

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



10	ES	11	NUMERO	10	A1
		21	442.423		
		22	FECHA DE PRESENTACION		

PATENTE DE INVENCION

10	PRIORIDADES	32	FECHA	33	PAIS
	21				
	Ser. No. 522.060		8 de Noviembre 1.974		Norteamérica.
	587.042		16 de Junio 1.975		Norteamérica.

4	FECHA DE PUBLICIDAD	31	CLASIFICACION INTERNACIONAL	62	PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
			H01L		

6	TITULO DE LA INVENCION
	PROCEDIMIENTO PARA FABRICAR CELULAS FOTOVOLTAICAS.

71	SOLICITANTE (S)
	WESTERN ELECTRIC COMPANY INCORPORATED.

	DOMICILIO DEL SOLICITANTE
	195 Broadway, New York, New York 10007, Estados Unidos de América.

72	INVENTOR (ES)
	KLAUS JURGEN BACHMANN; ERNEST BUEHLER; JOSEPH LEO SHAY; SIGURD WAGNER

73	TITULAR (ES)

74	REPRESENTANTE
	GOMEZ-ACEBO.

POOR
QUALITY

Este invento se refiere a células fotovoltaicas que comprenden una masa de tipo p cristalina de fosforo de indio en contacto con una ventana de transmisión formadora de heterounión de cadmio del tipo n.

5 Veinte años después de la invención de la célula solar de silicio, la central de energía solar fotovoltaica es todavía una meta difícil de conseguir. Aproximadamente se necesita doble inversión de capital en una central de energía de silicio que en una central de combustible fósil (23,8 pesetas por término medio
10 por vatio). La culpa es de los costes de elaboración resultantes de la necesidad de tener que emplear material a granel de gran calidad y a causa también de las homouniones p-n de pequeña altura. Se necesita silicio a granel debido a la gran longitud de absorción (- 100 μ m) en este material de interespacio de banda
15 indirecto. En particular, las uniones p-n deben ser de poca altura (unas cuantas décimas de micra) para hallar un compromiso entre una gran eficacia y una recombinación superficial baja. Las variantes al silicio comprenden materiales de interespacios directos con grandes coeficientes de absorción. Con estos se pueden
20 reducir los costes de elaboración y de los materiales porque se pueden reducir los costes de elaboración y de los materiales -- porque se pueden emplear delgadas películas y aún películas policristalinas. A pesar de todo, los grandes coeficientes de absorción imponen exigencias de elaboración aún más estrictas
25 en las homouniones p-n de poca altura. Así, la siguiente fase lógica es la reducción del coste es producir la unión p-n con éxito en tales materiales depositando, sobre la película semiconductor absorbente, una película relativamente gruesa de un semiconductor esencialmente transparente del tipo de conductividad
30 opuesta, para producir una heterounión.

El principio del heterodiodo se conoce desde hace más de 20 años y, de una forma conceptual, se pueden unir dos semiconductores para formar una heterounión. Verdaderamente, según hizo observar J.J. Loferski en un artículo titulado "Principios de -
5 Conversión de Energía Solar Fotovoltaica", publicado en el 25 - Informe Anual de la Conferencia de Fuentes de Energía, Mayo de 1972, "el número de posibles células del tipo de heterounión - está limitado solamente por la imaginación".

No obstante, fuera de esta elección ilimitada, los mate-
10 riales para una célula solar fotovoltaica de heterounión posible deben cumplir por lo menos con 5 criterios importantes. Estos - criterios comprenden: (1) Las afinidades de los electrones ha- bran de ser de tal naturaleza que no exista barrera que impida el flujo de la corriente:

15 (2) Hay una gran diferencia en el interespacio de banda entre los dos materiales para recoger una gran fracción del espectro solar:

(3) El interespacio de banda del material de interespacio de banda menor deberá estar comprendido en la gama entre --
20 1,0 y 1,5 eV para conseguir una gran eficacia;

(4) Deberá existir una ligera falta de coincidencia reticular entre los materiales; y

(5) Deberá haber una pequeña diferencia en los coeficientes térmicos de dilatación de los dos materiales.

25 Por lo tanto, a pesar de que A. D. Sreedhar, B.L. Sharma y R.D. Purohit, en su artículo titulado "Cálculos de Rendimiento para algunas Heterouniones p-n y n-p", publicado en Phy- sica Status Solidi (A), Volumen 3, página K217 (1970), indican los compuestos p-InP/n-CdS como materiales formadores de heterou-
30 niones, es importante hacer observar que en un libro publicado

ulteriormente, ("Heterouniones de Simiconductores", Pergamon -- Press) escrito por dos de los tres coautores, B.L. Sharma y R.K. Parohit, se omite la combinación p-InP/n-CdS. En particular, indican en la página 133, que "Se podrá ver por los primeros capítulos que la diversidad de propiedades eléctricas y ópticas junto con una comprensión inadecuada de los estados interfaciales de la heterouniones dificultan el predecir sus características precisas. En el momento presente, es principalmente esta dificultad lo que evita que las heterouniones compitan con algunos de los dispositivos clásicos de homouniones".

Estos diversos problemas se resuelven según el presente invento en una célula fotovoltaica de p-InP/n-CdS que se caracteriza porque la unión se forma entre (111) InP y (0001) CdS. Esto se puede conseguir haciendo crecer sulfuro de cadmio sobre la superficie (111) del fosforo de indio, ó, como variante, se puede hacer crecer fosforo de indio sobre una superficie en el plano cristalino (0001) de un cristal de sulfuro de cadmio. En uno ó otro caso, se forma la zona interfacial deseada entre (111) InP (0001) CdS.

Las células fotovoltaicas construidas de esta manera - han demostrado por medición tener rendimientos solares que alcanzan hasta el 12,5%. No obstante, hemos descubierto que el rendimiento solar se puede mejorar aún más hasta el 14% mediante una breve fase de recocido. De un modo más específico, la heterounión se recuece en una atmósfera ligeramente reductora durante un periodo de tiempo de un orden que comprende el periodo de tiempo de 15 minutos y a una temperatura del orden de aproximadamente 400°C. hasta aproximadamente 625°C. La atmósfera ligeramente reductora parece evitar un indebido aumento en la resistividad del CdS. La causa física de la mejora en rendimiento no se ha esta-

blecido todavía, pero es fácilmente reproducible. La temperatura preferible para el recocido es el orden de aproximadamente 550° C. a aproximadamente 600° C. Si se emplean temperaturas por debajo de estos límites, pero dentro de la gama más amplia especificada anteriormente, el tiempo de recocido se ajustará convenientemente en proporción inversa al cambio de temperatura.

También se ha descubierto que la atmósfera ligeramente reductora es preferiblemente una mezcla que comprende principalmente un componente inerte en esencia y una menor parte de hidrógeno. Una mezcla específicamente más preferible es una mezcla de H₂ y N₂, como es el gas formador (15% H₂ + 85% N₂).

Un aspecto sorprendente del invento es que aún las heterouniones de InP y CdS que parecen ser inferiores, basadas en mediciones realizadas a través de la unión por contacto temporal con el CdS, pueden mejorar hasta alcanzar el 14% de rendimiento solar general en la célula acabada empleando el procedimiento de recocido citado.

Otro aspecto sorprendente del invento es que dicho tiempo de recocido de corta duración puede producir un efecto beneficioso en dicha heterounión semiconductor.

Así, en resumen, las células fotovoltaicas hechas según el presente invento, muestran rendimiento que alcanzan hasta el 14% de conversión de energía solar general, ó casi el 70% de rendimiento cuántico sobre la banda de longitudes de onda comprendida entre 550 nm y 910 nm. Este gran rendimiento se debe en parte al descubrimiento empírico que no existen estados de zonas interfaciales indeseables entre las capas de (111) InP y (0001) CdS.

A pesar de que el presente invento se puede emplear en general como célula de conversión de energía radiante, es un

candidato particularmente prometedor para su empleo en un panel solar de bajo coste por las razones siguientes:

En InP tiene un interesespacio de banda directo a la temperatura del ambiente de 1,34 eV. Esto queda perfectamente comprendido en el ámbito de una conversión óptima de energía solar.

El CdS transmite la mayor parte de la radiación solar debido a su interesespacio de 2,42 eV (a 300K).

Un semiconductor de tipo p de pequeño interesespacio y de tipo n de gran interesespacio forma la mejor combinación a priori para evitar un "pico" interfacial en la banda de conducción. Este pico reduciría drásticamente la fotocorriente de cortocircuito, y por lo tanto el rendimiento solar.

La coincidencia reticular entre InP y CdS es excelente y garantiza continuidad reticular a través del plano de la unión. El parámetro reticular del InP de la blanda de zinc es $a_z = 5,869 \text{ \AA}$, y el parámetro correspondiente del CdS de wurtzita, $a_w / \sqrt{2} = 5,85 \text{ \AA}$, v.g., la falta de coincidencia reticular es 0,32%. Las distancias interatómicas calculadas a partir de los radios tetrahédricos de Phillip son In-P = $2,533 \text{ \AA}$, Cd-S = $2,532 \text{ \AA}$ (0,04%).

En una modalidad de preferencia del invento, una célula solar comprende una estructura de electrodo de sustentación de metal conductor, una masa absorbente de energía solar de sulfuro de indio del tipo p (InP), una ventana formadora de heterounión y transmisora de energía solar de sulfuro de cadmio del tipo n (CdS) depositada sobre el plano (111) de dicha masa del tipo p de sulfuro de indio, una estructura de electrodo parcialmente transmisivo depositada sobre dicho sulfuro de cadmio y una masa protectora transparente sobre el sulfuro de cadmio y la estructura de electrodo transmisivo. El cuerpo transparente

protector puede estar cubierto con una capa antirreflexión para mejorar el rendimiento de la célula solar.

En los dibujos:

5

La figura 1 es una ilustración parcialmente gráfica y parcialmente esquemática de una célula fotovoltaica, según el invento, que se utiliza como detector.

La figura 2 ilustra un diagrama de energía posible con respecto a la distancia a través del dispositivo fotovoltaico de la figura 1, útil para explicar dicha modalidad.

10

La figura 3 representa curva que ilustran el rendimiento de conversión solar de un dispositivo según el invento, si se compara con otros dispositivos competitivos.

La figura 4 presenta curvas que ilustran las características de fotocorriente contra fotovoltaje.

15

La figura 5 es una ilustración parcialmente gráfica y parcialmente esquemática de una célula solar que se ha sometido a recocido; y

Las figuras 6 y 7 ilustran varias curvas útiles para comprender el funcionamiento del invento.

20

Refiriéndonos a los dibujos, la figura 1 ilustra una modalidad de célula fotovoltaica según el presente invento. La célula comprende una masa cristalina 11 de fosforo de indio de tipo p en contacto con una masa cristalina 13 de sulfuro de cadmio del tipo n para formar una heterounión entre las mismas. De un modo más específico, las superficies de contacto de dichas masas respectivas 11 y 13 quedan en el plano cristalino (111) del cristal de fosforo de indio 11 y en el plano cristalino (0001) del cristal de sulfuro de cadmio 13. El contacto eléctrico se hace en el lado dorsal ó distante de la masa de CdS por medio de una estructura de electrodo de indio parcialmente trans

25

30

; misiva 16. El contacto eléctrico se hace en el lado dorsal de la
masa InP por medio de un contacto de Au/Zn/Au 12 al que se conec-
ta un bloque de cobre 15 por medio de una capa de pasta de plata
14. También se ilustra un circuito de carga externo 17 conectado
5 entre el contacto 16 y el bloque 15.

A continuación se describe un método para fabricar la -
célula ilustrada en la figura 1.

Los cristales de InP se recrecen por la técnica de encag
sulación por líquido. Se añade Cd ó Zn como impureza aceptadora
10 para conseguir una conductividad de tipo p controlada. El lingote
simple cristalino se orienta para cortar pastillas (111), que
se pulen entonces con un pulido Syton final en una cara. La par-
te 11 de InP del tipo p de los heterodiodos tienen 2Ω -cm de
resistividad. El contacto "posterior" 12 al lado de InP del dió
15 do final puede aplicarse antes ó después de hacer crecer la capa
13 de CdS del tipo n. Cuando el contacto 12 se aplica antes, la
superficie pulida Syton se embebe en cera, y tres películas, --
viz., Au, Zn y Au, se electrodepositan sucesivamente sobre el -
InP. Después de eliminar la cera, e hirviendo primero en aceto-
20 na, y después en metanol, el contacto metálico 12 se recuece por
espacio de ~ 5 minutos a 475° en gas formador.

Cuando no se aplica contacto 12 a la pastilla de InP 11
antes de hacer crecer la capa 13 de CdS, la pastilla 11 se lim-
pia después del pulido Syton hirviendo en acetona y después en
25 metanol. Las pastillas 11 de InP, con ó sin contacto, quedan en
tonces dispuestas para el crecimiento de CdS. Inmediatamente se
montan, en una caperuza de flujo laminar (no ilustrada), sobre
un portasustratos que se transfiere entonces a la sección de --
crecimiento de CdS. Se han empleado también pastillas 11 de InP
30 de pulido Syton que se han mordentado ligeramente en HCl frío -

antes de un aclarado final con metanol.

El aparato para el recrecimiento del CdS es una modificación del aparato primitivo desarrollado por B. Beacham Rev. - Sci. Instrum 41 1654, (1970) y S. Wagner Applied Physics Letters, 22 351 (1973); Jo. Applied Physics, 45 , 246 (1974). Después de montar el portasustrato de InP, se cierra la sección vacío empleada para el recrecimiento de la película 13 de CdS y se rarifica con bombas sin lubricación a una presión de $< 1 \times 10^{-5}$ Torr. La fuente de CdS isotérmica coaxial (no ilustrada), que contiene cadmio elemental y azufre elemental, se calienta entonces a 350°C. Simultáneamente, el portasustrato de InP se calienta a 200- 250°C. Durante el calentamiento, un obturador separa el compartimiento fuente del sustrato.

Cuando la fuente y el sustrato han alcanzado la temperatura fijada, se abre el obturador y se recrece una película 13 de n-CdS de 10 μ m de espesor sobre la pastilla de p-InP 11. El ritmo de recrecimiento de la película se verifica con un oscilador de cristal de cuarzo. Es aproximadamente de 0,15 μ m/minuto. Cuando se ha alcanzado el espesor de película deseado, se cierra el obturador y se desconectan los calentadores de la fuente xx y el sustrato. El portasustrato se deja enfriar a la temperatura del ambiente, la sección de vacío se llena con nitrógeno, se abre, y se sacan las muestras. Cuando el contacto 12 de Au/Zn/Au en el InP se ha hecho antes del recrecimiento de CdS, este contacto 12 se pule ahora ligeramente y se une con pasta de plata 14 al bloque de cobre 15. Unas muestras 11, 13 sin contacto 12 de Au/Zn/Au se enceran con la capa 13 de CdS por abajo. Entonces el contacto 12 se hace por electroplastia y se sinteriza según se ha descrito anteriormente. De nuevo, la pastilla 11 de InP se monta sobre un bloque de cobre 15 por me-

dio de pasta de plata 14. Sobre la superficie de CdS, se aplica una rejilla de contacto 16 de metal indio.

5 El rendimiento de conversión fotovoltaica v.g., la relación de la corriente en el circuito externo al flujo de fotones que incide sobre la superficie de CdS, se representa en la figura 3 por la curva 21, en función a la longitud de onda WL. El rendimiento es uniformemente del 70% entre 550 y 910 nm de longitud de onda. El rendimiento de los detectores de Si de p-n, de los detectores de p-CuInSe₂/n-CdS, y el espectro de intensidad solar SI en 10¹⁸ fotones/seg/cm²/n en la masa de aire 2 se indican a título comparativo mediante las curvas 22, 23 y 24 respectivamente. En los diodos de InP/CdS, se produce corte a ~550 nm por absorción por parte del CdS, y a ~910 nm por transmisión a través del InP. En la figura 3 la energía fotónica está referenciada como PE.

15 Los diodos como el de la figura 1 que se han unido en todos los lados para reducir corrientes de fuga superficial tienen hasta 10 MΩ/cm² (para 1 cm² de área del diodo de resistencia a 0 -1V de polarización inversa. Se han alcanzado resistencias en serie directas de x ~ 10 Ω para 1 cm² de área de diodo).

20 La figura 4 ilustra la característica de fotocorriente ordenadas fotovoltaaje(abcisas) en voltios de una célula solar 41 de InP/CdS en comparación con la de una célula solar de silicio 42 que tiene un 9,5% de rendimiento. La fuente luminosa es un simulador solar compuesto por una lámpara W-halógena a 3200K y un filtro KG-2 que da por resultado una densidad de energía incidente de 83 mW/cm². El área activa de la célula de InP/CdS es de 0,70 cm², y la de la célula Si es de 0,90 cm²; (no obstante, todos los datos y el gráfico están convertidos en unidad --

de área). La producción de energía en condiciones de funcionamiento es igual al área de los rectángulos $I_{op} \times V_{op}$ inscritos en las curvas I-V. Es de $6,28 \text{ mW/cm}^2$ para InP/CdS y $7,87 \text{ mW/cm}^2$ para la célula de Si de 9,5 % de rendimiento. Así, la célula de InP/CdS tiene un rendimiento de $\sim 7,6\%$. Las células de InP/CdS más recientes (no ilustradas) tienen un rendimiento del 12,5% en las mismas condiciones. El rendimiento de este dispositivo prototipo ha sido sobrepasado actualmente tan solo por las células de silicio y por las células de arseniuro de galio.

Quando se polarizan en directo, se observará emisión de luz infrarrojos de una célula de InP/CdS, pero no se han llevado a cabo todavía mediciones detalladas.

Existe un cierto número de variaciones dentro del alcance del invento. Estas comprenden: (1) aumentar el voltaje de circuito abierto y reducir la resistencia directa variando el nivel de adulteración del InP, y variando las condiciones de recrecimiento para el CdS; (2) conseguir una corriente más elevada de cortocircuito experimentando con el nivel de dopado del InP; (3) aumentar la corriente de cortocircuito por aplicación de una capa antirreflexión; (4) reducir la falta de coincidencia reticular entre el InP y el CdS añadiendo aproximadamente un 10% más de CdSe a CdS; (5) invirtiendo el procedimiento mediante recrecimiento de fosfuro de indio del tipo p sobre la superficie (0001) del sulfuro de cadmio del tipo n.

La ausencia de puntas interfaciales es un resultado -- afortunado y conveniente de la heterounión debido a las relaciones de energía posible de interespacios de energía a través de la heterounión. Las curvas 31 a 36 en la figura 2 representan estas relaciones de posible energía E en función a la distancia a través del diodo en dirección perpendicular al plano de la -

heterounión. La separación de las curvas 31 y 32 en el lado de la izquierda del diagrama representan el interespacio de energía para el InP de tipo p 11, y la separación de las curvas 34 y 36 en el lado de la derecha del diagrama representan el interespacio de energía de la capa de CdS del tipo n 13. Los márgenes de la banda se incurvan uno hacia el otro en la región de la unión según indican las partes curvadas de las curvas 31, 32, 34 y 36, donde se unen a las posibles barreras representadas por las curvas 33 y 35.

A continuación se describe el procedimiento para aumentar el rendimiento de las células solares de heterouniones InP-CdS al 14%. Este procedimiento aumenta también el rendimiento de las células involuntariamente inferiores al 14%. Esta ventaja inesperada evidentemente aumenta el campo en la producción de células solares, y por lo tanto, reduce los costes.

Expuesto con brevedad, en un ejemplo experimental con éxito, el procedimiento comprende recocer una célula solar de InP/CdS en "gas formador" (15% H_2 + 85% N_2), por espacio de 15 minutos a 600°C. Esta temperatura es casi óptima, porque las temperaturas inferiores son algo menos eficaces y las temperaturas de 650°C ó superiores destruyen catastróficamente las células. El gas formador (H_2 + N_2), ó una variante del mismo, es preferible porque el recocido al aire a estas temperaturas degrada gravemente el comportamiento de las células. Unas temperaturas ligeramente menores y unos tiempos de recocido correspondientemente más largos serían igualmente eficaces para aumentar el rendimiento, aunque menos convenientes. A pesar de todo, empleando temperaturas del orden de 550°C. a 600°C, es suficiente un periodo de recocido de unos 15 minutos para conseguir la mejora máxima que se puede obtener.

El rendimiento de una célula solar de InP/CdS dado está directamente relacionado con su característica de corriente-voltaje particular según se mide en la oscuridad. Las desviaciones de la densidad de la corriente contra las curvas de voltaje a partir de una forma ideal se pueden atribuir a impurezas y defectos en la zona interfacial entre el CdS y el InP. Tales defectos y una corriente en exceso correspondiente en la región de la heterounión podrían probablemente eliminarse mediante procedimientos de recocido más complicados, según los cuales el sustrato InP se mordentaría por vapor ó se depositaría por una capa de InP (tipo p) in situ inmediatamente antes del recrecimiento de CdS, pero tales procedimientos pueden ser inconvenientes para la fabricación a gran escala. Evidentemente, existe una variabilidad en las desviaciones medidas anteriormente a partir del punto ideal, pero se ha averiguado que todas estas desviaciones se pueden reducir notablemente por la elaboración siguiente.

El dispositivo de heterounión 11-13 según la figura 5, se coloca en el horno de recocer 51, que comprende la cámara hermética al aire 52, bobina calentadora 53, fuente de suministro de energía 54, sensor de temperatura 55, programa de temperaturas 56, y regulador comparador y de realimentación negativa 57 que actúan sobre la fuente de suministro de energía 54, todo ello de tipo clásico. En la lumbrera de entrada del horno 51 se conecta la fuente 58 que suministra una corriente controlada de atmósfera de gas principalmente inerte, ligeramente reductor, que fluye sobre el dispositivo de heterounión y alrededor del mismo sale a través de la lumbrera de salida, que se conecta al escape a la atmósfera 59.

Tenemos evidencia de que es conveniente una atmósfera ligeramente reductora para el proceso de recocido, porque las

pruebas preliminares de recocido al aire (atmósfera oxidante) han demostrado marcados aumentos en la resistividad del CdS. Tales resistividades del CdS conduciría a una disipación de energía interna excesiva en las células solares.

5

Afortunadamente no se observa dicho efecto cuando la célula se recuce en gas formador según indican las curvas de la figura 6.

10

Varios experimentos han comprendido diferentes temperaturas de recocido indicadas en $^{\circ}\text{C}$. a lo largo de la abscisa. Las ordenadas individualizadas están indicadas para cada curva 61, 62 y 63, con unidades apropiadas para voltaje de circuito abierto, V_{oc} , concentración de aceptadores, N_a en el InP y la resistividad ρ , del CdS.

15

Aunque la forma de la curva 63 que representa la resistividad del CdS, ρ , es bastante complicada, para todas las temperaturas de recocido de $\leq 600^{\circ}\text{C}$., la resistividad queda en el intervalo $0,2 < \rho < 0,10 \Omega\text{-cm}$ y, por lo tanto, queda en la gama necesaria para un buen comportamiento. También se podrá ver en la figura 6, curva 81, que V_{oc} aumenta a 0,72 eV después del recocido a 600°C . Este voltaje de circuito abierto es considerablemente mayor que el mejor valor obtenido anteriormente y da lugar a un rendimiento solar calculado del 14% en una célula recubierta de SiO. Un recocido ulterior a 650°C . destruyó catastróficamente esta célula.

20

25

Aunque un recocido a 600°C . da lugar a un rendimiento solar máxima, unas temperaturas ligeramente menores podrían ser aún mejores puesto que a 600°C se modifica la unión metalúrgica. Según indican las características de capacitancia - voltaje en ordenadas abscisas, respectivamente, la curva 72 comparada con la curva 71 en la figura 7, la unión metalúrgica queda esen

30

cialmente sin cambiar con recocidos de 15 minutos a temperaturas de $\leq 550^{\circ}\text{C}$. El recocido a 600°C produce un cambio perceptible en la capacitancia de la unión, según indica la curva 73, e indica la formación de una delgada capa resistiva en la zona interfacial.

Es evidente también por este trabajo que las células solares de InP/CdS tendrán vidas útiles muy largas. Aunque dichas vidas útiles no se han podido medir todavía, es evidente por los recocidos de 15 minutos en aire ambiente (no ilustrados), que se necesitan temperaturas superiores a 450°C . para deteriorar el comportamiento de la célula. Por lo tanto, la vida útil será muy larga en condiciones de funcionamiento ($T \sim 50^{\circ}\text{C}$). Además, si la oxidación del CdS fuera un factor que limitara finalmente la vida útil, una encapsulación impermeable al oxígeno conduciría a vidas útiles más largas.

Empleando temperaturas por debajo de 550°C ., puede ser conveniente aumentar el tiempo de recocido más allá de 15 minutos hasta varias horas. Empleando temperaturas del orden de 600°C a 625°C , pueden ser convenientes periodos de tan solo 10 minutos. Es igualmente evidente que no es necesario que la cantidad de hidrógeno en la atmósfera de recocer exceda de las trazas parásitas de oxígeno en el nitrógeno, en las paredes del horno 51 y en la superficie ó regiones próximas a la superficie del dispositivo de heterounión. El nitrógeno puede ser sustituido por otros gases virtualmente inertes ó nobles. Como ejemplos se citan en helio, neón, argón, criptón y xenón.

Si el contacto de rejilla de indio 16 se sustituye por un contacto óhmico mejorado para la capa 13 de CdS, puede que sea más conveniente efectuar la operación de recocido después de la fabricación de otro modo completa de la célula solar. Un

ejemplo de dicha variante de contacto es una capa de cromo.

5 Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constatar que las disposiciones anteriormente indicadas, son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.

REIVINDICACIONES

10 1.- Procedimiento para fabricar células fotovoltaicas del tipo que comprenden una masa cristalina de fosforo de indio de tipo p, en contacto con una masa de sulfuro de cadmio de tipo n, para formar una heterounión entre ambas, caracterizados porque la superficie de contacto de dichas masas respectivas se sitúa en el plano cristalino (111) del cristal de fosforo de indio y en el plano cristalino (0001) del cristal de sulfuro de cadmio.

15 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque una estructura de electrodo parcialmente transmisiva se sitúa sobre el lado posterior de la masa sulfuro de cadmio y porque los medios para hacer el contacto conductivo al lado posterior de dicha masa de InP comprenden un contacto de aleación metálica de tipo laminar y una pasta de plata sobre el mismo, y porque se dispone un pozo térmico conductivo sobre dicha pasta de plata.

20 3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende la fase de recocer dicha célula durante un periodo de tiempo prescrito en una atmósfera virtualmente inerte y ligeramente reductora a una temperatura comprendida entre 400 y 625°C.

25 4.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque el tiempo elegido es del orden de 10 minutos a va-

30

rias horas, correspondiendo los tiempos más cortos a las temperaturas de recocido más elevadas.

5.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque el tiempo elegido se aproxima a 15 minutos.

6.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque la temperatura elegida es del orden de aproximadamente 550°C. a aproximadamente 600°C.

7.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque la atmósfera comprende una mezcla de un primer componente virtualmente inerte y un segundo componente que comprende esencialmente hidrógeno.

8.- Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque el primer componente es nitrógeno.

9.- Procedimiento para fabricar células fotovoltaicas, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria e ilustrado en los dibujos adjuntos.

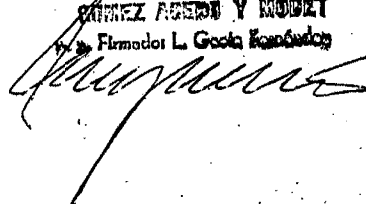
La presente Memoria, consta de 17 hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, -7 ABR. 1976

WESTERN ELECTRIC COMPANY.

GÓMEZ AGUDO Y MOJET

Firmador L. Góme Agudo



5
10
15
20

FIG. 1

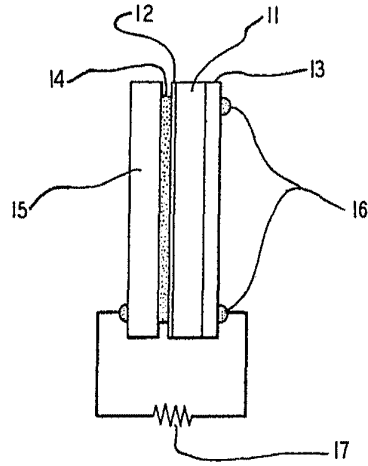
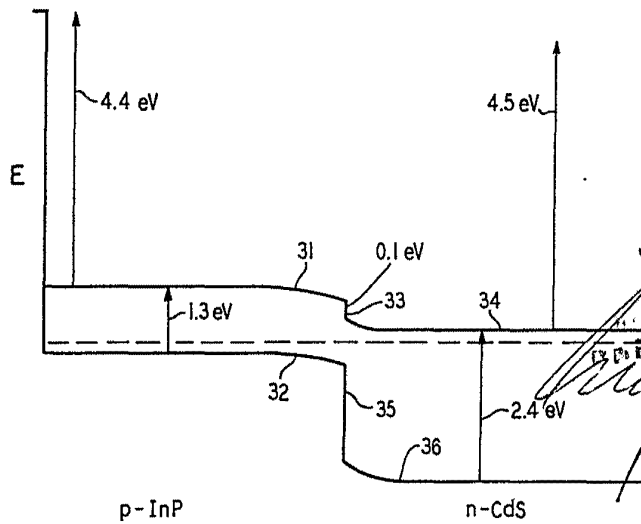


FIG. 2



ESCALA
VARIABLE
- 7 MAR 1975
REGISTRO Y MODEL
Dr. Francisco L. Gack Kuntze

FIG. 3

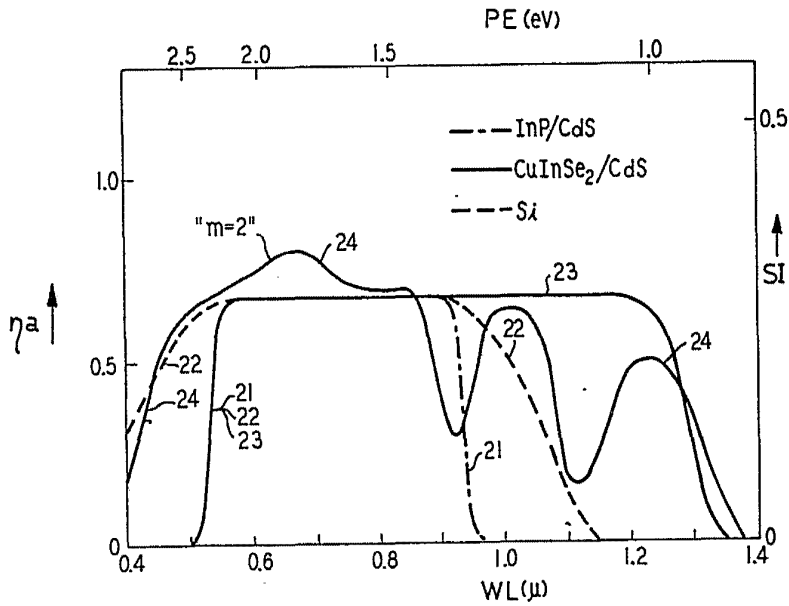
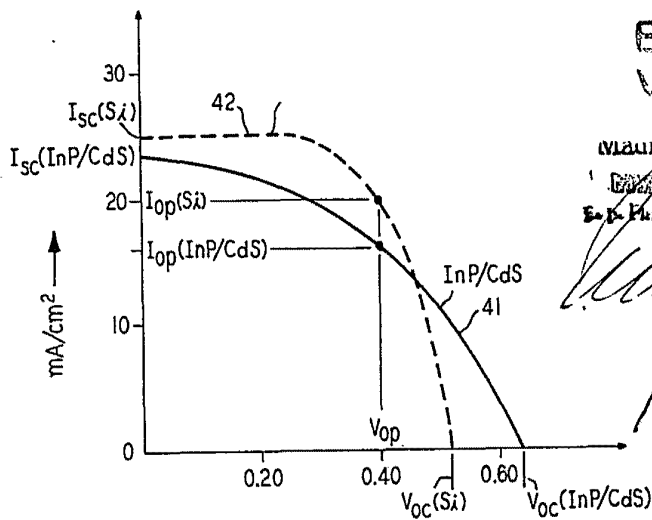


FIG. 4



ESCALA VARIABLE

- 7 JUN 1976

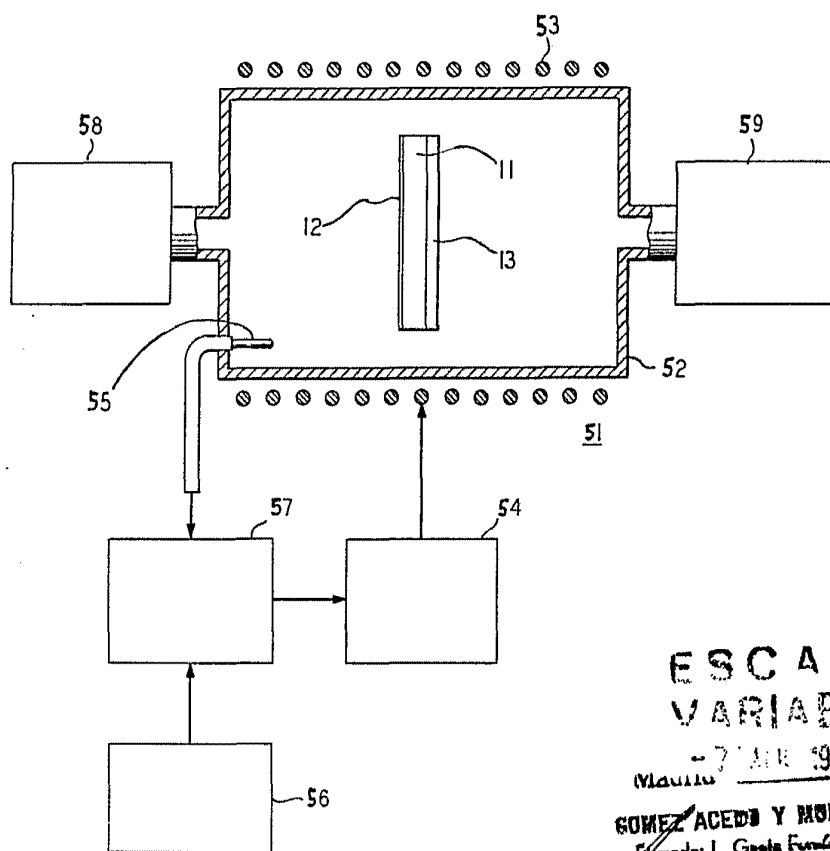
MANUFACTURED BY

GENEVA APPLIED Y APPLIED

Es. de Fabricación: L. Gasto Fabricación

[Handwritten signature]

FIG. 5



ESCALA
VARIABLE

MARCA 7 MAR 1976

GOMEZ ACEVEDO Y MOYET
Ingenieros

[Handwritten signature]

FIG. 6

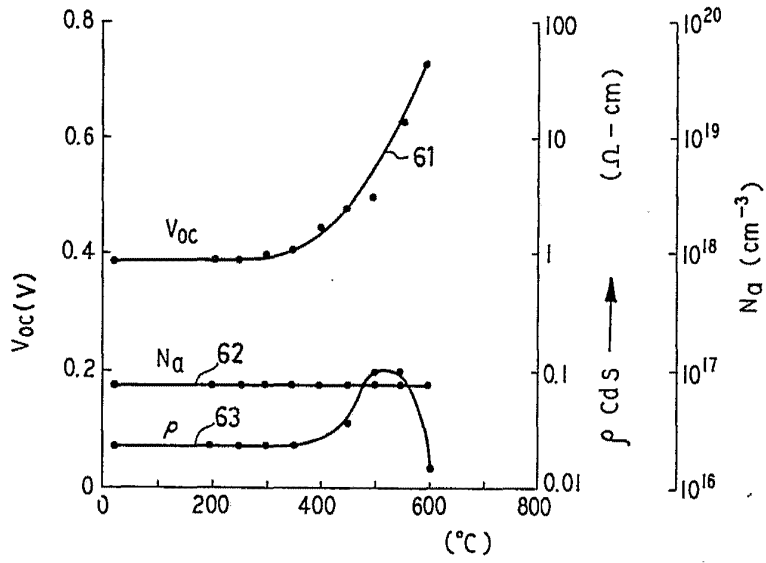
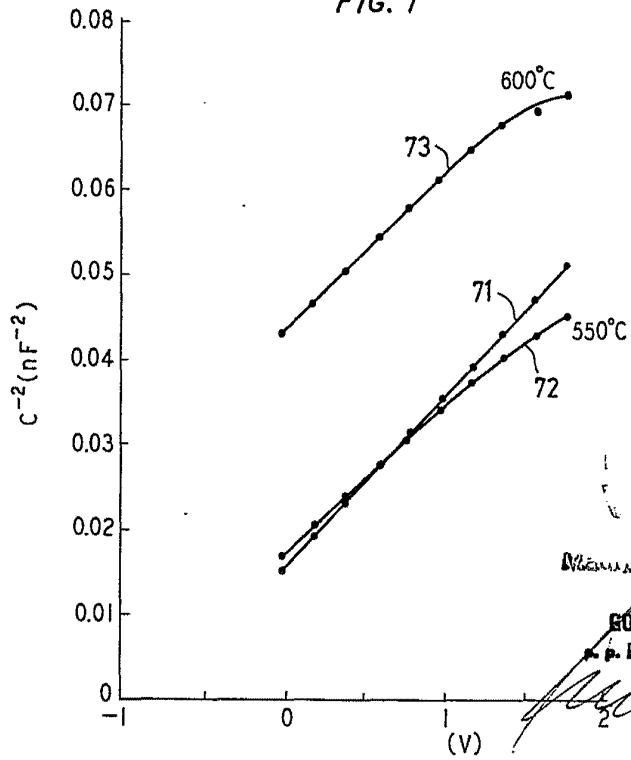


FIG. 7



7 MAR 1976

ROMEZ ACEBO Y MOBER

p. Firmador: L. Gasia Ferrández

[Handwritten signature]