



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) N.º de publicación: **ES 2 100 791**

(21) Número de solicitud: **9400197**

(51) Int. Cl.º: **G02B 6/42**

**H01L 27/14**

(12)

## SOLICITUD DE PATENTE

A2

(22) Fecha de presentación: **03.02.94**

(71) Solicitante/s: **Telefónica de España S.A.**  
**Gran Vía, 28**  
**28013 Madrid, ES**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **16.06.97**

(72) Inventor/es: **Ferreras García, Antonio y**  
**Antón Molina, Oscar**

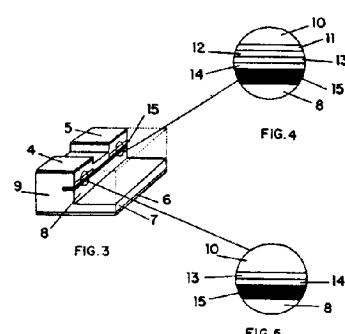
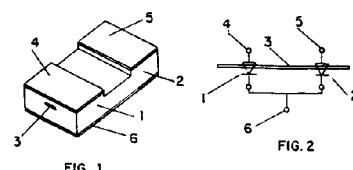
(43) Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**16.06.97**

(74) Agente: **Gómez Múgica, Luis Antonio**

(54) Título: **Dispositivo optoelectrónico de fotodetectores en guiaonda con diversidad de polarización.**

(57) Resumen:

El dispositivo optoelectrónico de fotodetectores en guiaonda con diversidad de polarización consiste en dos fotodetectores (1) y (2), una guiaonda (3), un contacto de cátodo (6) común a los fotodetectores (1) y (2), un contacto de ánodo (5) para el segundo fotodetector (2), estando acoplados los fotodetectores (1) y (2) a la guiaonda (3) siendo su formación simultánea, teniendo el primer fotodetectador (1) como zona absorbente una estructura de uno o varios pozos cuánticos que pueden estar adaptados en red o compresión y el segundo fotodetectador (2) dispone como zona absorbente además de la estructura de uno o varios pozos cuánticos una capa adicional de semiconductor absorbente a la longitud de onda de la luz.



ES 2 100 791 A2

## DESCRIPCION

Dispositivo optoelectrónico de fotodetectores en guiaonda con diversidad de polarización.

### Objeto de la invención

La presente memoria descriptiva se refiere a una patente de invención, relativa a un dispositivo optoelectrónico de fotodetectores en guiaonda con diversidad de polarización, cuya finalidad es la de ser incorporado en los sistemas de comunicaciones ópticas coherentes para detectar de forma separada las componentes ortogonales de polarización de la señal óptica modulada, habitualmente denominadas componente TE y TM, y por extensión en todas aquellas aplicaciones de comunicaciones ópticas en las cuales interese detectar de forma separada las citadas componentes ortogonales de polarización de la señal óptica modulada.

### Campo de la invención

Esta invención tiene su aplicación dentro del campo de las telecomunicaciones y en concreto en los sistemas de comunicación óptica coherente.

### Antecedentes de la invención

Como se sabe, en las comunicaciones ópticas coherentes la información viene codificada en la fase de la señal.

La detección coherente presenta un mejor comportamiento frente al ruido, exigiendo un umbral de detección menor que los métodos de detección directa.

En la detección coherente, la señal modulada se mezcla con la señal de un oscilador local de su misma polarización antes de ser detectada.

La fibra óptica actualmente utilizada no preserva la polarización, por lo cual en la recepción la polarización de la señal modulada fluctúa aleatoriamente.

En consecuencia con lo anteriormente citado, aunque el oscilador local posea ambas polarizaciones, la señal mezcla debe ser detectada de forma separada para cada una de las dos polarizaciones ortogonales, componentes TE y TM, debido a la diferencia de fase aleatoria entre ambas.

De esta forma, se obtienen dos señales cuya amplitud es aleatoria y cuya suma es idealmente constante, que pueden sumarse después de la detección (recepción homodina) o después de la demodulación a banda base (recepción heterodina).

Actualmente se conocen dos métodos para detectar separadamente las dos polarizaciones ortogonales, es decir, componentes TE y TM, de la señal mezcla.

Uno de los métodos consiste en utilizar un controlador de polarización a la salida de la fibra que mantiene constante la polarización que llega al receptor y cuyo funcionamiento viene gobernado por la potencia de la señal demodulada.

El otro método consiste en separar las componentes, antes o después de la mezcla con el oscilador local, por medio de separadores de polarización de estructura horizontal o vertical y detectar separadamente ambas componentes TE y TM, utilizando fotodetectores convencionales que absorben la luz independientemente de su polarización.

El primer método, es decir, el que utiliza un controlador de polarización a la salida de la fibra que mantiene constante la polarización que llega al receptor, presenta muchas dificultades de

fabricación y por consiguiente un coste sustancialmente elevado.

El segundo método utilizado, es decir, el que consiste en separar las componentes, antes o después de la mezcla con el oscilador local, exige un mayor número de componentes, además de incrementar las pérdidas del receptor y consecuentemente una disminución de la sensibilidad del receptor propiamente dicho.

Por otra parte, es conocido que las estructuras de capas de pozos cuánticos, y en especial las sometidas a compresión, absorben selectivamente la luz polarizada paralela al plano de crecimiento de las capas, polarización TE, en un rango de longitud de onda en torno a la de su emisión en fotoluminiscencia, estando en este mismo rango muy desfavorecida la absorción con polarización perpendicular al plano de crecimiento de las capas.

La solución evidente a esta problemática, sería la de poder contar con un dispositivo optoelectrónico formado por dos fotodetectores acoplados, en una guiaonda con diversidad de polarización, de tal modo que el primero de ellos tuviese como zona absorbente una pila de pozos cuánticos adaptados en red o en compresión y que el segundo fotodetector tuviese como zona absorbente, además de una pila de pozos cuánticos, una capa adicional de semiconductor absorbente de forma no selectiva a la longitud de onda de la luz.

Este dispositivo, permitiría detectar de forma separada las componentes ortogonales de polarización TE y TM, sin necesidad de realizar una separación previa, presentando además un tamaño pequeño y estando provisto de compatibilidad funcional con otros dispositivos integrados en el mismo "chip", como acopladores, láseres, etc., etc., que también utilizan una gula óptica como medio para confinar la luz, presentando menores pérdidas en recepción y consecuentemente un incremento de la sensibilidad del receptor.

Sin embargo, hasta el momento no se tiene conocimiento al menos por parte del solicitante, de la existencia de un dispositivo optoelectrónico formado por dos fotodetectores acoplados en una guiaonda con diversidad de polarización, que esté dotado de las características señaladas como idóneas.

### Descripción de la invención

El dispositivo optoelectrónico de fotodetectores en guiaonda con diversidad de polarización que la invención propone, constituye por sí mismo una evidente solución dentro de la problemática existente en la actualidad en esta materia, ya que a partir del mismo se obtienen todas las ventajas señaladas como necesarias para eliminar una serie de problemas decantados hasta el momento.

De forma más concreta, el dispositivo optoelectrónico de fotodetectores en guiaonda con diversidad de polarización objeto de la invención, está constituido a partir de los siguientes elementos. A saber:

- Dos fotodetectores.
- Una guiaonda.
- Tres contactos metálicos.

Los dos fotodetectores se encuentran acoplados a la guiaonda y su formación es simultánea.

El primer fotodetector posee como zona absorbente una estructura de pozos cuánticos, que pueden estar adaptados en red o en compresión, que absorbe preferentemente la componente de polarización de la luz de entrada paralela al plano de crecimiento, es decir, TE.

El segundo fotodetector posee como zona absorbente además de una estructura de pozos cuánticos similar a la del primer fotodetector, una capa adicional de semiconductor absorbente a la longitud de onda de la luz, siendo esta última capa absorbente a ambas polarizaciones.

El conjunto de los dos fotodetectores permite la detección separada de las componentes ortogonales, TE y TM, de polarización de la luz.

La guiaonda actúa como elemento de recepción y confinamiento de la luz polarizada y a la vez como elemento de unión entre los dos fotodetectores, de tal modo que a la entrada del primero entrega la luz polarizada con sus componentes TE y TM, y al segundo fotodetector entrega la luz polarizada sin la componente de polarización paralela al plano de crecimiento de las capas TE, la cual ha sido absorbida en el primero.

Los tres contactos metálicos son para la conexión eléctrica del conjunto, siendo dos de estos contactos de anodo, aplicándose uno para cada fotodetector y el otro de cátodo, común a los dos fotodetectores.

Este último contacto metálico, de cátodo común a los dos fotodetectores, puede ser dividido a su vez en dos cátodos, uno para cada fotodetector.

La superficie exterior del dispositivo, no cubierta por los contactos metálicos es terminada con una capa de InP con el dopaje adecuado.

La estructura total consiste en dos diodos sobre substrato InP, para detección en la tercera ventana de comunicaciones ópticas (longitud de onda  $1.55 \mu\text{m}$ ), pudiéndose distinguir las siguientes capas:

Una primera capa buffer situada sobre el substrato InP dopada tipo n.

- Una segunda capa de InGaAsP adaptada en red al InP, con emisión de fotoluminiscencia a una longitud de onda de  $1,3 \mu\text{m}$ , también dopada tipo n. Esta capa permite el guiado de la luz y actúa juntamente con la anterior como cátodo de los dos diodos.

- Una tercera capa de InP, que actúa como barrera al atacado en el proceso de definición del área de los diodos.

- Una estructura de pozos cuánticos formada por barreras compuestas por InGaAsP con emisión de fotoluminiscencia a una longitud de onda de  $1,3 \mu\text{m}$  y pozos de InO<sub>0.7</sub>GaO<sub>0.3</sub>As, cuya constante de red es superior a la del substrato, por lo que está dotada en compresión biaxial y se construye sin dopaje intencionado. Esta estructura de pozos cuánticos absorbe fuertemente la luz de longitud de onda de  $1,55 \mu\text{m}$ . polarizada según el plano de crecimiento de las capas, TE, mientras que absorbe débilmente la luz

polarizada en la dirección perpendicular a dicha dirección de crecimiento de las capas, TM.

- Una capa de InP, sin dopaje intencionado, que actúa como barrera al atacado de la capa siguiente en el proceso de fabricación.
- Una capa de InO<sub>0.53</sub>GaO<sub>0.47</sub>As, también sin dopaje intencionado, que actúa como absorbente a ambas polarizaciones, TE y TM, en el segundo fotodetector.

Las tres ultimas capas han sido eliminadas de las zonas adecuadas a los propósitos perseguidos.

La guiaonda, de la anchura adecuada, está definida por deposición de SiO<sub>2</sub>, y posteriormente ataque, crecimiento de capas de bloqueo, eliminación de SiO<sub>2</sub>, crecimiento de capas de ánodos semiconductoras dopadas tipo P y metalización de contactos de ánodo.

La estructura física de la invención permite su fabricación como elemento aislado o como elemento constitutivo de otras estructuras más complicadas, combinado con otros componentes como láseres DBR y/o DFB, con los que comparte un porcentaje muy elevado del procedimiento de fabricación.

La invención así descrita funciona de la siguiente forma:

La luz introducida en la guiaonda de la estructura alcanza la zona activa del primer fotodetector formada por los pozos cuánticos, los cuales absorben la componente de la luz polarizada según el plano de crecimiento de las capas, TE, dejando casi inalterada la componente polarizada perpendicularmente al plano de crecimiento de las capas TM.

La componente TE es transformada en corriente eléctrica y obtenida en el contacto metálico de este primer fotodetector.

La componente TM, no absorbida por el primer fotodetector, continúa por la guiaonda hasta alcanzar el segundo fotodetector, donde la capa activa absorbe toda la luz que se propaga por la guiaonda, es decir, la componente orthogonal al plano de crecimiento de las capas TM, la cual es obtenida en forma de corriente eléctrica en el contacto metálico de este segundo fotodetector.

El conjunto de los dos fotodetectores nos permite una detección de la luz con diversidad de polarización, con un funcionamiento contrastado, con pruebas realizadas variando la componente de luz con polarización perpendicular al plano de crecimiento de las capas TM, pero con el potencial total acoplado a la guiaonda constante en todas las condiciones.

Se ha comprobado que los resultados se ajustan muy bien a los previstos teóricamente.

Las ligeras desviaciones del comportamiento real de la estructura con relación al comportamiento ideal se ha comprobado que se deben a pérdidas ópticas en la guiaonda.

#### Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, se acompaña a la presente memoria descriptiva como parte integrante de la misma, una hoja de planos,

en la cual con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura número 1.- Muestra una vista general en perspectiva del conjunto objeto de la invención relativo a un dispositivo optoelectrónico de fotodetectores en guiaonda con diversidad de polarización.

La figura número 2.- Muestra el circuito eléctrico equivalente del conjunto.

La figura número 3.- Muestra en perspectiva una sección longitudinal del conjunto, por la guiaonda, donde se han representado las diferentes capas que lo componen.

La figura número 4.- Muestra una ampliación de las capas que componen el segundo fotodetector, de acuerdo con lo representado en la figura número 3.

La figura número 5.- Muestra por Ultimo, una ampliación de las capas que componen el primer fotodetector, de acuerdo con lo representado en la figura numero 3.

### Realización preferente de la invención

A la vista de la figura número 1, puede observarse como el dispositivo optoelectrónico de fotodetectores en guiaonda con diversidad de polarización objeto de la invención, está constituido por seis partes, las cuales se confiran como dos fotodetectores (1) y (2), una guiaonda (3), un contacto de cátodo (6), el cual es común a ambos detectores (1) y (2), un contacto de ánodo (4) para el primer fotodetector (1) y otro contacto de ánodo (5) para el segundo fotodetector (2).

Los citados fotodetectores (1) y (2), están acoplados a la guiaonda (3) y su formación es simultánea.

El primer fotodetector (1), posee como zona absorbente una estructura de uno o varios pozos cuánticos, que pueden estar adaptados en red o en compresión, que absorben posteriormente la componente de polarización de la luz de entrada paralela al plano de crecimiento de las capas TE.

El segundo fotodetector (2), posee como zona absorbente, además de una estructura de uno o varios pozos cuánticos similar a la del primer fotodetector (1), una capa adicional de semiconductor absorbente a la longitud de onda de la luz, siendo esta última capa absorbente a ambas polarizaciones TE y TM.

El conjunto de los dos fotodetectores (1) y (2), permite la detección separada de los componentes ortogonales TE y TM de polarización de la luz.

La guiaonda (3), actúa como elemento de recepción y confinamiento de la luz polarizada, así como elemento de unión entre los dos fotodetectores (1) y (2), de tal modo que a la entrada del primer fotodetector (1), entrega la luz polarizada con sus componentes TE y TM, y al segundo fotodetector (2), entrega la luz polarizada sin los componentes de polarización paralela al plano de crecimiento de las capas TE, la cual ha sido absorbida por el primer fotodetector (1).

Los contactos metálicos (4), (5) y (6), están destinados a la conexión eléctrica del conjunto, siendo los de ánodo (4) y (5), uno para cada fotodetector (1) y (2), y el contacto restante (6) corresponde al de cátodo el cual es común a los dos fotodetectores (1) y (2).

La superficie exterior del dispositivo, no cu-

bierta por los contactos metálicos (4), (5) y (6), es terminada con una capa de InP con el dopaje adecuado (9).

Siguiendo la figura número 2, puede observarse como la estructura total consiste en dos fotodetectores (1) y (2), fabricados sobre substrato InP (7), para la detección en la tercera ventana de comunicaciones óptica (longitud de onda 1,55  $\mu\text{m}$  pudiéndose distinguir en las figuras 3, 4 y 5 las siguientes capas:

Una primera capa buffer (8) sobre el substrato InP (7) dopada tipo n.

Una segunda capa (15) de InGaAsP adaptada en red al InP (8), con emisión de fotoluminiscencia a una longitud de onda de 1,3  $\mu\text{m}$ , también dopada tipo n.

Esta segunda capa (15), permite el guiado de la luz y actúa juntamente con la anterior como cátodo (6), común a los dos fotodioidos (1) y (2).

Una tercera capa (14) de InP, que actúa como barrera al atacado en el proceso de definición del área de los diodos (1) y (2).

Una cuarta capa (13) que presenta una estructura de uno o varios pozos cuánticos, que está formada por barreras compuestas por InGaAsP con emisión de fotoluminiscencia a una longitud de onda 1,3  $\mu\text{m}$ , y pozos de InO<sub>0.7</sub>GaO<sub>0.3</sub>As, cuya constante de red puede ser superior o no a la del substrato (7) por lo que pueda estar en compresión biaxial o acoplado en red, y se puede fabricar sin dopaje intencionado, con dopaje n o con dopaje p.

Esta estructura de pozos cuánticos absorbe perfectamente la luz de longitud de onda 1,55  $\mu\text{m}$ , polarizada según el plano de crecimiento de las capas TE, mientras que absorbe débilmente la luz polarizada en la dirección perpendicular a dicha dirección de crecimiento, componente TM.

Una quinta capa (12) de InP, con el dopaje adecuado o sin dopaje intencionado que actúa como barrera al atacado de la capa siguiente (11) en el proceso de fabricación.

Una capa (11) de InO<sub>0.53</sub>GaO<sub>0.47</sub>As, también sin dopaje intencionado o con el dopaje adecuado, que actúa como absorbente a ambas polarizaciones TE y TM en el segundo fotodetector.

Las tres últimas capas (11), (12) y (13) han sido eliminadas de las zonas adecuadas a los propósitos perseguidos, es decir, de toda la superficie, excepto del área del segundo fotodetector.

La guiaonda (3), constituida por la capa (15), con la anchura adecuada está definida por la deposición de SiO<sub>2</sub> y posterior ataque, crecimiento de capas de bloqueo, eliminación de SiO<sub>2</sub>, crecimiento de capas de ánodo semiconductoras (10) dopadas tipo p y metalización de contactos de ánodo (4) y (5).

La estructura física de la invención permite su fabricación como elemento aislado o como elemento constitutivo de otras estructuras más complicadas, combinado con otros componentes como láseres DBR y/o DFB, con los que comparte un porcentaje muy elevado del procedimiento de fabricación.

La invención así descrita funciona de la siguiente forma:

La luz introducida por la guiaonda (3) del dispositivo optoelectrónico de fotodetectores en

guiaonda (3) con diversidad de polarización, alcanza la zona activa (13) del primer fotodetector (1), formada por la estructura de uno o varios pozos cuánticos, la cual absorbe la componente de la luz polarizada según el plano de crecimiento de las capas TE, dejando casi inalterada la componente polarizada perpendicularmente al plano de crecimiento de las capas TM.

La componente TE es transformada en corriente eléctrica obtenida en el contacto metálico (4) de este primer fotodetector (1).

La componente no absorbida por el primer fotodetector (1), continúa por la guiaonda (3), hasta alcanzar el segundo fotodetector (2), donde la capa activa (1) absorbe toda la luz que se propaga por la guiaonda (3), es decir, la componente ortogonal al plano de crecimiento de las capas TM, la cual es obtenida en forma de corriente eléctrica en el contacto metálico de este segundo fotodetector (2).

El conjunto de los dos fotodetectores (1) y (2), nos permite una detección de la luz con diversidad de polarización, con un funcionamiento cons-

trastado con pruebas realizadas, variando la componente de luz con polarización perpendicular al plano de crecimiento de las capas TM, pero con el potencial total acoplado a la guiaonda constante en todas las condiciones.

Se ha comprobado que los resultados se ajustan muy bien a los previstos teóricamente.

Las ligeras desviaciones del comportamiento real de la estructura con relación al comportamiento ideal se ha comprobado que se deben a pérdidas ópticas en la guiaonda (3), tal y como se ha dicho en la descripción de la invención.

No se considera necesario hacer más extensa esta descripción para que cualquier experto en la materia comprenda el alcance de la invención y las ventajas que de la misma se derivan.

Los materiales, forma, tamaño y disposición de los elementos serán susceptibles de variación siempre y cuando ello no suponga una alteración a la esencialidad del invento.

Los términos en que se ha descrito esta memoria deberán ser tomados siempre con carácter amplio y no limitativo.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo optoelectrónico de fotodetectores en guiaonda con diversidad de polarización, de los fabricados sobre cristal semiconductor, **caracterizado** por estar constituido por una guiaonda (3), a la cual van acoplados dos fotodetectores (1) y (2), de los que el primer fotodetector (1), posee como zona absorbente una estructura de uno o varios pozos cuánticos, adaptados en red o en compresión, con dopaje n, p o sin dopaje intencionado, y el segundo fotodetector (2), posee como zona absorbente, además de la estructura de uno o varios pozos cuánticos, una capa de semicon-

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ductor con dopaje n, p o sin dopaje intencionado absorbente a la longitud de onda de trabajo.

2. Dispositivo optoelectrónico de fotodetectores en guiaonda con diversidad de polarización, según la primera reivindicación, **caracterizado** porque los elementos que lo constituyen se forman simultáneamente por un proceso epitaxial común a todos ellos y compatible con la formación de otros elementos, tales como láseres DBR y/o DFB, acopladores, etc., etc., con los que pueden combinarse para formar estructuras más complicadas integradas en un mismo dispositivo optoelectrónico.

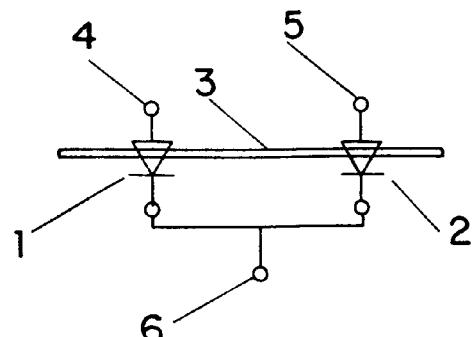
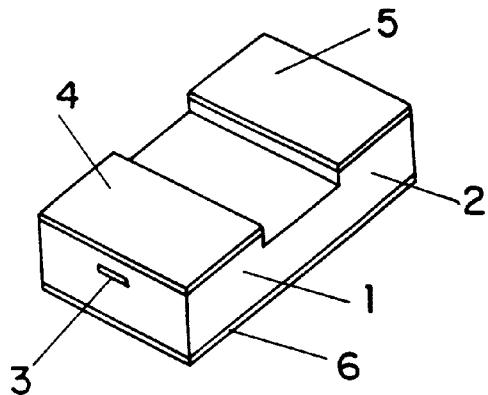


FIG. 2

FIG. 1

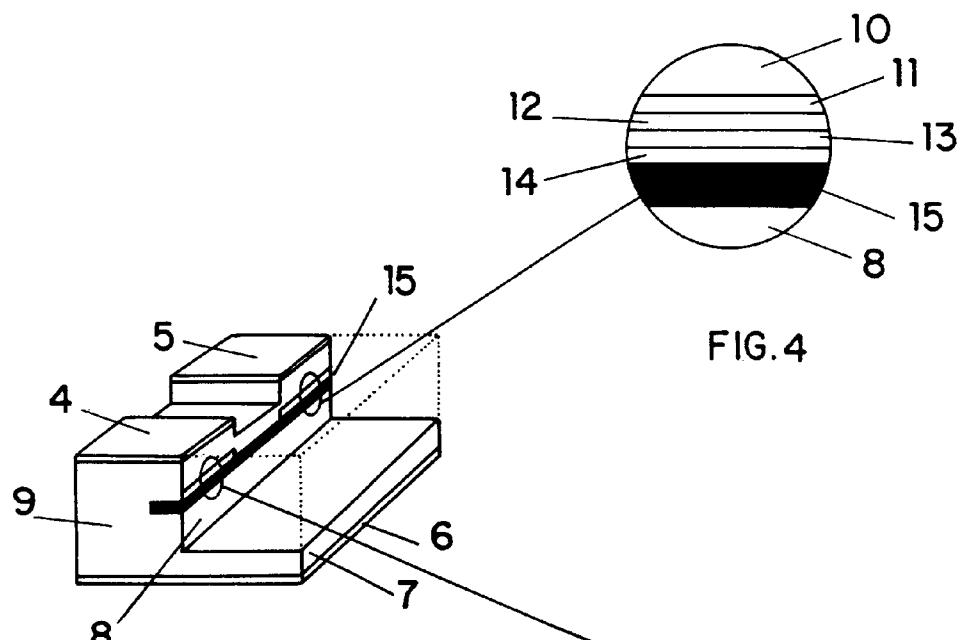


FIG. 3

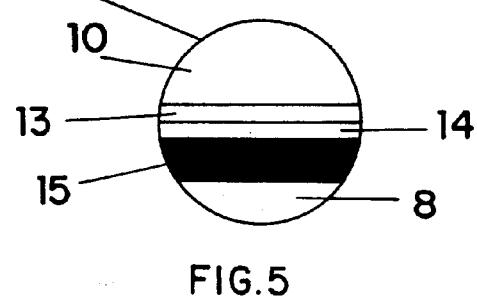


FIG. 4

FIG. 5