



ESPAÑA

⑩ ES	⑪ NUMERO	⑩ A I
	⑫ 450.192	
	⑬ FECHA DE PRESENTACION	
	27-7-1976	

PATENTE DE INVENCION

P.- 63.601
TI-6083

③① PRIORIDADES:	③② FECHA	③③ PAIS
③① NUMERO		
599.473	28-7-75	E.U.A.

④⑦ FECHA DE PUBLICIDAD	⑤① CLASIFICACION INTERNACIONAL	⑤② PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	H01L	

⑤④ TITULO DE LA INVENCION
"UN DISPOSITIVO CONVERTIDOR DE ENERGIA PERFECCIONADO"

⑦① SOLICITANTE (S)
JACK ST. CLAIR KILBY

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
7723 Midbury, Dallas, Dallas County, Texas, E.U.A.

⑦② INVENTOR (ES)
Jack St. Clair Kilby, Jay W. Lathrop y Wilbur A. Porter

⑦③ TITULAR (ES)

⑦④ REPRESENTANTE
DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ

1 Este invento se refiere a técnicas para la conver-
sión y el almacenamiento efectivos de energía procedente de
fuentes ópticas tales como el sol. La luz que incide sobre
elemento fotovoltaico genera un potencial que da lugar a una
5 circulación de corriente a través de un electrolito en contac-
to físico con las fuentes, produciéndose una reacción quími-
ca en el electrolito.

La necesidad de sustituir los combustibles fósiles
como fuente de energía es bien conocida. Han existido muchos
10 sistemas y técnicas propuestos para la conversión y utiliza-
ción de la energía procedente del sol. Aunque cantidades im-
portantes de energía solar alcanzan la tierra, deben reunirse
áreas relativamente grandes para generar cantidades importan-
tes de energía. Aproximadamente 10 kilovatios-hora por cada
15 0,09 m², por mes, alcanzan la tierra en latitudes de 35°.

Como la radiación recibida no es continua, deben
proporcionarse medios para el almacenamiento de la energía.
Se han propuesto para este fin agrupaciones de células sola-
res de gran área conectadas a grupos de baterías de almace-
20 namiento, pero se ha tropezado con cuatro problemas principa-
les en los sistemas prácticos.

1. Las técnicas usuales para la fabricación de cé-
lulas solares eficaces exigen grandes cantidades de material
semiconductor para soportar y hacer, por lo demás, accesible
25 un volumen relativamente pequeño de material activo.

2. Las células semiconductoras son, básicamente,
dispositivos de baja tensión que exigen interconexiones capa-
ces de manipular miles de amperios para capacidades del orden
de los kilovatios.

3. Debido a que es necesario conectar muchas célu-

1 las que reciban radiación solar en paralelo para obtener sa-
lidas utilizables a partir de grandes áreas, los defectos o
fugas en una sola célula pueden degradar de manera seria
el comportamiento de una gran agrupación. Esto da lugar a
5 costes adicionales de fabricación y problemas acerca de la
fiabilidad de la agrupación acabada.

4. Como la energía procedente del sol debe almace-
narse para hacerla disponible cuando sea necesario, se utili-
zan sistemas de células solares usuales para cargar baterías
de almacenamiento. Tales baterías son costosas, voluminosas
10 y difíciles de mantener.

Recientemente, se ha propuesto un sistema en el que
se utilizan células solares usuales para hacer funcionar una
cuba para la disociación electrolítica de agua. El hidrógeno
15 procedente de la cuba es almacenado entonces para uso poste-
rior. Aunque este proceso mejora el problema de almacenamien-
to antes mencionado, no contribuye a dar una solución acerca
de los tres primeros problemas. Se han realizado dos inten-
tos para simplificar el problema de la interconexión hacien-
do uso de grandes láminas de silicio monocristalino. En un
20 enfoque radical, el presente invento está dirigido a un siste-
ma en el que se evitan todos los anteriores problemas.

El invento, en términos generales, está dirigido a
la conversión de energía solar por operación de generadores
25 solares semiconductores directamente en comunicación con un
electrolito y humedecidos por él para forzar a que se produz-
ca una reacción química. El invento está relacionado en par-
ticular con la conversión y el almacenamiento efectivos de
energía solar, y con el empleo eficaz de materiales para ese
30 propósito.

1 Más particularmente, de acuerdo con el invento, se
proporciona una estructura de elementos separados, cada uno
de los cuales es un cuerpo semiconductor que proporciona un
5 generador fotovoltaico. La expresión "generador", tal como
se utiliza en esta memoria, significa un dispositivo o grupo
de dispositivos que producen una tensión independientemente
de la presencia o ausencia de un electrolito. Una caracterís-
tica ventajosa de esta estructura es que pueden tolerarse ele-
mentos defectuosos. Se proporcionan medios para la iluminación
10 de las unidades de semiconductor mientras que se humedecen
los elementos iluminados con un electrolito para producir una
reacción química al tener lugar un paso de corriente a o des-
de los elementos a través del electrolito.

15 En un aspecto más específico, se proporciona un con-
vertidor de energía óptica en energía química en el que está
formada una capa de elementos semiconductores separados, ca-
da uno de los cuales contiene uniones entre materiales de
cuerpo y de superficie de tipos de conductividad opuestos.
20 Algunos de los cuerpos son de material de tipo p y otros son
de material de tipo n. Medios conductores asociados con una
primera cara de la capa conectan en serie las tensiones gene-
radas en por lo menos dos elementos que tienen cuerpos de ti-
pos de conductividad opuestos. Un alojamiento que contiene
25 un electrolito encierra la capa para iluminación a través del
electrolito de las uniones con energía óptica que incide pro-
cedente de la cara de la capa opuesta a la primera cara, pa-
ra producir una circulación de corriente eléctrica a través
del electrolito con objeto de obtener productos de reacción
química dentro del alojamiento.

30 Una estructura que contiene el electrolito aloja

1 la capa para iluminación de tal modo que la energía óptica in
cida sobre una cara activa de los elementos con vistas a pro
ducir un paso de corriente eléctrica a través del electroli-
to.

5 En otro aspecto, el electrolito se selecciona pa-
ra producir por reacción la liberación de hidrógeno gaseoso
que puede ser recogido y almacenado hasta que se requiera su
empleo.

10 Las nuevas características que se creen particula-
res del invento se indican en las reivindicaciones anejas. El
invento, en sí mismo, sin embargo, así como otros objetos y
ventajas del mismo, se entenderán mejor haciendo referencia
a la siguiente descripción detallada de una realización ilus-
trativa, en conjunto con los dibujos anejos, en los que:

15 la figura 1 es una vista de una parte de una reali-
zación de un convertidor óptico-químico;

la figura 2 ilustra el equivalente eléctrico de una
parte de un convertidor formado como se muestra en la figura
1;

20 la figura 3 es una vista de una parte de una segun-
da realización de un convertidor óptico;

la figura 4 ilustra el equivalente eléctrico de una
parte de un convertidor, como se representa en la figura 3;

25 la figura 5 ilustra la característica I-V de la ca-
ra de enlace electrodo-electrolito de los dispositivos de la
figura 4;

la figura 6 es un equivalente simplificado del cir-
cuito de la figura 4;

30 la figura 7 es una vista de una parte de una terce-
ra realización de un convertidor óptico-químico;

1 la figura 8 ilustra el equivalente eléctrico de la parte ilustrada en la figura 7;

 la figura 9 es una vista en sección de una construcción de célula fotovoltaica semiconductor, usual;

5 la figura 10 representa el empleo más eficaz de material semiconductor en el presente invento;

 la figura 11 es una sección de una fracción de un generador de tira fotoeléctrica de acuerdo con una realización del invento;

10 la figura 12 es una vista isométrica de un convertidor electrolítico alargado, tubular, que incorpora el invento;

 la figura 13 es un diagrama de bloques funcional de un sistema que incorpora el invento; y

15 la figura 14 ilustra un procedimiento para formar un generador de tira fotoeléctrico.

 Haciendo referencia ahora a la figura 1, en ella se ha ilustrado una fracción de un convertidor 10 solar-químico. Una célula solar 11 está montada con su superficie superior inundada por un electrolito 13. La cubierta de un convertidor 10 es una lámina transmisora de la luz, de un material tal como vidrio, con una superficie inferior 14. La superficie superior de la célula solar 11 está irradiada por rayos luminosos 15 y 16.

25 La célula 11 es una célula semiconductor en la que el cuerpo 11a está formado de un material tal como silicio. Una capa difundida 11b está formada por técnicas de enmascaramiento con óxido y de impurificación usuales que producen una unión 11c que se extiende sobre una parte de la superficie de la célula, como se representa. Por ejemplo, el cuerpo

30

1 puede ser de silicio del tipo n con 0,5 a 1,0 ohmios-cm, y
puede tener una capa de tipo p difundida con una concentra-
ción superficial de 10^{19} por cm^3 y una profundidad de unión
de 0,5 a 1,0 micras. Pueden aplicarse electrodos transparen-
5 tes como se indica en l1d y l1e. Los electrodos de un metal
como platino o paladio pueden formarse por pulverización ca-
tódica de 150 \AA de tal metal sobre la superficie y sinterizan-
do a 250°C durante 5 minutos. Alternativamente, pueden utili-
zarse también electrodos opacos más gruesos de estos metales,
10 que recubran sólo una fracción de la superficie expuesta. La
célula l1 está situada entre cuerpos aislantes l1g.

Al producirse la irradiación por los rayos lumino-
sos 15 y 16, se producirá en la unión l1c una tensión de 0,4
a 0,6 voltios. Este potencial aparecerá en los electrodos
15 l1d y l1e de la célula y dará lugar a que circule una corriente
a través del electrolito 13, como se indica por las líneas
de trazo 18.

El electrolito 13 es un líquido en el que la cir-
culación de corriente produce una reacción útil al potencial
20 disponible de la célula. Si por ejemplo se utiliza una célula
de silicio, el electrolito puede ser oxiclórico de nitrosilo
(NOCl). En este caso, se produce óxido nitroso en el electro-
do de cátodo l1e y cloro en el ánodo l1d. Estos productos son
gaseosos y se mantienen separados por una membrana 17 semiper-
meable anclada al aislador 17a. El óxido nitroso se extrae
25 por medio de un orificio o salida 19 y el cloro se extrae des-
de un orificio 20. Se suministra electrolito nuevo 9 a través
del orificio 21. El convertidor 10 puede funcionar continua-
mente para absorber la energía óptica que incide sobre la cé-
lula l1, con el fin de dar lugar a que una corriente circule
30

1 en el electrolito 13, produciéndose una reacción química en el electrolito para conseguir la producción, la recogida y el almacenamiento de por lo menos un producto de reacción.

5 No son necesarias conexiones eléctricas externas. Si varias células están sumergidas en el mismo electrolito, no se requiere entre ellas conexión alguna. Esto se representa en la figura 2. Debido a la independencia de cada una de varias células 11, 11' y 11'', una célula abierta o cortada no degradará el comportamiento de las otras células de la solución. Por ejemplo, si cien células están sumergidas en la misma solución y cinco de ellas son defectuosas, la salida de las células será un 95% de la que puede ser obtenida con todas las células en buenas condiciones.

10 Aunque algunas reacciones pueden ser provocadas por el potencial de una única célula, otras reacciones deseables exigirán tensiones más elevadas.

15 La figura 3 y la figura 4 representan un convertidor 110 en el que dos células 111 y 112 están conectadas en serie. Las células 111 y 112 están montadas entre bloques aislantes 111g, con la superficie superior de las mismas humedecidas por un electrolito 113. La cubierta del convertidor 110 es una lámina transmisora de luz con una superficie inferior 114. Las superficies superiores de las células 111 y 112 son irradiadas por rayos luminosos 115 y 116.

20 La célula 111 es un dispositivo semiconductor de dos capas con un cuerpo de tipo n formado de manera similar a la descrita para la célula 11 de la figura 1. Al ser irradiada por el rayo luminoso 115, se producirá una tensión de 0,4 a 0,6 voltios en la unión 111c de la célula 111.

25 La célula 112 tiene un cuerpo 112a de tipo p con

1 una difusión superficial 112b para establecer una unión 112c.
Esta difusión proporciona, de preferencia, una capa del ti-
po n con una concentración superficial de aproximadamente
5 10^{19} por cm^3 y una profundidad de unión de aproximadamente
0,5 a 1,0 micras. Pueden aplicarse electrodos transparentes
111d y 112d de platino o de paladio mediante el procedimien-
to utilizado para la célula 11, figura 1.

Al ser irradiada por los rayos luminosos 116, la
célula 112 producirá aproximadamente 0,5 voltios en la unión
10 112c. Una capa metálica 122, que puede ser de aluminio, pro-
porciona un contacto óhmico para la superficie inferior de
las células 111 y 112. Una difusión n+, representada como
111f, y una difusión p+, ilustrada como 112f, pueden utili-
zarse para asegurar un contacto óhmico con las células. El
15 funcionamiento de las células es tal que cuando sean irradi-
das por energía óptica, según se indica mediante los rayos
luminosos 15 y 16, una corriente circulará desde la célula
11, a través del conductor 122, a la célula 112, y volverá a
través de una trayectoria que pasa por el electrolito, tal
20 como se ha indicado con las líneas 118.

Debido a que la célula 111 está conectada en serie
con la célula 112, se produce una tensión de aproximadamente
1 voltio entre el electrodo 111d y el electrodo 112d cuando
las células son expuestas a la luz. El electrolito 113 es un
25 líquido en el que una circulación de corriente produce una
reacción deseada a esta tensión. En una realización preferi-
da, el electrolito 113 puede estar constituido por una solu-
ción al 10% de ácido yodhídrico (HI) en agua. En este caso,
la corriente que pasa por el electrolito produce hidrógeno
30 en el electrodo de cátodo 112d de iones yoduro en el electro

1 do de ánodo 111d. El hidrógeno puede ser extraído del conver
tidor 110 por medio de un orificio o salida 120. Los iones
yoduro permanecerán en solución y pueden ser retirados a
5 través del orificio 121. Puede suministrarse nuevo electro-
lito por el orificio 119. En este caso, el convertidor 110
trabaja a partir de la energía óptica de los rayos 115 y 116
que inciden sobre las células 111 y 112 haciendo que circule
una corriente en el electrolito 113, produciéndose así yodo
e hidrógeno a partir del electrolito. Debido solamente a que
10 uno de los productos finales es un gas, no se requiere mem-
brana alguna para separar los productos finales. Para algu-
nas reacciones, sin embargo, puede ser deseable incluir una
membrana para impedir la difusión de iones entre los electro-
dos, lo que constituiría una forma de cortocircuito químico.
25 Alternativamente, puede ser deseable proporcionar una sepa-
ración física entre los ánodos y los cátodos para este pro-
pósito.

Como se ha indicado en la figura 4, pares adicio-
nales de células pueden estar sumergidas en el mismo electro-
20 lito 113. Un conductor metálico 122 puede extenderse para
proporcionar un contacto inferior para todas las células de
la solución, si se desea; alternativamente, puede proporci-
narse un conductor para cada par. Un circuito equivalente
para el caso en que todas las células estén conectadas a un
25 contacto inferior 122, se representa en la figura 4. Las cé-
lulas 111 tienen un material principal del tipo n y las cé-
lulas 112 tienen un material principal del tipo p. Los rayos
luminosos que activan estas células se indican mediante las
flechas 115 y 116, respectivamente.

30 Cada célula en contacto con el electrolito 113 "ve"

1 una impedancia Z no lineal que tiene una característica si-
milar a la representada en la figura 5. Para una solución de
ácido yodhídrico, V_0 es de aproximadamente 0,5 voltios.

5 Una aproximación de este circuito se representa en
la figura 6, en la que las impedancias que están polarizadas
en sentido directo están sustituidas en el circuito por dio-
dos y las polarizadas en sentido inverso están sustituidas
por una pequeña resistencia.

10 A partir de este circuito, resulta evidente que al-
gunas células pueden estar en circuito abierto o cortocircui-
tadas sin que resulten afectadas las otras células del apar-
to reactor 110, figura 3. Si una célula de cualquier polari-
dad está en circuito abierto, su salida se pierde pero no
15 tiene efecto alguno sobre la salida de las otras células de
la solución. Similarmente, si se cortocircuita una célula de
cualquier polaridad, queda polarizada a 0,5 voltios con res-
pecto a la solución. La figura 5 pone en evidencia que cir-
culará poca corriente en estas condiciones, pero tampoco las
20 otras células resultarán afectadas. Por esta razón, por tan-
to, si cien células del tipo n y cien células del tipo p es-
tán conectadas como se muestra en la figura 4, pueden ser de-
fectuosas un 5% de las células del tipo n y un 5% de las cé-
lulas del tipo p sin que se reduzca la salida en más de, apr-
ximadamente, un 5%.

25 Para todavía otras reacciones deseadas pueden gene-
rarse tensiones aún mayores. Por ejemplo, la electrolisis efi-
caz de agua exige más de 2 voltios. Esta tensión puede pro-
porcionarse mediante la estructura representada en la figura
7. En este caso, dos pares de células proporcionan la ten-
30 sión requerida. Cada par de células puede ser idéntico a los

1 de la figura 3. Uno de tales pares de células se ilustra en
las figuras 7 y 8, en la forma de células 211 y 212, y el
otro par como las células 211' y 212'. Las células 211, 212,
211' y 212' están montadas entre bloques aislantes 211a. Una
5 conexión en serie entre los pares está proporcionada por una
capa metálica 223, que hace contacto óhmico con las capas su-
perficiales de las células 212 y 211'. Esta capa puede ser
de aluminio.

10 Las cuatro células están expuestas a los rayos lu-
minosos 215, 216, 215' y 216'. Las células generarán una ten-
sión de aproximadamente 2 voltios entre el ánodo 211d y el
cátodo 212'd. Las dos células centrales 212 y 211' están ex-
puestas a la luz pero no a la solución y están protegidas
por una capa transparente de resina epoxídica 224.

15 Si se utiliza agua como electrolito, se liberará
hidrógeno en el cátodo 212'd y oxígeno en el ánodo 211d. Co-
mo ambos productos son gaseosos, se utiliza una membrana se-
mipermeable 217. El hidrógeno se retira por el orificio 220
y el oxígeno por el orificio 219. Se suministra agua de ralle
20 no a través de orificio 221, de modo que se mantenga una reac-
ción continua.

25 Los ejemplos dados son ilustrativos, y debe resul-
tar evidente que son muy posibles cierto número de modifica-
ciones y sustituciones. Otros semiconductores tales como el
arseniuro de galio y el germanio pueden sustituir al silicio.
Similarmente, aunque se han descrito generadores fotovoltaicos
de unión p-n, pueden utilizarse, para generar una ten-
sión a partir de la fuente óptica, otras estructuras tales
como barreras Schottky y dispositivos MOS (semiconductor de
30 óxido metálico). Las tensiones superiores necesarias para al

1 gunas reacciones pueden obtenerse conectando células idénti-
cas en serie, así como merced a la técnica de mezclar pola-
ridades de las células, descrita en lo que antecede. Final-
mente, los ejemplos dados deben poner de manifiesto que las
5 reacciones que pueden obtenerse mediante esta nueva técnica
no se ven limitadas a una única clase de compuestos químicos.

 También debe resultar evidente que se ha realizado
una reducción significativa en las interconexiones de las cé-
lulas. No es necesario disponer interconexiones pesadas a
10 partir de la célula. La estructura de célula única de la fi-
gura 1 no exige interconexiones internas y la versión de dos
células de la figura 3 requiere solamente una. Esta simplifi-
cación hace posible considerar estructuras económicas cons-
tituidas por gran número de pequeñas células. Esto constitu-
15 ye una desviación importante de los enfoques usuales, que han
intentado normalmente conseguir costes menores merced a áreas
de unión continuamente crecientes.

 El empleo de células menores permite rendimientos
superiores. Este hecho viene ilustrado por comparación de las
20 representaciones parciales de las estructuras semiconductoras
en las figuras 9 y 10. La figura 9 ilustra una estructura de
célula planar, usual, con una unión 41 aproximadamente a una
micra por debajo de la superficie. Los portadores generados
por los rayos luminosos 42 se producirán en la célula a una
25 profundidad de aproximadamente 100 micras, aunque solamente
serán recogidos los generados dentro de una longitud de difu-
sión de una unión. Para cristales de silicio de buena cali-
dad, una longitud de difusión es aproximadamente 35 micras.
Una capa 43 de aproximadamente ese espesor se representa en
30 la figura 9. La capa 43 representa la parte activa del dispo-

1 sitivo. La provisión de una capa activa de este espesor exi-
 ge el empleo de pastillas bastante gruesas y el silicio se
 corta usualmente con un espesor de aproximadamente 300 micras
5 para proporcionar la resistencia necesaria para su manipu-
 lación. Para tales pastillas, solamente es útil aproximada-
 mente un 35/300 o un 12% del material para la producción de
 corriente. Si las pastillas se cortan a partir de un cristal
 de mayor tamaño y se tienen en cuenta las pérdidas debido a
10 este corte con sierra, la parte útil de la pastilla es apro-
 ximadamente el 4% del material de partida.

 Una estructura mucho más eficaz se representó en
 la figura 10. Para una esfera de 100 micras de diámetro, más
 del 97% del material se encuentra dentro de una longitud de
 difusión de una unión, y para esferas de 200 micras de diá-
15 metro, aproximadamente el 73% del material está dentro de
 una longitud de difusión y, por tanto, es potencialmente
 útil. Aunque las esferas son particularmente ventajosas pa-
 ra este propósito, los rendimientos de pequeños cubos y de
 formas rectangulares también son sustancialmente mejores que
20 los rendimientos de las grandes superficies planares que se
 utilizan en estructuras usuales.

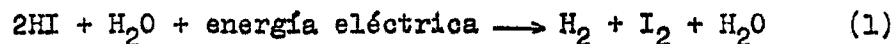
 Resulta difícil emplear células pequeñas con técni-
 cas de interconexión que exigen dos conexiones por célula y
 conductores importantes para manipular las grandes corrientes
25 producidas por una agrupación. Una reducción del número de
 contactos necesario por célula hace posible considerar téc-
 nicas de conexión alternativas. Una de tales estructuras pa-
 ra este propósito se representa en la figura 11. En esta rea-
 lización, una pluralidad de esferas parciales 30-34 forman
30 una parte de una fila de una lámina de tales esferas. Las es

1 feras 30, 32 y 33 tienen núcleos de material semiconductor
de tipo p. Las esferas 31 y 34 tienen núcleos de material de
tipo n. Los núcleos tienen difusiones superficiales 30a-34a,
5 respectivamente, que forman uniones p-n en cada esfera. Es-
tas uniones son también esféricas. Las esferas 30-34 de dis-
tintos tamaños están integradas en una matriz 35 de un mate-
rial aislante, que puede ser una resina de silicona. Las par-
tes inferiores de cada una de las esferas se retiran para de-
10 jar al descubierto el material del núcleo. Un aislador 35 se
para las esferas y cubre y protege las uniones formadas por
las capas difundidas. Un conductor metálico 36 forma un con-
tacto óhmico con el núcleo de cada esfera 30-34 e interconec-
ta las esferas para formar una estructura comparable a la de
15 la figura 3. Una segunda capa 37 proporciona un soporte co-
mún para toda la matriz y proporciona una capa protectora pa-
ra el conductor metálico 36. La matriz de silicona 35 y los
otros materiales superficiales asociados con cada una de las
esferas son transmisores de la luz, de modo que la energía
20 óptica incidente irradiará a toda la mitad superior de cada
una de las esferas 30-34. También se producirán algunas re-
flexiones a partir de la capa metálica 36, y parte de la luz
reflejada alcanzará las mitades inferiores de las esferas.
Las superficies superiores de las esferas están provistas de
25 electrodos 30b-34b, respectivamente, y están expuestas de
modo que todos los electrodos estén individualmente humede-
cidos por el electrolito cuando están colocadas en un conver-
tidor.

30 La figura 12 ilustra una forma de un convertidor
en el que una tira o lámina de células solares tales como
las ilustradas en la figura 11 está alojada para convertir

1 radiación solar en corriente eléctrica y forzar así a que se
2 produzca una reacción química dentro del convertidor. Un tu-
3 bo elíptico alargado de vidrio está provisto de una parte de
4 base 51 en la que reposa una tira o lámina alargada 52 de cé-
5 lulas solares. La parte superior 53 está configurada selecti-
vamente para proporcionar una acción de lente cilíndrica, de
modo que la radiación incidente, indicada por los trayectos
54 de los rayos luminosos, será refractada para incidir so-
bre la superficie superior de la tira 52 de células solares.

10 En la figura 13 se ilustra una realización ilustra-
tiva de una forma de un sistema completo que hace uso de ta-
les tubos. Una serie de tubos 50 están montados con sus ejes
geométricos inclinados. Tiras 52 reposan en el fondo de cada
tubo 50. En una realización preferida, el electrolito es una
15 solución acuosa de yoduro de hidrógeno, y la reacción dentro
de cada tubo puede escribirse:

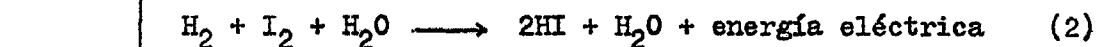


El I_2 así producido debe considerarse que existe como triyo-
20 duro (I_3^-) que se forma por reacción con los iones yoduro pro-
ducidos (I^-) a partir del HI. En cualquier caso, los produc-
tos de esta reacción, hidrógeno e iones triyoduro, son reti-
rados por los colectores 56 y 58. El hidrógeno recogido en
el colector 56 es transportado a una unidad de almacenamien-
to 60, donde puede ser comprimido y almacenado en forma de
25 gas o bien en forma de un hidruro. Un procedimiento de alma-
cenamiento de hidruro adecuado ha sido descrito por varios
autores tales como Wiswall y Reilly, del Brookhaven National
Laboratory.

30 El yodo está efectivamente almacenado en el electro-
lito y puede ser transportado mediante tubos 57 al colector

1 58.

Si se desea, puede obtenerse energía eléctrica a partir del sistema recombinando el hidrógeno y el yodo en una célula de combustible 61. Las células de combustible para hidrógeno-halógenos han sido construidas por la firma W. Glass of Ionics, Inc., Cambridge, Mass., y se describen en el trabajo final de Contact AF 19 (604) - 8508. En la célula de combustible, la reacción será entonces:



El hidrógeno es transportado a la célula de combustible 61 por medio de un tubo 59, mientras que el yodo es transportado en solución acuosa por el tubo 62. Como la solución en la disposición de tubos 50 será también calentada por los rayos 54 del sol, puede conseguirse energía en forma de calor a partir del sistema mediante un intercambiador de calor usual 63. Los productos recombinados procedentes de la célula de combustible 61 pueden ser devueltos luego a los tubos 50 por medio del colector 64 y los tubos 65.

15
20
25
El sistema de la figura 13 es un sistema cerrado, capaz de funcionar de manera continua. Con materiales tales como el ácido yodhídrico, es efectivo por cuanto que la reacción de carga puede llevarse a cabo sin que pueda ser detectado un potencial excesivo en los electrodos y la reacción de descarga puede realizarse sin que ocurra una polarización de electrodos detectable. Como resultado, las reacciones:



pueden llevarse a cabo para enfocar la reversibilidad termodinámica en forma muy aproximada, proporcionando así un sistema efectivo de almacenamiento y de suministro de energía.

30 Para otras aplicaciones, puede ser deseable utili-

1 zar un sistema de este tipo para la producción de hidrógeno.
Sin embargo si se desea, puede extraerse hidrógeno a partir
del colector 56 o desde la unidad de almacenamiento 60, como
se explica con la línea interrumpida 60a. Si se retira hidró-
5 geno del sistema, será necesario modificar éste. Esto puede
hacerse sustituyendo la célula de combustible 61 por una uni-
dad en la que burbujea sulfuro de hidrógeno a través de los
iones tri-yoduro, formando nuevo ácido yodhídrico, que es
devuelto a los convertidores solares a través del colector
10 64. Si se desea, el sulfuro de hidrógeno puede formarse a par-
tir del hidrógeno procedente del colector 56 o puede ser su-
ministrado a partir de una fuente exterior.

Es probable que las aplicaciones para sistemas de
cualquier tipo exijan cientos de metros cuadrados de bandas
15 de células solares. La fabricación eficiente de este elemen-
to del sistema es de importancia fundamental. Tales bandas
pueden producirse en una base económicamente factible, con
una utilización eficaz de los materiales. Aunque pueden for-
marse bandas de este tipo utilizando técnicas de película del-
20 gada, se pueden conseguir rendimientos superiores haciendo
uso de partículas pequeñas.

La figura 14 ilustra un proceso de fabricación pa-
ra la producción de bandas de células solares tales como las
representadas en la figura 11.

25 En la Operación 1, se forman esferas 301-305 de si-
licio. Aunque las esferas podrían prepararse por molienda, es
posible hacer uso de un proceso similar al empleado para fa-
bricar granalla de plomo. El silicio impurificado hasta apro-
ximadamente 5×10^{17} por cc se funde en un tubo y es hecho
30 pasar a través de una tobera. Se forman gotitas de silicio y

1 se permite que estas gotitas caigan en una distancia de apro-
ximadamente 2,4 m. Durante esta caída, el silicio solidifica,
adoptando una forma básicamente esférica con un pequeño cono
sobresaliendo desde la última parte de la esfera a solidifi-
5 car. Esta falta de esfericidad no es importante en el proce-
so, aunque puede ser deseable redistribuir la concentración
de impurezas calentando la esfera durante 12 horas a 1300°C.
Se necesitan esferas de tipo p y esferas de tipo n para la
estructura de la figura 11, y ambas pueden prepararse en esta
10 forma. Aunque algunas de las esferas pueden tener límites de
grano interiores, y por tanto no ser verdaderos monocrista-
les, la mayoría serán adecuadas para esta aplicación. Las es-
feras pueden luego clasificarse por diámetros. Aunque puede
utilizarse cualquier diámetro, es ventajoso trabajar con es-
15 feras cuyas dimensiones presenten una variación limitada en
cualquier instante. Por ejemplo, en el proceso de fabricación
que se ha de describir, se clasifican las esferas en grupos
con una variación de diámetro de 0,0254 mm.

20 En la Operación 2, se difundieron las esferas 301-
305 para proporcionar las necesarias uniones entre las capas
superficiales 301a-305a y el cuerpo del material. Las esfe-
ras de tipo p reciben una capa superficial de tipo n. Esto
puede conseguirse mediante un procedimiento de difusión ga-
seosa con una fuente de suministro de fósforo. Las capas de-
25 seadas 301a-305a tendrán, de preferencia, profundidades de
unión de aproximadamente 0,5-1 micras y concentraciones su-
perficiales de aproximadamente 10^{19} por cc. Las esferas de
tipo n reciben una capa superficial de tipo p, haciendo uso
de un procedimiento de difusión similar con una fuente de su-
30 ministro de boro. Las capas p resultantes tendrán también una

1 profundidad de unión de aproximadamente 0,5-1,0 micras y una
concentración superficial de aproximadamente 10^{19} por cc.
Los procedimientos de difusión adecuados para el propósito
son bien conocidos para los expertos en la técnica de los se
5 miconductores.

En la Operación 3, se aplican contactos metálicos
301b-305b a la superficie de las esferas. Aunque la elección
de un metal puede depender del electrolito, el platino es
adecuado para utilización con cualquiera de los ejemplos da-
dos en esta aplicación. Se forma una delgada capa transparen-
te de platino por pulverización catódica de 150 Å sobre la
10 superficie de las esferas. Las esferas se agitan en el sis-
tema de pulverización catódica para asegurar el recubrimien-
to de toda la superficie. El platino se sinteriza luego a
15 250°C durante 5 minutos, formando un contacto óhmico con la
capa superficial de ambos tipos de esferas.

En la Operación 4, se aplican recubrimientos ais-
lantes 301c-305c a las esferas. Una capa de 0,0127 mm de
grueso de un material acrílico tal como el fabricado y comer-
cializado por la firma DuPont e identificado como Krylon
20 Acrylic 1302 es adecuada para este propósito. No es neces-
aria esta capa si (a) las esferas son separadas en el proce-
dimiento de fabricación subsiguiente, o sí (b) las esferas
de tipo p no están en contacto con las esferas de tipo n.

En la Operación 5, con los recubrimientos aislan-
tes 301c-305c, las esferas de tipo p y de tipo n pueden mez-
clarse y extenderse sobre un sustrato temporal. Las esferas
301-305 están soportadas sobre un sustrato temporal 307 que
ha sido recubierto previamente con una capa 308 de cera de
25 parafina, de 0,0508 mm de grueso. El sustrato 307 se calien-
30

1 ta ligeramente y las esferas se comprimen dentro de la capa
de cera. Las esferas serán conservadas en posición por la ce
ra 308 durante las operaciones que sigan.

5 En la Operación 6, el sustrato y las esferas se
inundan con una capa de un compuesto aislante 309. La elec-
ción de este material dependerá en parte de los electrolitos
elegidos, para que no resulte deteriorada durante el uso. Pa
ra los ejemplos dados, se ha encontrado satisfactoria una re
sina de silicona transparente fabricada por la General Elec-
10 tric Company, catálogo nº RTV-108. Es deseable una resina
transparente ya que permite que la luz alcance al máximo de
la superficie de las esferas. Después de que ha curado la
resina 309, se retira la superficie superior dejando al des-
cubierto las partes de cuerpo o núcleos de las esferas 301-
15 305.

En la Operación 7, se atacan entonces químicamen-
te los núcleos al descubierto haciendo uso de un agente de
ataque químico en la proporción por volumen, de NO_3H a HF , de
250 a 4 con trialcoholamina añadida a la solución en un 5%.
20 Esto elimina la capa 310 de silicio, de aproximadamente 0,0127
mm de grueso, y limpia las uniones. Mediante el uso de un
agente de ataque químico con cualidades preferentes de con-
centración, pueden deprimirse las uniones aún más de lo que
puede indicarse en un dibujo de la escala del de la figura
25 14.

En la Operación 8, después del ataque químico, se
calienta la superficie de la lámina, dando lugar a que los
bordes con rebabas de la resina de silicona en la superficie
superior de las esferas se doblen y protejan las uniones ex-
puestas. La lámina se coloca entonces en un sistema de chapa
30

1 do del tipo descrito por Hale, White & Meyer en "Encapsulado
y producción de componentes electrónicos", Mayo de 1975, pá-
ginas 39-45, y se deposita una capa 311 de metal, de prefe-
5 rencia aluminio, de 1270 milimicras de grueso sobre toda la
superficie de las láminas. La capa 311 hace contacto con los
núcleos de todas las esferas 301-305. Si se desea, la super-
ficie dejada al descubierto por la eliminación de una capa
310 puede ser erosionada mecánicamente o puede exponerse a
10 una fuente de implantación de iones antes del chapado ióni-
co, para facilitar la consecución de los contactos óhmicos.

En la Operación 9, después de la eliminación del
sistema metalizante, la lámina se recubre con una capa adi-
cional 312 de material para aumentar su resistencia y para
15 proteger la capa metálica. La capa 312 puede formarse también
de resina de silicona idéntica a la indicada con el número
de referencia 309, aunque en este caso la transparencia no
es un requisito. Después de que se ha aplicado y curado la
capa 312, se elimina el sustrato 307. La superficie inferior
20 de la lámina se lava entonces en un disolvente tal como tri-
cloroetileno para eliminar la parafina 308 y la laca acrílica
de la Operación 4 de la superficie descubierta de las esferas
301-305.

Se reconocerá que la estructura final resultante
de la terminación de la Operación 9 es, en general, la misma
25 estructura de la figura 11. Después de completarse el proce-
so, las láminas resultantes de material se cortan en forma
de bandas 52, figura 12, y se insertan en tubos 50 para uso
como convertidor solar.

30 Debe reconocerse también que todos los procedimien-
tos necesarios podrían llevarse a cabo tanto en tandas como

1 en forma continua. Los procedimientos continuos son usualmen
te ventajosos desde un punto de vista económico y pueden uti
lizarse fácilmente con el proceso descrito. En este caso, el
5 sustrato temporal 307 sería una correa ancha de acero inoxidable,
y se utilizaría para transportar la lámina a través
de los procesos subsiguientes, desprendiéndose que la estruc
tura es retirada de la correa en forma de tira continua, co
mo se muestra en la Operación 9. La tira o banda es montada
entonces para recibir radiación en las capas 311 y 312 en
10 frentadas.

Aunque se cree que el empleo de pequeñas esferas
es particularmente ventajoso, pueden emplearse también de
manera ventajosa con el invento fuentes fotovoltaicas de
cualquier configuración. Por ejemplo, sería factible cons
15 truir bandas 52 haciendo uso de técnicas de película delgada.
En este caso, entonces, las capas de película de material se
miconductor serían depositadas sobre delgadas hojas de un me
tal, como ha sido descrito por Fang, Ephrath y Nowak, en
Applied Physics Letters, volumen 25, número 10, Noviembre de
20 1974, páginas 583-584; o por deposición de un semiconductor
tal como silicio sobre un sustrato tal como zafiro por téc
nicas que son bien conocidas para los expertos en la técnica.
Si las películas semiconductoras se dividen en fotogenerado
res independientes de pequeña área, se mantendría el funcio
namiento dentro de las tolerancias de fallos.
25

Las fuentes fotovoltaicas, al tiempo que no están
limitadas en cuanto a su forma, tampoco están limitadas en
cuanto a las uniones PN. Por ejemplo, pueden emplearse dispo
sitivos de barrera Schottky. Las barreras Schottky comprenden
30 una capa metálica dispuesta directamente sobre una superficie

1 de un cuerpo semiconductor. El material de cuerpo y el metal
se seleccionan de modo que exista una barrera en la cara de
contacto metal-semiconductor, que se haga conductora cuando
5 sea iluminada. Las fuentes fotovoltaicas son bien conocidas
y pueden fabricarse con uniones de barrera Schottky. Los pro-
cedimientos para producir células de barrera Schottky están
descritos por Anderson y Milano, en Proceedings de IEE, Ene-
ro de 1975, página 206-207. Para uso con los electrolitos
10 descritos en esta solicitud, el aluminio debe sustituir al
platino en los contactos de dedo utilizados por Anderson y
Milano.

En cada caso, áreas seleccionadas de dispositivos
fotovoltaicos son humedecidas por el electrolito en el que
tiene lugar la reacción química. Por humectación debe enten-
15 derse, para los propósitos de la presente solicitud, que un
electrolito se encuentre en contacto físico y eléctrico con,
por lo menos, áreas seleccionadas de las células fotovoltai-
cas.

En los dibujos antes descritos, debe observarse que
20 la luz que incide sobre las células fotovoltaicas atraviesa
el electrolito. Aunque ésta es una disposición geométrica
conveniente, que resulta preferida, se reconocerá fácilmen-
te que las células fotovoltaicas pueden estar construidas con
el fin de recibir luz que no pase por el electrolito, al tiem-
25 po que están todavía humedecidas por éste para conseguir el
paso de corriente desde las células con el fin de conseguir
la reacción química deseada.

Por tanto, debe entenderse que las realizaciones
descritas son ilustrativas del invento. Los expertos en la
30 técnica pueden proyectar otras disposiciones sin apartarse

1 del espíritu ni del alcance del invento, según queda descri-
to por las reivindicaciones anejas.

5

REIVINDICACIONES

10

15

Los puntos de invención propia y nueva que se pre-
sentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de
Invención en España, por VEINTE años son los que se recogen
en las reivindicaciones siguientes:

20

1ª.- Un dispositivo convertidor de energía perfec-
cionado, que incluye al menos un dispositivo fotovoltaico y
un electrolito en asociación eléctrica con él, para efectuar
cambios químicos en dicho electrolito al ser aplicada energía
de radiación a dicho dispositivo fotovoltaico, caracterizado
porque el dispositivo fotovoltaico es un generador fotovol-
taico.

25

2ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindica-
ción 1ª, caracterizado además porque dicho generador incluye
uniones de semiconductor formadas entre semiconductores de
tipos de conductividad opuestos.

30

3ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindica-
ción 1ª, caracterizado además porque el generador incluye
uniones de barrera Schottky.

4ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindica-

1 ción 1ª, caracterizado además porque incluye más de un generador fotovoltaico y porque una pluralidad de los generadores están conectados en relación de circuito en serie.

5 5ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1ª, caracterizado además porque incluye más de un generador fotovoltaico, y porque al menos uno de los generadores incluye semiconductores p sobre n y otros son semiconductores n sobre p.

10 6ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1ª, caracterizado además porque incluye medios para extraer al menos un producto electroquímico.

15 7ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6ª, caracterizado además porque están previstos medios para neutralizar dicho producto de reacción electroquímico para producir energía eléctrica.

20 8ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1ª, en el que está dispuesta una pluralidad de dispositivos fotovoltaicos con medios para exponer dichos dispositivos fotovoltaicos a la luz, para hacer que dichos dispositivos generen potenciales eléctricos, y medios para recibir un electrolito, caracterizado porque cuando dicho electrolito se introduce en dichos medios de recepción, dicho electrolito responde a una corriente hecha pasar a su través y generada por dichos generadores, para producir un cambio químico deseado en dicho electrolito.

25

30 9ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8ª, caracterizado además porque cuando está presente dicho electrolito, la luz que hace que se generen dichos potenciales eléctricos pasa, al menos parcialmente, a través

1 de dicho electrolito.

10ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 9ª, caracterizado además porque dicha pluralidad de generadores fotovoltaicos están dispuestos en una ó más capas.

5 11ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10ª, caracterizado además porque dichos generadores fotovoltaicos están eléctricamente separados entre sí.

10 12ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10ª, caracterizado además porque unos seleccionados de dichos generadores fotovoltaicos, están interconectados en relación eléctrica en serie.

15 13ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10ª, caracterizado además porque unos seleccionados de dichos generadores fotovoltaicos, están interconectados por pares en relación de eléctricamente en serie.

20 14ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8ª, caracterizado además porque dichos generadores foto eléctricos están dispuestos en una o más capas y están constituidos por material semiconductor, y cada generador contiene una unión entre materiales de cuerpo y de superficie de tipos de conductividad opuestos, siendo algunos de los cuerpos de material de tipo P y siendo el resto de los cuerpos de material de tipo N; y porque están incluidos medios conductores asociados con una primera cara de una capa para conectar en serie las tensiones generadas en al menos dos de dichos generadores que tienen cuerpos de tipos de conductividad opuestos.

25 30 15ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 14ª, caracterizado además porque dichos medios para recibir un electrolito encierran dichas una o más capas.

1 16ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 15ª, caracterizado además porque dichos medios para exponer dichos generadores a la luz incluyen medios para dirigir la luz a una cara opuesta a dicha primera cara.

5 17ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 15ª, caracterizado además porque dicho cambio químico deseado en dicho electrolito incluye la formación de uno o más gases y porque dichos medios para recibir un electrolito incluyen medios para separar dichos uno o más gases y para conducirlos al exterior de los medios de recepción del electrolito.

10 18ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 17ª, caracterizado además porque dicho electrolito comprende oxocloruro de nitrosilo (NOCl) y porque dichos uno o más gases comprenden óxido nitroso y cloro.

15 19ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 17ª, caracterizado además porque dicho electrolito comprende ácido yodhídrico (HI) y porque dichos uno o más gases comprenden hidrógeno.

20 20ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 17ª, caracterizado además porque dicho electrolito comprende agua (H₂O) y porque dichos uno o más gases comprenden hidrógeno y oxígeno.

25 21ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 14ª, caracterizado además porque dichas una o más capas de unión, estando una parte del material de cuerpo a cada generador conectada a dichos medios conductores y con medios terminales a una cara opuesta a dicha primera cara.

30 22ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 21ª, caracterizado además porque dichos medios termina-

1 les son transmisores de energía óptica.

23ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8ª, caracterizado además porque dichos generadores son esencialmente esféricos.

5 24ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 23ª, caracterizado además porque los generadores esencialmente esféricos son planos en una parte de los mismos.

10 25ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 14ª, caracterizado además porque los cuerpos de material de tipo P tienen una difusión superficial de tipo N en al menos una parte de la superficie de los mismos, y porque los cuerpos de material de tipo N tienen una difusión superficial de tipo P en al menos una parte de la superficie de los mismos.

15 26ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 25ª, caracterizado además porque zonas superficiales de ambos tipos de materiales tienen electrodos en ellas destinados a ser expuestos y a entrar en contacto con el electrolito para el paso de corriente a través de éste.

20 27ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 14ª, caracterizado además porque incluye medios para conectar en series de cuatro las tensiones generadas, con el fin de obtener un funcionamiento de tensión más elevada.

25 28ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 14ª, caracterizado además porque están previstos uno o más miembros tubulares alargados, porque los generadores fotovoltaicos están dispuestos en capas dentro de los miembros tubulares, en una configuración para proteger superficies seleccionadas contra exposición a dicho electrolito, cuando es
30 tá presente, y para exponer otras superficies a dicho electro

1 lito, cuando está presente.

29ª.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 19ª, caracterizado además porque están previstos medios de almacenamiento de hidrógeno para recibir y almacenar hidrógeno gaseoso producido cuando los generadores fotovoltaicos están activos, un intercambiador de calor para enfriar el electrolito y una célula de combustible conectada a los medios de almacenamiento de hidrógeno para recombinar el hidrógeno y el yodo, para entregar energía eléctrica desde dicha célula de combustible.

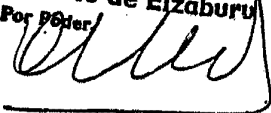
30ª.- UN DISPOSITIVO CONVERTIDOR DE ENERGIA PERFECCIONADO.

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

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

Madrid, 16.AGO.1977

P.A.

Alberto de Elzaburu
Por Poder


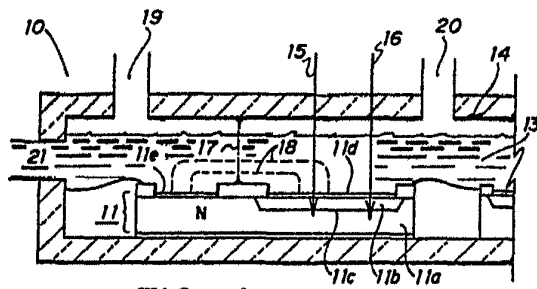


FIG. 1

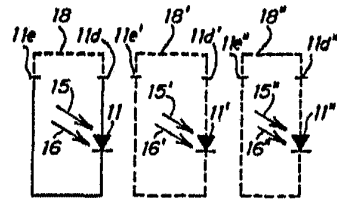


FIG. 2

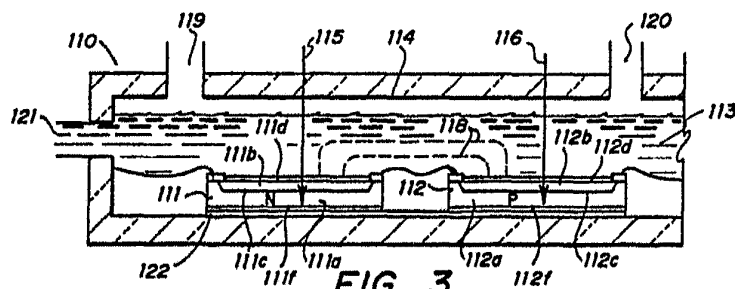


FIG. 3

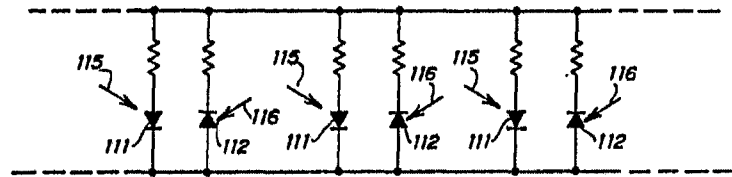


FIG. 4

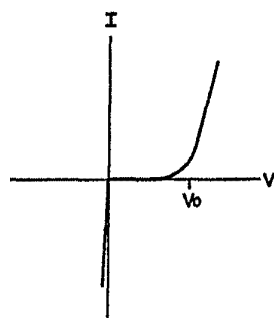


FIG. 5

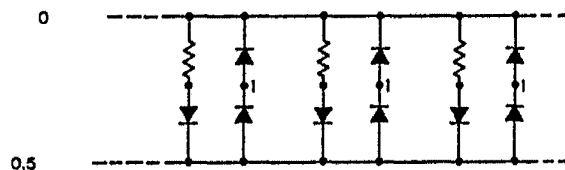


FIG. 6

Alberto de Elzabury
Por Poder,

Alberto
Por Poder,

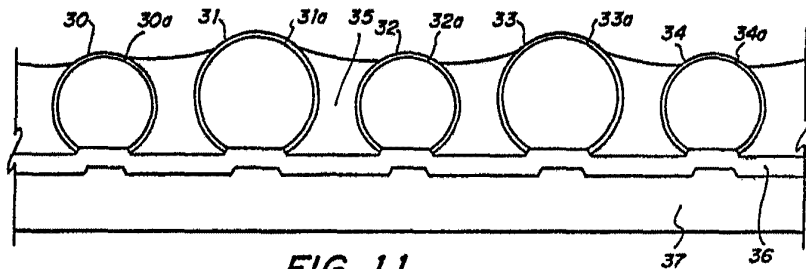


FIG. 11

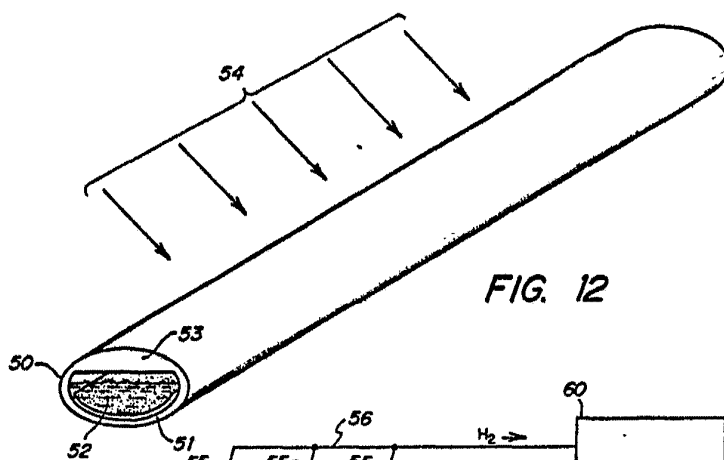


FIG. 12

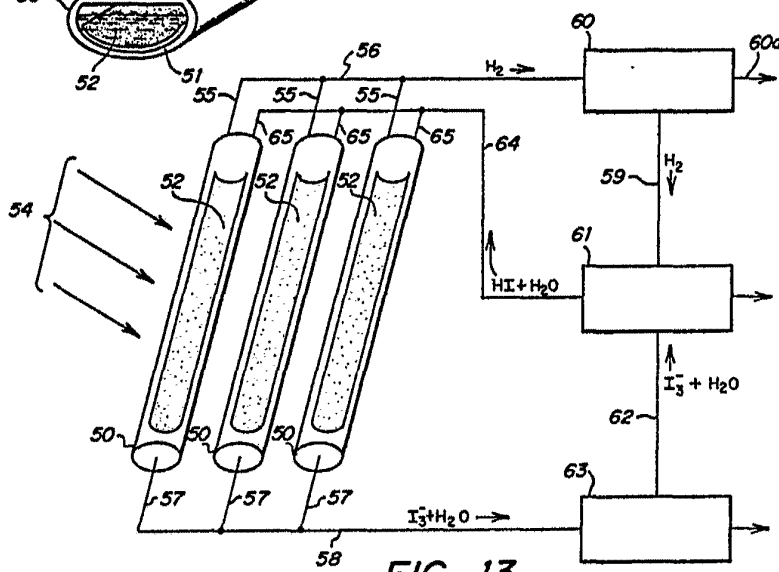


FIG. 13

Alberto de Elizaburu
Por Poder,

JACK ST. CLAIR KILBY

IV/IV

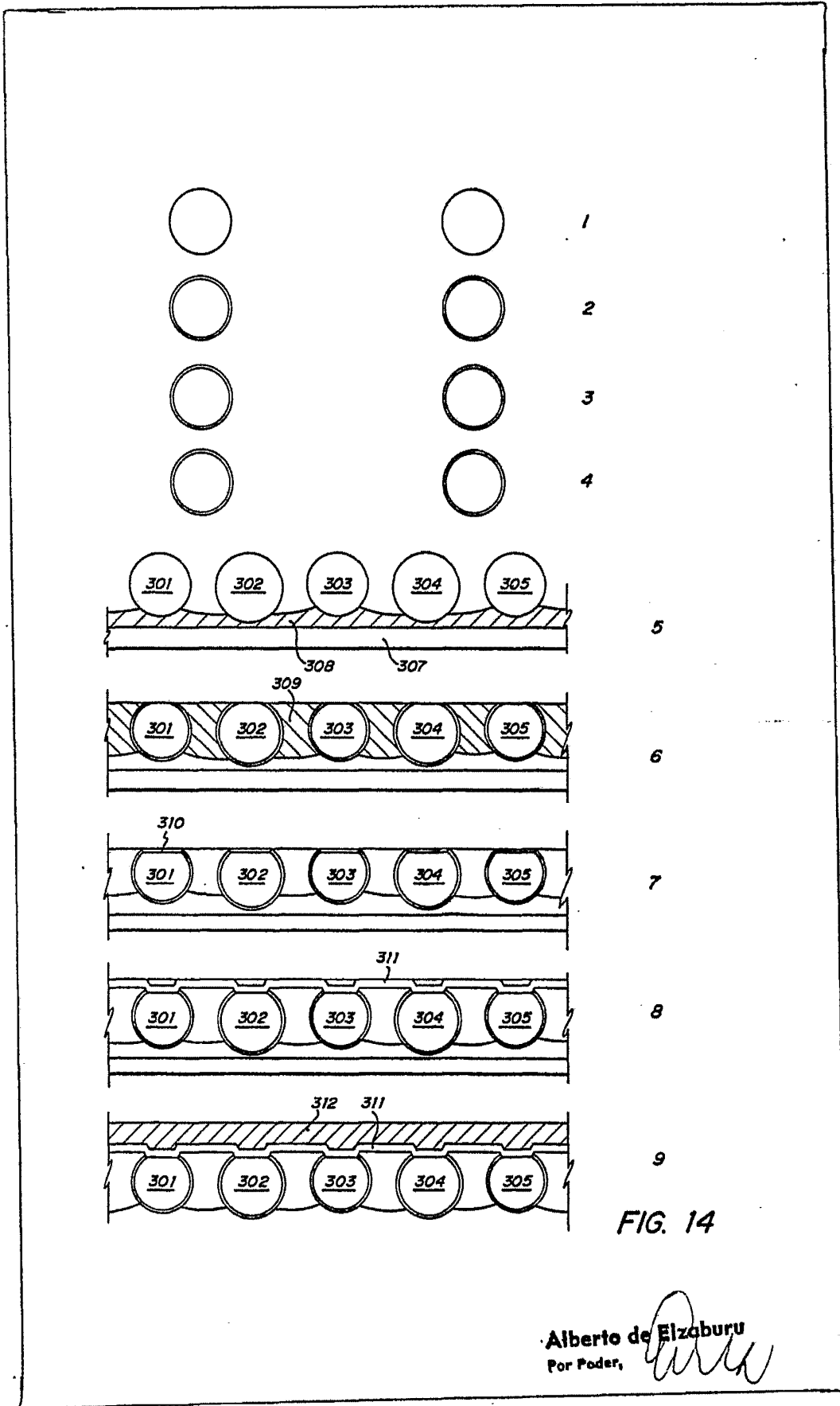


FIG. 14

Alberto de Elzaburu
Por Poder,