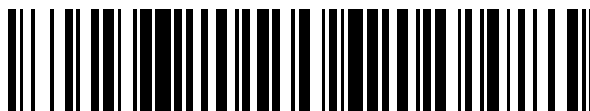


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 562**

51 Int. Cl.:

G01N 29/24

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2001** **E 01993357 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.10.2015** **EP 1373881**

54 Título: **Procedimiento y aparato para mejorar el rango dinámico de ultrasonido detectado por láser en materiales atenuantes**

30 Prioridad:

19.01.2001 US 766180

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.02.2016

73 Titular/es:

LOCKHEED MARTIN CORPORATION (100.0%)
6801 ROCKLEDGE DRIVE
BETHESDA, MARYLAND 20817, US

72 Inventor/es:

DRAKE, THOMAS, E., JR.

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 558 562 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

Procedimiento y aparato para mejorar el rango dinámico de ultrasonido detectado por láser en materiales atenuantes.

Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere de manera general al campo de procesamiento de información óptica y más particularmente a un procedimiento y sistema para detectar desplazamientos ultrasónicos en un material sometido a prueba utilizando un impulso de salida variable en el tiempo de un haz de láser.

Antecedentes de la invención

En los últimos años, la utilización de estructuras de material compuesto avanzadas ha experimentado un tremendo crecimiento en las industrias aeroespacial, del automóvil y muchas otras industrias comerciales. Aunque los materiales compuestos ofrecen mejoras significativas en cuanto a rendimiento, requieren procedimientos de control de calidad estrictos en los procedimientos de fabricación. Específicamente, se requieren procedimientos de evaluación no destructiva ("NDE") para evaluar la integridad estructural de estructuras de material compuesto, por ejemplo, para detectar inclusiones, deslaminaciones y porosidades. Los procedimientos de NDE convencionales, sin embargo, son muy lentos, laboriosos y costosos. Como resultado, los procedimientos de prueba aumentan de manera adversa los costes de fabricación asociados con estructuras compuestas.

Se han propuesto diversos sistemas y técnicas para evaluar la integridad estructural de estructuras compuestas. Un procedimiento para generar y detectar ultrasonido utilizando láseres da a conocer la utilización de un primer haz de láser modulado, pulsado, para generar ultrasonido sobre una pieza de trabajo y un segundo haz de láser pulsado para detectar el ultrasonido. La luz modulada en fase procedente del segundo haz de láser se demodula entonces para obtener una señal representativa del movimiento ultrasónico en la superficie de la pieza de trabajo.

Otro procedimiento para generar y detectar ultrasonido utilizando láseres da a conocer la utilización de un láser para detectar deformaciones de naturaleza oscilatoria o transitoria sobre una superficie de material sometido a prueba. Las deformaciones sobre la superficie de material sometido a prueba pueden producirse por una onda de ultrasonido u otra excitación. La luz procedente del láser se dispersa por las deformaciones, captándose parte de esta luz por sistemas ópticos y transmitiéndose a través de una fibra óptica hasta un divisor de haz que desvía una pequeña parte de la luz captada hacia un detector de referencia y suministra la parte restante de la luz a un interferómetro confocal de Fabry-Perot, que genera una señal de salida indicativa de las deformaciones sobre la superficie de material sometido a prueba. El detector de referencia mide la intensidad de la luz láser dispersada en la entrada del interferómetro para generar una señal de referencia. Un detector de estabilización mide la intensidad de la luz láser dispersada en la salida del interferómetro para generar una señal de estabilización previa. La relación de la señal de referencia con respecto a la señal de estabilización previa se utiliza para generar una señal de estabilización final que acciona un impulsor piezoeléctrico dentro del interferómetro para ajustar su frecuencia resonante.

Las estructuras de material compuesto avanzadas a menudo atenúan el ultrasonido dentro de los materiales compuestos. Sería deseable disponer de un sistema que pueda expandir el rango dinámico de la detección de ultrasonido en un material atenuante tal como materiales compuestos avanzados.

Los procedimientos a los que se ha hecho referencia anteriormente intentan reducir el ruido asociado con los esquemas de detección. Sin embargo, los procedimientos dados a conocer no exploran la expansión y mejora del rango dinámico de detección de ultrasonido en materiales atenuantes.

Por tanto, existe una necesidad creciente de un procedimiento y sistema de detección por láser de ultrasonido que supere las desventajas y deficiencias de la técnica anterior. Concretamente, un sistema de este tipo debería poder extender el rango dinámico de detección de ultrasonido en un material atenuante.

La patente US nº 5.672.830 se refiere a un procedimiento para determinar propiedades anisotrópicas de una muestra delgada dirigiendo dos impulsos de láser coincidentes en el tiempo sobre una muestra de modo que se superponen en una región de excitación e interfieren para formar un campo de excitación.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona un procedimiento según la reivindicación 19 y un sistema según la reivindicación 1 para detectar desplazamientos ultrasónicos en un objetivo a distancia sometido a prueba utilizando un haz de láser que elimina o reduce sustancialmente las desventajas y problemas asociados con sistemas de detección de ultrasonido desarrollados anteriormente.

Más específicamente, la presente invención proporciona un sistema para detectar desplazamientos ultrasónicos en un objetivo a distancia con un haz de láser que presenta un perfil de impulsos dependiente del tiempo. El sistema y

el procedimiento para mejorar el rango dinámico de ultrasonido detectado por láser en materiales atenuantes incluyen una fuente de luz láser simiente. Esta fuente de láser produce un láser que se modula mediante un conjunto situado en la trayectoria del haz de láser. El láser modulado presenta un perfil de impulsos dependiente del tiempo. Los ultrasonidos en el objetivo a distancia modulan, reflejan y/o dispersan adicionalmente el haz de láser para producir luz modulada en fase. Los sistemas ópticos captan esta luz modulada en fase. Un interferómetro acoplado a los sistemas ópticos de captación demodula la luz modulada en fase y proporciona una señal de salida representativa de los ultrasonidos en el objetivo a distancia.

Puede utilizarse un procesador para procesar la señal de salida del interferómetro para obtener datos representativos de los ultrasonidos.

La presente invención implica hacer coincidir el perfil de impulsos dependiente del tiempo del haz de láser de detección con las propiedades atenuantes del objetivo a distancia. El perfil de impulsos dependiente del tiempo se hace variar para aumentar la intensidad de señal de los ultrasonidos detectados.

La presente invención proporciona una ventaja técnica importante al extender el rango dinámico de un sistema de Laser UT. Los sistemas anteriores sincronizan la generación del evento ultrasónico con el pico del láser de detección para maximizar la relación señal-ruido sin considerar las mejoras de rango dinámico potenciales basándose en aprovechar perfiles de iluminación no uniformes, mientras que la presente invención proporciona que la utilización de perfiles de iluminación del láser de detección dependientes del tiempo puede utilizarse tanto para optimizar la relación señal-ruido como para extender el rango dinámico de los sistemas de Laser UT.

Otra ventaja técnica de la presente invención es un rango dinámico extendido con el que detectar ultrasonido en el material sometido a prueba y una relación señal-ruido mejorada debido a los perfiles de impulsos variables en el tiempo del láser de detección.

Aun otra ventaja técnica de la presente invención es la capacidad para utilizar un láser de detección con una potencia de salida menor. Esto permite la utilización de sistemas ópticos de captación y escáneres ópticos más pequeños. De manera adicional, la utilización de un láser de detección de potencia menor reduce la potencia total aplicada al material sometido a prueba y el daño del material sometido a prueba.

La energía almacenada en el amplificador puede extraerse de un modo óptimo para coincidir con las propiedades del material sometido a prueba.

Breve descripción de los dibujos

Para una comprensión más completa de la presente invención y las ventajas de la misma, a continuación se hace referencia a las siguientes descripciones tomadas junto con los dibujos adjuntos en los que números de referencia similares indican características similares, y en los que:

la figura 1 representa una configuración conocida para detectar desplazamientos ultrasónicos utilizando un haz de láser de detección;

la figura 2 ilustra una realización de la presente invención utilizando un perfil de impulsos de salida dependiente del tiempo para proporcionar una relación señal-ruido mejorada;

la figura 3A ilustra un perfil de impulsos dependiente del tiempo gaussiano o lorentziano;

la figura 3B ilustra una pendiente lineal para un perfil de impulsos dependiente del tiempo con fijación de ganancia;

la figura 3C ilustra una pendiente exponencial para un perfil de impulsos dependiente del tiempo con fijación de ganancia; y

la figura 4 ilustra una gráfica típica de atenuación de material dependiente de la frecuencia.

Descripción detallada de la invención

Las realizaciones preferidas de la presente invención y sus ventajas se entienden haciendo referencia a las figuras 1 a 6 de los dibujos, utilizándose números similares para partes similares y correspondientes de los diversos dibujos.

La figura 1 ilustra un sistema de detección 100 para detectar desplazamientos ultrasónicos 102 en un objetivo a distancia 104. El sistema de detección 100 utiliza una fuente de láser de detección 106 para generar un haz de láser 108. La fuente de láser de detección 106 puede incorporar un amplificador óptico de paso múltiple 110, accionado por sistemas electrónicos de accionamiento de fuente de bomba 109 para generar un haz de láser 108 con una potencia P_0 . Los desplazamientos ultrasónicos 102 en el objetivo a distancia 104 modulan, dispersan y reflejan el haz de láser de detección 108. Cuando el haz de láser de detección 108 interacciona con los desplazamientos u

ondas ultrasónicas 102 presentes en el objetivo a distancia 104, el haz de láser de detección 108 se refleja o dispersa como luz modulada en fase 112. La luz modulada en fase 112 se refleja y dispersa en todas las direcciones tal como se muestra mediante las flechas 114. Sin embargo, parte de la luz modulada en fase 112 se captura mediante sistemas ópticos de captación 116. Los sistemas ópticos de captación 116 dirigen luz modulada en fase 112 a través de fibra 118 óptica al interior del interferómetro 120. El interferómetro 120 demodula la luz modulada en fase y dirige una salida al interior del detector 122 que genera una señal analógica para su procesamiento.

La dispersión del haz de láser por el material sometido a prueba incluye todas las reacciones entre el haz de láser 108 y el material sometido a prueba en las que el haz de láser 108 se redirige sin alterar de otro modo el haz de láser; además la dispersión de un haz de láser por el material sometido a prueba incluye todas las reacciones entre la luz modulada en fase y el material sometido a prueba con la excepción de la absorción del primer haz de láser pulsado.

Los sistemas ópticos de captación 116 presentan un tamaño de apertura de ϕ y están situados a una distancia D del objetivo a distancia 104. La potencia de la luz captada, modulada en fase según se mida en la salida del colector es P_c . La potencia de la luz captada, modulada en fase en la entrada del interferómetro es sustancialmente P_c dado que hay muy poca pérdida por transmisión asociada con la fibra 118 óptica. Debido a que la pérdida en el interferómetro es mínima, la potencia de la señal de entrada al detector (P_{DET}) es sustancialmente la misma que P_c .

La relación señal-ruido del detector 122 es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la potencia de entrada:

$$SNR \propto \sqrt{P_{DET}} \quad \text{ec (1)}$$

Las fórmulas anteriores sugieren que SNR puede mejorarse aumentando P_o , o ϕ , o disminuyendo D. Aumentar la relación de ϕ/D disminuye la profundidad de campo del sistema de detección 100, lo que no resulta deseable debido a que una disminución de profundidad de campo es menos flexible.

Alternativamente, P_o puede aumentarse. Un enfoque para aumentar la salida del láser de detección 106 es utilizar una anchura de impulso más corta. El impulso del haz de láser de detección 108, sin embargo, debe presentar una anchura suficiente para permitir la detección de desplazamientos ultrasónicos, y por tanto, disminuir su duración de impulso empeora su capacidad para detectar tales desplazamientos. Un segundo enfoque es amplificar el láser de detección utilizando un amplificador óptico de paso múltiple. Sin embargo, la ganancia de un amplificador óptico convencional depende de la potencia de la señal de entrada.

Donde la P_{DET} viene dada por la ec (2):

$$P_{DET} = \frac{P_o}{4} \left(\frac{\phi}{D} \right)^2 (1 - A) \cos \sigma \cdot \eta \quad \Leftarrow \text{para una superficie difusa}$$

Donde P_o = potencia incidente

A = absorción

σ = ángulo de incidencia

η = eficiencia (pérdidas de espejo, pérdidas de fibra, etc.)

La figura 2 ilustra una configuración para generar y detectar desplazamientos ultrasónicos utilizando un haz de láser de detección similar al de la figura 1. El sistema de detección 200 utiliza un láser de detección 130 para detectar desplazamientos ultrasónicos 102 sobre un objetivo a distancia 104. El láser de detección 130 puede incorporar un modulador de fase electroóptico 132 para modular el láser basándose en una tensión de accionamiento variable en el tiempo. Un aislador óptico 134 y una descarga 136 de haz para impedir la retroalimentación óptica en el modulador 132. El amplificador óptico 138 amplifica el haz de láser para producir un haz de láser 140 con una potencia $P_{(t)}$. Este haz de láser 140 puede presentar un perfil de impulsos dependiente del tiempo $P_{(t)}$, este perfil de impulsos puede optimizarse para mejorar la intensidad de la señal. Este perfil de impulsos dependiente del tiempo puede optimizarse para coincidir sustancialmente con las características de atenuación del objetivo a distancia 104. Alternativamente, puede utilizarse un perfil de impulsos dependiente del tiempo que no coincide con las características de atenuación del objetivo a distancia 104 pero sí proporciona suficiente variación en la intensidad del perfil de impulsos para alterar el rango dinámico del proceso de detección de ultrasonido. Las figuras 3A a 3C ilustran formas de impulso potenciales, que incluyen una forma de impulso gaussiana o lorentziana tal como se muestra en la figura 3A; una forma de impulso de pendiente lineal/con fijación de ganancia tal como se muestra en la figura 3B; y una forma de impulso exponencial tal como se muestra en la figura 3C.

La presente invención proporciona un sistema para detectar desplazamientos ultrasónicos en un objetivo a distancia. Los desplazamientos ultrasónicos 102 en el objetivo a distancia 104 modulan, dispersan y reflejan el haz de láser de detección 140, representado por las flechas 142 dirigidas en sentido contrario al objetivo a distancia 104. Cuando el haz de láser de detección 140 interacciona con ondas ultrasónicas 102, el haz de láser de detección 140 se refleja y/o dispersa como luz modulada en fase 142. Esta luz modulada en fase contiene información representativa de los desplazamientos ultrasónicos 112 en el objetivo a distancia 104.

Los desplazamientos de material ultrasónicos 102 son una función tanto del tiempo como de la atenuación del material a partir del cual se construye el objetivo a distancia 104. Esta función se muestra a continuación en la ecuación 1.

$$U(t) = U_0 e^{-\alpha(f)t} \quad (\text{EC 1})$$

Donde $\alpha(f)$ es la atenuación de material dependiente de la frecuencia tal como se muestra en la figura 4. La señal medida en el detector viene dada por la ecuación 2, como sigue:

$$S(t) = K \epsilon P(t) \cong U(t) \quad (\text{EC 2})$$

Donde K es una constante, $P(t)$ es la potencia del láser de detección y $U(t)$ son los desplazamientos ultrasónicos definidos en la ecuación 1. A lo largo de un intervalo de frecuencia pequeño (ϵf), la atenuación del material dependiente de la frecuencia tal como se muestra en la figura 4 puede aproximarse mediante una constante:

$$\alpha(f) \cdot \alpha_0$$

Adicionalmente, el perfil de impulsos dependiente del tiempo $P(t)$ puede ajustarse de tal manera que el perfil de impulsos del láser 140 coincide sustancialmente con las características de atenuación del material sometido a prueba, tal como se muestra mediante la aproximación a continuación: $P(t) \approx e^{+\alpha_0 t}$. Estas aproximaciones asociadas con el perfil de impulsos exponencial de la figura 3C, proporcionan una señal medida descrita por la ecuación 3 a continuación:

$$S(t) = K \epsilon U_0 e^{+\alpha_0 t} \cong e^{-\alpha_0 t} = K \epsilon U_0 \quad (\text{EC 3})$$

En este caso, el perfil de impulsos, $P(t)$, se ha hecho coincidir exactamente con la pérdida de atenuación, proporcionando una intensidad de señal medida constante a lo largo del tiempo.

De manera similar, los perfiles de impulso proporcionados en las figuras 3A y 3B permiten una respuesta de intensidad de señal mejorada que utiliza una función $P(t)$ diferente.

Más específicamente, la presente invención proporciona un sistema para detectar desplazamientos ultrasónicos en un objetivo a distancia con un haz de láser que presenta un perfil de impulsos dependiente del tiempo. El sistema y el procedimiento para mejorar el rango dinámico de ultrasonido detectado por láser en materiales atenuantes incluyen una fuente de luz láser sintonizada. Esta fuente de láser produce un láser que se modula mediante un conjunto situado en la trayectoria del haz de láser. El láser modulado presenta un perfil de impulsos dependiente del tiempo. Los ultrasonidos en el objetivo a distancia modulan, reflejan y/o dispersan adicionalmente el haz de láser para producir luz modulada en fase. Los sistemas ópticos captan esta luz modulada en fase. Un interferómetro está acoplado a los sistemas ópticos de captación para demodular la luz modulada en fase y proporcionar una señal de salida representativa de los ultrasonidos en el objetivo a distancia.

Puede utilizarse un procesador para procesar la señal de salida del interferómetro para obtener datos representativos de los ultrasonidos.

Otra realización de la presente invención implica hacer coincidir el perfil de impulsos dependiente del tiempo del haz de láser de detección con las propiedades atenuantes del objetivo a distancia. Alternativamente, el perfil de impulsos dependiente del tiempo puede hacerse variar para aumentar la intensidad de la señal de los ultrasonidos detectados.

La presente invención proporciona una ventaja técnica importante al extender el rango dinámico de un sistema de Laser UT. Los sistemas anteriores sincronizan la generación del evento ultrasónico con el pico del láser de detección para maximizar la relación señal-ruido sin considerar las mejoras de rango dinámico potenciales basadas en aprovechar perfiles de iluminación no uniformes, mientras que la presente invención proporciona que la utilización de perfiles de iluminación del láser de detección dependiente del tiempo puede utilizarse tanto para optimizar la relación señal-ruido como para extender el rango dinámico de los sistemas de Laser UT.

Otra ventaja técnica de la presente invención es un rango dinámico extendido del sistema para detectar ultrasonido en el material sometido a prueba y una relación señal-ruido mejorada para el sistema debido a los perfiles de

impulsos variables en el tiempo del láser de detección. La señal variable en el tiempo puede hacerse coincidir con las propiedades atenuantes del material, optimizando por tanto la relación señal-ruido de la señal de salida proporcionada por el láser de detección.

- 5 Aun otra ventaja técnica de la presente invención es la capacidad para utilizar un láser de detección con una potencia de salida menor que permite la utilización de sistemas ópticos de captación y escáneres ópticos más pequeños. De manera adicional, la utilización de un láser de detección de potencia menor reduce la potencia total aplicada al material sometido a prueba y el daño del material sometido a prueba. Esta reducción del requisito de potencia se debe a la mejora de la relación señal-ruido y el rango dinámico conseguido por la aplicación del impulso
- 10 de láser variable en el tiempo.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (200) para detectar desplazamientos ultrasónicos (102) en un material sometido a prueba (104), que comprende:

una fuente de luz láser simiente que proporciona un primer haz de láser (140) que presenta una trayectoria de propagación;

un conjunto de modulador (132) situado en dicha trayectoria de dicho primer haz de láser (140) que puede hacerse funcionar para proporcionar un impulso de salida (P(t));

un sistema de inducción de ultrasonido que induce desplazamientos ultrasónicos (102) en el material sometido a prueba (104);

un sistema de detección que aplica dicho impulso de salida de dicho primer haz de láser (140) al material sometido a prueba (104) con el fin de detectar los desplazamientos ultrasónicos (102) y generar por lo menos una señal de salida (142); y

un procesador de datos para procesar dicha por lo menos una señal de salida (142) de dicho sistema de detección para obtener datos representativos de dichos desplazamientos ultrasónicos (102); caracterizado por que:

el impulso de salida (P(t)) del primer haz de láser (140) presenta un perfil de impulsos dependiente del tiempo que presenta una forma de impulso gaussiana, una forma de impulso lorentziana, una forma de impulso de pendiente lineal/con fijación de ganancia, o una forma de impulso exponencial.

2. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicho conjunto de modulador (132) además comprende un cristal electroóptico accionado por un procesador de señales para proporcionar a dicho impulso de salida (P(t)) el perfil de impulsos dependiente del tiempo.

3. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicho perfil de impulsos dependiente del tiempo coincide sustancialmente con una característica de atenuación del material sometido a prueba (104).

4. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicho perfil de impulsos dependiente del tiempo proporciona una variación en intensidad suficiente para alterar un rango dinámico de dicho sistema de detección.

5. Sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema de inducción de ultrasonido además comprende:

un segundo láser para generar un segundo haz de láser pulsado, en el que dicho segundo haz de láser pulsado induce desplazamientos ultrasónicos (102) en el material sometido a prueba (104).

6. Sistema según la reivindicación 5, en el que dicho segundo haz de láser pulsado se aplica coaxialmente con dicho primer haz de láser pulsado (140) al material sometido a prueba y un perfil de dicho segundo haz de láser pulsado está sincronizado con dicho perfil de impulsos dependiente del tiempo.

7. Sistema según la reivindicación 1, que además comprende por lo menos un conjunto de aislamiento óptico (134) situado en dicha trayectoria de propagación de dicho primer haz de láser (140) con el fin de impedir la retroalimentación de luz láser reflejada en dicha fuente de luz láser simiente.

8. Sistema según la reivindicación 7, que además comprende por lo menos una descarga (136) de haz óptica colocada con respecto a dicho por lo menos un conjunto de aislamiento óptico (134) con el fin de absorber la retroalimentación de luz láser reflejada aislada por el conjunto de aislamiento óptico (134).

9. Sistema según la reivindicación 1, que además comprende por lo menos un conjunto de amplificación de luz láser (138) situado en dicha trayectoria de propagación de dicho primer haz de láser (140) para amplificar dicho primer haz de láser (140).

10. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicho procesador de datos convierte por lo menos una señal de salida analógica (124) de dicho sistema de detección en por lo menos una señal digital para obtener datos representativos de desplazamientos ultrasónicos (102) en el material sometido a prueba (104).

11. Sistema según la reivindicación 1, que además comprende:

un controlador que puede hacerse funcionar para dirigir dicho conjunto de modulador (132);

por lo menos un conjunto de aislamiento óptico (134) situado en dicha trayectoria de dicho primer haz de láser (140) que impide la retroalimentación de luz láser reflejada en dicha fuente de luz láser simiente;

5 por lo menos una descarga (136) de haz óptica colocada con respecto a dicho por lo menos un conjunto de aislamiento óptico (134) con el fin de absorber la retroalimentación de luz láser reflejada aislada por dicho conjunto de aislamiento óptico (134);

10 por lo menos un conjunto de amplificación de luz láser (138) situado en dicha trayectoria de dicho primer haz de láser (140) con el fin de amplificar dicho primer haz de láser (140).

12. Sistema según la reivindicación 11, en el que dicho perfil de impulsos dependiente del tiempo coincide sustancialmente con una característica de atenuación del material sometido a prueba (104).

15 13. Sistema según la reivindicación 11, en el que la intensidad de dicho perfil de impulsos dependiente del tiempo altera un rango dinámico de dicho sistema de detección.

14. Sistema según la reivindicación 11, en el que dicho conjunto de modulador (132) además comprende un cristal electroóptico accionado por un procesador para proporcionar dicho perfil de impulsos dependiente del tiempo.

20 15. Sistema según la reivindicación 11, en el que dicho sistema de inducción de ultrasonido además comprende:

una segunda fuente de láser que genera un segundo haz de láser pulsado que induce desplazamientos ultrasónicos (102) cuando se aplica al material sometido a prueba (104).

25 16. Sistema según la reivindicación 11, en el que dicho sistema de inducción de ultrasonido además comprende:

30 una segunda fuente de láser que genera un segundo haz de láser pulsado que induce desplazamientos ultrasónicos (102) en el material sometido a prueba (104), y en el que dicho segundo haz de láser pulsado se aplica coaxialmente con dicho primer haz de láser pulsado (140) al material sometido a prueba (104), y en el que un perfil de impulsos de dicho segundo haz de láser pulsado está sincronizado con dicho perfil de impulsos dependiente del tiempo de dicho primer haz de láser (140).

35 17. Sistema según la reivindicación 11, en el que dicho procesador de datos convierte dicha por lo menos una señal de salida (124) de dicho sistema de detección en por lo menos una señal digital y procesa dicha por lo menos una señal digital para obtener unos datos representativos de desplazamientos ultrasónicos (102) en el material sometido a prueba (104).

40 18. Sistema según la reivindicación 11, en el que dicho procesador de datos procesa dicha por lo menos una señal de salida analógica (124) de dicho sistema de detección con el fin de determinar una ubicación de un defecto o discontinuidad dentro del material sometido a prueba (104).

19. Procedimiento para detectar desplazamientos ultrasónicos (102) en un material sometido a prueba (104), que comprende las etapas siguientes:

45 generar los desplazamientos ultrasónicos (102) en el material sometido a prueba (104);

generar un primer impulso de láser;

50 aplicar dicho primer impulso de láser (P(t)) al material sometido a prueba (104);

detectar la luz láser de dicho primer impulso de láser (P(t)) modulada por los desplazamientos ultrasónicos (102) en el material sometido a prueba (104); y

55 convertir dicha luz láser modulada en por lo menos una señal de salida (142) que contiene unos datos representativos de los desplazamientos ultrasónicos (102) en el material sometido a prueba (104); caracterizado por que:

60 el primer impulso de láser (P(t)) presenta un perfil de impulsos dependiente del tiempo que presenta una forma de impulso gaussiana, una forma de impulso lorentziana, una forma de impulso de pendiente lineal/con fijación de ganancia, o una forma de impulso exponencial.

20. Procedimiento según la reivindicación 19, en el que dicha etapa de generar un primer impulso de láser (P(t)) además comprende las etapas siguientes:

65 generar un primer haz de láser (140) desde una fuente de luz láser simiente,, en el que dicho primer haz de láser (140) presenta una trayectoria de propagación; y

modular dicho primer haz de láser (140) con un conjunto de modulador (132) situado en dicha trayectoria de propagación de dicho primer haz de láser (140), presentando dicho primer impulso de láser (P(t)), dicho perfil de impulsos dependiente del tiempo.

5 21. Procedimiento según la reivindicación 19, que además comprende amplificar dicho primer impulso de láser (P(t)) con por lo menos un conjunto de amplificación de luz láser (138).

10 22. Procedimiento según la reivindicación 20, en el que dicha etapa de modulación de dicho primer haz de láser (140) comprende:

modular dicho primer haz de láser (140) con un modulador de fase electroóptico; y

15 utilizar un controlador para accionar el modulador de fase electroóptico (132) para producir dicho perfil de impulsos dependiente del tiempo.

23. Procedimiento según la reivindicación 22, en el que dicho controlador acciona dicho modulador (132) para producir un perfil para dicho perfil de impulsos dependiente del tiempo seleccionado de entre el grupo constituido por:

20 una forma de impulso gaussiana o lorentziana;

un perfil liso con una forma de impulso de pendiente lineal; y

25 una forma de impulso de ganancia exponencial.

24. Procedimiento según la reivindicación 19, en el que dicha por lo menos una señal (142) es una señal óptica, y en el que la etapa de convertir dicha por lo menos una señal (142) en unos datos representativos de los desplazamientos ultrasónicos (102) en el material sometido a prueba (104) además comprende:

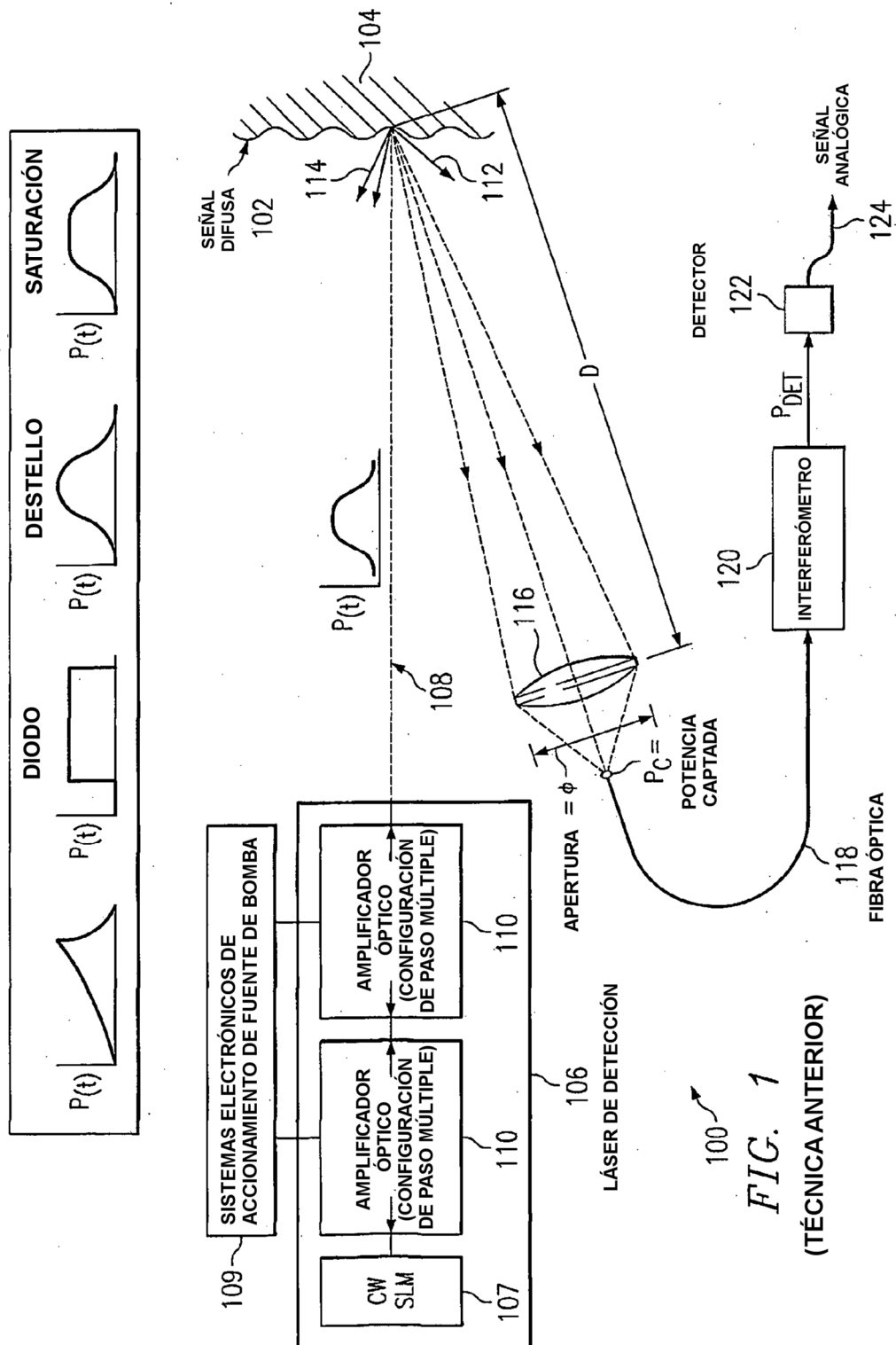
30 convertir dicha por lo menos una señal óptica (142) en por lo menos una señal analógica (124);

convertir dicha por lo menos una señal analógica (124) en por lo menos una señal digital; y

35 convertir dicha por lo menos una señal digital en unos datos representativos de los desplazamientos ultrasónicos (102) en el material sometido a prueba (104).

25. Procedimiento según la reivindicación 19, que además comprende procesar dicha señal de salida (142) para determinar una ubicación de defectos o cualquier discontinuidad en el objetivo.

40



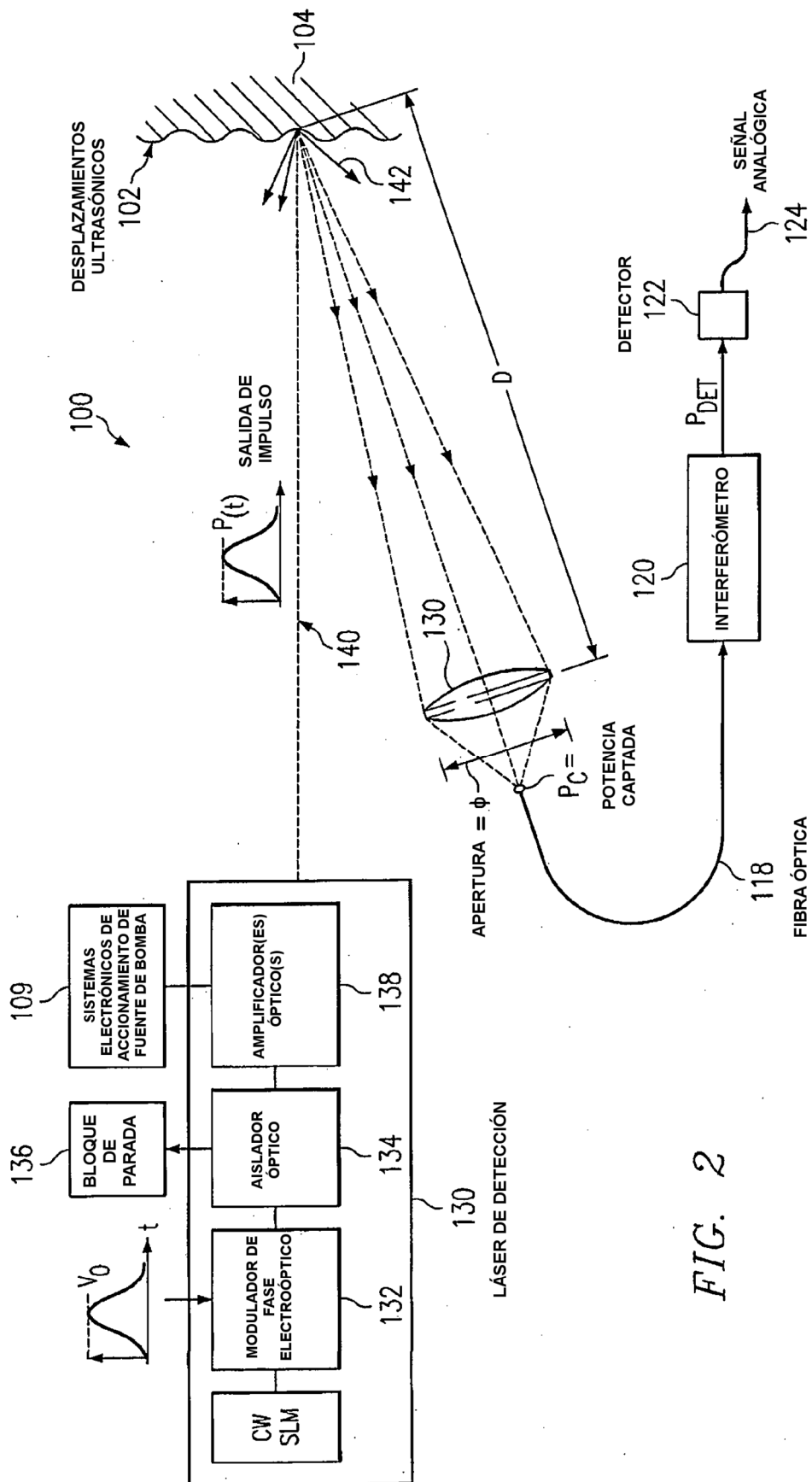


FIG. 2

