

25.734

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

ES

NUMERO

483.023

A1

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

FECHA DE PRESENTACION

31-7-79

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:		
31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL F24J 3/02	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
64 TITULO DE LA INVENCION DISPOSITIVO DE CELULA BIFACET EN CONCENTRADOR FLUORESCENTE.		
71 SOLICITANTE (ES) Don Antonio LOQUE LOPEZ, Don Andrés CUEVAS FERNANDEZ, Don Manuel GOMEZ AGOST, Don Jesús SANGRADOR GARCIA, Don José M^a RUIZ PEREZ, Don Gabriel BALA PANO y Don Javier EGURIN.		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación MADRID.		
72 INVENTOR (ES) Los propios solicitantes.		
73 TITULAR (ES)		
74 REPRESENTANTE ELEUTERIO GONZALEZ YACAS.		

Memoria descriptiva.-

5.- Se trata de un dispositivo para convertir la energía solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. Consiste en el uso conjunto de concentradores basados en la emisión luminiscente usados conjuntamente con células solares bifaciales.

Extracto de la invención.-

10.- El dispositivo objeto del invento consiste en una nueva célula solar de muy alta eficiencia, cuya principal característica radica en ser susceptible de ser iluminada por ambas caras, con radiación de longitud de onda elevada, para lo cual se sitúa en un concentrador estático, de diseño adecuado, capaz de cumplir las siguientes funciones básicas: a) absorber la radiación solar y reemitirla con un espectro de radiación más apropiado al funcionamiento óptimo de la célula solar, mejorando así su eficiencia y evitando un excesivo calentamiento, b) concentrar la energía solar que recibe con una cierta ganancia sobre una célula solar sin necesidad de ningún tipo de seguimiento, piezas móviles, etc.

15.-

20.-

Antecedentes de la invención.-

25.- El rendimiento de conversión de energía luminosa en energía eléctrica oscila comunmente entre el 10% y el 12%, de modo que a plena iluminación, fuera de la atmósfera estas células venían entregando entre 30 y 40 mA/cm² a una tensión de unos 0,45 voltios por cada centímetro cuadrado de superficie de célula.

30.- En los últimos años se ha evidenciado un creciente interés en aplicar estas células a usos terrestres

y de hecho se han encontrado aplicaciones en instalaciones aisladas donde el consumo de energía es moderado. - Tal es el caso de los repetidores de Televisión a menudo colocados en lugares de difícil acceso, de las balizas situadas en alta mar u otros.

5.-

El precio actual de las células solares es del orden de 1000 a 1600 ptas. por watio instalado (un watio instalado puede proporcionar de 1,8 a 1,9 KWH por año - en la mayor parte de España). Cualquier esfuerzo en el abaratamiento de costos permitirá sin duda una ampliación del mercado actual al resultar competitivo, el precio resultante para un número creciente de nuevas aplicaciones.

10.-

En todo el mundo se están haciendo grandes esfuerzos en el desarrollo de sistemas más económicos de células solares. Estos esfuerzos contemplan desde la mejora de los medios de producción hasta la investigación de nuevas técnicas de producción de silicio fotovoltaico o empleo de otros materiales, pasando por el uso de lentes o espejos concentradores de la energía solar sobre la célula.

15.-

20.-

La invención presente pretende el abaratamiento de la energía solar:

25.-

a) Utilizando células solares iluminables por las dos caras, lo que da lugar a un mejor aprovechamiento del silicio, que constituye la parte más costosa del sistema fotovoltaico.

30.-

b) Integrando las células solares bifaciales en concentradores luminiscentes, de muy bajo coste, que son capaces de multiplicar hasta diez veces la radiación

luminosa que incide sobre cada cara de la célula. De esta manera se consigue duplicar la energía que recibe la célula solar en relación con la que recibiría una célula convencional, que es iluminada por una sola cara.

5.- Los concentradores luminiscentes (LSC) son placas de un material transparente en el que se han diluido ciertas sustancias que poseen la propiedad de la luminiscencia. Cuando estas placas son enfrentadas al sol, las partículas de tinte luminiscente absorben la luz solar y la reemiten en un estrecho espectro (casi una sola longitud de onda). La luz reemitida es guiada por la placa de material transparente por reflexión interna total hacia el borde de la misma (1), en el que se sitúan las células solares fotovoltaicas. Estos concentradores colectan tanto la radiación directa como la difusa, pues no son sensibles a la inclinación de los rayos incidentes.

10.-
15.- Hasta el momento se han conseguido experimentalmente irradiancias del orden de 200 mW/cm^2 a 640 nm de longitud de onda (2,3) y mediante un simple aumento del tamaño de las placas se esperan conseguir una irradiancia de 1000 mW/cm^2 , es decir diez veces mayor que la que proporciona el sol en un día claro (radiación AM1).

20.-
25.- Las figuras 1ª, 2ª, 3ª y 4ª representan las varias posibilidades de concentrador luminiscente así como el sistema completo de concentrador luminiscente más célula bifacial.

30.- En cuanto al dispositivo conversor de la energía luminosa en energía eléctrica, la célula solar, son fundamentalmente tres las estructuras que están siendo

desarrolladas para concentración estática bifacial.

- Hasta este momento, la Transcélula es la estructura que ha dado los mejores resultados experimentales. La Transcélula (TRC) está esquematizada en la figura 5.- La estructura, que en la cara frontal tiene una rejilla metálica convencional que proporciona contacto al emisor frontal n^+ , tiene las características de un transistor. La cara posterior tiene dos rejillas; la primera, de características similares a la rejilla de la cara frontal, es para el contacto con el emisor n^+ posterior. La segunda, que ha sido depositada en la base de una región p^+ a través de ventanas formadas en el emisor posterior utilizando tecnología planar o mesa, realiza contacto eléctrico con la base de la región tipo p. Los dos emisores están conectados el uno al otro en paralelo. Otras células bifaciales son la célula multiunión (VMJ), la célula bifacial de unión en tándem (BJC) y la célula bifacial de campo de superficie (DSSF). En las figuras (5 y 6) pueden observarse con mayor detalle las células TRC y VMJ respectivamente, que son las dos aquí consideradas.

Objeto de la invención.-

- El máximo incremento de concentración que puede ser obtenido con un concentrador LSC está limitado por la absorción de luz a lo largo de la dimensión lateral. Las células bifaciales colocadas en el centro del LSC, y no en el borde, como se indica en la figura 1, disminuyen la longitud que la luz tiene que recorrer y por consiguiente las células incrementan la eficacia total del sistema o, reciprocamente, para una longitud determinada el factor de concentración será el doble del que se obtiene con células

las convencionales.

La longitud de onda de salida del concentrador tiene que ser lo más alta posible para permitir -- (con el uso de concentradores de varios tintes luminiscentes) una más completa colección del espectro solar.

5.-

Esta longitud de onda está limitada por el material que se utilice en la fotocélula. En el caso del silicio surgen ventajas adicionales de las estructuras bifaciales, ya que permiten una mayor colección de corriente generada por las longitudes de ondas largas.

10.-

Límites físicos de operación.-

Para calcular la eficiencia de conversión de una células dada por

15.-

$$n = \frac{I_{sc} V_{oc}}{A E} CF \quad (1)$$

donde A es el área total de la célula y E la irradiancia (en ambos lados) tenemos que encontrar el factor de curva CF, el cual a su vez depende de la resistencia serie.

20.-

La resistencia serie de una célula bifacial se incrementa por la importante contribución de la región de base donde la corriente fluye paralelamente a la superficie de la célula y a la rejilla de metalización de base.

25.-

El valor de la resistencia serie para una célula bifacial ha sido desarrollado en otro lugar (4). El resultado es:

$$R_s = \frac{1}{3} \frac{1L}{A} (r_p + r_n + r_a + r_c) \quad (2)$$

30.-

donde r_p , r_n , r_a y r_c son las resistencias geométricas -

de un elemento de la célula (ver figura 5) en relación respectivamente con las capas p, las capas n y los dedos metálicos del ánodo y los dedos metálicos del cátodo.

5.- Asumiendo que el área sombreada de célula es la misma para las tres estructuras, r_a y r_c son las mismas para todas ellas. Los valores de r_p y r_n son el resultado de conectar en paralelo las capas apropiadas.

10.- Para llevar a cabo un análisis cuantitativo, tanto en la base como en el emisor, han sido utilizadas las clásicas soluciones de las ecuaciones de continuidad en una región libre de campo eléctrico con tiempo de vida constante para iluminación monocromática desarrolladas por Wolf (5).

15.- La eficiencia de colección externa de la célula $\sigma_{ext}(\lambda) = J_{sc}(\lambda) \times (1-R)/q N(\lambda)$ ha sido medida para una de nuestras transcélulas experimentales y también ha sido calculada, con las asunciones arriba mencionadas. El flujo de los fotones $N(\lambda)$ y la reflectividad de una célula de silicio cubierta con TiO_x han sido tomados de la bibliografía.

20.- Las curvas experimental y teórica muestran un buen acuerdo. Un nuevo juego de parámetros representativos de una tecnología avanzada, han sido utilizados en los cálculos que siguen. La I_{sc} y la V_{oc} han sido calculadas en función del espesor de la base de la transcélula. De esta manera la eficiencia ha sido calculada empleando la ecuación (1). Para el factor de curva se ha utilizado una aproximación analítica de la fórmula de Green. La teoría, incluyendo la determinación CF y el valor de R_s ,

25.-

30.-

ha sido comparado con transcélulas experimentales bajo concentración (hasta 10 AMI soles) y ha dado un excelente acuerdo. Utilizando esta teoría, se han diseñado -- transcélulas para ser utilizadas con concentradores luminiscentes. La eficiencia para cuatro longitudes de ondas diferentes, incluyendo la utilizada en los actuales LSC de 640 nm, ha sido calculada como una función del espesor de la base y del nivel de concentración de luz. La eficiencia supera el 21% para longitud de onda de 640 nm y (10) soles, y se acerca al 27% si la longitud de onda es de -- 800nm. El tinte neodimio, Nd^{+3} , que tiene una emisión de longitud de onda luminiscente en el borde de la absorción de Silicio. También han sido estudiado, sin embargo, los resultados son muy pobres y no han sido representados.

5.-
10.-
15.-
20.-
Además de los aspectos puramente técnicos de -- la fabricación de la transcélula requiere diversos procesos de alineamiento de máscaras lo cual incrementa el -- coste del proceso de la célula; no obstante, un bajo tiempo de vida afecta en menor grado el comportamiento de la Transcélula (especialmente funcionando a las más cortas -- longitudes de onda) que el de una célula convencional, permitiendo la utilización de un material de bajo coste.

25.-
30.-
El uso de Transcélulas con concentradores luminiscentes indica que se requiere una base relativamente gruesa (200 μm) para un funcionamiento óptimo. La longitud de difusión alta produce una sustanciosa colección -- posterior; especialmente con longitudes de ondas por encima de 1000 nm, y en estos casos una longitud de difusión larga mejora la colección de la célula en un grado considerable. Siendo el efecto mucho más importante para longi

tudes de ondas largas que para un espectro AM1. Finalmente, el uso de iones Nd^{+3} como tinte lo que permite la más amplia absorción (hasta 1064 nm) del espectro solar, compatible con generación en el Silicio, da una más pobre eficiencia. Una evaluación más concreta de su potencial requiere un detallado conocimiento del espectro fluorescente y la distribución angular de la radiación, así como el uso de células gruesas con una longitud de difusión alta.

5.-

10.-

Referencias.

- (1) W.H. Weber and J. Lambe, Applied Optics, 15, 2299, (1976).
- (2) C.F. Rapp and N.L. Boling, Proc. of the 13th IEEE - Photov. Spec. Conf., 960 (1978).
- (3) A. Boetzberger et al., Proc. of the 2nd E.C. Photov. Solar Energy Conf., 515 (1979).
- (4) A. Luque et al., Proc. of the ISES International Conf., 729, (1978).
- (5) M. Wolf, Proc. IRE 48, 1246, (1960).

15.-

Descripción de las figuras.-

20.-

La figura 1ª corresponde a una vista esquemática, en perspectiva, de un dispositivo realizado de acuerdo con el invento.

La figura 2ª muestra el mecanismo por el que la luz es guiada hacia la célula bifacial.

25.-

La figura 3ª representa un segundo concepto del invento, en el que el concentrador luminiscente está hecho con una placa de material transparente que lleva adheridas las películas impurificadas con partículas fluorescentes.

30.-

La figura 4ª representa un tercer concepto de

la invención, en el que el concentrador luminiscente está hecho de una placa de material transparente impurificado con partículas fluorescentes que lleva adherida a su parte inferior una lámina reflectante.

5.- La figura 5ª corresponde a dos vistas esquemáticas de la transcélula, general y en sección.

La figura 6ª es una vista de la célula multi-unión.

10.- Comentando estos dibujos, se hace la aclaración de que mediante el número (1) se indican las células bifaciales, siendo (2) la luz solar, (3) la radiación atrapada, (4) son las aletas de refrigeración para disipar el calor que la radiación produce en la célula, el número (5) indica el material transparente impurificado con partículas fluorescentes que constituye el concentrador, (6) indica la luz absorbida, (7) la luz reemitida, (8) indica la posición de una partícula fluorescente, (9) es un material transparente, (10) es una película impurificada con partículas fluorescentes, (11) es una lámina reflectante, (12) indica la cara posterior de la transcélula, y (13) la cara anterior, (14) señala el terminal de cátodo, y (15) el de ánodo, (16) es una capa tipo n^+ , y (17) una capa tipo p, (18) es el área iluminada, (19) es el espesor de la célula W , (20) es el ancho de la semibarra de extracción $\frac{D}{2}$, (21) es la salva de difusión ξ , (22) la longitud de dedo metálico L , (23) una célula elemental tal como se ha empleado en los cálculos R_s , (24) es la separación entre un dedo metálico n y un dedo metálico p, y, (25) indica los dedos metálicos de cátodo (o n) y (26) un dedo metálico de ánodo (o.p), (27)

15.-

20.-

25.-

30.-

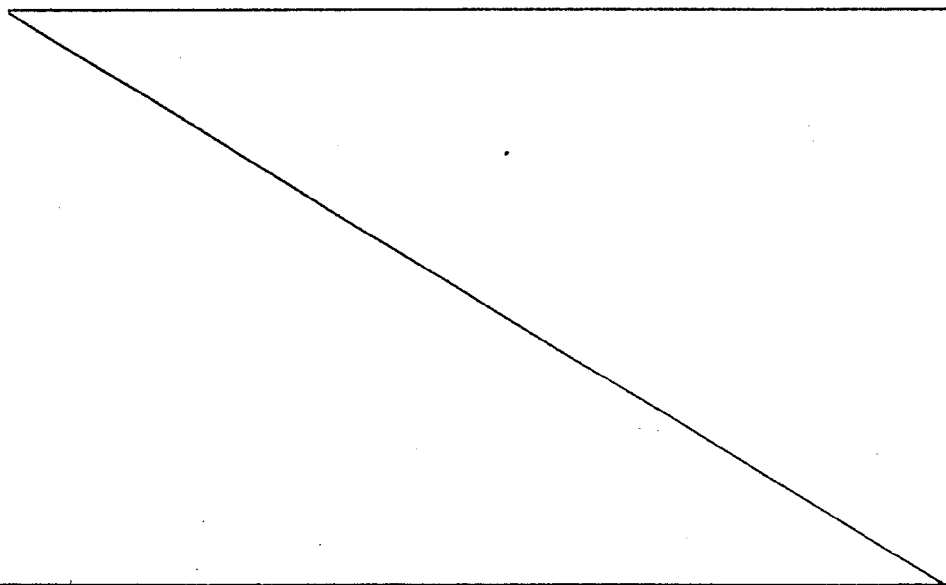
es la anchura de dedo n , d_c y (28) la anchura de dedo p , d_a , el número (29) señala una región de silicio de tipo n , el (30) una región de silicio de tipo n^+ , y el (31) una región de silicio de tipo p^+ , (32) indica la colocación de lámina de aluminio, y (33) indica la existencia de níquel y soldadura de estaño.

5.- Se comprenderá fácilmente, después de observar los dibujos y la descripción precedente, que la actual - concepción proporciona una construcción sencilla y efectiva, susceptible de poder ser llevada a la práctica con gran facilidad, asegurando la obtención de una manufactura relativamente barata.

10.- Se reitera, que en el objeto que constituye el actual Modelo, serán susceptibles de introducirse todas aquellas modificaciones de detalle que las circunstancias y la práctica pudieran aconsejar, siempre y cuando que - con las variantes que se introduzcan, no se cambie, altere o modifique, la esencialidad del invento descrito.

N O T A

15.- 20.- Se declara como de propiedad y novedad para todo el territorio español, el contenido de las siguientes:



REIVINDICACIONES

1ª.- Dispositivo de célula bifacial en concentrador fluorescente, que comprende una célula solar activa por ambas caras colocada entre el canto de dos placas de material transparente impurificado con partículas fluorescentes de tal modo que la radiación solar es absorbida por estas partículas, reemitida por fluorescencia a una longitud de onda superior transmitida a través de las placas y sin poder escapar de ellos por el fenómeno de la reflexión total y transmitida finalmente hasta la célula solar que se encuentra en el canto y que es activa por ambas caras.

2ª.- Dispositivo de célula bifacial en concentrador fluorescente, según nota 1ª, en el cual las dichas placas tienen tan solo una película impurificada con partículas fluorescentes adheridas a una (o ambas) caras de la placa.

3ª.- Dispositivo de célula bifacial en concentrador fluorescente, según notas 1ª ó 2ª, en el cual una cara de la placa tiene adherida una lámina reflectante.

4ª.- Dispositivo de célula bifacial en concentrador fluorescente, según notas 1ª, 2ª o 3ª, en el cual la célula solar está constituida por una base de semiconductor tipo p en la que se han formado dos capas superficiales tipo n en ambas caras y se han depositado sendas rejillas metálicas para tomar contacto eléctrico a las dichas capas n, y, al menos en una de las dichas superficies se han tomado contactos a la base mediante una rejilla metálica adicional, a través de ventanas hechas en la capa n superficial correspondiente.

- 5.- 5ª.- Dispositivo de célula bifacial en concentrador fluorescente, según las notas 1ª, 2ª ó 3ª, en el que la célula solar activa por ambas caras, como la descrita en (4), se ha dimensionado de manera que parte de la corriente fotogenerada por la luz que entra en la célula por una cara sea recogida por la rejilla metálica sobre la capa n de la cara opuesta de la célula.
- 10.- 6ª.- Dispositivo de célula bifacial en concentrador fluorescente, según notas 1ª, 2ª ó 3ª, en el que la célula como la indicada en (4 ó 5) se ha dimensionado de tal manera que el voltaje negativo aplicado a una de las dichas rejillas metálicas sobre una capa n con respecto a la rejilla situada sobre la base disminuya la corriente de oscuridad que sale por la rejilla situada en la capa n opuesta.
- 15.- 7ª.- Dispositivo de célula bifacial en concentrador fluorescente, según notas 1ª, 2ª ó 3ª, donde la célula solar activa por ambas caras está constituida por un apilamiento de tiras paralelepípedicas de semiconductor tipo p con una de las dimensiones mucho mayor que las otras dos y con capas superficiales tipo n y p⁺ de alta conductividad formadas en dos de las caras opuestas, que incluyen la dimensión mayor, apiladas entre sí de manera que cada cara en la que se ha formado una región n en una tira se adhiere a una cara en la que se ha formado una región p⁺ de la tira adyacente mediante una soldadura a base de aportación de un metal o varios apropiados ya sea en forma de aleación, de multicapa o una combinación de ambas.
- 20.- 8ª.- Dispositivo de célula bifacial en concentrador fluorescente, según notas 1ª, 2ª ó 3ª, donde la célula solar activa por ambas caras está constituida por un apilamiento de tiras paralelepípedicas de semiconductor tipo p con una de las dimensiones mucho mayor que las otras dos y con capas superficiales tipo n y p⁺ de alta conductividad formadas en dos de las caras opuestas, que incluyen la dimensión mayor, apiladas entre sí de manera que cada cara en la que se ha formado una región n en una tira se adhiere a una cara en la que se ha formado una región p⁺ de la tira adyacente mediante una soldadura a base de aportación de un metal o varios apropiados ya sea en forma de aleación, de multicapa o una combinación de ambas.
- 25.- 9ª.- Dispositivo de célula bifacial en concentrador fluorescente, según notas 1ª, 2ª ó 3ª, donde la célula solar activa por ambas caras está constituida por un apilamiento de tiras paralelepípedicas de semiconductor tipo p con una de las dimensiones mucho mayor que las otras dos y con capas superficiales tipo n y p⁺ de alta conductividad formadas en dos de las caras opuestas, que incluyen la dimensión mayor, apiladas entre sí de manera que cada cara en la que se ha formado una región n en una tira se adhiere a una cara en la que se ha formado una región p⁺ de la tira adyacente mediante una soldadura a base de aportación de un metal o varios apropiados ya sea en forma de aleación, de multicapa o una combinación de ambas.
- 30.- 10ª.- Dispositivo de célula bifacial en concentrador fluorescente, según notas 1ª, 2ª ó 3ª, donde la célula solar activa por ambas caras está constituida por un apilamiento de tiras paralelepípedicas de semiconductor tipo p con una de las dimensiones mucho mayor que las otras dos y con capas superficiales tipo n y p⁺ de alta conductividad formadas en dos de las caras opuestas, que incluyen la dimensión mayor, apiladas entre sí de manera que cada cara en la que se ha formado una región n en una tira se adhiere a una cara en la que se ha formado una región p⁺ de la tira adyacente mediante una soldadura a base de aportación de un metal o varios apropiados ya sea en forma de aleación, de multicapa o una combinación de ambas.

trador fluorescente, según notas 1ª, 2ª ó 3ª, donde se haya intercalado entre las placas y las células la capa o capas apropiadas para disminuir reflexiones y para pegar las células a las mencionadas placas.

5.- 9ª.- Dispositivo de célula bifacial en concentrador fluorescente, según notas 1ª, 2ª ó 3ª, donde las células mencionadas de (4 a 8) se constituyan cambiando por doquier las zonas de conductividad n en zonas de conductividad p y viceversa.

10.- 10ª.- DISPOSITIVO DE CELULA BIFACIAL EN CONCENTRADOR FLUORESCENTE.

Todo ello conforme se describe y reivindica en la presente memoria que consta de CATORCE hojas, escritas a máquina por una sola de sus caras y dibujos que la ilustran.

15.-

Madrid, 31 de Julio de 1,979

E. GONZALEZ VACAS
P. P.



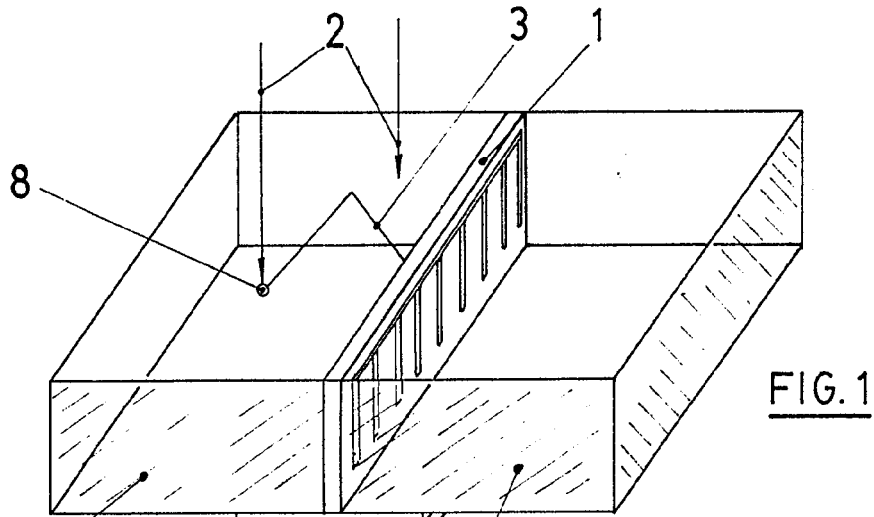


FIG. 1

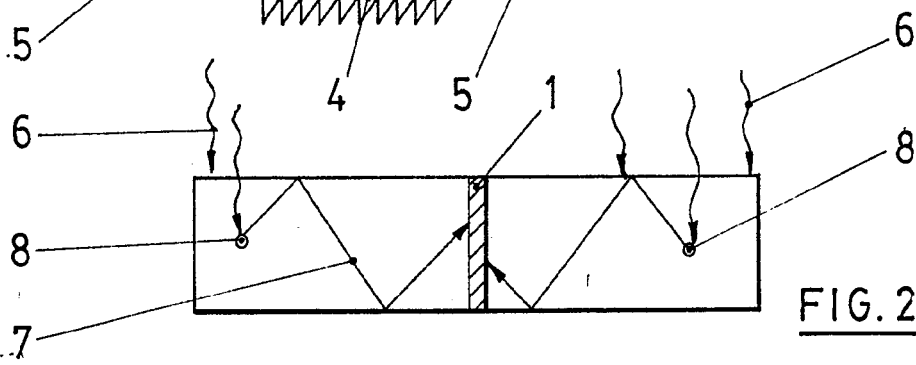


FIG. 2

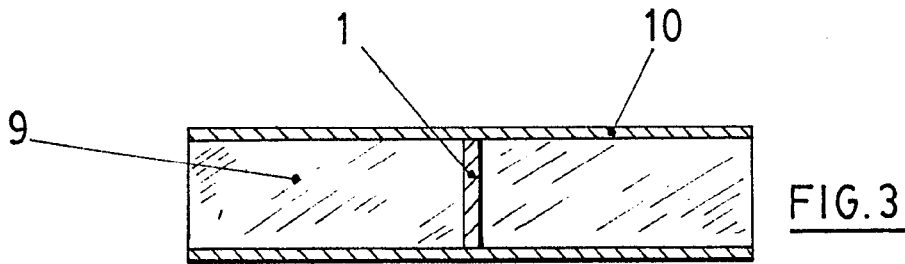


FIG. 3

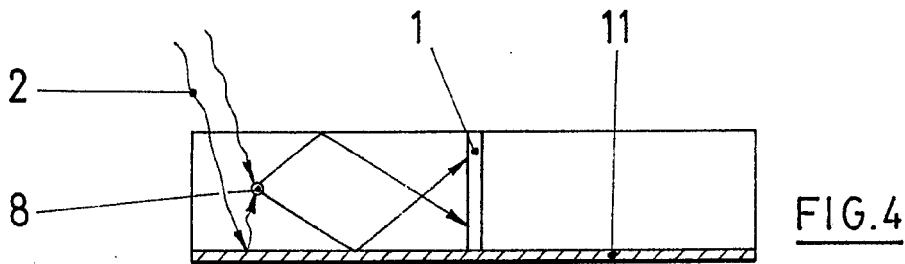


FIG. 4

Escala variable

MADRID 31 Julio 1.979

E. GONZALEZ VACAS
P. P.

Don Antonio LUQUE LOPEZ, Don Andrés CUEVAS FERNANDEZ, Don Manuel GOMEZ AGOST, Don Jesús SANGRADOR GARCIA, Don José M^o RUIZ PEREZ, Don Gabriel SALA FAIO y Don Javier EGUREN.

rec. 2 de 2

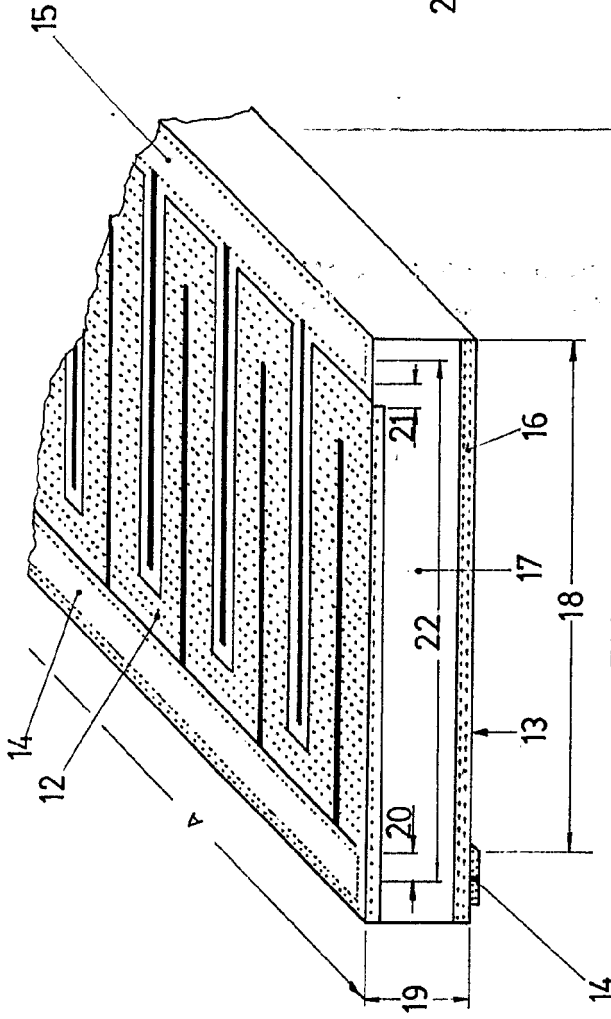


FIG. 5

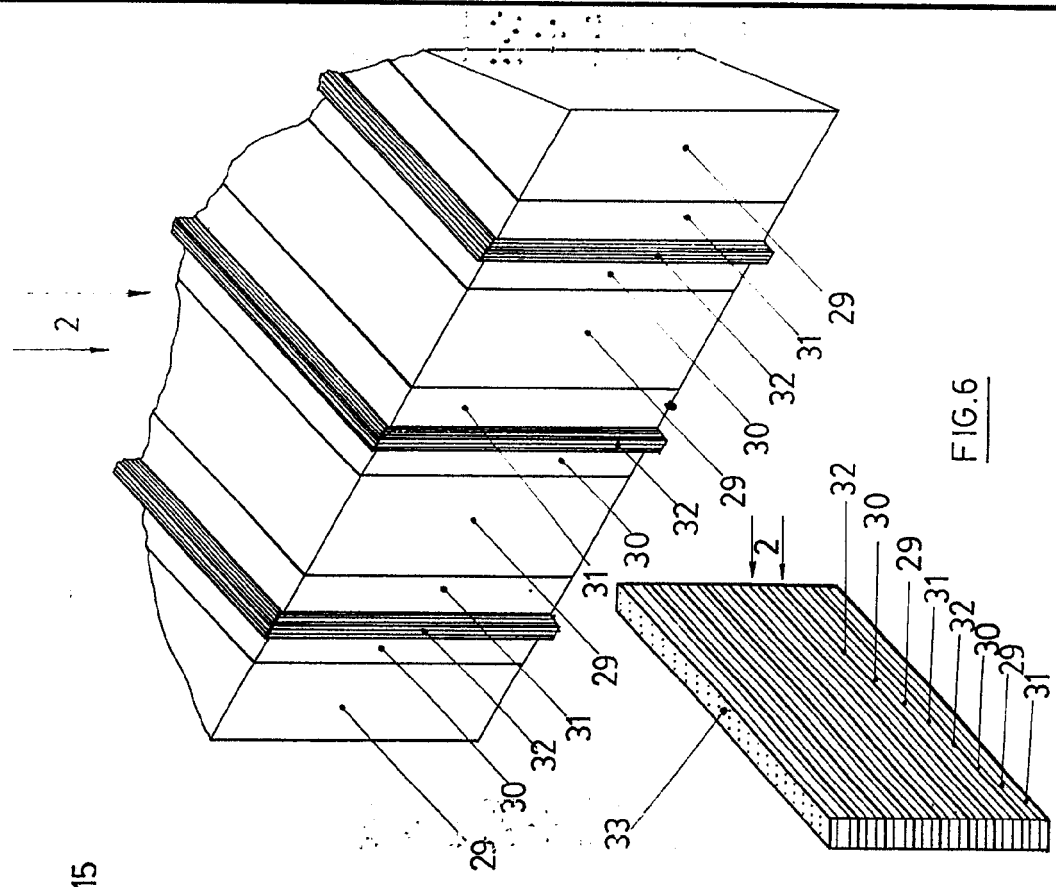
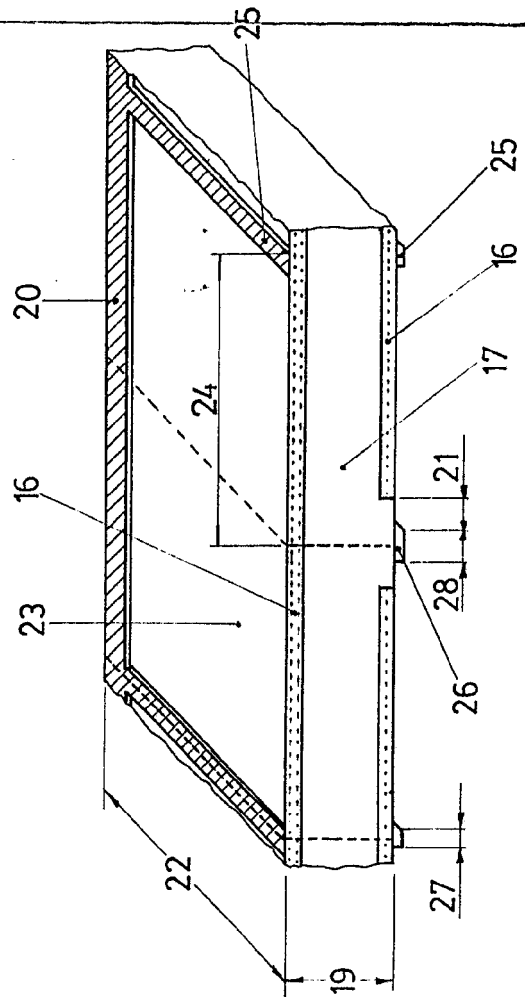


FIG. 6

MADRID 31 JULIO 1979
E. FORTY & GARCIA
S. P.

Escala variable

Don Antonio LUQUE LOPEZ, Don Andrés CUEVAS FERNANDEZ, Don Manuel GOMEZ AGOST, Don Jesús SANGRADOR GARCIA, Don José M^a RUIZ PEREZ, Don Gabriel SALA PANO y Don Javier EGUREN.

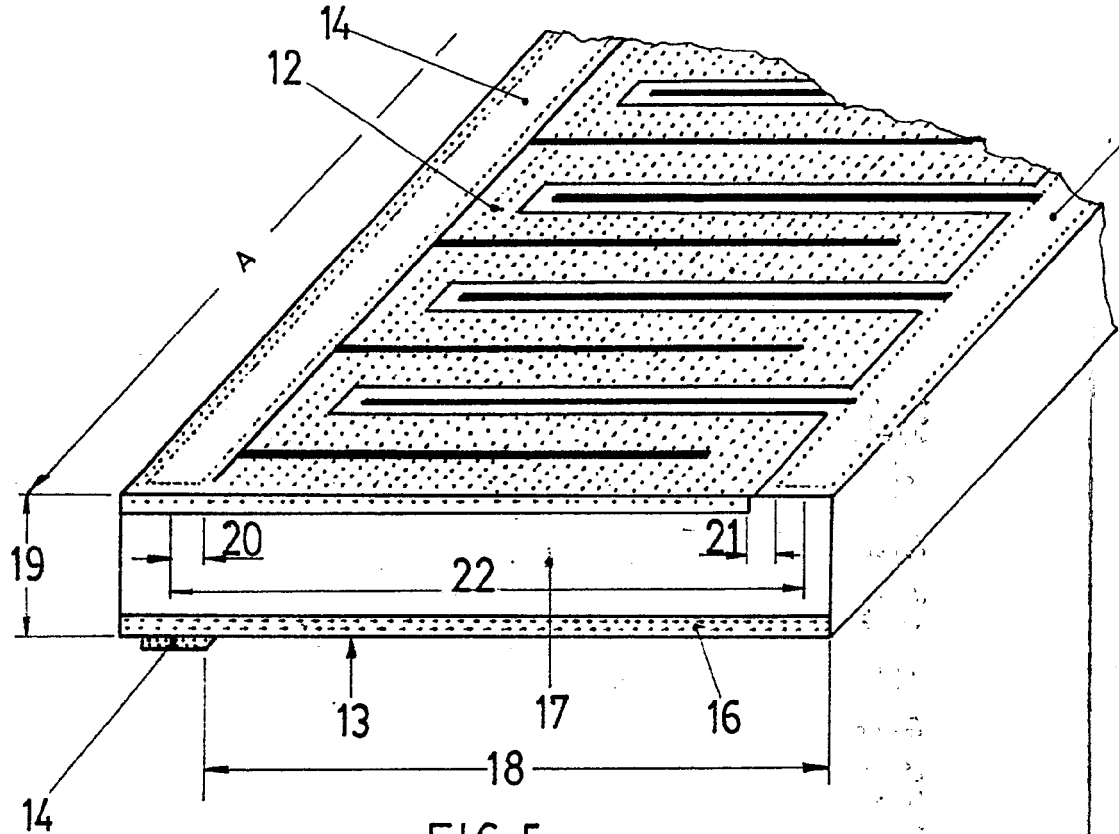
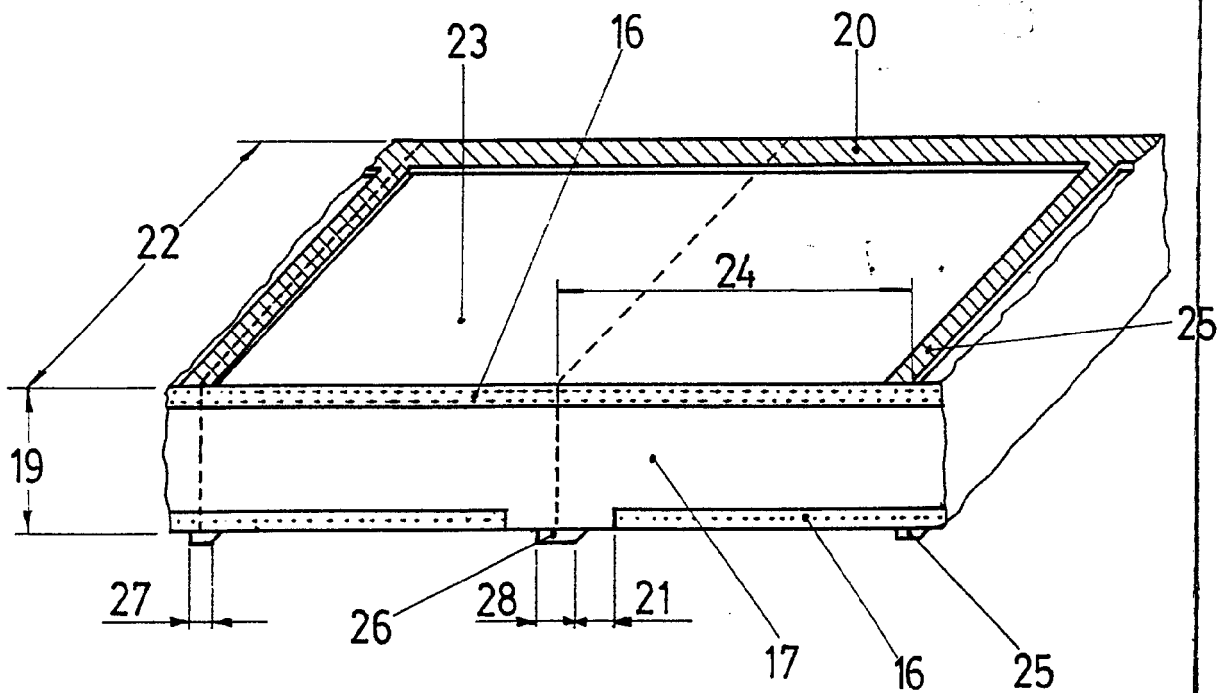


FIG. 5



Escala variable

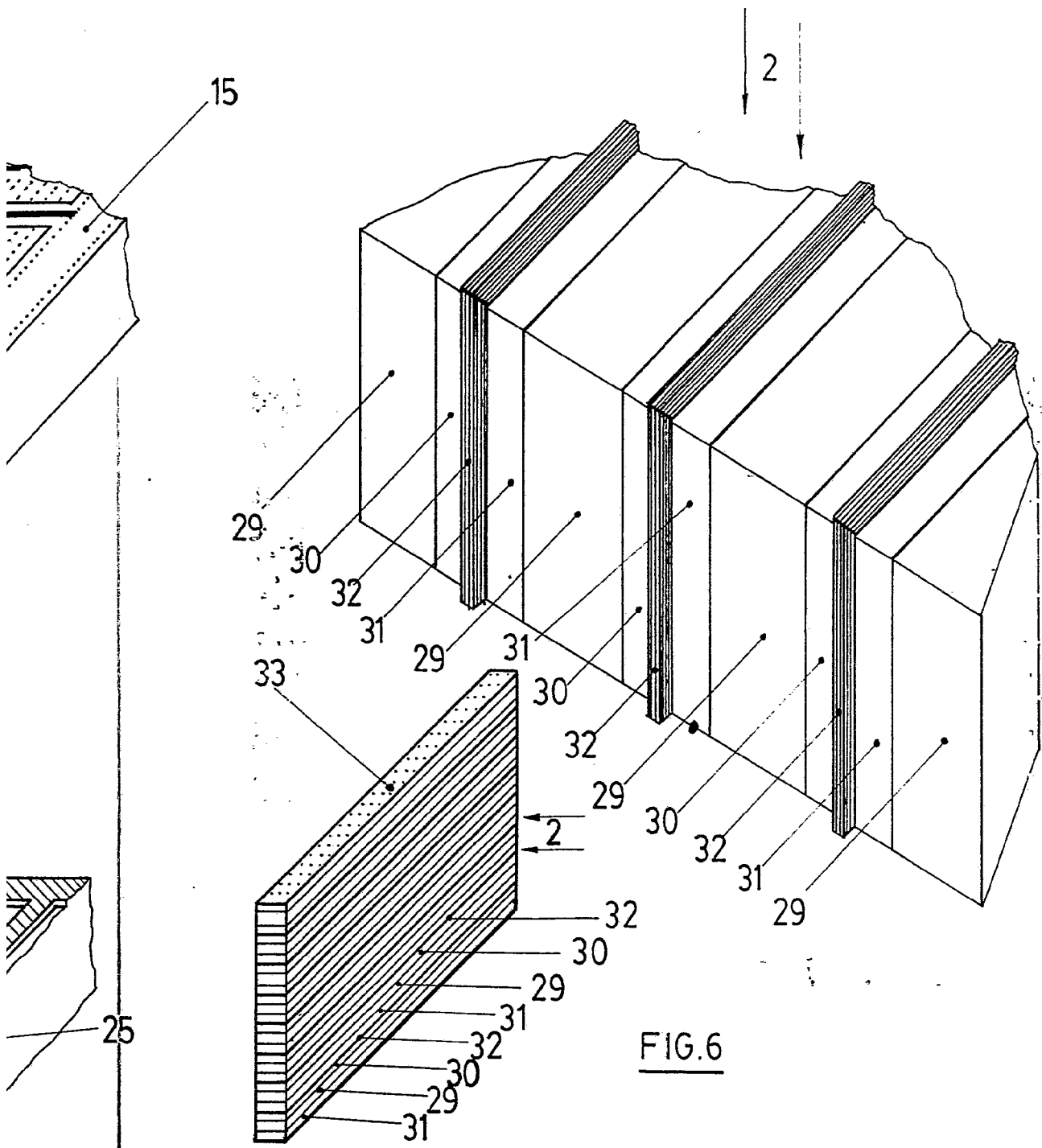


FIG.6

MADRID 31 Julio 1.979
E. GONZALEZ VACAS
e. p.