

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 819 216**

51 Int. Cl.:

H04B 3/00 (2006.01)

H01B 12/02 (2006.01)

B29C 35/08 (2006.01)

B29C 35/10 (2006.01)

B29C 71/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.04.2011 PCT/US2011/031530**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.10.2011 WO11127248**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2011 E 11766707 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.08.2020 EP 2556594**

54 Título: **Aparato para curar películas finas sobre un sustrato en movimiento**

30 Prioridad:

08.04.2010 US 321910 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

15.04.2021

73 Titular/es:

**NCC NANO, LLC (100.0%)
Three Forest Plaza Suite 930, 12221 Merit Drive
Dallas, TX 75251, US**

72 Inventor/es:

**JACKSON, DOUGLAS, K.;
SCHRODER, KURT, A. y
MCCOOL, STEVEN, C.**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 819 216 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

Aparato para curar películas finas sobre un sustrato en movimiento

5 Antecedentes de la invención

1. Campo técnico

10 La presente invención se refiere a sistemas de curado en general y, en particular, a un aparato para curar películas finas sobre un sustrato a baja temperatura de acuerdo con la reivindicación 1.

2. Descripción de la técnica relacionada

15 El procesamiento térmico de películas finas suele estar limitado por las propiedades de los sustratos. Dado que el coste de los sustratos puede ser una parte significativa del coste total del producto final, generalmente, se prefieren sustratos económicos. Los sustratos económicos, tales como polímero o celulosa, tienden a tener una temperatura máxima de trabajo más baja que los sustratos más caros tales como el vidrio o la cerámica. Por lo tanto, al procesar térmicamente una película fina sobre un sustrato a baja temperatura, toda la pila de sustrato se calienta normalmente a la temperatura máxima de trabajo del sustrato para minimizar el tiempo de procesamiento.

20 Algunos materiales de película fina requieren un mayor nivel de procesamiento térmico que no es compatible con sustratos de baja temperatura. Las soluciones pueden presentarse en forma de mayor tiempo de procesamiento o mayor temperatura. La primera solución aumenta el coste al reducir el rendimiento y aún puede ser inadecuada para muchos tipos de películas finas. La última solución generalmente requiere el uso de un sustrato más caro capaz de soportar temperaturas de procesamiento más altas. Por lo tanto, ambas soluciones son indeseables desde un punto de vista económico.

30 El documento US 2009/181184 divulga un método para producir una película fina eléctricamente conductora sobre un sustrato de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. Inicialmente, un compuesto metálico reducible y un agente reductor se dispersan en un líquido. A continuación, la dispersión se deposita sobre un sustrato como una película fina. La película fina junto con el sustrato se expone posteriormente a una emisión electromagnética pulsada para reaccionar químicamente con el compuesto metálico reducible y el agente reductor de tal manera que la película fina se vuelve eléctricamente conductora.

35 Sumario de la invención

40 De acuerdo con una realización preferente de la presente invención, un aparato de curado incluye un sistema de control por ordenador, un sistema de transporte, un controlador de lámpara de destellos y una lámpara de destellos. El aparato de curado también incluye un cable de baja inductancia, que tiene una inductancia inferior a 100 nH/m, conectado entre el controlador de la lámpara de destellos y la lámpara de destellos. El cable de baja inductancia incluye al menos una línea de refrigeración de líquido y múltiples hilos de trayecto de ida y vuelta intercalados en una configuración normal de empaquetado cerrada hexagonal de tal manera que cada alambre es adyacente al menos a una línea de refrigeración y al menos a un hilo de polaridad opuesta.

45 Todas las características y ventajas de la presente invención serán evidentes en la siguiente descripción escrita.

Breve descripción de los dibujos

50 La invención en sí, así como un modo de uso preferente, otros objetivos y ventajas de los mismos, se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ilustrativa de la presente realización cuando se lea junto con los dibujos adjuntos, en donde:

55 La Figura 1 es un diagrama de un aparato de curado, de acuerdo con una realización preferente de la presente invención;

la Figura 2 es un diagrama de bloques de un controlador de lámpara de destellos dentro del aparato de curado de la Figura 1;

60 la Figura 3a es un diagrama de sección transversal de una unidad de cable básica de un cable de baja inductancia dentro del aparato de curado de la Figura 1, de acuerdo con una realización preferente de la presente invención;

y

65 la Figura 3b-3d son diagramas de sección transversal de cables de baja inductancia formados por la unidad de cable básica de la Figura 3a, de acuerdo con una realización preferente de la presente invención.

Descripción detallada de una realización preferente

Haciendo referencia ahora a los dibujos y en particular a la Figura 1, se representa un diagrama de un aparato de curado, de acuerdo con una realización preferente de la presente invención. Como se muestra, un aparato de curado **100** incluye un sistema de transporte **110**, un cabezal de lámpara de destellos **120** que tiene una lámpara de destellos **150** y un controlador de lámpara de destellos **130**. Un cable de baja inductancia **125** está conectado entre el controlador de la lámpara de destellos **130** y el cabezal de la lámpara de destellos **120**. El sistema de transporte **110** mueve una pila de película fina **140** pasado el cabezal de la lámpara de destellos **120** mientras que el controlador de la lámpara de destellos **130** proporciona pulsos de corriente conformados a la lámpara de destellos **150** utilizando modulación de ancho de pulso (PWM) de tal manera que los pulsos con forma estén sincronizados con la velocidad de transporte de películas finas en el sistema de transporte **110**. La pila de película fina **140** incluye una película fina depositada sobre un sustrato a baja temperatura, tal como polímero o papel. Preferentemente, la lámpara de destellos **150** es una lámpara de destellos sellada llena de gases tal como el xenón, criptón o argón. La lámpara de destellos **150** también puede ser una lámpara de destellos de pared de agua, a veces se denomina lámpara de Arco de Plasma Dirigido (DPA).

Un sistema de control por ordenador **160** se utiliza para controlar las funcionalidades del controlador de lámpara de destellos **130**. El sistema de control por ordenador **160** preferentemente incluye una unidad de procesamiento, dispositivos de entrada tales como un teclado, un ratón, una pantalla táctil, etc., y dispositivos de salida tales como un monitor, ya que son bien conocidos por los expertos en la materia.

Haciendo referencia ahora a la Figura 2, se muestra un diagrama de bloques del controlador de la lámpara de destellos **130**. Como se muestra, el controlador de lámpara de destellos **130** incluye un codificador **210**, un generador de forma de onda arbitraria **220** y un controlador de lámpara de destellos **230**. Después de recibir entradas, tal como la velocidad de transporte, del sistema de transporte **110** (de la Figura 1), el codificador **210** proporciona señales de disparo al generador de forma de onda arbitraria **220** en momentos apropiados para curar películas finas ubicadas en el sistema de transporte **110**. Con las señales de disparo, el generador de forma de onda arbitraria **220** es capaz de generar formas de onda de diversas formas y tiempos basándose en las entradas del usuario. El generador de formas de onda arbitrarias **220** envía señales de forma de onda al controlador de la lámpara de destellos **230** que amplifica las señales de forma de onda para accionar la lámpara de destellos **150** (de la Figura 1).

Con el fin de cambiar la forma de un tren de pulsos emitido por un sistema de lámpara de destellos en respuesta a una entrada en tiempo real para afectar el gradiente térmico creado en una pila de película fina en movimiento, la potencia de la lámpara de destellos **150** preferentemente se modula por ancho de pulso. Con el fin de realizar PWM, se necesita un cable de baja inductancia (al menos de 100 nH/m y preferentemente menos de 50 nH/m) para transmitir la potencia de los controladores de la lámpara de destellos **230** para encender la lámpara de destellos **150**. Adicionalmente, el cable de baja inductancia debe estar refrigerado por agua, pero ser lo suficientemente liviano como para que lo recoja una persona y tener un radio de curvatura mínimo inferior a 0,30 m (1 pie) para que pueda integrarse en el entorno de una fábrica.

Teóricamente, la inductancia de un cable coaxial comercial optimizado podría ser lo suficientemente baja para la presente solicitud, pero es difícil de fabricar, ya que los conectores de los extremos coaxiales deben soldarse a los conductores internos y externos en un conjunto hermético. Adicionalmente, tanto la inductancia como el radio de curvatura de los cables coaxiales disponibles en el mercado son mayores de lo preferente.

El cable de par trenzado tiene una inductancia marginal para la presente solicitud. Adicionalmente, la naturaleza de la torsión en los cables de par trenzado hace que sea difícil proporcionar una refrigeración confiable a los cables individuales. Dado que los cables están trenzados, se empaquetan de manera ineficiente cuando se agrupan, lo que hace que el diámetro externo sea mayor y, por lo tanto, el radio de curvatura sea mayor de lo deseado. El cable cinta, que consiste en hilos de trayecto alterno de ida y vuelta tiene una inductancia que es demasiado alta para la presente solicitud.

El Cable de baja inductancia **125**, que puede denominarse cable de Múltiples Hilos de Baja Inductancia (LIMS), incluye múltiples cables hacia delante, cables de retorno y líneas de refrigeración, todos intercalados entre sí formando un patrón de paquete cerrado hexagonal. El cable LIMS **125** tiene una inductancia extremadamente baja (~16 nH/m). El cable LIMS **125** agrega menos de 200 nH de inductancia a todo el sistema. El cable LIMS **125** puede manejar hasta 20 kA de corriente con una potencia máxima de entrega superior a 10 MW y una administración de potencia promedio superior a 10 kW. El diámetro del cable LIMS **125** es preferentemente menor de 5,0 cm, y el cable LIMS **125** puede doblarse en un radio pequeño (menos de 0,3 m).

Con el fin de modular por ancho de pulso un tren de pulsos de una duración total dada, cada pulso individual, es decir, un micropulso, debe ser mucho más corto que el tren de pulsos con el fin de proporcionar forma de pulso. Asimismo, los pulsos deben ser más intensos que una fuente que proporcione un pulso único de la misma longitud que el tren de pulsos, ya que el sistema PWM no está encendido durante una porción del tiempo. Por lo tanto, aparato de curado **110** es capaz de proporcionar longitudes de pulso tan cortas como 10 microsegundos con una potencia máxima superior a 100 kW/cm². Además, la frecuencia PWM para pulsos es tan rápida como 50 kHz.

Cada tren de pulsos incluye al menos dos micropulsos que forman un pulso conformado. Dar forma a un pulso permite el perfil de temperatura en una pila de película fina **150** personalizarse para una curación óptima. En su forma más simple, un pulso conformado, que incluye micropulsos uniformes, tiene seis variables o parámetros de control: intensidad (tensión), longitud del pulso, el número promedio de pulsos conformados que inciden sobre el sustrato en cualquier área determinada de una pila de películas, frecuencia de repetición de pulsos, número de micropulsos dentro de un pulso conformado y ciclo de trabajo de micropulsos. Cuando los micropulsos no son uniformes, también se debe especificar la duración y el retraso de cada micropulso. Esto permite la formación de un pulso conformado arbitrariamente. Los parámetros de control se ingresan inicialmente en una simulación térmica y estos parámetros se utilizan posteriormente como entradas al controlador de la lámpara de destellos **130**.

Cuando la inductancia de todo el sistema de administración de potencia pulsada es inferior a aproximadamente $2 \mu\text{H}$, el tiempo de subida de la emisión de la lámpara de destellos **150** se vuelve limitado por la tasa a la que el plasma puede calentarse resistivamente por la corriente que pasa a través de la lámpara de destellos **150**. De igual forma, la tasa de caída de la emisión de la lámpara de destellos **150** se ve limitado por la tasa de refrigeración por radiación del plasma en la lámpara de destellos **150**. Cuando la inductancia de todo el sistema de administración de potencia pulsada es superior a aproximadamente $2 \mu\text{H}$, la inductancia comienza a aumentar la tasa mínima de subida y bajada de la emisión, limitando, por lo tanto, la frecuencia a la que la emisión puede modularse por ancho de pulso. El sistema de administración de potencia pulsada de la presente invención tiene una inductancia total de aproximadamente $1,2 \mu\text{H}$, de los cuales aproximadamente $0,2 \text{ mH}$ son del cable LIMS **125**, lo que significa que la PWM máxima no está limitada por la inductancia. El cable LIMS **125** para aparato de curado **100** preferentemente tiene los siguientes requisitos:

1. baja inductancia por unidad de longitud (menos de 50 nH/m);
2. baja resistencia por unidad de longitud (menos de $1,0 \text{ m}\Omega/\text{m}$);
3. Longitud larga (hasta 10 metros);
4. tensión nominal moderada (hasta aproximadamente 1200 V);
5. refrigeración líquida activa;
6. alta capacidad de corriente (hasta aproximadamente 20 kA); y
7. pequeño radio de curvatura (menos de $0,3 \text{ m}$) para su manipulación.

Haciendo referencia ahora a la Figura **3a**, se ilustra un diagrama de sección transversal de una unidad de cable básica para formar el cable LIMS **125**, de acuerdo con una realización preferente de la presente invención. Como se muestra, una unidad de cable básica **300** incluye un canal de refrigeración **313**, un cable de trayecto de ida **311** y un cable de trayecto de vuelta **312**. Preferentemente, el cable de trayecto de ida **311** y el cable de trayecto de vuelta **312** están hechos de cobre.

La Figura **3b** muestra que se puede formar un cable redondo de tres pares combinando varias unidades de cable básicas **300**. Como se muestra, un cable redondo de tres pares **320** incluye cables de trayecto de ida **321a-321c** y cables de trayecto de vuelta **322a-322c** formados alrededor de un canal de refrigeración **323**. Además, los cables del trayecto de ida **321a-321c** están entrelazados y acoplados a los cables del trayecto de vuelta **322a-322c**.

Con el fin de cambiar la forma de un tren de pulsos emitido por una lámpara de destellos **150** en respuesta a una entrada en tiempo real para afectar el gradiente térmico creado en una pila de película fina en movimiento, curar los materiales en sustratos en movimiento a velocidades de hasta 300 metros por minuto, una inductancia baja, un conjunto de cable refrigerado por agua, tal como un cable LIMS redondo de doce pares **330** se muestra en la Figura **3c** y/o un cable LIMS plano de ocho pares **340** se muestra en la Figura **3d**, es fundamental para proporcionar un control temporal preciso.

Cuando el sustrato se está moviendo y la frecuencia de pulso conformado de la lámpara de destellos **150** está sincronizado con la velocidad de transporte, la frecuencia viene dada por

$$F = \frac{1,67 \times S \times O}{W}$$

donde

- f = tasa de pulso conformados de la lámpara de destellos [Hz]
- S = velocidad de la banda [m/min]
- O = factor de superposición (es decir, el número promedio de pulsos de lámpara de destellos recibidos por el sustrato en cualquier punto determinado)
- W = ancho del cabezal de curado en la dirección de transporte [cm]

Por ejemplo, con una velocidad de transporte de 100 m/min , un factor de solapamiento de 4 y un ancho del cabezal de curado de 7 cm , la tasa del pulso conformados de la luz estroboscópica es de $95,4 \text{ Hz}$.

Dado que la tasa de flash de la lámpara de destellos **150** está sincronizada con la velocidad de transporte del sustrato,

pequeños cambios en la velocidad no cambian de manera apreciable el curado de películas finas.

5 Las 8 variables del sistema de administración de potencia a la lámpara de destellos **150** se puede cambiar continuamente y sobre la marcha. Esto permite que los parámetros de curado se adapten en tiempo real a un cambio en la película o el sustrato en respuesta a los datos del sensor antes o después del curado. Estas dos cualidades producen una película curada con resultados optimizados y consistentes y tiene un rendimiento dramáticamente más alto que la técnica anterior que requiere que el sistema se apague durante minutos para cambiar cualquier característica de pulso. Asimismo, las características del pulso se pueden cambiar continuamente a una resolución de aproximadamente 0,1 %, lo que da como resultado un control de optimización mucho más estricto del curado. El estado de la técnica tuvo cambios discretos.

10 Como se ha descrito, la presente invención proporciona un aparato de curado para curar películas finas sobre un sustrato en movimiento.

15 Aunque la invención se ha mostrado y descrito particularmente con referencia a una realización preferente, se entenderá por los expertos en la materia que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones sin apartarse del alcance de la invención, como se define en las reivindicaciones a continuación.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (100) para curar una película fina sobre un sustrato en movimiento, comprendiendo dicho aparato (100):
- 5 un sistema de transporte (110) para mover una capa de película fina montada sobre un sustrato;
una lámpara de destellos (150) para proporcionar pulsos electromagnéticos a dicha película fina mientras dicha película fina se mueve en relación con dicha lámpara de destellos (150);
un controlador de lámpara de destellos (130) para modular los anchos de pulso de dichos pulsos electromagnéticos; y **caracterizado por**
- 10 un cable de baja inductancia (125) conectado entre dicha lámpara de destellos (150) y dicho controlador de lámpara de destellos (130);
en donde dicho cable de baja inductancia (125) tiene una inductancia inferior a 100 nH/m, e incluye:
- 15 un núcleo de refrigeración (313);
una pluralidad de cables de trayecto de vuelta (312) acoplados a dicho núcleo de refrigeración (313); y
una pluralidad de cables de trayecto de ida (311) acoplados a dicho núcleo de refrigeración (313), en el que dichos cables de trayecto de ida (311) están acoplados entrelazados a dichos cables de trayecto de vuelta (312).
- 20 2. El aparato de la reivindicación 1, en el que dicho núcleo de refrigeración (313), dichos cables de trayecto de vuelta (312) y dichos cables de trayecto de ida (311) están intercalados en una configuración hexagonal de empaquetado cerrada.
- 25 3. El aparato de la reivindicación 1, en el que uno de dichos cables de trayecto de vuelta (312) es adyacente a un núcleo de refrigeración (313) y a uno de dichos cables de trayecto de ida (311).
4. El aparato de la reivindicación 1, en el que uno de dichos cables de trayecto de ida (311) es adyacente a un núcleo de refrigeración (313) y a uno de dichos cables de trayecto de vuelta (312).
- 30 5. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que el núcleo de refrigeración (313) del cable de baja inductancia (125) está dispuesto para recibir agua como refrigerante.
6. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que el cable de baja inductancia (125) tiene un radio de curvatura mínimo que es inferior a 0,3 metros.
- 35

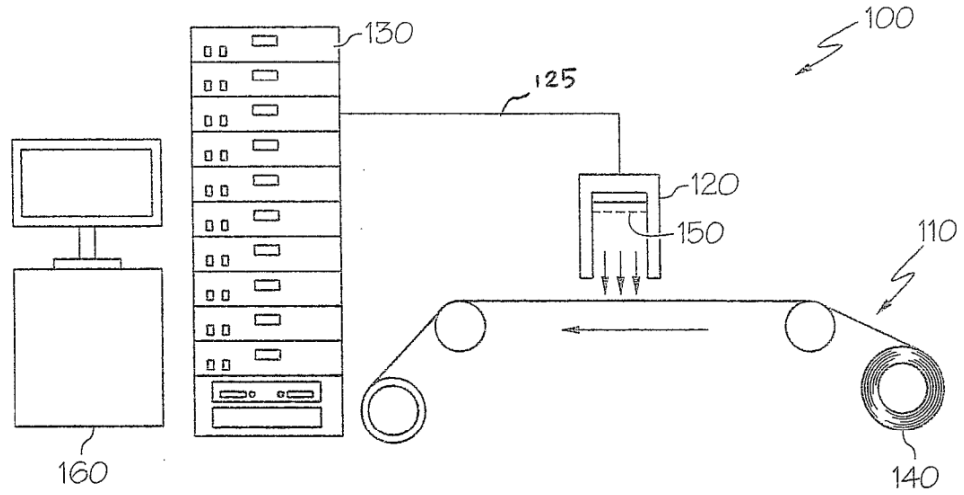


FIG. 1

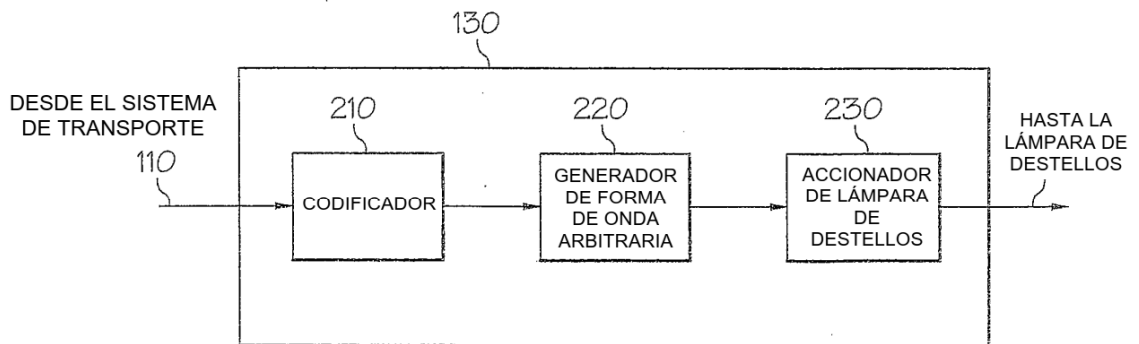


FIG. 2

