

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 457 023**

51 Int. Cl.:

**B32B 27/00** (2006.01)

**G01N 21/00** (2006.01)

**B29C 73/26** (2006.01)

**G02B 6/44** (2006.01)

**G01D 5/353** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2005 E 05825333 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2014 EP 1962123**

54 Título: **Estructura de material compuesto con fibra óptica embebida en una de sus capas superficiales y procedimiento para su conexión y reparación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.04.2014**

73 Titular/es:

**AIRBUS OPERATIONS S.L. (100.0%)  
Avda. John Lennon s/n  
28906 Getafe, Madrid, ES**

72 Inventor/es:

**MENÉNDEZ MARTÍN, JOSÉ MANUEL**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 457 023 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).

**DESCRIPCION**

Estructura de material compuesto con fibra óptica embebida en una de sus capas superficiales y procedimiento para su conexión y reparación

**Campo de la invención**

- 5 La presente invención se refiere a una estructura de material compuesto que lleva fibra óptica embebida con fines de monitorización estructural, y más en particular a una estructura de material compuesto de una aeronave, así como a un procedimiento para su conexión y reparación.

**Antecedentes de la invención**

- 10 La introducción intensiva de los materiales compuestos avanzados en estructuras primarias se ha convertido en un procedimiento fundamental de optimización estructural (basado en el ahorro de peso y la mejora de propiedades mecánicas), uno de los objetivos prioritarios en el diseño y la fabricación de una nueva generación de aeronaves. La introducción de un sistema de monitorización estructural efectivo, capaz de predecir el fallo de caminos de carga en una estructura diseñada según criterios de tolerancia al daño permitiría optimizar su diseño y, consecuentemente, reducir su peso.

- 15 Los sensores de fibra óptica pueden ser empleados de manera efectiva para medir deformación termomecánica, e incluso detectar eventos de daño operando tanto de forma individual en sistemas pasivos de monitorización estructural, como en combinación de otros dispositivos, formando sistema de monitorización activa. Una de sus principales ventajas es su capacidad para ser embebidos en estructuras de material compuesto, quedando íntimamente integrados en aquellas.

- 20 El documento US 5309533 A revela un material compuesto formado por una pluralidad de telas formando capas, un encapsulado que se forma entre dos de las hojas de la pluralidad de hojas que forman el material compuesto, teniendo el encapsulado un diámetro interior, teniendo una fibra óptica situada dentro del encapsulado y teniendo un diámetro exterior que es menor que el diámetro interior del encapsulado, teniendo también la fibra óptica un eje de propagación lento y uno rápido.

- 25 WO 2006/107278 A1 proporciona un sensor de presión de fibra óptica con una estructura de material compuesto, en el que una placa soporte de aluminio se usa como la base para el encintado. La placa soporte se envuelve con una capa de fibra de vidrio revestida con un tejido antiadherente de Teflón o una película separadora no porosa (Release Ease 234 TFNP) que ha sido limpiada con acetona para quitar cualquier contaminante que pudiera afectar a la calidad de la superficie de las láminas curadas antes de colocar las fibras de carbono preimpregnadas (pregreg). La lámina de material compuesto se prepara apilando capas de prepreg en la película separadora no porosa sobre la placa soporte empleando un método de encintado manual. En esta etapa, la rejilla de fibra que contiene las dos rejillas de fibra de Bragg se introduce en las prepregs con los refuerzos orientados en paralelo. La lámina completada se cubre con una capa de fibra de vidrio revestida con tejido antiadherente de teflón o una película separadora porosa (Release Ease 234 TFNP), seguido de un tejido transpirable (Airwaves Super) para absorber el exceso de resina. Finalmente una capa de película separadora no porosa se coloca sobre el tejido transpirable antes de que la configuración completa se transfiera a una mesa de curado de material compuesto (como por ejemplo Heatcon 9500) o un autoclave (como por ejemplo el autoclave Salvis Lab Vacucentener VC-20).

- 30 Sin embargo, uno de los inconvenientes de esta integración es la dificultad que presenta la integración de la fibra óptica en condiciones reales de fabricación del laminado, y la reparación de estas mismas fibras una vez embebidas. La fibra óptica tiene unas dimensiones extremadamente pequeñas, y debido a su fragilidad, su manipulación es difícil durante las operaciones de manipulación asociadas a los procesos de integración durante la fabricación del laminado, fabricación de la bolsa de vacío y curado en autoclave (o cualquier otro proceso de consolidación de laminados alternativo), conectorización y posteriores operaciones de mantenimiento y/o reparación de la misma fibra óptica del laminado que lo aloja. En particular, las escasas posibilidades de acceder a la fibra óptica una vez embebida son muy pequeñas, y las de su reparación con éxito menores aún, extremo este que resulta incompatible con los requerimientos de reparabilidad obligados cuando los criterios de salud estructural y mantenimiento se encuentran ligados al correcto funcionamiento de la red de sensores integrada en la estructura.

La presente invención está dirigida a la solución de ese inconveniente.

**Sumario de la invención**

- 50 En un primer aspecto, la presente invención propone una estructura de material compuesto que comprende:
- a) una estructura laminar formada por una pluralidad de capas;
  - b) una fibra óptica con fines de monitorización estructural que está, al menos en parte, embebida en dicha estructura laminar, siendo susceptible de reparación en el caso de que se requiriera al estar embebida esta parte de fibra óptica en una capa superficial de la estructura laminar; y

c) medios de aislamiento localizados en las zonas de fibra óptica susceptibles de reparación respecto de la capa superficial en la que están integradas; estos medios de aislamiento incluyen:

- un película separadora inferior situada debajo de la fibra óptica entre la fibra óptica y la estructura laminar de forma que facilita la separación de la fibra óptica de la estructura laminar,
- una película separadora superior situada sobre la fibra óptica, y
- una cubierta protectora laminar dispuesta sobre la película separadora superior.

Estos medios de aislamiento protegen la fibra óptica durante el proceso de fabricación de la estructura y permiten el acceso posterior a la misma para su mantenimiento (conexión, modificación de la línea o reparación de daño en servicio) sin afectar de manera significativa a la integridad de la estructura.

En un segundo aspecto, la presente invención propone un procedimiento de reparación de la fibra óptica embebida en dicha estructura de material compuesto que comprende los siguientes pasos:

- Eliminación de los medios de aislamiento de la zona de fibra óptica necesitada de reparación.
- Extracción de la zona de fibra óptica necesitada de reparación de la estructura de material compuesto.
- Reparación de la fibra óptica.
- Reubicación de la zona de fibra óptica reparada en la estructura de material compuesto.
- Provisión de una nueva cubierta de protección sobre la zona reparada de fibra óptica.

Las técnicas de integración de fibra óptica propuestas en esta invención permiten embeber fibra óptica en estructuras de material compuesto asegurando la supervivencia de aquella en los puntos de entrada en la estructura y permitiendo el acceso a la fibra en estos puntos de entrada o en puntos intermedios para su mantenimiento (conexión, modificación de la línea o reparación de daño en servicio), todo ello sin afectar de manera significativa a la integridad estructural del laminado.

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la descripción detallada que sigue de una realización ilustrativa de su objeto en relación con las figuras que se acompañan.

## 25 Descripción de las figuras

La Figura 1 muestra una vista esquemática en perspectiva de una estructura de material compuesto conocida en la técnica formada por seis capas con una fibra óptica embebida en una de sus caras en sentido longitudinal a las fibras de refuerzo y una vista en sección transversal de la zona A de dicha estructura.

La Figura 2 muestra una vista en sección transversal de la estructura de la Figura 1 en la que, empleando técnicas convencionales de reparación de estructuras de material compuesto, se han eliminado mediante lijado partes de la capa superficial y la segunda capa hasta alcanzar la fibra óptica embebida que ha resultado dañada durante el proceso.

La Figura 3 muestra vistas en alzado, planta y sección transversal de una estructura de material compuesto según una primera realización de la invención en la que la fibra óptica está embebida en una capa superficial.

La Figura 4 muestra vistas en alzado, planta y sección transversal de una estructura de material compuesto según una segunda realización de la invención en la que la fibra óptica está embebida en el interior de la estructura dejando solo una parte de ella en una capa superficial.

La Figura 5 muestra vistas similares a las de las Figuras 3 y 4 después del proceso de consolidación de la estructura en el que la fibra óptica, las películas separadoras y la capa de protección exterior quedan embutidas en la estructura.

La Figura 6 muestra la misma vista de la FIG. 5 tras retirar la capa de protección exterior y la película separadora exterior, quedando la fibra óptica al descubierto.

La Figura 7 muestra la misma vista de la Figura 6 en la que, tras realizar las operaciones de mantenimiento requeridas, se vuelven a conectar los extremos de fibra óptica previamente cortados.

La Figura 8 muestra la misma vista de la Figura 7 tras finalizar el procedimiento de reparación.

La Figura 9 muestra una vista similar a la de la Figura 7 en la que la fibra óptica embebida se repara mediante una línea de fibra óptica exterior.

La Figura 10 muestra la misma vista de la Figura 9 tras finalizar el procedimiento de reparación.

### Descripción detallada de la invención

5 En la Figura 1 aparece representada una estructura de material compuesto 11 conocida en la técnica formada por una pluralidad de capas 13, 15, 17, 19, 21, 23 con una fibra óptica 25 embebida en su seno que puede formar parte tanto de una red de sensores como de un elemento de transmisión de datos embebida en su seno. La integración de esta fibra 25 en la estructura 11 es un proceso complejo y delicado, especialmente en lo que concierne a los puntos de entrada de la fibra 25 en dicha estructura, necesarios para su conexión con el exterior, y la supervivencia de estos puntos durante el proceso de consolidación.

10 Además, si por cualquier motivo fuera necesario acceder a dicha fibra óptica 25 para proceder a su mantenimiento (conexión, modificación de la línea o reparación de daño en servicio), es posible llegar hasta ella mediante técnicas de reparaciones de material compuesto, consistentes en la eliminación local de las capas de refuerzo 13, 15 hasta acceder a la fibra 25. Sin embargo, la fibra óptica 15 es un elemento muy frágil, y las mencionadas operaciones de eliminación de partes de las capas de la estructura pueden dañarla, como aparece reflejado en la Figura 2.

15 Según la invención, la estructura 11 incluye medios de aislamiento de la fibra óptica 25 de las capas en las que está embebida que aumentan sus posibilidades de supervivencia y facilitan el acceso a la misma en aquellos puntos en los que sea susceptible realizar operaciones de mantenimiento (conexión, modificación de la línea o reparación de daño en servicio).

20 Así, y como se muestra en las Figuras 3-5, en el caso de estructuras 11 con fibra óptica 25 embebida en la capa superficial 13, y en determinados puntos como los de entrada de la fibra óptica 25 en la estructura 11 a través de la superficie, o en puntos intermedios elegidos como adecuados para realizar labores de mantenimiento, se incorporan los siguientes medios de aislamiento:

- Una película separadora inferior 33 entre la estructura y la fibra óptica 25 que facilitará la separación de la fibra óptica del laminado para realizar labores de mantenimiento sobre ella después del proceso de consolidación de las capas de material preimpregnado para formar la estructura.
- 25 - Una película separadora superior 31, orientada como la anterior preferiblemente en la dirección de las fibras de refuerzo, situada sobre la fibra óptica 25.
- Una cubierta protectora 27 de forma laminar de dimensiones ligeramente mayores que las películas separadoras 31, 33.

30 Las películas separadoras 31 y 33 están realizadas con un material resistente a la temperatura y presión del proceso de consolidación, que sea incompatible con la resina del laminado, y la cubierta protectora 27 está realizada con tejido de fibra de vidrio preimpregnada ó un material similar.

La fibra óptica 25 puede no estar embebida en su totalidad en la capa superficial 13 como se muestra en la figura 4, basta que lo estén aquellas zonas que se considere conveniente.

35 Las figuras 6-7 ilustran secuencialmente los pasos fundamentales de una primera realización del procedimiento de reparación de fibra óptica en las estructuras que venimos de describir.

Tras la eliminación de la cubierta protectora 27 y la película separadora superior 31 se extrae la fibra óptica 25 que se encuentra embutida en la estructura 11, pero separada de ella por la película separadora inferior 33, se repara la fibra óptica mediante, por ejemplo, una unión por fusión 45 de los extremos 41, 43 de la fibra óptica 25 y se restituye la parte eliminada de la estructura, quedando en la situación ilustrada en la Figura 8.

40 Las Figuras 8 y 9 ilustran una segunda realización del procedimiento de reparación que solo difiere de la primera en que la reparación de la fibra óptica 25 se lleva a cabo uniéndose mediante, por ejemplo, una unión por fusión 47 uno de sus extremos 51 al extremo 53 de una fibra óptica 55 exterior, reconduciendo la señal óptica por un camino alternativo.

45 En ambos procedimientos, la reparación puede incluir la restitución de las películas separadoras 31, 33 y la cubierta protectora 27, aportando una pequeña cantidad de adhesivo 29 sobre la película separadora superior 33 y aplicando un proceso de consolidación habitual en la reparación de laminados de material compuesto.

En la realización preferente que acabamos de describir pueden introducirse aquellas modificaciones comprendidas dentro del alcance definido por las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Estructura de material compuesto (11) que comprende:
- a) Una estructura laminar formada por una pluralidad de capas (13, 15, 17, 19, 21, 23);
  - 5 b) una fibra óptica (25) con fines de monitorización estructural que está, al menos en parte, embebida en dicha estructura laminar, estando la parte embebida de la fibra óptica (25) susceptible de necesitar reparación integrada en una capa superficial (13) de la estructura laminar; y
  - c) medios de aislamiento (31, 33, 27) situados en las zonas de fibra óptica susceptibles de reparación con respecto a la capa superficial (13) en la que están integradas; incluyendo dichos medios de aislamiento (31, 33, 27):
- 10 - una película separadora inferior (33) situada debajo de la fibra óptica (25) entre la fibra óptica (25) y estructura laminar de modo que facilita la separación de la fibra óptica (25) de la estructura laminar,
  - una película separadora superior (31), situada sobre la fibra óptica (25), y
  - una cubierta protectora laminar (27) dispuesta sobre la película separadora superior (31).
2. Estructura de material compuesto según la reivindicación 1, caracterizada porque dicha cubierta protectora (27) tiene unas dimensiones ligeramente mayores que las de las películas separadoras (31, 33).
3. Estructura de material compuesto según las reivindicaciones 1 o 2, caracterizada porque dicha cubierta protectora (27) está compuesta por un tejido de fibra de vidrio preimpregnada.
4. Estructura de material compuesto según la reivindicación 3, caracterizada porque la totalidad de la fibra óptica (25) está embebida en una capa superficial (13) de la estructura (11).
- 20 5. Estructura de material compuesto según la reivindicación 3, caracterizada porque la parte de la fibra óptica (25) no embebida en la capa superficial (13) de la estructura (11) está embebida en la capa (15) contigua a ella o más profunda.
6. Procedimiento de reparación de la fibra óptica (25) embebida en una estructura de material compuesto (11) según las reivindicaciones 4 ó 5, caracterizado porque comprende los siguientes pasos:
- 25 a) Eliminación de la cubierta protectora (27) y la película separadora superior (31) de la zona de fibra óptica (25) necesitada de reparación;
  - b) Extracción de la zona de fibra óptica (25) necesitada de reparación de la estructura de material compuesto (11);
  - c) Reparación de la fibra óptica (25);
  - 30 d) Reubicación de la zona de fibra óptica (25) reparada en la estructura de material compuesto (11);
  - e) Provisión de una nueva cubierta protectora (27) sobre la zona reparada de fibra óptica (25).
7. Procedimiento de reparación de la fibra óptica (25) embebida en una estructura de material compuesto (11) según la reivindicación 6, caracterizado porque el paso d) incluye los siguientes pasos adicionales:
- d') Provisión de una nueva película separadora superior (31) sobre la zona de fibra óptica (25) reparada;
  - 35 d") Aportación de adhesivo (29) sobre la nueva película separadora (31).
8. Procedimiento de reparación de la fibra óptica embebida en una estructura de material compuesto según las reivindicaciones 6 ó 7, caracterizado porque la zona de fibra óptica (25) reparada conecta extremos (41, 43) de fibra óptica (25) embebida en la estructura de material compuesto.
- 40 9. Procedimiento de reparación de la fibra óptica embebida en una estructura de material compuesto según las reivindicaciones 6 ó 7, caracterizado porque la zona de fibra óptica (25) reparada conecta un extremo (51) de fibra óptica (25) embebida en la estructura de material compuesto (11) con un extremo (53) de una fibra óptica (55) situada en el exterior de la estructura de material compuesto (11).

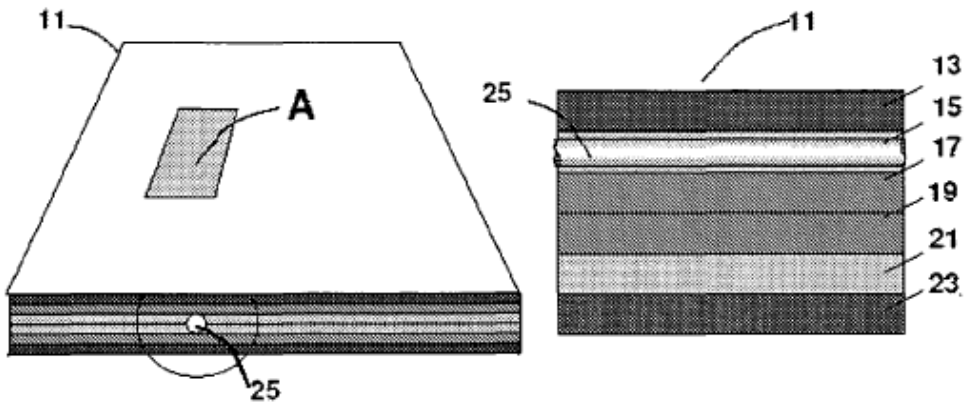


FIG. 1

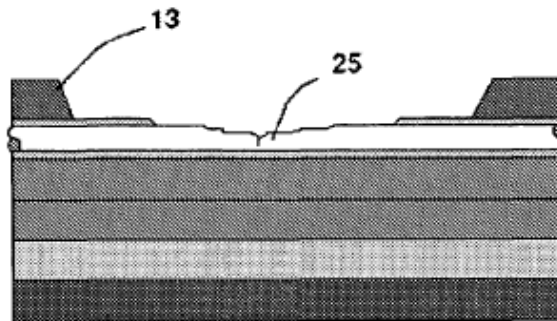


FIG. 2

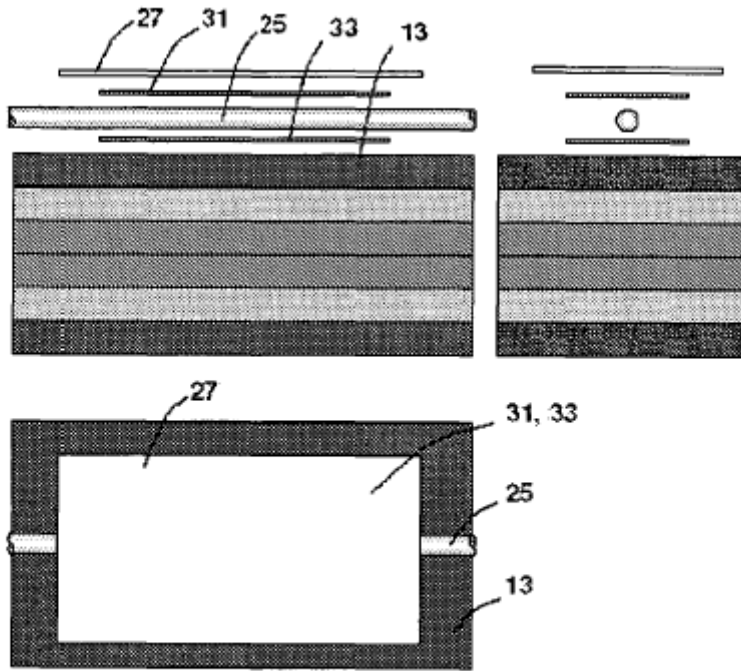


FIG. 3

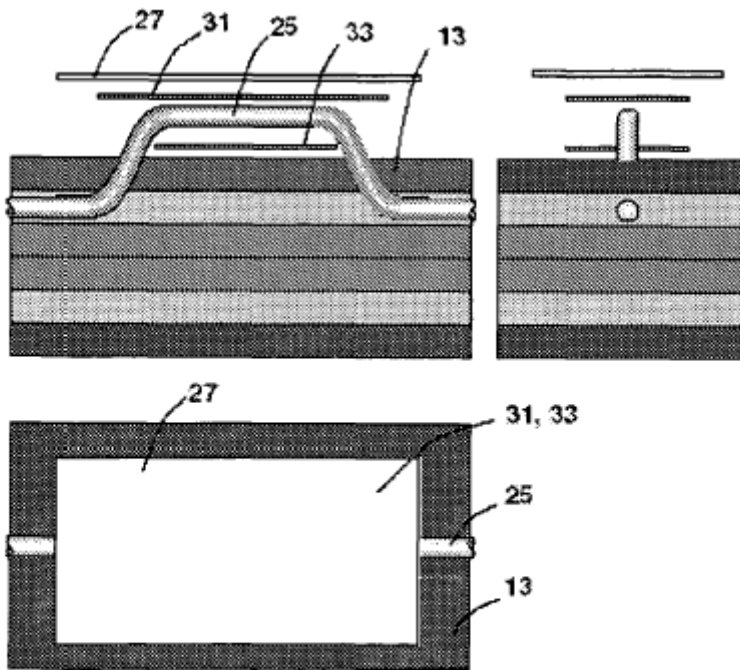


FIG. 4

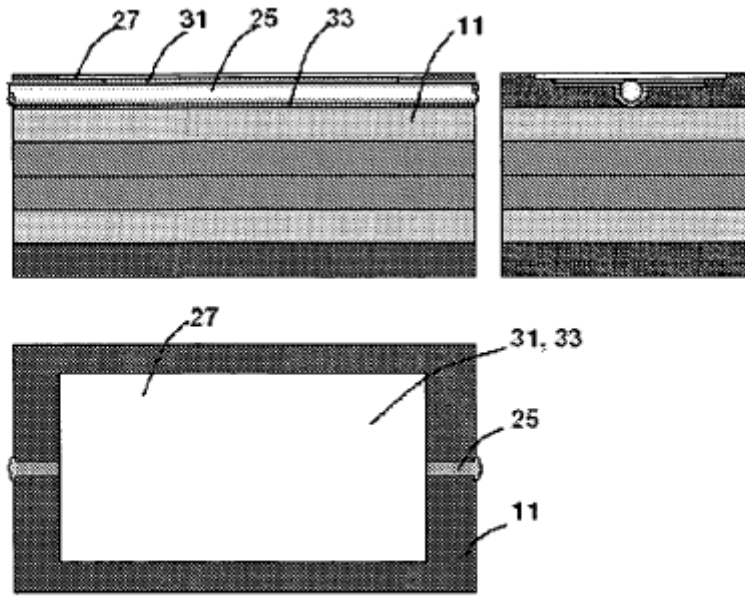


FIG. 5

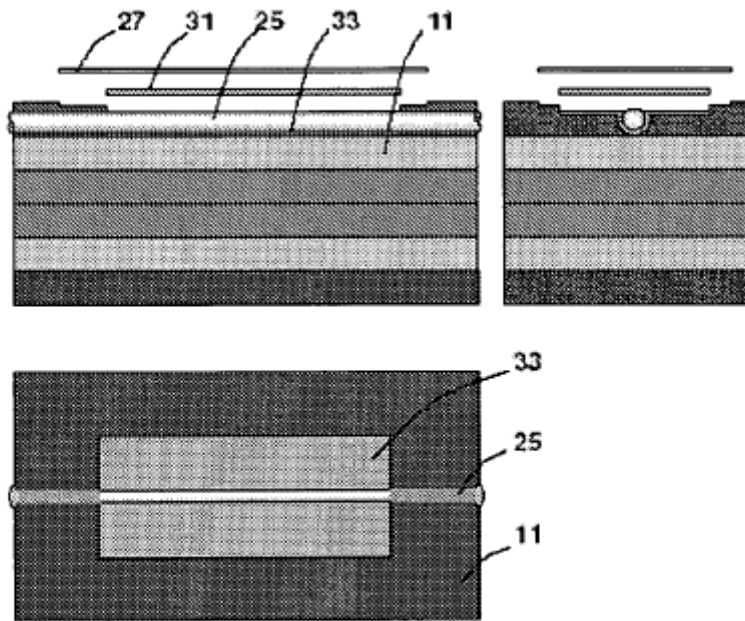


FIG. 6



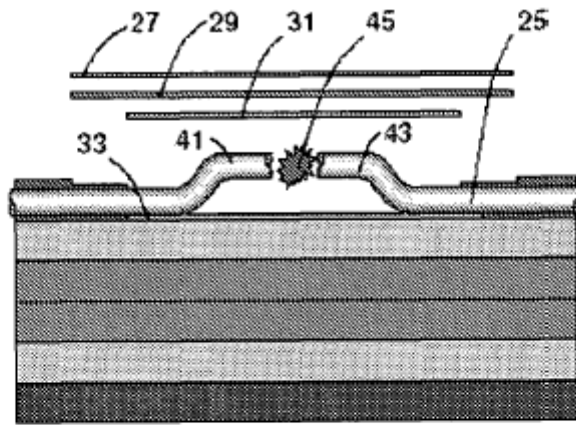


FIG. 7

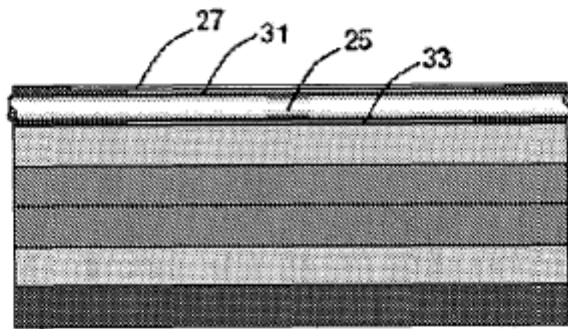


FIG. 8

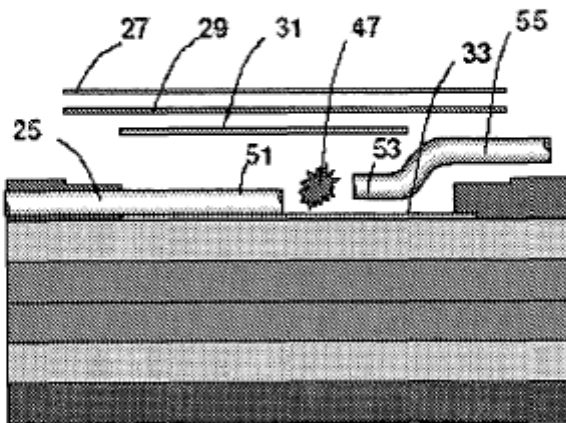


FIG. 9

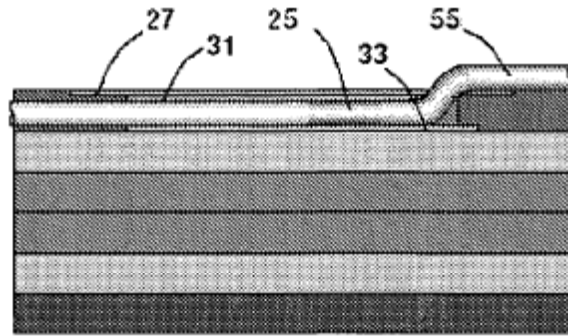


FIG. 10