dicha estructura, un primer electrodo que comprende una rejilla de conductores y se proporciona sobre la superficie interior y formando contacto óhmico con dicha superficie un 15 segundo electrodo en la forma de una capa de material conductor.

Cada una de las estructura tubulares puede comprender una o más celdas fotovoltaicas y puede unirse físicamente un buen número de dichas estructuras en relación de extremo a extremo con elementos apropiados que permiten la conexión eléctrica de las celdas en serie y/o 20 en paralelo.

Debido a la estructura tubular, puede hacerse circular un enfriador fluido a través del interior de cada uno de los tubos de tal manera como para proporcionar un enfriamiento por conducción directa del calor.

Aún otros objetos de la invención se e s t a -

1 blecen o se hacen obvios por medio de la siguiente descripción detallada de la invención la que debe ser considerada junto con los dibujos anexos, en los que los números iguales se refieren a partes iguales y:

5 La figura 1 es una vista en perspectiva de una porción quebrada de una forma preferida de una celda solar cilíndrica construída de acuerdo con esta invención;

10 La figura 2 es una vista en sección longitudinal de una disposición de fotoceldas del tipo mostrado en la Figura 1;

La figura 2A, 2B y 2C son vistas en sección agrandadas de ciertos componentes de la disposición de la Figura 2;

15 La figura 3 es una vista en sección longitudinal de una segunda forma de disposición de celda solar;

La figura 4 es una vista similar a la de la figura 3 de una disposición de celda solar con un soporte central;

20 La figura 4A es una vista en sección fragmentada mostrando una forma alternativa de una disposición de celdas solares con un soporte de mandril cilíndrico;

25 Las figuras 5 a 8 son vistas en sección fragmentadas a una escala agrandada que muestran métodos diferentes de interconectar las celdas solares tubulares en una disposición;

La figura 9 es una vista igual a la de la figura 3 de una disposición conectada en paralelo;

30 La figura 10 es una vista en perspectiva mostrando varias disposiciones de celdas solares combinadas con concentradores de energía solar; y

1 La figura 11 es una sección transversal de una celda solar de barrera de Schottky.

5 La presente invención está basada sobre el uso de silicio de calidad semi-conductora (o cualquier otro material semi-conductor apropiado como se describirá posteriormente en la presente) en forma tubular. Como ya saben las personas entendidas en la materia, el silicio y otros materiales semiconductores pueden desarrollarse como cuerpos substancialmente monocristalinos huecos, es decir, tubulares, con formas de sección transversal cilíndricas, -
10 rectangulares y otras formas, por medio de los procedimientos descritos y reivindicados en las Patentes de los Estados Unidos números 3471266 y 3591348 otorgadas a Harold E. LaBelle, Jr. en 10/7/69 y 7/6/71, respectivamente (véase también la Patente de los Estados Unidos número 3,826625
15 otorgada con fecha 7/30/74 a J. S. Bailey). Controlando el medio ambiente del crecimiento y utilizando una fusión de alta pureza, es posible desarrollar cuerpos tubulares con una pureza apropiada para que sean utilizados con fines de
20 semiconductores.

 Así mismo, introduciendo impurezas apropiadas que determinan el tipo de conductividad, es decir, contaminantes, a la fusión es posible producir cuerpos tubulares por medio de los procedimientos antes mencionados que tienen
25 una conductividad de tipo P- o N- y una resistencia predefinida. La adición de un contaminante o proporcionador de impurezas a una fusión de la cual se hace crecer al cristal, es convencional. Por ejemplo, con los procedimientos del tipo de Czochralski y también como queda ejemplificado
30 por las patentes de los Estados Unidos números 3129061, 3162507 y 3394994.

1 En la forma preferida de realizar esta inven
ción, inicialmente se proporciona un cuerpo tubular de un
tipo de conductividad y dicho cuerpo se trata después para
proporcionar una o más zonas de conductividad de tipo opues
5 to de tal manera que se crea una junta P-N entre dicha zo
na o zonas y la porción o porciones adyacentes del cuerpo
hueco. La zona de tipo de conductividad opuesta puede for
marse de diferentes maneras conocidas para las personas -
entendidas en la materia, por ejemplo, por difusión o por
10 implantación iónica de contaminantes o por deposición epi
taxial de material de conductividad de tipo opuesto. De -
preferencia, la zona de conductividad de tipo opuesto se
forma en la superficie exterior del cuerpo hueco, de pre
ferencia difundiendo un contaminante apropiado dentro de dicha
15 superficie. De esta forma, si el cuerpo hueco es un semi
conductor de tipo P, se difunde un contaminante apropiado
de tipo N dentro del mismo para crear una zona de conduc
tividad de tipo N. De manera similar, si el cuerpo hueco
es un semiconductor de tipo N, se difunde un contaminan
20 te apropiado de tipo P en su interior para crear una zona
de conductividad de tipo P. La elección del contaminante
utilizado dependerá del material del cual esta compuesto
el cuerpo hueco y también de su tipo de conductividad. Así
por ejemplo, puede difundirse boro dentro de un silicio de
25 tipo N para producir una zona de conductividad de tipo P -
mientras que puede difundirse fósforo dentro de silicio
de tipo P para producir una zona de conductividad de tipo
N. Los diferentes tipos de contaminantes utilizados para
modificar la conductividad del silicio son bien conocidos
30 asi como también es conocida la cantidad de impurezas no-

1 dificadoras de conductividad que pueden ser difundidas dentro del cuerpo de silicio (véase, por ejemplo, las Patentes de los Estados Unidos números 3,162,507; 3,811,954; 3,089,070; 3,015,590 y 3,546,542). También son conocidas por las personas entendidas en la materia los tipos de contaminantes que se requieren para modificar el tipo de conductividad de otros materiales, por ejemplo, arseniuro de galio, telurio de cadmio, etc. De acuerdo con los conocimientos del arte anterior, la concentración de los contaminantes de las regiones P y N de las estructuras tubulares se controla para obtener la resistencia deseada de las regiones del tipo P y N. De preferencia, la resistencia de dichas regiones se mantiene a menos de aproximadamente 100 ohms-centímetros para una mejor eficiencia de conversión está comprendida entre 0,001 y aproximadamente 10 Ohms-centímetros. Con el fin de mejorar la eficiencia de la recolección de los portadores producidos fotoeléctricamente, la profundidad de la junta P-N desde la superficie exterior se hace pequeña, de preferencia en el orden de media micra. Después de que se forma la junta P-N, se proporciona al cuerpo hueco con contactos óhmicos o electrodos para sus zonas de tipo P y N con lo que la unidad de celda solar resultante puede ser conectada a un circuito exterior. Adicionalmente, el cuerpo hueco puede ser revestido con cierta clase de película de antirreflexión o interferencia para reducir las pérdidas por reflexión o para bloquear la absorción de la radiación infrarroja. En el caso de una celda solar de silicio para uso terrestre, se prefiere que el cuerpo hueco de silicio de tipo N y la zona del tipo P sean contaminadas con boro y creadas en su superficie exterior, puesto que la re-

5

10

15

20

25

30

1 flectancia o reflectividad del silicio contaminado con bo-
ro sólo es del 5 por ciento en contraste con la reflecti-
vidad normal del 35 por ciento para el silicio sin contami-
nante. En contraste, si se produce una zona de tipo N di-
5 fundiendo fósforo dentro de la superficie exterior del -
cuerpo de silicio de tipo P, la reflectancia de dicha super-
ficie se reducirá solo en una cantidad mínima. Sin embargo,
parece ser que las celdas de tipo P sobre N son menos re-
sistentes a la deterioración por radiación que las celdas
10 de tipo N sobre tipo P. Por lo tanto, para aplicaciones en
el espacio, puede ser preferible emplear las celdas de tipo
N sobre el tipo P con un revestimiento antirreflector o
bien una celda P sobre tipo N con una película de inter-
ferencia o filtro que haga más angosta la gama de longitu-
des de onda de radiación incidente de acuerdo con el espec-
tro de las radiaciones solares en el espacio y la respues-
ta a dicho espectro de la celda solar.

15
20 Con referencia ahora a la figura 1, la cel-
da solar ilustrada comprende un tubo 2 de silicio cilíndri-
co de conductividad de tipo N que ha sido sometido a una -
difusión de boro sobre su superficie exterior para formar
una región 4 exterior de tipo de conductividad P y una jun-
ta 6 P-N. La superficie interior del tubo cilíndrico es-
tá provista con un primer electrodo en la forma de una pe-
25 lícula 8 conductora de metal adherente que forma un contac-
to óhmico con el tubo. La película 8 cubre la totalidad -
de la superficie interior del tubo y consiste de un metal o
aleación de metal seleccionado que tiene una conductividad
relativamente alta, por ejemplo, oro, níquel, aluminio,
30 cobre o similares, como se describe en las patentes de los

1 Estados Unidos números 2,984,775; 3,046,324 y 3,005,862.
La superficie exterior está provista con un segundo elec-
trodo en la forma de una rejilla que consiste en una plura-
lidad de conductores 10 que se extienden circunferencial-
mente y que están conectados uno al otro por uno o más con-
ductores 12 que se extienden longitudinalmente. Los extre-
mos opuestos de la superficie exterior del tubo hueco están
provistos con dos conductores 14 y 16 terminales que se ex-
tienden circunferencialmente que interceptan al conductor
12 que se extiende longitudinalmente. El espaciamiento de
los conductores 10 que se extienden circunferencialmente
y de los conductores que se extienden longitudinalmente es
tal como para dejar áreas 18 relativamente grandes de su-
perficie exterior del tubo expuestas a la radiación solar.
De preferencia, aun cuando no necesariamente, los conduc-
tores 12, 14 y 16 son más anchos que los conductores 10 que
se extienden circunferencialmente puesto que llevan una ma-
yor cantidad de corriente que cualquiera de los últimos.
Estos conductores se hacen de una película de metal adheren-
te al igual que el electrodo 8 interior y forman contactos
óhmicos con la superficie exterior del tubo. Los conducto-
res 10, 12, 14 y 16 y la película 18 pueden ser aplicados
por cualquiera de las diferentes técnicas apropiadas bien
conocidas en el arte, por ejemplo, por medio de deposición
por evaporación.

Como es obvio a las personas entendidas en la
materia, la unidad de la figura 1 constituye una celda so-
lar fotovoltaica discreta. Cuando la unidad se conecta por
medio de sus electrodos interior y exterior a un circuito
exterior y las porciones expuestas 18 de la superficie ex-
terior de la unidad se exponen a la radiación solar, se

1 generan pares de agujeros o huecos de electrones en el -
tubo lo que da por resultado que la corriente fluya a tra-
vés del circuito exterior por medio de los electrodos in-
terior y exterior.

5 El potencial de circuito abierto de la uni-
dad es de aproximadamente 0,52 volts. Se producirán los mis-
mos resultados si la unidad de la celda solar se hace pro-
porcionando un tubo hecho de una conductividad tipo P y -
tratando su superficie exterior para proporcionar regiones
10 de conductividad de tipo N con una junta entre ellos P-N.

 La pluralidad de unidades P sobre N o N sobre
P es la que se muestra en la figura 1 y puede estar combi-
nada para formar una disposición de celdas solares, en la
que las celdas solares individuales están internonectadas
15 eléctricamente ya sean en serie o en paralelo de acuerdo
con el voltaje de salida y la corriente de salida que se -
desea. De preferencia, aún cuando no necesariamente, las
diferentes unidades están conectadas mecánicamente una al
extremo de la otra para formar una estructura integrada.

20 La figura 2 ilustra una disposición de celdas
solares que comprenden tres de las unidades como las que
aparecen en la figura 1 interconectadas eléctricamente en
serie una con la otra. Como se ve en la figura 2, las tres
unidades están dispuestas una al extremo del otro con la
25 unidad central 20B mecánicamente acoplada a las dos unida-
des de extremo 20A y 20B por medio de dos miembros de aco-
plamiento 22 iguales que de preferencia están hechos de un
material eléctricamente aislante tal como de plástico, pe-
ro también pueden hacerse de un material eléctricamente -
30 conductor que esté provisto con un revestimiento aislante.

1 Como se ve mejor en la figura 2A, los miembros 22 de acoplamiento están hechos de material eléctricamente aislante que comprenden una porción anular 24 formada con rebordes cilíndricos 26 y 28 en su interior y los bordes exteriores respectivamente. El reborde interior se extiende dentro de la superficie interior y acopla a esta superficie interior de una de las unidades de la celda solar mientras que el reborde exterior rodea y acopla a la superficie exterior de la unidad de celda solar adyacente. Interpuesto entre la porción anular del miembro de acoplamiento y la unidad solar que está rodeada por el reborde exterior 28, hay un anillo 30 que también está hecho de un material aislante y que tiene una anchura en su dirección radial que es suficiente como para abarcar la superficie de extremo total de la unidad solar que acopla, con lo que se evita que pueda haber cortos circuitos a través de la junta P-N de la unidad solar. Cada uno de los miembros de acoplamiento está provisto con un recubrimiento 32 de material conductor sobre la superficie interior de su reborde exterior, sobre la superficie adyacente de su porción anular, y el extremo interior y las superficies exteriores de su reborde interior. Los rebordes interior y exterior de cada uno de los miembros de acoplamiento forman un ajuste apretado con las dos unidades de celdas solares entre las que se dispone, lo que da por resultado que se haga un contacto óhmico directo entre el conductor exterior 16 de la unidad 20A y el electrodo interior 8 de la unidad 2B, y en forma similar entre el conductor exterior 16 de la unidad 20B y el electrodo interior de la unidad 20C. El primer miembro de extremo 36 esta unido al extremo libre de la unidad 20A y el otro -

1 miembro de extremo 38 está unido al extremo libre de la -
tercera unidad 20C. Como puede verse en la figura 2B, el
miembro de extremo 36 comprende una porción de anillo cir-
5 cular que acopla la superficie de extremo de la unidad 2A y
una porción de anillo cilíndrico que acopla la superficie
interior de la misma unidad. El miembro de extremo 36 está
provisto con un revestimiento 40 de metal conductor sobre
la superficie de extremo anular expuesta de su porción de
anillo y así mismo en el extremo interior y las superficies
10 exteriores de su porción de reborde. El miembro de extremo 38
opuesto está formado como un manguito cilíndrico con una
ranura circular 42 en un extremo para recibir el extremo
libre de la tercera unidad de celda solar 20C. La superfi-
cie exterior de este miembro de extremo está provista con
15 un revestimiento de metal conductor 44 que se extiende al-
rededor de la parte exterior de su superficie de extremo -
interior y a lo largo del lado exterior de la ranura 42, -
como aparece en la Figura 2C. Los miembros de extremo 36 y
38 hacen un contacto de ajuste apretado con las unidades
20 20A y 20C de las celdas solares de tal manera que sus ca-
pas de metal conductoras 40 y 44 hacen contactos óhmicos
directos con el electrodo interior de la unidad 20A y el -
conductor exterior 16 de la unidad 20C.

25 La disposición descrita anteriormente está
acoplada a un circuito exterior (no mostrado) por medio de
conductores 46 y 48 terminales que están asegurados con-
ductivamente a los revestimientos conductores y a los miem-
bros de extremo 36 y 38. Como será obvio a las personas en-
tendidas en la materia, el conductor de terminal 46 está
30 conectado al lado N de la unidad 20A mientras que el otro

1 conductor 48 está conectado al lado P de la unidad 20C.
Adicionalmente, el lado P de la Unidad 20A está conectado
eléctricamente al lado N de la unidad 20B, mientras que el
lado P de la unidad 20B esta conectado al lado N de la uni-
5 dad 20C. Como consecuencia, las tres unidades están conec-
tadas eléctricamente en serie lo que da por resultado el
voltaje del circuito abierto de la disposición es igual a
la suma de los voltajes generados por las tres unidades de
celdas solares, es decir, de aproximadamente 1,56 volts.

10 Las tres unidades de 20A a 20C de la figura
2, pueden ser retenidas fijas en relación de extremo a ex-
tremo de diferentes maneras. Una de estas formas es la de
conectar los miembros de acoplamiento 22, 36 y 38 a las -
unidades de celdas solares por medio de cemento conductor
15 ubicado en donde se desea el acoplamiento eléctrico. Otro
método es el de rodear los miembros de acoplamiento y los
extremos de los tubos 2 con anillos de abrazadera o de su-
jeción mecánica, es decir, anillos divididos con elementos
de tornillo para tirar de los extremos de los anillos y -
20 juntarlos de tal manera como para comprimir radialmente a
los tubos y acoplar a los miembros uno con el otro. Aún
otro método es el de proporcionar elementos para comprimir
axialmente los tubos y juntarlos. Un cuarto método es el
de un ajuste forzado que acople los miembros de los tubos
25 huecos. Pueden utilizarse aun otras técnicas que son obvias
para las personas entendidas en la materia para retener jun-
tas a las unidades de celdas solares ensambladas de tal mane-
ra como para formar una estructura integrada. De preferen-
cia, la forma de retener un cierto número de unidades de
30 celdas solares tubulares ensambladas una al extremo de la

1 otra de tal manera como para formar una estructura resis-
tente debe ser tal como para permitir que se haga circular
un enfriador a través del interior de las unidades. Tres
de estas formas son las que se ilustran en las figuras 3,
5 4 y 4A. La figura 3 también ilustra como pueden combinarse
en una disposición las celdas P sobre N y N sobre P.

Volviendo ahora a la figura 3, se muestra una
disposición de unidades de celdas solares tubulares 50A, B,
C y D que son iguales a las unidades de celdas solares de
10 la figura 2, con excepción de que las unidades 50B y 50D
son celdas N sobre P mientras que las unidades 50A y 50C
son celdas P sobre N. De esta forma, las unidades 50A y
50C son iguales a la unidad de celda solar de la figura 1,
mientras que la unidad 50B comprende un tubo de silicio de
15 tipo P con la superficie exterior tratada para proporcionar
una región cilíndrica de tipo N separada de la porción -
interior del tubo por una junta P-N que es la inversa de
la de la junta 6. Las celdas de extremo 50A y 50D están -
20 provistas con miembros de extremo 36 y 38 como se describe
anteriormente, mientras que los cuatro miembros de acopla-
miento de 52A y 52D están ubicados entre los extremos mu-
tuamente confrontantes de los tubos sucesivos. Los miembros
de acoplamiento 52 están hechos de material eléctricamente
25 aislante y están en la forma de manguitos cilíndricos con
una ranura en cada una de las caras de extremo para acom-
odar un extremo del tubo. Los miembros de acoplamiento 52A y
C están provistos con revestimientos de metal conductor
(representados por la línea gruesa 54) en la Figura 3 que -
30 cubre su superficie exterior y se extiende alrededor de -
la porción exterior de cada uno de sus bordes de extremo y
a lo largo del lado exterior de cada una de sus ranuras de

1 extremo. De esta forma, los conductores de extremo 16 y 14
de las unidades 50A y 50B y los conductores correspondien-
tes de las unidades 50C y 50D acoplan y hacen contacto di-
recto óhmico con el revestimiento conductor 54 sobre los
5 miembros de acoplamiento 52A y 52C. Los miembros de acopla-
miento 52B y 52D son miembros iguales a los miembros 52A y
52C, con excepción de que cada uno de ellos está provisto de
un revestimiento de metal conductor (representado por la
10 línea gruesa 56) que cubre su superficie interior y se ex-
tiende alrededor de la porción interior de cada uno de sus
bordes de extremo y a lo largo del lado interior de cada una
de sus ranuras de extremo. De esta forma, los electrodos
interiores 8 de las unidades 50B y 50C acoplan y hacen con-
tacto óhmico con el revestimiento conductor sobre el miem-
15 bro de acoplamiento 52B y se hace un contacto similar por
medio del revestimiento conductor sobre el miembro de aco-
plamiento 50D con sus electrodos interiores de las unida-
des 50C y 50D. Como consecuencia, las diferentes juntas P-N
se conectan en serie de tal manera que el potencial de cir-
20 cuito abierto de la disposición es la suma de los poten-
ciales del circuito abierto de las celdas individuales. -
Las diferentes unidades 50A-50C de celdas solares pueden
ser aseguradas una con la otra de la misma manera que las
unidades de la figura 2 y pueden ser enfriadas haciendo pa-
25 sar un fluido apropiado a través de las diferentes unida-
des pasando por las aberturas provistas por medio de los
miembros 36, 38 y 50A a 50D.

La figura 3 también ilustra como puede com-
binarse un filtro de radiación con una celda solar o con
30 una disposición de celdas solares construídas de acuerdo con

1 esta invención. En este caso, el filtro de radiación está
formado como un tubo cilíndrico 58 que es deslizado sobre
las diferentes unidades y está asegurado, por ejemplo, por
5 elementos mecánicos o pegándolo con un cemento apropiado,
cuando menos a dos miembros de extremo 36 y 38, de tal ma-
nera como para retener a la disposición de los tubos uno
con el otro. Para esta modificación el miembro de extremo
38 se modifica como aparece en las líneas punteadas de tal
10 forma como para proporcionar una superficie para los tubos
de acoplamiento 58. Como una característica adicional, el
tubo de filtro 58 también puede estar asegurado a los miem-
bros de acoplamiento 52. El tubo 58 está hecho de un mate-
rial apropiado, por ejemplo, un vidrio seleccionado, que
es transparente a la radiación con una longitud de onda que
15 producirá pares de agujeros o huecos de electrones y de es-
ta forma produce el efecto fotovoltaico deseado pero que -
dejará pasar muy poca o ninguna radiación infrarroja. De
esta forma, en el caso del silicio, el filtro está hecho de
preferencia de un material que bloquee la radiación con lon-
20 gitudes de onda mayores a aproximadamente 1,2 micras.

La figura 4 muestra una disposición de celdas
solares como la de la figura 2 en la que las diferentes
unidades están montadas sobre un soporte central. En este
caso, las tres unidades iguales de 20A a 20C están separa-
25 das por miembros de acoplamiento 60A y 60B que son simila-
res a los miembros de acoplamiento 22 con excepción de que
sus diámetros interiores tienen un tamaño tal como para -
que formen un ajuste de deslizamiento apretado con una -
varilla o mandril 62 central de soporte. Adicionalmente,
30 cada uno de los miembros de acoplamiento 60 está provisto

1 con una o más aberturas 64 de tal manera como para permitir
que pase un enfriador desde el interior de una de las uni-
dades de las celdas solares hasta la siguiente unidad de
la celda solar. Los miembros de acoplamiento 60 pueden es-
5 tar recubiertos al igual que los miembros 22, en cuyo caso
se introducen los anillos espaciadores aislantes como los
que aparecen en 30 de la figura 2 entre cada uno de los
miembros de acoplamiento y la unidad de la celda solar ad-
yacente que es abarcada por el reborde exterior del miembro
10 de acoplamiento. Alternativamente los miembros de acopla-
miento pueden estar recubiertos con una película de metal
conductor que cubre las superficies de extremo interior y
exterior del reborde exterior y se extiende hasta la super-
ficie exterior y cubre dicha superficie exterior del re-
15 borde interior, como aparece representado por la línea gruesa
66 en la figura 4. En este caso, se interpone un espa-
ciador circular 30A hecho de un material eléctricamente -
aislante entre cada uno de los miembros de acoplamiento y
la unidad de la celda solar que se ajusta sobre el reborde
20 interior del miembro de acoplamiento de tal manera como -
para evitar que haya corto circuito de la junta P-N pro-
vocados por la película de metal 66. De esta manera, cada
uno de los miembros de acoplamiento proporciona una conexión
óhmica entre el conductor de extremo 16 de una unidad y
25 el electrodo interior 8 de la unidad adyacente. Los extre-
mos opuestos de la disposición están equipados con miembros
de extremo 68 y 70. El miembro de extremo 68 esencialmente
es un tapón cilíndrico con una extensión 72 axial de diá-
metro reducido en un extremo y un reborde periférico 74 -
30 en el otro extremo. La superficie circunferencial del re-

1 borde 74 está revestida con una película de metal conduc-
tor representada por la línea gruesa 75 que se extiende -
5 hasta la superficie circunferencial y cubre dicha superfi-
cie circunferencial de aquella porción del tapón que se -
ajusta dentro de la unidad 20A, con lo que se hace un con-
tacto óhmico con el electrodo interior 8 de dicha unidad.
El miembro de extremo 68 está provisto con un agujero axial
76 y un extremo del soporte del centro 62 está provisto con
una sección de diámetro reducido que se ajusta dentro del
10 extremo interior del agujero 76. Adicionalmente, el miem-
bro 68 está provisto con uno o más pasajes 78 que se ex-
tienden radialmente y que intersectan el agujero axial 76.
Se interpone un espaciador 80 no conductor entre el rebor-
de 74 del miembro de extremo 68 y la superficie de extremo
15 adyacente de la unidad 20A, de tal manera como para evitar que
haya un corto circuito en la junta P/N. El miembro 68 está
asegurado en su lugar pegándolo y el espaciador 80 a la -
unidad 20A y/o pegando su extensión 72 al soporte central
62. El miembro 70 de extremo opuesto también esta formado
20 con una extensión axial 82 y un agujero central 84. Se pro-
porcionan uno o más orificios 86 que se extienden radialmen-
te y que intersectan al agujero 84 y el extremo adyacente
del soporte central 62 tiene una sección de diámetro redu-
cido que se ajusta dentro del agujero axial 84. El miembro
25 de extremo 70 está formado con un reborde cilíndrico 87 -
que tiene un tamaño tal como para ajustarse sobre el ex-
tremo adyacente de la unidad 20C y como para acoplarlo. La
superficie interior del reborde del miembro de extremo 70 -
está revestida con una película de metal conductor represen-
30 tada por la línea gruesa 89 que se extiende alrededor de la

1 superficie de la orilla del reborde y cubre la superficie
exterior cilíndrica del mismo reborde, con lo que se hace
un contacto óhmico con el conductor de extremo 16 de la
5 unidad 20C. El miembro de extremo 70 está unido a la uni-
dad 20C y/o al soporte central 62. Como resultado, las di-
ferentes unidades y el soporte central 62 forman una es-
10 tructura integral. Los conductores terminales 46 y 48 -
pueden ser acoplados a las películas de metal conductor en
los miembros de extremo 68 y 70 como se muestra, con lo que
la disposición ilustrada puede ser conectada a un circui-
to exterior (no mostrado). La disposición descrita ante-
riormente ofrece la ventaja de que los miembros de extremo
15 68 y 70 no sólo se utilizan para formar un conjunto mecá-
nico resistente sino que también funciona como elemento pa-
ra hacer circular un fluido de enfriamiento a través del
interior de la disposición. Puede introducirse un enfria-
dor, por ejemplo, a través del agujero axial 76 y de los
orificios radiales 78 y puede salir a través de los orifi-
cios radiales 86 y del agujero axial 84 y el enfriamiento
20 pasa de una unidad a la otra a través de los pasajes 64 de
los miembros de acoplamiento 60A y 60B.

La figura 4A muestra una modificación adicio-
25 nal de la invención. En este caso, el soporte central 62
se extiende a través de un miembro de extremo 88 que es -
similar al miembro de extremo 68 con excepción de que care-
ce de la extensión 72 de diámetro reducido. Hay colocado un
sello 90 de tipo O en una ranura alrededor del agujero -
axial en el miembro de extremo 88 y acopla apretadamente el
soporte central 62. El extremo exterior del soporte central
30 62 está roscado como aparece en 92 para recibir una tuerca

1 94 que coopera con el soporte central para empujar al miembro de extremo 88 contra dicho soporte en una dirección -
como para comprimir el espaciador 80 entre él y el extremo
5 de la unidad de la celda solar 20A. El soporte central 62 -
está provisto de un agujero 96 axial ciego y uno o más orificios radiales 98 que intersectan al agujero 96. En el extremo opuesto de la disposición, se emplea un miembro de extremo 100 que es similar al miembro de extremo 38 y tiene un revestimiento conductor 101 al igual que el revestimiento 44. Una segunda tuerca 94 en el extremo adyacente del soporte 62 empuja al miembro de extremo 100 contra el extremo de la unidad 20C de la celda solar. Por lo tanto, las diferentes unidades de las celdas solares se mantienen una contra la otra por medio de la compresión axial ejercida -
15 sobre los miembros de extremo 88 y 100 por la coacción de las tuercas 94 y del soporte central 62. Puede introducirse un enfriador al interior del extremo de la disposición a través del agujero axial 96 y de los orificios 98 y puede salir en el otro extremo de la disposición a través de los correspondientes orificios y agujeros axial en el extremo opuesto del soporte central 62. El uso del soporte central 62 con los miembros de extremo como aparecen mostrados en las figuras 4 y 4A es ventajoso, independientemente de si la disposición de celdas solares comprende celdas P sobre N o N sobre P o una combinación de celdas de P sobre N y de N sobre P.

20
25
30 La figura 5 muestra un método alternativo de acoplar eléctrica y mecánicamente una con la otra dos unidades de celdas solares del tipo mostrado en la figura 1. En este caso se emplea un miembro 104 de acoplamiento no con-

1 ductor que está en la forma de un anillo cilíndrico que -
tiene un diámetro interior con dimensiones tales como para
5 producir un ajuste estrecho deslizable con el soporte cen-
tral 62. El miembro de acoplamiento 104 está provisto con
pasajes 64 como aparece, para permitir que fluya un enfria-
10 dor desde una unidad de celda solar a la otra. La super-
ficie exterior del miembro de acoplamiento 104 está provis-
ta con una nervadura 106 que se ajusta entre los dos rebor-
des dispuestos en forma opuesta y forman éstos dos rebor-
des para acoplar las dos unidades de celdas solares. En es-
te caso, cada una de las unidades de celdas solares 20A y
15 20B se modifica de tal manera que un extremo de su electro-
do interior 8 termine a una corta distancia de su borde de
extremo, mientras que el otro extremo de la película de me-
tal que forma el electrodo se extiende alrededor del borde
de extremo y sube sobre la superficie exterior del tubo -
huevo de tal manera como para formar un saliente como apa-
20 rece en 107. Sin embargo, entre la porción extendida del
electrodo interior 8 y la superficie de extremo y exterior
del tubo 2, se proporciona una capa delgada de material -
aislante 108 de tal manera como para evitar que haya un cor-
to circuito de la junta P-N. Como vía de ejemplo, si los -
25 tubos de las unidades 20A y 20B de las celdas solares se ha-
cen de silicio, el material aislante 108 puede ser una pe-
lícula o capa de dióxido de silicio (SiO_2). En este caso,
también el conductor de extremo 16 esta separado del borde de
extremo del tubo 16 de tal manera que exista un espacio en-
30 tre dicho tubo y la porción extendida 107 del electrodo in-
terior. Los extremos adyacentes de los dos tubos estan ajus-
tados sobre el miembro de acoplamiento 104 de tal manera -

que topan con los rebordes formados por sus nervaduras 106, y puede aplicarse un cemento o adhesivo apropiado no conductor entre las nervaduras y las superficies de extremo adyacentes de los dos tubos como aparece en 110, de tal manera como para pegar los dos tubos al miembro de acoplamiento 104. Posteriormente, se hace una conexión eléctrica directa entre el electrodo interior 8 del tubo 20A y el conductor exterior 14 de la unidad 20 B por medio de una o más tiras conductoras 102 que están aseguradas a la saliente 107 de la unidad 20A y el conductor 14 de la unidad 20B por medio de soldadura o por medio de un cemento conductor o por cualquier otro elemento apropiado conocido a las personas entendidas en la materia. Para permitir la extensión y la contracción debido a las variaciones de temperatura, el cemento 110 puede ser omitido y la tira conductora 110 puede estar formada de una porción combada como aparece en la línea punteada 114, con lo que se puede compensar el movimiento en el sentido de los extremos de un tubo con relación al miembro de acoplamiento 104 y el otro tubo, flexionando la porción arqueada o combada 114.

La figura 6 muestra aún otra forma de proporcionar conexiones eléctricas entre las dos unidades tubulares adyacentes. En este caso, el miembro de acoplamiento 116 es similar al miembro de acoplamiento 104 con excepción de que su nervadura exterior 117 está biselada como aparece. La superficie exterior del miembro de acoplamiento 116 está provista con un revestimiento de un metal conductor como se muestra en 118, el que está soldado al electrodo interior 8 y hace un contacto óhmico con dicho electrodo interior 8 de la unidad 20B. La otra unidad 20A tie-

1 ne su superficie interior pegada al miembro de acoplamiento 116 por medio de un cemento no conductor como se muestra en 119. El conductor de extremo 16 de la unidad 20A -
..5 está acoplado con la película de metal 118 sobre el miembro de acoplamiento 116 por una o más tiras 120 de alambre conductor flexible. Si se desea, las tiras 120 pueden ser reemplazadas por un cilindro conductor flexible en el que uno
10 de sus extremos es lo suficientemente grande como para rodear y acoplar el conductor de extremo 16 de la unidad 20A y el otro extremo es lo suficientemente pequeño como para rodear el miembro de acoplamiento 116 y estar unido conductivamente a la película de metal 118.

15 La figura 7 muestra una disposición en la que el soporte central 62 se extiende a través de los elementos espaciadores 122 que son similares a los miembros de acoplamiento 104 y 116, con excepción de que no se extienden entre las dos unidades de celdas solares. De preferencia, -
20 aún cuando no necesariamente, los elementos espaciadores 122 están pegados a las unidades 20 A y 20B y de preferencia tienen un tamaño como para tener un ajuste estrecho pero deslizable con el soporte central 62. Los espaciadores 122 están provistos con pasajes 64 para permitir el flujo del enfriador como se describió previamente. Interpuesto entre
25 las dos unidades de celdas solares y en conexión con dichas unidades, hay un fuelle 124 del tipo de acordeón. Un extremo del fuelle tiene una extensión cilíndrica 126 que se ajusta sobre el conductor de extremo 16 de la unidad 20A y está unido a dicho conductor de extremo. El otro extremo del fuelle tiene una extensión cilíndrica 128 que se ajusta dentro del electrodo 8 de la unidad 20B y está unido a dicho
30

1 electrodo 8. De preferencia, el fuelle 124 esta hecho to-
talmente de un metal conductor o de una aleación de metal
conductora; alternativamente, puede hacerse de un material
5 conductor pero debe revestirse con un metal a conductor de
tal manera como para que haga una conexión eléctrica direc-
ta entre el conductor 16 de la unidad 20A y el electrodo
interior 8 de la unidad 20B. Las porciones cilíndricas
126 y 128 de preferencia están soldadas pero pueden estar
pegadas por medio de un segmento conductor a las unidades
10 20A y 20B de tal manera que se asegure un buen contacto -
óhmico.

Esta modificación ofrece la ventaja de que el
fuelle 124 permite que una o ambas de las unidades aco-
pladas 20A y 20B se desplacen longitudinalmente para com-
15 pensar los golpes o la expansión o contracción inducida
por la temperatura, sin interrumpir las conexiones entre
las unidades acopladas.

La figura 8 muestra una modificación de la
invención que es similar a la de la figura 7, con excep-
20 ción de que el fuelle 124 es reemplazado por un manguito
flexible arqueado 130 que tiene una sección de extremo ci-
líndrico 132 que está unida al conductor de extremo 16 de
la unidad 20A y una sección de extremo 134 cilíndrica más
chica que está unida al electrodo 8 interior de la unidad
25 20B. El manguito 130 puede hacerse de un material cõduc-
tor o de un material aislante con revestimientos de super-
ficie conductora, de tal manera como para proporcionar una
trayectoria directa eléctrica entre el conductor de extremo
16 de la unidad 20A del electrodo interior 8 de la unidad
30 20B. Si se desea, pueden pegarse espaciadores 136 aislan-

1 tes para que confronten las superficies de extremo de las
unidades 20A y 20B como aparece en las figuras 7 y 8 de tal
manera como para evitar que las porciones del fuelle 124
y del manguito 130 hagan contacto eléctrico con dichas super-
5 ficiencias de extremo; de esta manera, se evita un corto circui-
to de las juntas P/N por medio de los elementos 124 y 130
en el caso de que las unidades 20A y 20B se muevan una ha-
cia la otra. Las modalidades de las figuras 7 y 8 ofrecen
la ventaja de que las unidades 20A y 20B están libres para
10 moverse en el sentido longitudinal del soporte central 62
hasta un grado limitado, con lo que se evita la ruptura de
las conexiones eléctricas entre ellas cuando las unidades
se someten a choques o vibraciones o cuando se contraen o
se expanden debido a los cambios en la temperatura. Las di-
15 ferentes maneras de acoplar las unidades de celdas solares
adyacentes unas con las otras que aparecen en las figuras
5 a 8 pueden ser empleadas en disposiciones en las que los
extremos opuestos del soporte central 62 están conectadas a
los miembros de extremo como aparece en las figuras 4 y 4A,
20 o en cualquier otra forma.

Una ventaja adicional de emplear el soporte
central 62 es la de que puede ser utilizado como un conduc-
tor común o barra de conducción común para los electrodos
interiores 8 de las diferentes unidades de celdas solares
25 cuando se desea conectar eléctricamente las diferentes uni-
dades en paralelo. De esta forma, como aparece en la figu-
ra 9, pueden conectarse tres unidades de 20A a 20C de cel-
das solares tubulares una al extremo de la otra por medio de
los miembros de acoplamiento 140 que generalmente tienen la
30 forma igual a la de los miembros de acoplamiento de 52A a

1 560 de la figura 3 y tienen los correspondientes revesti-
mientos conductores 54. Sin embargo, los diámetros inte-
5 riores de los miembros de acoplamiento 140 tienen un tama-
ño tal que sus superficies interiores sujetan apretadamente
el soporte central 62, y se proporcionan los pasajes 64 -
para permitir que un enfriador pase a través de las diferen-
tes unidades. Adicionalmente, la superficie interior de ca-
da uno de los miembros de acoplamiento esta revestida con
una película de metal conductor la que, como queda represent-
10 tado por la línea gruesa 142, se extiende alrededor de las
porciones interiores de su superficie de extremo opuesto y
a lo largo de los lados interiores de sus dos ranuras. Las
películas de metal 54 están pegadas al conductor de extre-
mo 16 de una unidad y al conductor 14 del extremo opuesto
15 de la unidad adyacente, mientras que las películas de me-
tal 142 están pegadas a los electrodos interiores 8 de las
correspondientes unidades y sujetan apretadamente al so-
porte central 62. Este último está hecho de un material eléc-
tricamente conductor o bien tiene un revestimiento eléctri-
20 camente conductor de tal manera que sirva para conectar eléc-
tricamente los electrodos interiores 8 de las tres unidades
al miembro de extremo 68A. Este último, es igual al miembro
de extremo 68 con excepción de que está hecho de un material
conductor. El miembro de extremo 70 está hecho igual al -
25 elemento correspondientemente numerado en la figura 4. Los
conductores terminales 46 y 48 están pegados al miembro de
extremo 68 y la película 89 de metal conductor del miembro
70 respectivamente. Como consecuencia las tres celdas quedan
conectadas en paralelo una con la otra de tal forma que cuan-
30 do se conecta la disposición a un circuito exterior, la

1 salida de corriente total sera la suma de las corrientes generadas por las unidades de celdas solares individuales.

.5 La figura 10 ilustra como las celdas solares tubulares proporcionadas por la presente invención pueden ser combinadas con concentradores de energía solar, y como las celdas solares actúan como receptoras de energía. La modalidad de la figura 10 comprende cuatro disposiciones de celdas solares o baterías 150 iguales a las que se muestran en la figura 4 y, para conveniencia de la ilustración, solo 10 tres de las disposiciones están combinadas con los concentradores. Cada uno de los concentradores 152 está fijo a la placa de soporte 151 y comprende paredes de extremo 154 y 156 opuestas planas, paredes laterales 158 y 160 opuestas que están curvadas parabólicamente en su sección transversal y una pared de fondo 162 que está curvada en forma circular en su sección transversal. El extremo superior abierto de cada uno de los concentradores forma una pupila de entrada con una anchura d_1 .

15 Cada uno de los concentradores está hecho de tal manera que las superficies interiores de sus paredes de extremo, laterales y del fondo son capaces de funcionar como reflectores de la radiación solar. De esta forma, por ejemplo, cada uno de los concentradores puede ser de lámina 20 de metal con superficie de espejo, por ejemplo de aluminio, o puede hacerse de un material plástico con una película de metal reflectora depositada sobre sus superficies interiores. La junta de las paredes laterales 158 y 160 con la pared del fondo 162 forma una pupila de salida con una anchura d_2 . La pared de fondo curvada 162 forma una cámara para recibir la disposición 150 de las celdas solares 25 30

1 asociadas que esta centrada en la cámara. El radio de la
curvatura de la pared del fondo es suficientemente grande
como para proporcionar un espacio entre la misma y la dis-
5 posición asociada que es lo suficientemente grande como -
para permitir que su superficie interior reciba y refleje
una porción substancial de cualquier radiación que pase al
interior de la pupila de salida. De preferencia, aun cuan-
do no necesariamente, el diámetro exterior de los tubos
que forman cada una de las disposiciones de las celdas so-
10 lares tiene aproximadamente la mitad de la anchura d_2 . De
preferencia, aun cuando no necesariamente, la anchura de
las pupilas de entrada y de salida se disponen de tal mane-
ra como para proporcionar una relación d_1/d_2 igual a $1/\text{seno}$
 θ_{max} , en la que θ_{max} es el ángulo formado entre el eje cen-
15 tral del concentrador y una línea que se extiende desde un
borde de la pupila de entrada al borde opuesto de la pupi-
la de salida. El concentrador acepta radiación (difundida
o colimada) sobre un ángulo de $2\theta_{\text{max}}$ y la concentrada en su
totalidad en la pupila de salida. Este tipo de concentrador
20 se describe en la reimpresión de un artículo escrito por -
Roland Winston, "Solar Concentrators of a Novel Design"
("Concentradores Solares de Nuevo Diseño"), programado pa-
ra la publicación de Octubre de 1974, de un número de la -
revista Solar Energy Journal.

25 Los extremos opuestos de cada uno de los -
arreglos se extienden a través de manguitos aislantes 164
montados en las paredes de extremo opuestas del concentra-
dor asociado y los conductos 166 y 167 están unidos a los
miembros de extremo 68 y 70. Los conductos 166 y 167 están
30 conectados a tubos colectores 168 y 169 respectivamente. -

1 Estos últimos están conectados a los conductos 171 y 173
con lo que el enfriador es alimentado a un extremo de cada
uno de los arreglos y se le hace salir en el extremo opues-
to de cada uno de los arreglos. El sistema de circulación
5 del enfriador preferentemente es del tipo de circuito ce-
rrado que comprende un intercambiador térmico exterior mos-
trado esquemáticamente como una caja 170 y una bomba 172
para hacer circular el enfriador a través de las disposi-
ciones de celdas solares y del enfriador térmico. Con dicho
10 sistema de circulación, el enfriador absorbe el calor de los
arreglos de celdas solares y es liberado de dicho calor en
el intercambiador térmico. Para instalaciones terrestres o
terrenales, el intercambiador térmico puede ser reempla-
do por una planta de refrigeración o un depósito grande de
15 enfriador que esta adaptado para liberar el calor recupera-
do de las celdas solares por enfriamiento radiante o por
intercambio térmico con un medio sólido o fluido, por ejem-
plo, piedras, agua, aire, etc.

20 Como una medida alternativa, el sistema de
circulación del enfriador puede estar dispuesto de tal ma-
nera que el enfriador circule a través de diferentes posi-
ciones en serie en vez de en paralelo. Sin embargo, el sis-
tema de enfriamiento de paralelo como el que se muestra en
la figura 10 es el preferido, puesto que permite que todas
25 las disposiciones sean mantenidas substancialmente a la mis-
ma temperatura.

30 Aun con referencia a la figura 10, las tres -
celdas en cada una de las disposiciones está conectada en
serie de la manera en que aparece ilustrada en la figura 4,
pero a las cuatro disposiciones están conectadas en para-

1 lela, con lo que se forma una matriz en serie y paralelo.
Las conexiones paralelas se obtienen (a) conectando jun-
5 tos los miembros de acoplamiento 68 con tiras 174 conduc-
toras que estan pegadas a las películas de metal 75 y que
hacen contacto óhmico con dichas películas de los miembros
de acoplamiento, y (b) conectando juntos los miembros de
acoplamiento 70 con tiras conductoras 176 que están asegu-
10 radas de manera similar a las películas de metal 89. Los
conductores terminales 46 y 48, en forma similar conectado
a uno de los miembros de acoplamiento 68 y 70, están pro-
vistos para conectar la matriz de la celda solar a un cir-
cuito exterior. Este último puede comprender una carga que
15 consume potencia tal como, por ejemplo, un motor de corrien-
te continua, un calentador eléctrico o luces eléctricas, o
un elemento de almacenamiento de potencia tal como una ba-
tería o acumulador recargable. En las modalidades de la fi-
gura 10, parte de la radiación solar que entra en la pupila
de entrada del concentrador puede pasar directamente a tra-
vés de la pupila de salida y puede ser recibida por las cel-
20 das solares asociadas directamente o después de la reflexión
desde la pared del fondo 162. El resto de la radiación que
entra en la pupila de entrada es reflejada por las paredes
de extremo y laterales del concentrador hasta la pupila de
salida en donde pega con las celdas solares ya sea directa-
25 mente o después de ser reflejada desde las paredes del fon-
do 162. Esta última pared funciona para dirigir la radia-
ción sobre la mitad del fondo de la disposición de las cel-
das solares de tal manera que cada una de las celdas solares
es irradiada substancialmente de manera uniforme en todas
30 su circunferencia. Esto tiene el doble efecto de obtener

1 el máximo de salida de corriente y de evitar puntos ca-
lientes locales. Simultáneamente, el enfriador circulante
remueve cualquier calor generado en las celdas solares por
absorción de la radiación infrarroja o por pérdidas de re-
.5 sistencia, con lo que las disposiciones de las celdas so-
lares se mantienen a una temperatura uniforme. El enfria-
dor empleado y el régimen al cual se hace circular se se-
lecciona de tal manera como para mantener a las celdas solares
a una temperatura que permita que las celdas funcionen con
10 una eficiencia de conversión satisfactoria. Así mismo, el
enfriador puede ser eléctricamente no conductor puesto que
de otra forma provocaría un corto circuito en las celdas.
Como via de ejemplo, pero sin limitación, el enfriador -
puede ser agua desionizada, o un hidrocarburo, fluorado,
15 un aceite de silicona, Freon ^(R) aire o nitrógeno.

Debe quedar entendido que las celdas solares
y las disposiciones de estas celdas solares tubulares pue-
den combinarse con otras formas de concentradores de ener-
gía solar. De esta manera, el concentrador puede tomar la
20 forma de un reflector sencillo en forma de artesa que tiene
una sección transversal parabólica, con una celda solar tu-
bular o reflector extendiéndose a lo largo de la artesa -
substancialmente coaxial con el foco de la parábola. Adicio-
25 nalmente, puede montarse una cubierta transparente sobre
el concentrador o sobre los concentradores para proporcio-
narle protección contra la lluvia, el polvo, etc.

Aun cuando la invención como se describe en
la presente de preferencia toma la forma de celdas solares
de silicio de juntas P-N, ésta no queda limitada a los dis-
30 positivos fabricados con silicio o dispositivos con homo-

1 juntas. En lugar de ello, las celdas tubulares pueden ha-
cerse de otros materiales semiconductores y comprender hete-
rojuntas sobre una junta de barrera de superficie (por ejem-
plo, una barrera de Schöttky) en lugar de la homojunta. -
5 Adicionalmente, el material conductor no necesita ser sus-
tancialmente monocristalino puesto que se conocen dispo-
sitivos fotovoltaicos que pueden comprender materiales semi-
conductores policristalinos, por ejemplo, telurio de cad-
mio. De esta manera, por ejemplo, pueden hacerse celdas -
10 solares tubulares que esencialmente comprenden juntas P-N
de arseniuro de galio, juntas P-N de fosfuro de arseniuro
de galio, juntas P-N de telurio de cadmio, y heterojuntas
de sulfuro de cadmio/sulfuro de cobre y arseniuro de ga-
lio/fosfuro de galio. De manera similar, por ejemplo, las
15 celdas solares tubulares pueden ser dispositivos de barre-
ra de superficie que comprenden juntas semiconductoras de
metal o de óxido de metal, por ejemplo, celdas solares uti-
lizando oro sobre silicio de tipo N, aluminio sobre sili-
cio de tipo P, óxido de estaño sobre silicio de tipo N,
20 cromo sobre silicio de tipo P y óxido de indio sobre te-
lurio de cadmio. Las juntas P-N y heterojuntas antes men-
cionadas pueden hacerse proporcionando un cuerpo tubular de
un material de junta y formando una capa del otro material
de junta en la superficie interior o sobre la superficie
25 exterior de dicho cuerpo por métodos bien conocidos en el
arte, por ejemplo, difundiendo un contaminante de tipo de
conductividad opuesta sobre la superficie exterior en el
caso de una homojunta o epitaxialmente haciendo crecer una
capa delgada de otro material de junta sobre la superficie
30 exterior del cuerpo tubular en el caso de una heterojunta.

1 De manera similar, las celdas solares con juntas de barre-
ra de superficie pueden hacerse depositando un material de
barrera de metal o de óxido de metal sobre la superficie
exterior del cuerpo semiconductor tubular por deposición
5 al vacío, bombardeo iónico, recubrimiento no electrolito
o cualquier otra técnica apropiada. Un requisito esencial
del material de barrera es que tenga una capacidad de trans-
misión óptica apropiada de tal manera que el dispositivo
exhiba un comportamiento fotovoltaico.

10 La figura 11 ilustra una sección tubular de
una celda solar de barrera de Schottky que comprende un -
cuerpo tubular 180 de silicio de tipo P y una barrera de
Schottky en capas sobre su superficie exterior que se hace
de acuerdo con las enseñanzas de W. A. Anderson y colabora-
15 dores, An 8% Efficient Layered Schottky-Barrier Solar Cell
(Una Celda Solar de Barrera de Schottky en Capas con 8% de
Eficiencia), Journal of Applied Physics, volumen 45, núme-
ro 9, páginas 3913-3915, Septiembre 1974. La barrera en ca-
pas consiste en una capa 184 de barrera de cromo, una capa
20 186 conductora de cobre, una capa 188 de oxidación de cro-
mo sobre la capa de cobre, un colector de corriente o de
contacto óhmico 190 hecho de aluminio y un revestimiento
192 de antirreflexión de monóxido de silicio. El contacto
25 óhmico esta representado como varias secciones discretas
puesto que se fabrica como una rejilla, de preferencia
una rejilla con secciones que corresponden a los conducto-
res 10, 12 y 14 y 16 de la unidad de la celda mostrada en
la figura 1, con lo que se expone una pluralidad de áreas re-
lativamente grandes de la capa 184 de barrera de cromo (que
30 corresponde a las áreas 18 de la figura 1) para la estimu-

1 lación por medio de la radiación solar. La capa de monóxido
de silicio se aplica sobre la capa de cobre en los espacios
comprendidos entre las secciones discretas del contacto
5 190 exterior en forma de rejilla. De preferencia el
contacto óhmico 182 cubre la mayor parte, si no es la totalidad,
de la superficie interior del cuerpo de silicio y tiene un espesor
aproximado de 1 micra o menos. El espesor de la capa 184 de cromo,
de la capa 186 de cobre, de la capa 188 de oxidación de cromo,
10 el contacto óhmico 190 y del revestimiento 192 de SiO de preferencia
se hacen con espesores de 44 Aº, 58 Aº, 23 Aº, 1,000 Aº y 690 Aº,
respectivamente.

15 Obviamente, puede disponerse una pluralidad de celdas solares
de heterojuntas tubulares y de juntas de barrera de superficie
para formar disposiciones que se combinan con concentradores de
las diferentes formas ilustradas en las figuras de 2 a 10.

20 Debe apreciarse también que las celdas solares tubulares no
necesariamente tienen que ser cilíndricas, sino que en vez de
ello, por ejemplo, pueden hacerse elípticas, cuadradas, rectangulares
y de otras configuraciones de sección transversal. El requisito
esencial de la invención es que la unidad de celda solar comprenda
un cuerpo semiconductor tubular adaptado para exhibir un comportamiento
25 fotovoltaico. En conexión con esto, debe observarse adicionalmente
que el termino "dispositivo de barrera semiconductor fotovoltaico"
tiene la intención de abarcar dispositivos que tienen una homojunta,
una heterojunta, o una junta de barrera de superficie, y también
30 que el termino "junta de barrera de superficie" incluyen dispositivos

1 de barrera de metal/semiconductor y dispositivos de barrera de óxido de metal/semiconductor, y notablemente dispositivos de barrera de Schottky.

5 El siguiente ejemplo específico ilustra una forma preferida de practicar la invención.

EJEMPLO

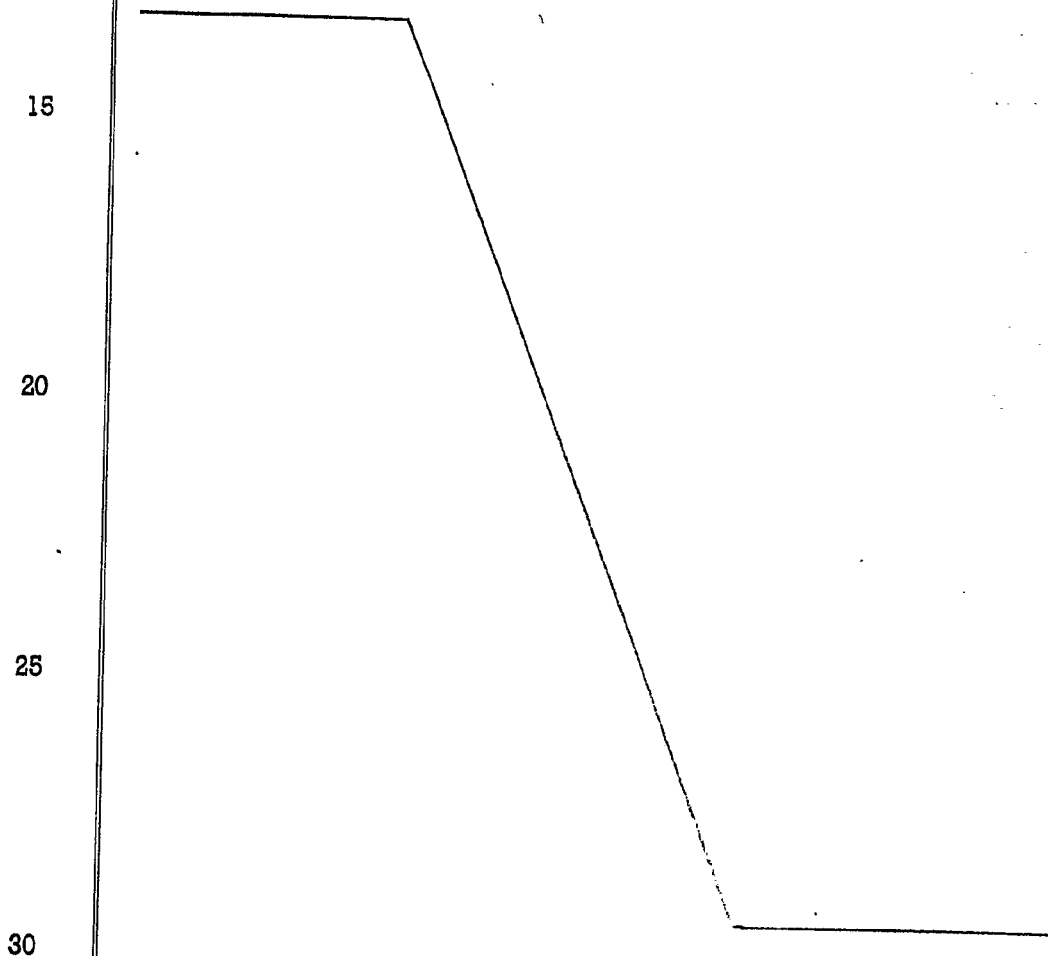
10 Se desarrolla un tubo de silicio de tipo P sustancialmente monocristalino y cilíndrico, de acuerdo con el método descrito en la Patente de los Estados Unidos número 3,591,348. El tubo se hace con una longitud aproximada de 15 centímetros, un diámetro exterior de 1,27 centímetros y un espesor de pared aproximado de 0,254 milímetros. La superficie interior se recubre con una capa de 0,025 de espesor de níquel y se difunde fósforo sobre la superficie exterior del tubo hasta una profundidad aproximadamente de 15 0,5 micras para formar una región exterior de tipo N con una junta distinta P-N. Después se deposita por vacío aluminio sobre la superficie exterior del tubo en la forma de una rejilla que consiste en una pluralidad de conductores que se extienden longitudinalmente y circunferencialmente. La 20 rejilla de aluminio se forma con un espesor aproximado de 4,0 micras. Los conductores interior y exterior se conectan a un circuito de medición y el dispositivo es irradiado por luz solar. El dispositivo exhibe un voltaje de circuito abierto de aproximadamente 0,5 volts y una eficiencia de conversión de aproximadamente 10 por ciento.

25 Las ventajas de la invención son numerosas. La estructura tubular hace que las unidades de celda sean autosoportadas con tubos con un espesor de pared relativamente 30 pequeño (por ejemplo, tubos de silicio de 1,27 centí-

1 metros de diámetro con un espesor de pared de entre 100 y
200 micras), con lo que se elimina la necesidad de un sub-
strato tubular de soporte. La ausencia de un substrato de -
soporte reduce el peso, el costo y también facilita la in-
5 terconexión mecánica y eléctrica de dos o más celdas. Adi-
cionalmente las celdas tubulares pueden ser conectadas -
eléctricamente en paralelo o en serie de acuerdo con la po-
tencia de salida deseada, y por medio de reflectores de po-
co costo tales como un reflector parabólico, es posible -
10 lograr relaciones de concentración de energía de 10 o más.
En el caso de celdas planas, se requiere un intercambiador
térmico rectangular para fines de enfriamiento si se utili-
za concentración solar, pero el intercambiador térmico típica
mente debe estar aislado eléctricamente de las celdas sola-
res. La capa de aislamiento intermedia reduce el régimen al
15 cual puede ser conducido el calor extrayéndolo de las cel-
das solares y también tiende a complicar el diseño del in-
tercambiador térmico. La presente invención facilita el en-
friamiento puesto que el enfriador está en contacto direc-
to con la superficie interior de la celda solar tubular, -
20 Por lo tanto, no es necesario que sea montada una estruc-
tura de intercambiador térmico auxiliar inmediatamente ad-
yacente a la unidad de la celda solar. Una ventaja adicio-
nal es que cualquiera que sea la porción de la energía so-
lar recibida ésta es absorbida por las celdas solares ya -
25 que el calor puede ser recuperado por el enfriador. De es-
ta forma, por ejemplo, el enfriador que sale desde las cel-
das solares puede ser utilizado como la entrada de un ab-
sorbedor térmico para un dispositivo térmico solar del tipo
30 que esta diseñado para calentar un fluido por medio de -

1 energía solar, de tal manera como para utilizar el fluido
calentado como suministro térmico o, si es vapor, para im-
pulsar una turbina. Como resultado del precalentamiento del
fluido por medio del tránsito a través de las celdas solares,
5... se requiere menos calentamiento de parte del dispositivo
térmico solar para producir una temperatura seleccionada,
por ejemplo de 93°C , y por lo tanto, el dispositivo térmico
solar puede correspondientemente ser reducido en su tamaño
con respecto a lo que debía ser el tamaño del mismo si el
10 fluido no se hubiera precalentado en las celdas solares.

En resumen, la Patente de Invención que se so
licita, deberá recaer sobre las siguientes:



REIVINDICACIONES

1
5
10
15

1.- Mejoras introducidas en aparatos para convertir energía solar en energía eléctrica en el que se proporciona una unidad de celda solar del tipo que comprende un cuerpo semiconductor con una superficie receptora de radiación y una junta fotovoltaica que está cerca a la superficie y es capaz de responder a la energía radiante que pasa a través de la superficie, y un primero y un segundo electrodos llevados por el cuerpo en los lados opuestos de la junta para acoplar la unidad a un circuito externo, caracterizadas las mejoras porque el cuerpo semiconductor es tubular y tiene una superficie interior y la superficie receptora de radiación está en el lado exterior del cuerpo y el primero y el segundo de los electrodos están en la superficie receptora de radiación y en la superficie interior respectivamente.

2.- Mejoras de acuerdo con la reivindicación anterior, en las que el cuerpo está hecho de silicio.

20

3.- Mejoras de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en las que el cuerpo tubular tiene una región exterior de un primer tipo de conductividad y una región interior de un segundo tipo de conductividad opuesto, y las regiones exterior e interior son sustancialmente concéntricas una con respecto a la otra.

25

4.- Mejoras de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en las que la junta fotovoltaica es una junta P-N o una junta N-P.

30

5.- Mejoras de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además incluye un filtro de radiación que rodea a la superficie receptora de radiación

1 ción.

5 6.- Mejoras de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en las que uno de los electrodos comprende una rejilla de conductores eléctricos pegados a las porciones de la superficie receptora de radiación y cubriendo dicha superficie receptora de radiación.

10 7.- Mejoras de acuerdo con la reivindicación 6, en las que la rejilla incluye un primer conductor en un extremo del cuerpo de un segundo conductor en el otro extremo del cuerpo.

15 8.- Mejoras de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores que además incluye un elemento receptor de radiación colocado adyacente al cuerpo para dirigir la radiación recibida sobre la superficie receptora de radiación.

9.- Mejoras de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en las que la junta fotovoltaica es una junta de barrera de superficie.

20 10.- Mejoras de acuerdo con la reivindicación 14, en las que la junta comprende un metal conductor o una capa de óxido de metal.

11.- Mejoras de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en las que la junta fotovoltaica es una heterojunta.

25 12.- Mejoras según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en las cuales cuando menos algunos de los electrodos en las unidades están interconectados de tal manera que cuando menos algunas de las unidades de celdas solares están conectadas eléctricamente en paralelo y/o en serie.

30

1

13.- Mejoras de acuerdo con la reivindicación 12, en las que cuando menos algunas de las unidades están dispuestas de tal manera que sus cuerpos tubulares están dispuestos uno al extremo del otro, y elementos para interconectar mecánicamente los cuerpos en relación de extremo a extremo.

5

10

14.- Mejoras de acuerdo con la reivindicación 12, que además incluyen un miembro de acoplamiento dispuesto entre el extremo de un cuerpo y el extremo adyacente de otro cuerpo, y conectado dichos extremos.

15

15.- Mejoras de acuerdo con la reivindicación 14, en las que el miembro de acoplamiento proporciona una conexión eléctrica entre el electrodo sobre un cuerpo y el electrodo sobre el otro cuerpo.

20

16.- Mejoras de acuerdo con la reivindicación 13, en las que los elementos de interconexión comprenden un miembro de soporte alargado dispuesto dentro de los cuerpos y extendiéndose a lo largo de los cuerpos de cuando menos algunas de las unidades, y elementos que se extienden radialmente del miembro de soporte para evitar el movimiento de los cuerpos cuando menos de algunas de las unidades radialmente del miembro de soporte.

25

17.- Mejoras de acuerdo con la reivindicación 16, en las que los elementos que se extienden radialmente tienen aberturas para permitir que fluya un fluido a lo largo dentro de los cuerpos y entre los cuerpos de cuando menos algunas de las unidades.

30

18.- Mejoras de acuerdo con las reivindicaciones 12, 13, 14, 15, 16 ó 17, que además incluye elementos para hacer circular un enfriador fluido a través de los

1 cuerpos huecos.

5 19.- Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: "MEJORAS INTRODUCIDAS EN APARATOS PARA CONVERTIR ENERGIA SOLAR EN ENERGIA ELECTRICA".

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de cuarenta y tres páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

10

Madrid, 20 Octubre 1.975

BERNARDO UNGRIA

P.P.



15

20

25

30



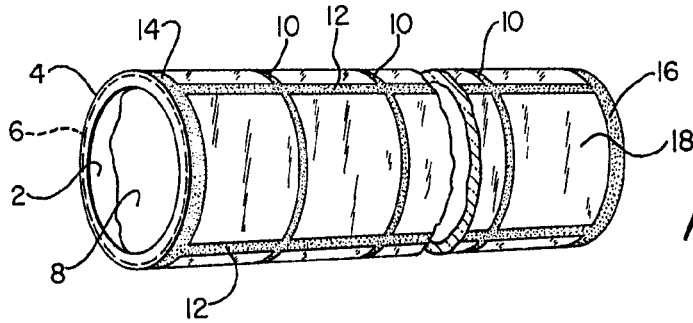


FIG. 1

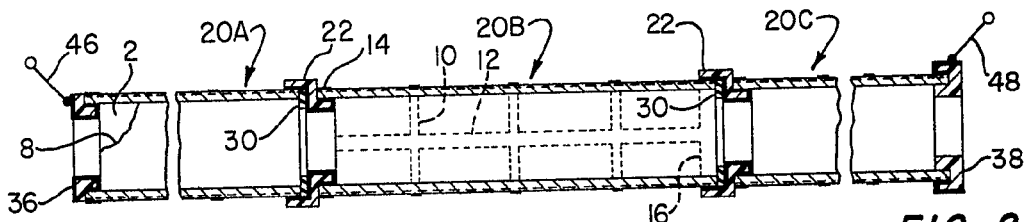


FIG. 2

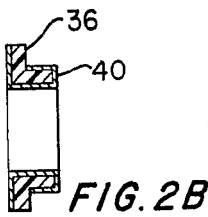


FIG. 2B

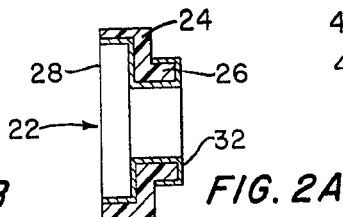


FIG. 2A

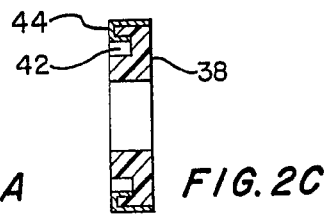


FIG. 2C

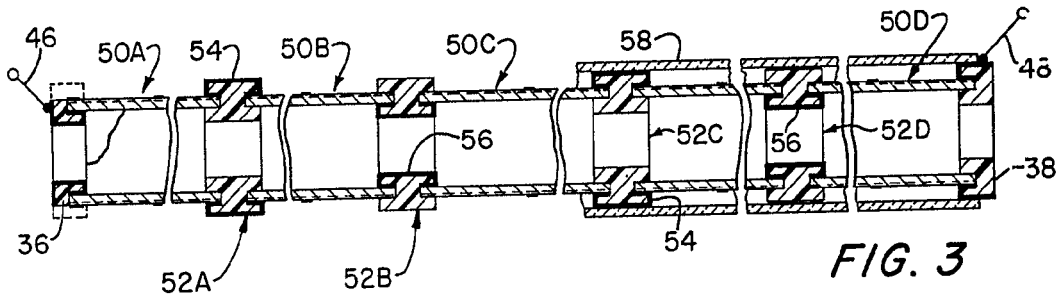


FIG. 3

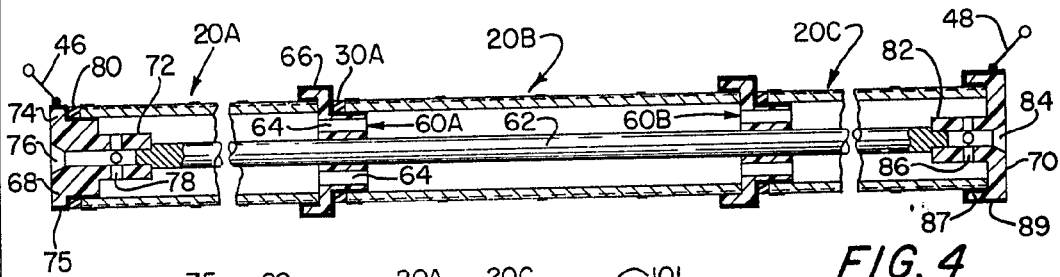


FIG. 4

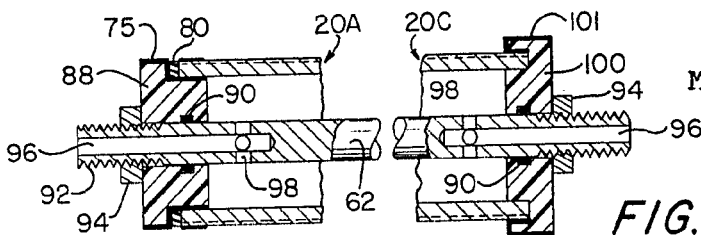


FIG. 4A

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 20 Octubre 1975
 BERNARDO UNGRIA
 p.p.

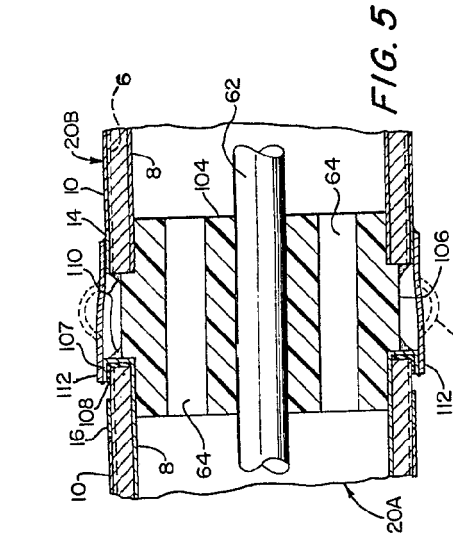


FIG. 5

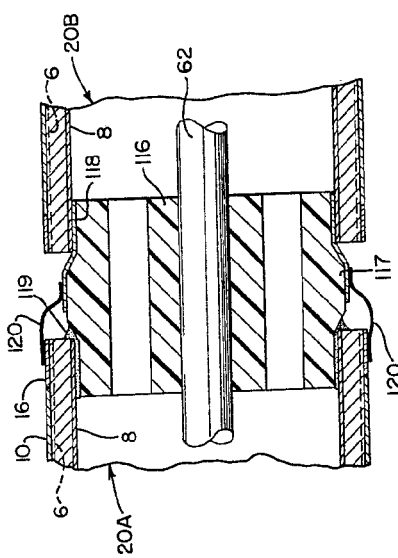


FIG. 6

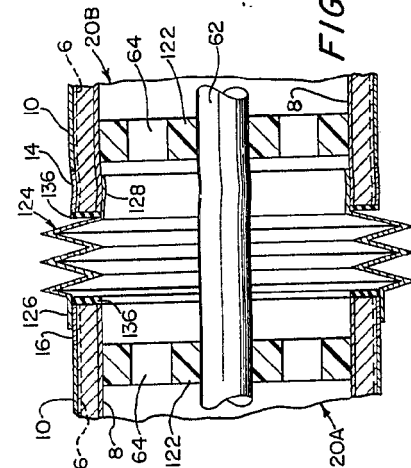


FIG. 7

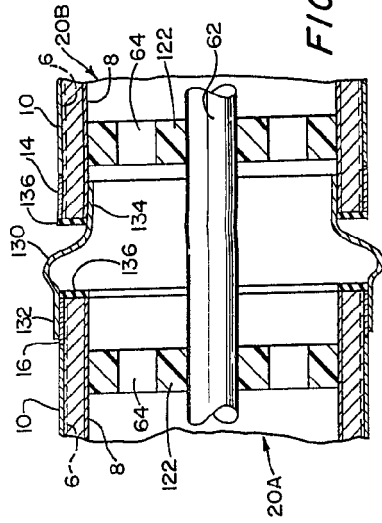


FIG. 8

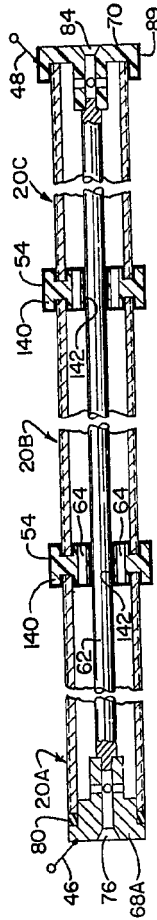


FIG. 9

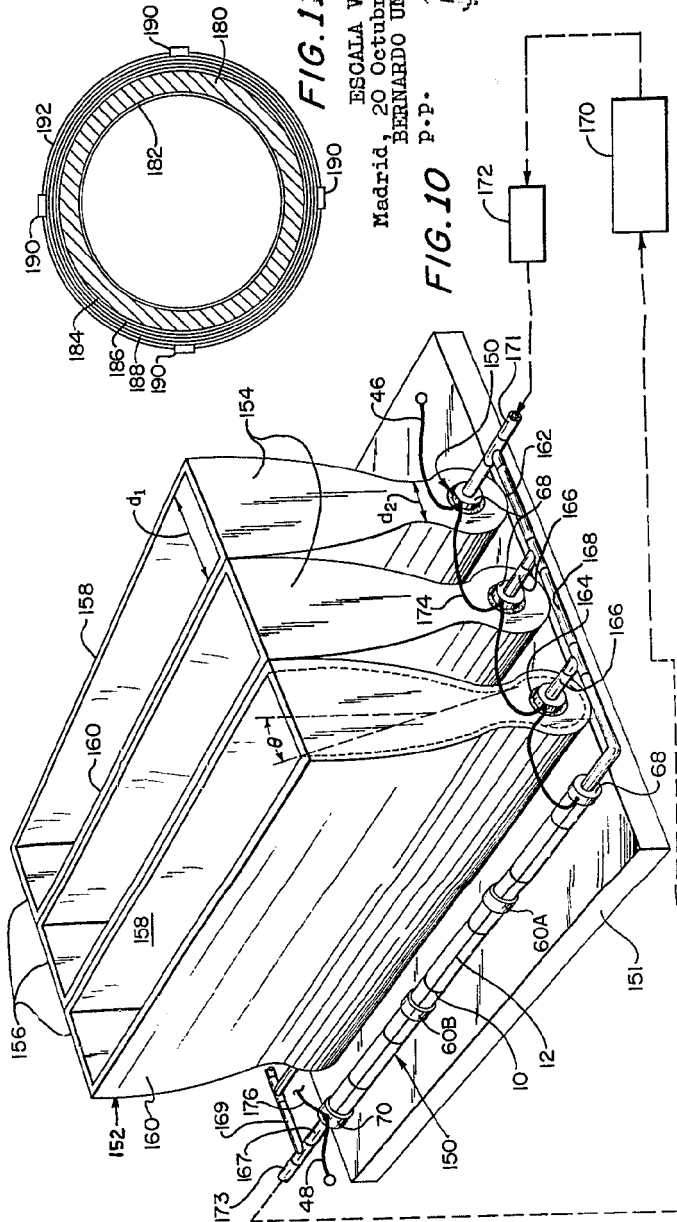
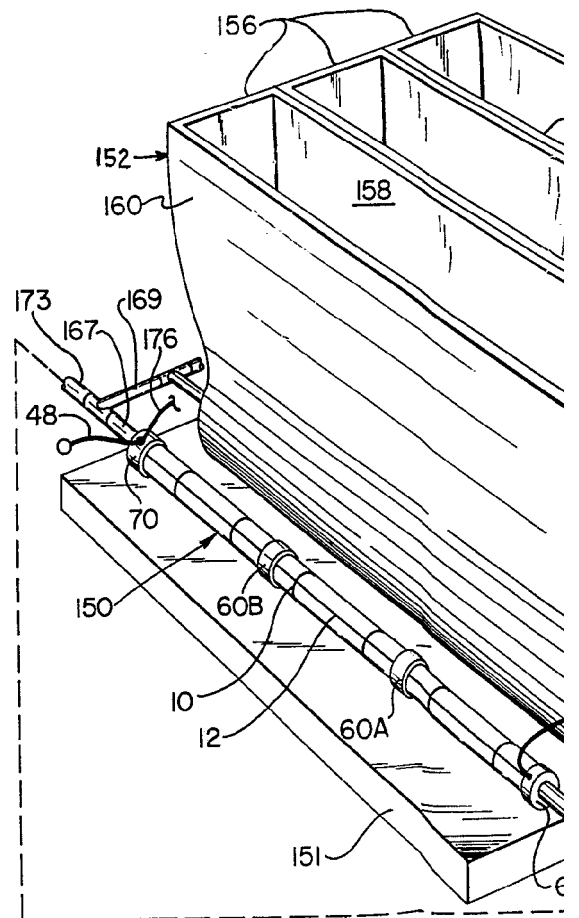
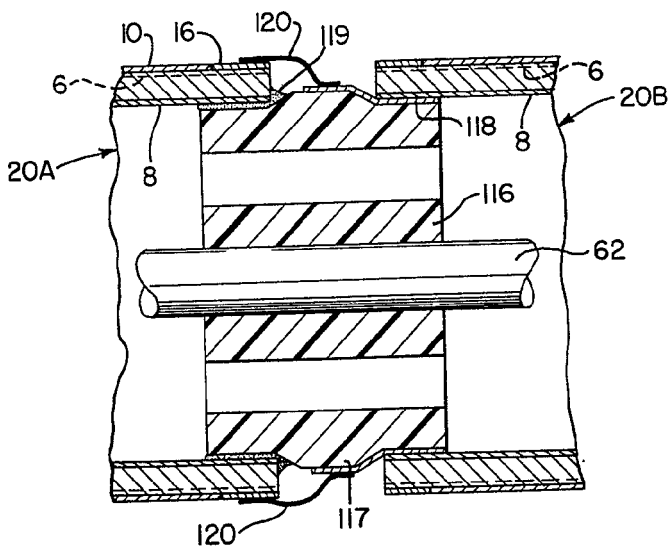
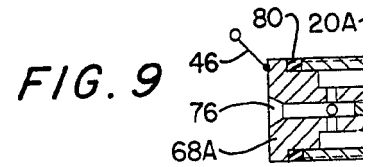
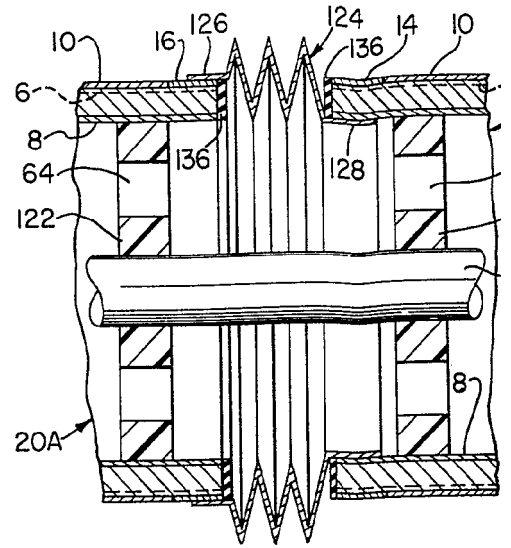
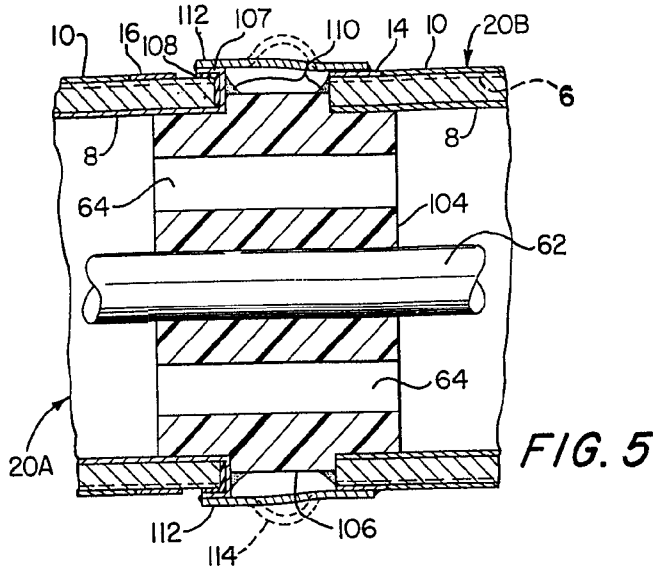


FIG. 10

FIG. 11

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 20 Octubre 1975
 BERNARDO UNGRIA
 P.P.



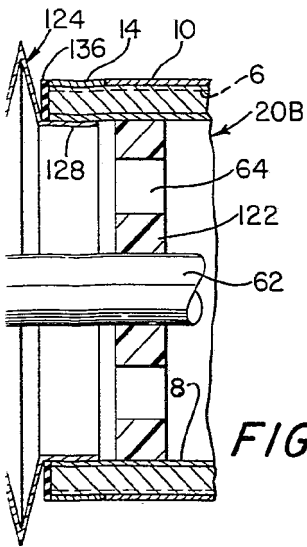


FIG. 7

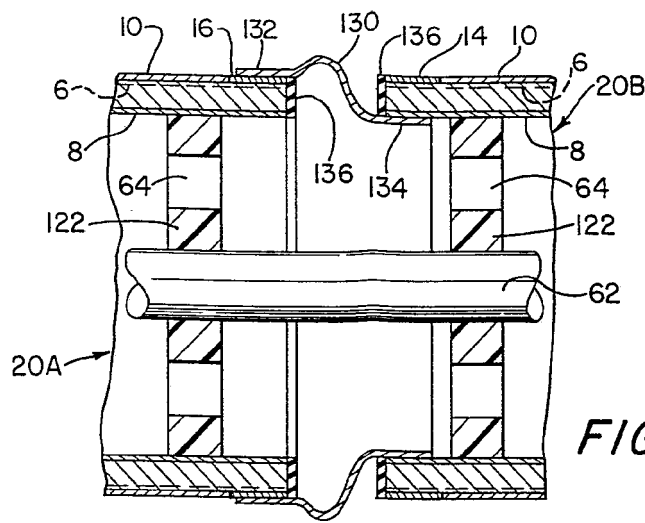


FIG. 8

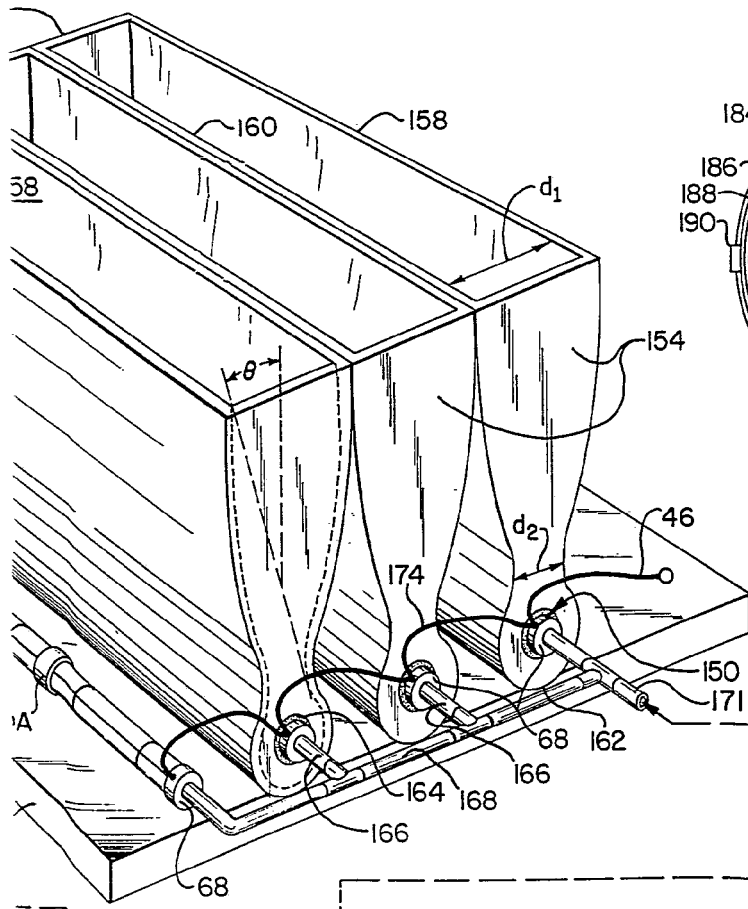
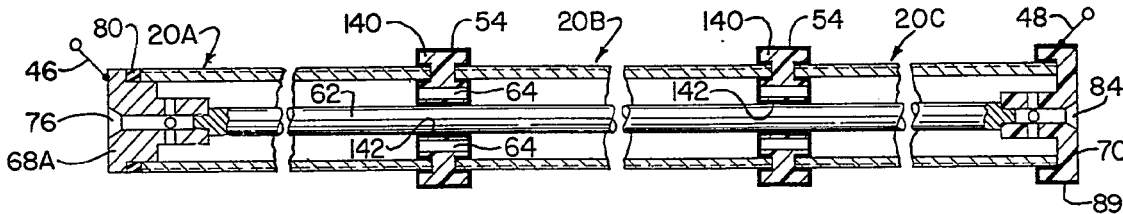


FIG. 10

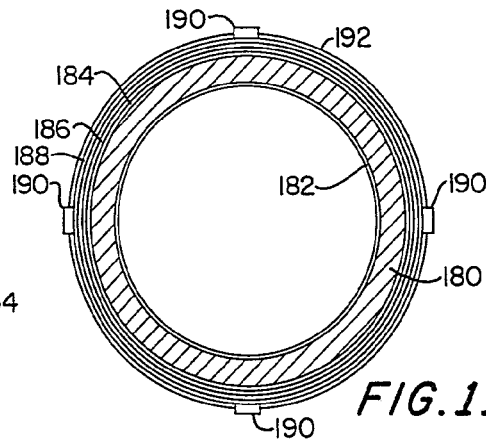


FIG. 11

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 20 Octubre 1975
 BERNARDO UNGRIA

P.P.

