



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 362 059**

51 Int. Cl.:

H01B 1/16 (2006.01)

H01B 1/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08840561 .8**

96 Fecha de presentación : **20.10.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2188816**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.05.2010**

54

Título: **Pasta de electrodo para una célula solar y electrodo de célula solar que usa la pasta.**

30

Prioridad: **18.10.2007 US 975301**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.06.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.06.2011

73

Titular/es: **E. I. Du Pont de Nemours And Company
1007 Market Street
Wilmington, Delaware 19898, US**

72

Inventor/es: **Konno, Takuya**

74

Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 362 059 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Pasta de electrodo para una célula solar y electrodo de célula solar que usa la pasta.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION**Campo de la invención**

- 5 La presente invención se refiere a una pasta de electrodo para una célula solar y a un electrodo de célula solar que usa esta pasta.

Antecedentes Técnicos

- 10 Los electrodos se forman para recoger la corriente eléctrica en las células solares. Generalmente se usa una pasta de electrodo que contiene un componente eléctricamente conductor para formar los electrodos. La pasta de electrodo contiene partículas eléctricamente conductoras, fritada de vidrio y un medio orgánico. También contiene otros aditivos diversos según sea necesario.

- 15 Se ha usado fritada de vidrio basada en Pb que tiene diversas características superiores, tales como las características sinterización, como fritada de vidrio. Sin embargo, desde el punto de vista de reducir la carga sobre el medio ambiente, se ha hecho necesario que la fritada esté exenta de plomo, y es necesario usar vidrio exento de plomo tal como fritada de vidrio basada en Bi para la fritada de vidrio contenida en las pastas de electrodo.

- 20 Aunque la pasta de electrodo se cuece después de revestirla sobre un sustrato de célula solar, las condiciones de cocción del vidrio exento de plomo tienden a estar sujetas a limitaciones. En otras palabras, en el caso de la cocción de una pasta de electrodo que contiene vidrio exento de plomo, el intervalo de temperaturas de cocción tiende a ser estrecho, lo que hace difícil establecer una temperatura de cocción óptima en consideración a diversas condiciones tales como el funcionamiento del electrodo, la productividad y el rendimiento. Además, en el caso de que el intervalo de temperaturas de cocción sea extremadamente estrecho, existe una susceptibilidad incrementada a la aparición de productos defectuosos en el caso de que la temperatura de cocción se desvíe por alguna razón del valor establecido.

- 25 Se sabe que el óxido de zinc es un aditivo para las pastas de electrodo. Por ejemplo, se añade óxido de zinc con el fin de mejorar las características eléctricas y la resistencia a la tracción en la solicitud de patente japonesa abierta a la inspección pública nº 2003-152200. La solicitud de patente japonesa abierta a la inspección pública nº 2005-243500 describe una técnica para añadir óxido de zinc que tiene un diámetro medio de partícula de 0,001 a 0,1 µm con el fin de mejorar la continuidad eléctrica y la fuerza adhesiva. La solicitud de patente japonesa abierta a la inspección pública nº 2006-302890 describe una técnica para añadir óxido de zinc de 7 a 100 nm. El documento EP 1 713 092 también describe pastas de electrodo que comprenden óxido de zinc.
- 30

Existe la necesidad de proporcionar una pasta de electrodo para el uso en la fabricación de células solares que tenga un amplio intervalo de condiciones de temperatura de cocción.

BREVE RESUMEN DE LA INVENCION

- 35 La presente invención mejora las características de sinterización a temperaturas elevadas mediante el uso de un óxido de zinc que tiene un área superficial específica pequeña, concretamente un diámetro de partícula grande.

Más específicamente, un aspecto de la presente invención es una pasta de electrodo para una célula solar que comprende: partículas eléctricamente conductoras, fritada de vidrio exenta de plomo, una resina aglutinante y partículas de óxido de zinc; en la que las partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica de 6 m²/g o menos están contenidas en un 10% en peso o más respecto de la cantidad total de óxido de zinc.

- 40 Otro aspecto de la presente invención es un electrodo de célula solar formado a partir de una pasta de electrodo para una célula solar que comprende: partículas eléctricamente conductoras, fritada de vidrio exenta de plomo, una resina aglutinante y partículas de óxido de zinc; en la que el óxido de zinc está contenido en forma de partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica de 6 m²/g o menos en un 10% en peso o más respecto de la cantidad total de óxido de zinc.

- 45 El uso de la pasta de electrodo de la presente invención incrementa el grado de libertad para la elección de las condiciones de cocción. Por lo tanto, se pueden obtener células solares de calidad superior estableciendo las condiciones de cocción en consideración a diversos factores. Además, se evita la aparición de productos defectuosos provocada por la discrepancia entre la temperatura establecida y la temperatura de cocción.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

- 50 La FIG. 1 es un gráfico que muestra la correlación entre el contenido de partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica pequeña respecto de la cantidad total de partículas de óxido de zinc y el valor de resistencia en serie (Rs);

Las FIGS. 2A a 2D son dibujos para explicar el proceso de producción cuando se produce una célula solar mediante el uso de una pasta eléctricamente conductora de la presente invención; y,

la FIG. 3 es un gráfico que representa el área superficial específica del polvo de óxido de zinc frente a los valores de Rs para la temperatura de sinterización máxima.

5

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a una pasta de electrodo para una célula solar que comprende partículas eléctricamente conductoras, frita de vidrio exenta de plomo, una resina aglutinante y partículas de óxido de zinc.

Lo siguiente proporciona una explicación de cada componente de la pasta eléctricamente conductora de la presente invención.

10 **1. Partículas Eléctricamente Conductoras**

La pasta de la presente invención contiene partículas eléctricamente conductoras. Los ejemplos de partículas eléctricamente conductoras incluyen partículas de plata, partículas de oro, partículas de paladio, partículas de cobre, partículas de aluminio y partículas de aleaciones de estos metales.

15 Las partículas eléctricamente conductoras de la presente invención se pueden producir mediante el uso de diversas técnicas conocidas. Por ejemplo, las partículas de plata se pueden producir mediante un método de atomización o un método de reducción por vía húmeda.

Aunque no hay limitaciones particulares sobre el diámetro medio de partícula de las partículas eléctricamente conductoras, los diámetros de partícula son preferiblemente 0,1 a 14 μm , y más preferiblemente 1,0 a 8,0 μm . El diámetro medio de partícula se calcula a partir de los valores medidos determinados, por ejemplo, con el analizador de distribución de tamaños de partículas LA-920 fabricado por Horiba, Ltd., como diámetro medio de partícula (punto del 50%).

Las partículas eléctricamente conductoras son preferiblemente de pureza elevada (99% o más). No obstante, también se pueden usar sustancias que tengan una pureza menor dependiendo de las necesidades eléctricas del patrón del electrodo.

25 Aunque no hay limitaciones particulares sobre el contenido de las partículas eléctricamente conductoras de la pasta, es preferiblemente del 70 al 90% en peso respecto del peso de la pasta.

2. Frita de Vidrio

La pasta eléctricamente conductora de la presente invención contiene frita de vidrio como aglutinante inorgánico. En la presente invención se usa frita de vidrio exenta de plomo, que sustancialmente no contiene plomo. En la presente memoria, "que sustancialmente no contiene plomo" se refiere a que no contiene plomo en un contenido igual o mayor que el de una impureza. No obstante, naturalmente es preferible que no se detecte plomo en absoluto.

35 El aglutinante de vidrio que se puede usar en la presente invención es frita de vidrio que tiene un punto de reblandecimiento de 400°C a 600°C, de forma que la pasta eléctricamente conductora se cuece a 600°C a 900°C, se sinteriza y se humedece de manera adecuada y posteriormente se adhiere de manera adecuada a una base de silicio. Si el punto de reblandecimiento es menor de 400°C, la sinterización se da de manera excesiva, por lo que se impide que se obtenga de manera adecuada el efecto de la presente invención. Por otra parte, si el punto de reblandecimiento supera los 600°C, debido a que no se da un flujo de fusión adecuado durante la cocción, no se manifiesta una fuerza adhesiva adecuada, y no se puede favorecer la sinterización en fase líquida de las partículas de plata o de otras partículas eléctricamente conductoras. En la presente memoria, "punto de reblandecimiento" se refiere al punto de reblandecimiento obtenido según el método de elongación de fibras de ASTM C338-57.

40 Se puede usar una amplia diversidad de frita de vidrio exenta de plomo usada en la pasta eléctricamente conductora para materiales electrónicos. Por ejemplo, se puede usar un vidrio exento de plomo tal como el vidrio de borosilicato de zinc.

45 Aunque no hay limitaciones particulares sobre el contenido de la frita de vidrio proporcionada de manera que pueda permitir que se consigan los objetivos de la presente invención, es preferiblemente un 0,5 a un 10% en peso y más preferiblemente un 1,0 a un 30% en peso respecto del peso de la pasta eléctricamente conductora.

Si la cantidad de frita de vidrio es menor del 0,5% en peso, la fuerza adhesiva puede ser inadecuada. Si la cantidad de frita de vidrio sobrepasa el 10% en peso, pueden surgir problemas en la etapa de soldadura posterior debido al vidrio flotante, y similares.

3. Resina Aglutinante

La pasta eléctricamente conductora de la presente invención contiene una resina aglutinante. En la presente descripción, "resina aglutinante" se refiere a una mezcla de polímero y disolvente. Así, la resina aglutinante puede contener un líquido orgánico (también denominado disolvente). En la presente invención, es preferible una resina aglutinante que contiene un líquido orgánico, y en el caso de viscosidad elevada, se puede añadir por separado un líquido orgánico adicional como agente de ajuste de la viscosidad, según sea necesario.

La resina aglutinante útil en la presente invención incluye disoluciones en aceite de pino de una resina (tal como polimetacrilato) o etil celulosa, disoluciones en monoacetato de etilenglicol monobutil éter y disoluciones en terpineol de etil celulosa. Se usa preferiblemente una disolución en terpineol de etil celulosa (contenido de etil celulosa = 5 al 50% en peso) en la presente invención. Además, en la presente invención, se puede usar un disolvente exento de polímeros, tal como agua o un líquido orgánico, como agente de ajuste de la viscosidad. Los ejemplos de líquidos orgánicos que se pueden usar incluyen alcoholes, ésteres de alcoholes (tales como acetatos o propionatos) y terpenos (tales como aceite de pino o terpineol).

El contenido de la resina aglutinante es preferiblemente de un 5 a un 50% en peso respecto del peso de la pasta eléctricamente conductora.

4. Partículas de Óxido de Zinc

La pasta eléctricamente conductora de la presente invención contiene partículas de óxido de zinc. Las partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica pequeña, concretamente las partículas de óxido de zinc grandes, están incluidas en la presente invención. El efecto de la presente invención tiende a ser mayor cuanto mayor es el número de partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica pequeña. Está contenida preferiblemente una cantidad prescrita o mayor de partículas de zinc que tienen un área superficial específica de $6 \text{ m}^2/\text{g}$ o menos, y está contenida preferiblemente una cantidad prescrita de partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica de $3 \text{ m}^2/\text{g}$ o menos. Aunque no hay limitaciones particulares sobre el límite inferior del área superficial específica, las partículas de óxido de zinc excesivamente grandes son difíciles de producir y poseen el riesgo de tener un efecto perjudicial sobre el electrodo. Por lo tanto, aunque no hay limitaciones particulares sobre el área superficial específica, ésta es normalmente de $0,1 \text{ m}^2/\text{g}$ o más.

El área superficial específica de las partículas de óxido de zinc se mide, por ejemplo, mediante el método BET.

El contenido óptimo de partículas de óxido de zinc de un área superficial específica prescrita o menor respecto de la cantidad total de partículas de óxido de zinc en la pasta eléctricamente conductora de la presente invención se estimó a partir de la relación entre el contenido de partículas de óxido de zinc y la resistencia en serie R_s (véase la FIG. 1). Lo siguiente proporciona una descripción de esa correlación.

La FIG. 1 es un gráfico de la resistencia en serie R_s frente al contenido de partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica prescrita respecto de la cantidad total de partículas de óxido de zinc. En la FIG. 1, el eje X representa el porcentaje en peso de las partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica de $3 \text{ m}^2/\text{g}$ o menos respecto de la cantidad total de partículas de óxido de zinc.

Como se puede determinar a partir de este gráfico, con respecto al contenido, las partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica prescrita están contenidas preferiblemente en un 10% en peso o más respecto de la cantidad total de partículas de óxido de zinc, y más preferiblemente están contenidas en un 30% en peso o más respecto de la cantidad total de partículas de óxido de zinc. Además, no hay limitaciones particulares sobre el límite superior del contenido. La cantidad total de partículas de óxido de zinc pueden tener un área superficial específica prescrita o menor, dependiendo del caso.

Aunque no hay limitaciones particulares sobre el contenido de partículas de óxido de zinc de la pasta, es preferiblemente del 0,1 al 10,0% en peso respecto del peso de la pasta. Si el contenido está por debajo de este intervalo, no se puede obtener una reducción adecuada de la resistencia en serie R_s . A la inversa, si el contenido supera este intervalo, las características del electrodo, tales como la resistencia del electrodo, se hacen inferiores como resultado de la inhibición de la sinterización de la plata.

5. Aditivos

Se puede añadir, o no, un espesante y/o estabilizante y/u otro aditivo típico a la pasta eléctricamente conductora de la presente invención. Los ejemplos de otros aditivos típicos que se pueden añadir incluyen dispersantes y agentes de ajuste de la viscosidad. La cantidad de aditivo se determina dependiendo de las características necesarias finalmente de la pasta eléctricamente conductora. La cantidad de aditivo puede ser determinada de manera adecuada por una persona de experiencia habitual en la técnica. Además, se puede añadir una diversidad de tipos de aditivos.

Como se explicará más adelante, la pasta eléctricamente conductora de la presente invención tiene preferiblemente una viscosidad dentro de un intervalo prescrito. Se puede añadir un agente de ajuste de la viscosidad según sea necesario para conferir una viscosidad adecuada a la pasta eléctricamente conductora. Aunque la cantidad añadida

de agente de ajuste de la viscosidad varía dependiendo de las características finales de la pasta eléctricamente conductora, puede ser determinada de manera adecuada por una persona de experiencia habitual en la técnica.

La pasta eléctricamente conductora de la presente invención se puede producir mezclando cada uno de los componentes anteriormente mencionados con un amasador de 3 rodillos. Aunque la pasta eléctricamente conductora de la presente invención se reviste preferiblemente sobre un sitio deseado del lado que recibe la luz de una célula solar mediante serigrafía, tiene preferiblemente una viscosidad dentro de un intervalo prescrito en el caso de revestirla mediante este tipo de impresión. La viscosidad de la pasta eléctricamente conductora de la presente invención es preferiblemente de 50 a 300 PaS en el caso de medirla a 10 rpm y a 25°C con un viscosímetro Brookfield HBT mediante el uso de un husillo nº 14 y una cubeta de uso general.

Como se describió previamente, la pasta que tiene conductividad eléctrica de la presente invención se usa para formar un electrodo que tiene, como componente principal del mismo, partículas eléctricamente conductoras tales como partículas de plata sobre el lado que recibe la luz de una célula solar. La pasta de la presente invención se imprime sobre el lado que recibe la luz de una célula solar y se seca. Aparte de esto, también se forma un electrodo posterior compuesto de aluminio o plata y similares en el lado posterior de la célula solar. Estos electrodos se cuecen preferiblemente de manera simultánea.

El electrodo de la célula solar de la presente invención es un electrodo de célula solar formado a partir de una pasta de electrodo para una célula solar que comprende partículas eléctricamente conductoras, frita de vidrio exenta de plomo, una resina aglutinante y partículas de óxido de zinc, en la que el óxido de zinc está contenido en forma de partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica de 6 m²/g o menos en un 10% en peso o más respecto de la cantidad total de óxido de zinc. Debido a que las descripciones de las partículas eléctricamente conductoras, frita de vidrio, resina aglutinante y partículas de óxido de zinc son las mismas que se describieron anteriormente, sus descripciones se omiten aquí.

Lo siguiente proporciona un ejemplo de producción de célula solar mediante el uso de la pasta eléctricamente conductora de la presente invención con referencia a la FIG. 2.

Primero, se prepara un sustrato 102 de Si. Se reviste una pasta eléctricamente conductora 104 para las conexiones de soldadura mediante serigrafía sobre el lado posterior de este sustrato y se seca (FIG. 2A). Se puede usar una pasta eléctricamente conductora convencional, tal como una pasta de plata eléctricamente conductora que contiene partículas de plata, partículas de vidrio y resina aglutinante, para esta pasta eléctricamente conductora. A continuación, se reviste una pasta de aluminio 106 para el electrodo posterior de una célula solar (no hay limitaciones particulares sobre ella con tal de que sea para el uso con una célula solar, y los ejemplos incluyen PV333 y PV332 (E. I. du Pont de Nemours and Company)) mediante serigrafía y similares, y se seca (FIG. 2B). La temperatura de secado de cada pasta es preferiblemente 180°C o menor. Además, el grosor de la película de cada electrodo en la parte posterior de la célula solar como grosor de la película después de secar es preferiblemente de 20 a 40 µm en el caso de una pasta de aluminio, y de 15 a 30 µm en el caso de una pasta de plata eléctricamente conductora. Además, la porción solapante de la pasta de aluminio y de la pasta de plata eléctricamente conductora es preferiblemente de alrededor de 0,5 a 2,5 mm.

A continuación, se reviste una pasta eléctricamente conductora 108 según la presente invención sobre el lado que recibe la luz (lado superior) del sustrato de Si mediante serigrafía y similares, y se seca (FIG. 2C). El sustrato resultante se cuece después a la vez que se cuece de manera simultánea la pasta de aluminio y la pasta de plata eléctricamente conductora, por ejemplo, a una temperatura de alrededor de 600 a 900°C durante alrededor de 2 a 15 minutos en un horno de cocción infrarrojo para permitir la obtención de la célula solar deseada (FIG. 2D).

Tal como se muestra en la FIG. 2D, una célula solar obtenida mediante el uso de la pasta eléctricamente conductora de la presente invención tiene un electrodo 110 formado a partir de la pasta eléctricamente conductora de la presente invención formada sobre el lado que recibe la luz (lado superior) del sustrato 102 (tal como un sustrato de Si), y tiene un electrodo de aluminio 112 (primer electrodo), compuesto principalmente de Al, y un electrodo de plata 114 (segundo electrodo), compuesto principalmente de Ag, en el lado posterior del mismo.

EJEMPLOS

1. Preparación de Pasta Eléctricamente Conductora

Se preparó una mezcla que contenía partículas de plata (diámetro medio de partícula: 2,5 micras), frita de vidrio basada en Si·B·O (punto de reblandecimiento: 540°C), polvo de óxido de zinc que tiene un área superficial específica de 0,4 m²/g y un aditivo en forma un agente auxiliar de sinterización. Se añadió una resina aglutinante en forma de una disolución de terpineol que contenía un 20% en peso de etil celulosa a esta mezcla. Además, se añadió un disolvente en forma de terpineol para ajustar la viscosidad.

Después de pre-mezclar esta mezcla con una mezcladora universal, la mezcla pre-mezclada se amasó con un amasador de 3 rodillos para obtener una pasta para un electrodo de célula solar.

2. Ejemplos 1 a 3 y Ejemplos Comparativos 1 y 2

Las pastas eléctricamente conductoras de los Ejemplos 1 a 3 y de los Ejemplos Comparativos 1 y 2 se prepararon de acuerdo con el método de preparación de pasta eléctricamente conductora descrito anteriormente. Las cantidades de cada componente usado y las áreas superficiales específicas de las partículas de óxido de zinc se muestran en la Tabla 1.

TABLA 1

		Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo Comparativo 1	Ejemplo Comparativo 2
Plata	Diámetro medio de partícula (μm)	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
	%P	82,2	77,6	81,4	81,3	82,6
Óxido de zinc	Área superficial específica (m^2/g)	3,0	0,4	70 y 100 y 3,0	70,0	9,0
	%P	4,4	2,8	8,0	4,4	4,4
	% en peso de ZnO de AS específica baja frente a ZnO total	100,0	100,0	33,4	100,0	100,0
Frita de Vidrio	%P	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Vehículo orgánico	%P	7,0	7,0	6,0	7,0	7,0
Aditivo	%P	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Disolvente	%P	3,4	9,6	1,6	4,3	3,0

3. Producción de Células Solares

Se produjeron células solares mediante el uso de las pastas eléctricamente conductoras resultantes. Primero, se preparó un sustrato de Si. Se revistió una pasta eléctricamente conductora (pasta de plata) para las conexiones de soldadura sobre el lado posterior del sustrato de Si mediante serigrafía, y se secó. A continuación, se revistió una pasta de aluminio para el electrodo posterior (PV333 (E. I. du Pont de Nemours and Company)) de manera que se solapó una porción de la pasta de plata seca mediante serigrafía, y después se secó. La temperatura de secado de cada pasta fue de 120°C . Además, el grosor de la película de cada electrodo en el lado posterior en cuanto al peso después del secado fue de $35\ \mu\text{m}$ para la pasta de aluminio y $20\ \mu\text{m}$ para la pasta de plata.

Además, se revistió una pasta de la presente invención sobre el lado que recibe la luz (lado superior) mediante serigrafía, y se secó. Se usó una impresora fabricada por Price Screen Process Pty. Ltd. como impresora, y una máscara de alambre de acero inoxidable de malla 250 que tenía un marco de $20,3\ \text{cm} \times 25,4\ \text{cm}$ como máscara. El patrón consistió en un patrón de evaluación cuadrado de $3,8\ \text{cm}$ compuesto de franjas que tenían una anchura de 100 micras y barras colectoras que tenían una anchura de $2\ \text{mm}$, y el grosor de la película después de la cocción fue de $13\ \mu\text{m}$.

A continuación, el sustrato resultante se colocó en un horno de cocción de infrarrojos para cocer simultáneamente las pastas revestidas en condiciones de una temperatura establecida a alrededor de 870°C y un tiempo de entrada-salida de alrededor de 5 minutos para obtener las células solares deseadas.

Tal como se muestra en la FIG. 2, las células solares obtenidas mediante el uso de una pasta eléctricamente conductora de la presente invención tuvieron un electrodo de Ag 110 sobre el lado que recibe la luz (lado superior) del sustrato 102 (tal como un sustrato de Si), y un electrodo de Al 112 (primer electrodo), compuesto principalmente de Al, y un electrodo de plata 114 (segundo electrodo), compuesto principalmente de Ag, en el lado posterior del mismo.

4. Evaluación de la Célula

Se llevó a cabo la evaluación de las características eléctricas (características I-V) de los sustratos de la célula solar resultante con un analizador de células. Se usó el instrumento (NCT-M-150AA) fabricado por Nippon Precision Circuits, Inc. como analizador de células.

Se midió la resistencia en serie (R_s : $m\Omega \square cm^2$). Un valor bajo de R_s indica un rendimiento de generación de energía superior para la célula solar. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

TABLA 2

870°C	Unidades	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo Comparativo 1	Ejemplo Comparativo 2
Rs	$m\Omega \square cm^2$	2,0	3,0	2,0	3,4	2,7
		2,1	2,1	2,1	4,3	2,2
		2,7	2,0	2,0	4,0	3,2
		1,9	2,0	1,8	3,3	2,3
		2,0		1,8	3,1	3,2
		1,9		1,8	3,1	
		2,0		2,0	3,5	
		1,9		2,0	3,0	
		1,9			3,7	
		2,1			3,1	
Med.		2,0	2,3	2,0	3,4	2,7

5 Como se indicó anteriormente, el uso de partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica pequeña da como resultado características mejoradas de la célula solar resultante.

5. Estudio del Área Superficial Específica del Polvo de Óxido de Zinc y la Temperatura de Sinterización Máxima Establecida

10 Se produjeron pastas de electrodo para una célula solar mediante el uso de muestras de los ejemplos y de los ejemplos comparativos, seguido por la medida de los valores de R_s para dos temperaturas de sinterización máximas establecidas (840 y 900°C) y se calculó el valor medio de las mismas. Los resultados se muestran en las Tablas 3 y 4, mientras los resultados combinados con los de 870°C de la sección previa se muestran en la FIG. 3.

TABLA 3

840°C	Unidades	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo Comparativo 1	Ejemplo Comparativo 2
Rs	$m\Omega \square cm^2$	1,9	4,3	2,0	2,4	2,3
		1,9	3,5	1,9	2,1	2,0
		3,2	2,0	2,0	2,4	2,0
		2,1	2,1	2,0	2,6	2,7
		1,7			2,3	1,9
		2,2			3,8	
		2,0			4,4	
		2,2			3,7	
		2,1			3,2	
				2,1	2,9	2,0

TABLA 4

900°C	Unidades	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo Comparativo 1	Ejemplo Comparativo 2
Rs	mΩ□ cm ²	2,9	2,2	2,0	4,6	3,2
		2,6	2,3	2,1	5,2	3,3
		2,5	2,2	2,4	3,9	3,1
		4,0	2,2	2,3	3,3	3,7
		3,5			5,2	3,1
		3,1	2,2	2,2	4,5	3,3
		2,9	2,2	2,0	4,6	3,2
		2,6	2,3	2,1	5,2	3,3
		2,5	2,2	2,4	3,9	3,1
	Med.	4,0	2,2	2,3	3,3	3,7

Como es evidente a partir de los resultados anteriores, se determinó que los valores inferiores de Rs se podían conseguir en un amplio intervalo de temperaturas de cocción cuanto menor fuera el área superficial específica, a la vez que daba como resultado también un grado mayor de libertad para la temperatura de cocción. Por ejemplo, en la FIG. 3, suponiendo especificaciones de 2,5 mΩ□cm² o menos, se pudieron realizar valores de Rs menores a lo largo de un amplio intervalo de temperaturas de cocción en los Ejemplos 1 a 3. Concretamente, hay poca susceptibilidad a la aparición de productos defectuosos incluso si se ha dado una pequeña discrepancia entre la temperatura seleccionada como objetivo y la temperatura real durante la cocción. Además, hubo un grado elevado de libertad para el ajuste de las condiciones de producción en consideración a otros factores, por lo que se facilitó la determinación de las condiciones óptimas durante la producción. Esto ofrece una gran ventaja en la situación de producción real.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una pasta de electrodo para una célula solar que comprende: partículas eléctricamente conductoras, frita de vidrio exenta de plomo, una resina aglutinante y partículas de óxido de zinc, en la que las partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica de $6 \text{ m}^2/\text{g}$ o menos están contenidas en un 10% en peso o más respecto de la cantidad total de óxido de zinc.
2. La pasta de electrodo según la reivindicación 1, en la que las partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica de $3 \text{ m}^2/\text{g}$ o menos están contenidas en un 10% en peso o más respecto de la cantidad total de óxido de zinc.
- 10 3. La pasta de electrodo según la reivindicación 1, en la que las partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica de $6 \text{ m}^2/\text{g}$ o menos están contenidas en un 30% en peso o más respecto de la cantidad total de óxido de zinc.
4. La pasta de electrodo según la reivindicación 2, en la que las partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica de $3 \text{ m}^2/\text{g}$ o menos están contenidas en un 50% en peso o más respecto de la cantidad total de óxido de zinc.
- 15 5. La pasta de electrodo de la reivindicación 1, en la que las partículas eléctricamente conductoras se seleccionan del grupo que consiste en partículas de plata, partículas de oro, partículas de paladio, partículas de cobre, partículas de aluminio y partículas de aleaciones de estos metales.
6. La pasta de electrodo de la reivindicación 5, en la que la partícula eléctricamente conductora es una partícula de plata.
- 20 7. La pasta de electrodo de la reivindicación 5, en la que las partículas eléctricamente conductoras tienen un diámetro de partícula de 0,1 a 14.
8. Un electrodo de célula solar formado a partir de una pasta de electrodo para una célula solar que comprende: partículas eléctricamente conductoras, frita de vidrio exenta de plomo, una resina aglutinante y partículas de óxido de zinc, en la que el óxido de zinc está contenido en forma de partículas de óxido de zinc que tienen un área superficial específica de $6 \text{ m}^2/\text{g}$ o menos en un 10% en peso o más respecto de la cantidad total de óxido de zinc.
- 25

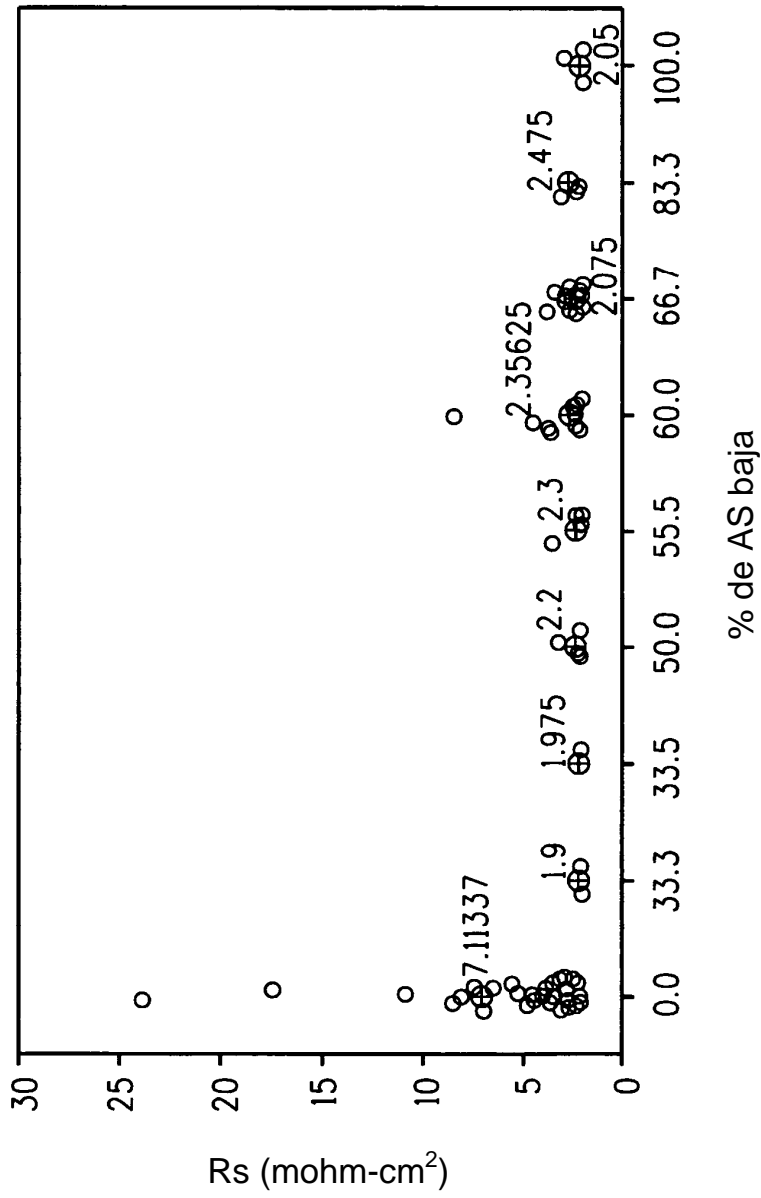


FIG. 1

FIG. 2A

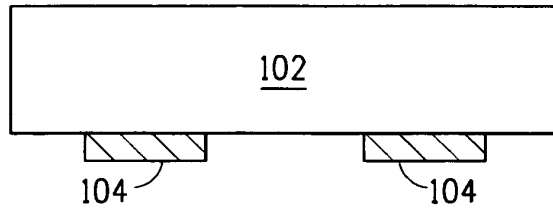


FIG. 2B

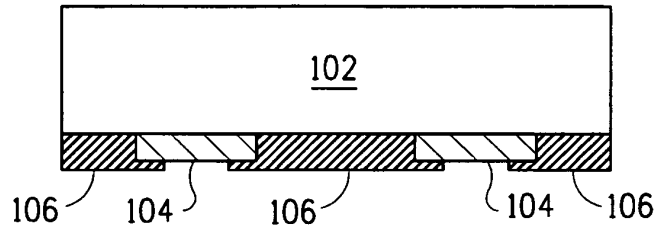


FIG. 2C

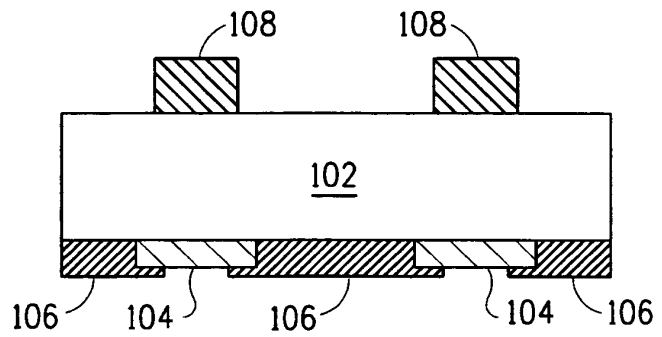
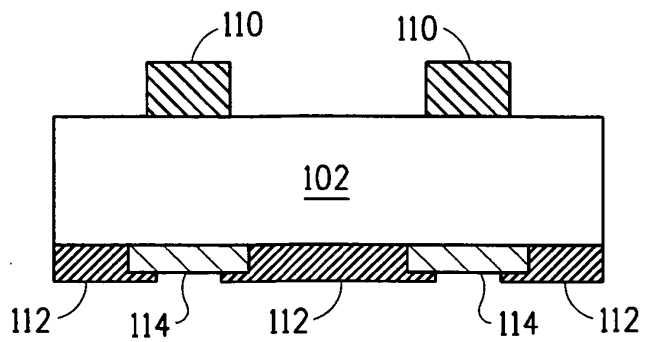


FIG. 2D



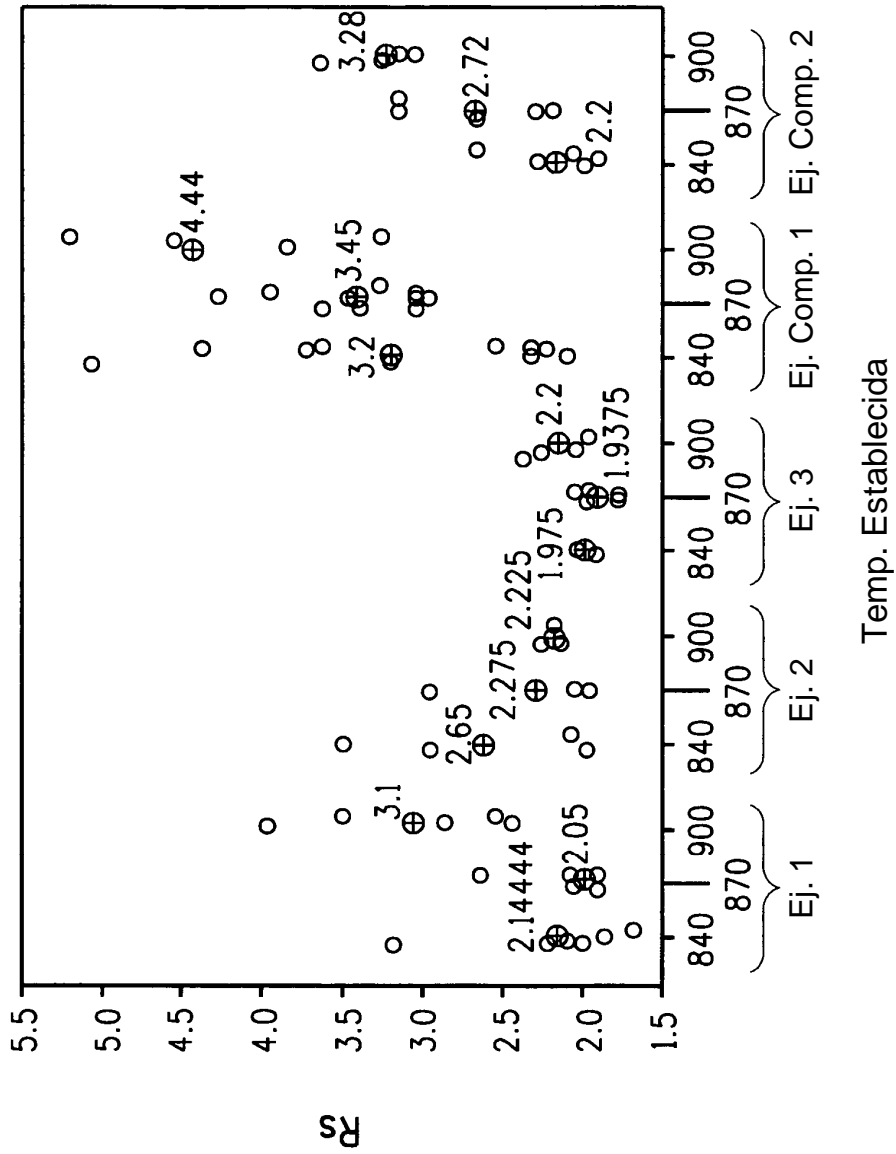


FIG. 3