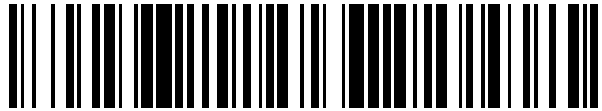


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 442 715**

51 Int. Cl.:

**G02F 1/025** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2009 E 09177481 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2013 EP 2194422**

54 Título: **Modulador de portadora óptica mediante plasmones de superficie, a base de materiales semiconductores**

30 Prioridad:

**02.12.2008 FR 0806766**

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

**13.02.2014**

73 Titular/es:

**THALES (33.3%)  
45, rue de Villiers  
92200 Neuilly Sur Seine, FR;  
UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES  
DE LILLE (33.3%) y  
UNIVERSITÉ PARIS 6 PIERRE ET MARIE CURIE  
UPMC (33.3%)**

72 Inventor/es:

**HUIGNARD, JEAN-PIERRE;  
TRIPON-CANSELIET, CHARLOTTE;  
LOISEAUX, BRIGITTE;  
DOGHECHE, EL HADJ;  
MAGNIN, VINCENT;  
DOLFI, DANIEL;  
DECOSTER, DIDIER y  
CHAZELAS, JEAN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 442 715 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**

Modulador de portadora óptica mediante plasmones de superficie, a base de materiales semiconductores

5 El campo de la invención es el de los dispositivos de modulación de la luz ultrarrápidos e integrados que se pueden utilizar, en particular, para la realización de transmisiones ópticas de las señales analógicas microondas y/o las señales digitales a muy alta velocidad.

Estos dispositivos también se pueden utilizar para realizar funciones elementales como los mezcladores de microondas, los interruptores y los muestreadores de control óptico. Para que este tipo de dispositivos resulten realmente interesantes, es necesario optimizar sus rendimientos así como los de las transmisiones ópticas asociadas, y una posibilidad de integración incrementada.

10 Se resume a continuación el estado de la técnica de diferentes familias existentes de moduladores así como sus principales características.

Los moduladores de la familia electro-óptica del niobato llevan a cabo un tipo de modulación en amplitud y en fase. Permiten una integración en una amplia banda de frecuencias, pero tienen en particular como inconvenientes que precisan una gran longitud de interacción y presentan unas respuestas no lineales.

15 Los moduladores de la familia electro-óptica del polímero llevan a cabo un tipo de modulación en amplitud y en fase. Tienen como ventaja que utilizan materiales dieléctricos con una baja constante dieléctrica, por lo tanto con pocas pérdidas y que pueden funcionar en una muy amplia banda de frecuencia, pero presentan problemas en cuanto a la estabilidad del material y de la polarización.

20 Los moduladores de la familia opto-acústica llevan a cabo una modulación en amplitud y frecuencia. Tienen como ventaja que son robustos, pero tienen en particular como inconveniente que funcionan en una limitada banda de frecuencias.

Por último, los moduladores que funcionan por electro-absorción llevan a cabo una modulación en amplitud. Presentan una buena integración, pero una mediocre selectividad espectral y sus características de funcionamiento dependen de la temperatura.

25 Las técnicas de modulación óptica han sido objeto de numerosos estudios de laboratorio y un cierto número de esos estudios han conducido al desarrollo de productos comerciales que presentan unos rendimientos bien establecidos. Los dispositivos realizados buscan principalmente reducir la tensión de control y aumentar su ancho de banda. En este marco, las aplicaciones en las telecomunicaciones han permitido el desarrollo de componentes que presentan unas características bien establecidas.

30 En el campo de las opto-microondas que dirige señales analógicas de banda muy ancha sobre una portadora óptica, estas tecnologías se enfrentan a un cierto número de limitaciones importantes, en particular en lo que se refiere a:

- la tensión de control;
- la linealidad con respecto a la profundidad de modulación;
- la dinámica, reducción de las pérdidas de inserciones y del factor ruido;
- 35 - el ancho de banda de modulación.

Un objeto de la invención es, en particular, resolver dichos inconvenientes proponiendo un modulador que presenta a la vez un volumen reducido y una mejor función de transferencia con respecto a los dispositivos conocidos.

40 Para este propósito, la invención tiene por objeto un modulador de portadora óptica mediante plasmones de superficie, que utiliza una tecnología integrada a base de materiales semiconductores, **caracterizado porque** comprende:

- un conjunto de capas semiconductoras que comprende una estructura de guiado para una onda óptica incidente introducida en dicha estructura de guiado, garantizando dicha estructura de guiado un confinamiento asimétrico de dicha onda óptica;
- una capa metálica denominada superior con un contacto Schottky destinada a recibir, en particular, dicha onda óptica permitiendo la generación de una onda plasmónica de superficie en la interfaz metal/semiconductor.
- 45 La señal eléctrica de control aplicada en este contacto modifica el índice de las capas semiconductoras que alteran la propagación de la onda plasmónica generada.
- unos medios para modular el índice óptico en el contacto eléctrico de tipo Schottky de tal modo que se crea una modulación de la onda óptica reflejada en dicha interfaz.

50 De acuerdo con una variante de la invención, la interfaz necesaria para la generación de la onda plasmónica comprende al menos una capa metálica y una capa semiconductor, operando los medios para modular el índice óptico mediante un contacto de tipo Schottky sobre dicha capa semiconductor.

De acuerdo con una variante de la invención, la estructura de guiado comprende una primera estructura de

confinamiento óptico denominada inferior, un núcleo por el cual se puede propagar una onda óptica, y una segunda estructura de confinamiento óptico denominada superior, siendo dicha segunda estructura de confinamiento óptico de gradiente de índice, lo que permite conducir la onda óptica incidente a la interfaz metal /semiconductor.

5 De acuerdo con una variante de la invención, la segunda estructura de confinamiento comprende un apilamiento de capas semiconductoras que permiten realizar el gradiente de índice.

De acuerdo con una variante de la invención, el conjunto de capas semiconductoras que comprende una estructura de guiado para una onda óptica incidente comprende una alternancia de capas a base de InP y de capas a base de un material cuaternario de tipo GaInAsP.

10 De acuerdo con una variante de la invención, el conjunto de capas semiconductoras alternas con un índice óptico diferente comprende una estructura de guiado para una onda óptica incidente.

De acuerdo con una variante de la invención, el modulador de portadora óptica comprende un prisma realizado con un material con un índice óptico superior al del núcleo de la estructura de guiado. Esta variante está especialmente adaptada al caso en el que el ángulo de incidencia necesario para la generación de plasmones en la interfaz metal/semiconductor es importante.

15 Se mostrarán otras características y ventajas de la invención con la lectura de la descripción que viene a continuación, dada a título no limitativo, y a través de las figuras adjuntas en las que:

- la figura 1 ilustra una polarización en modo transversal TM de una onda óptica incidente que se propaga por un medio dieléctrico hacia un medio metálico que se utiliza en un modulador de la invención y que permite la generación de una onda plasmónica de tipo evanescente, transmitida a la interfaz dieléctrico/metal;
- 20 – la figura 2 ilustra la evolución de la resonancia plasmónica en función del ángulo de incidencia de una onda óptica sobre una interfaz metal/dieléctrico con y sin la acción de una excitación RF;
- las figuras 3a y 3b ilustran un ejemplo de modulador de acuerdo con la invención en el cual se realiza un apilamiento de capas semiconductoras en la superficie de un sustrato de tipo InP mediante epitaxia con ajuste reticular sobre dicho sustrato;
- 25 – la figura 4 ilustra la estructura de guiado que comprende una mesa del ejemplo de modulador que se ilustra en las figuras 3a y 3b;
- la figura 5 ilustra una variante de la invención que integra un prisma.

30 El dispositivo de la presente invención es un dispositivo integrado de modulación ultrarrápida de la luz y, de manera más particular, un dispositivo que presenta unas zonas de interacción limitada o hiperlocalizada por efecto de generación de plasmones de superficie en una interfaz metal/semiconductor. La modulación de la luz se obtiene mediante el control de la amplitud de la onda plasmónica en la interfaz de una estructura que comprende un apilamiento de capas que contiene al menos un semiconductor lo que permite el guiado de la onda óptica incidente, y un metal depositado en su superficie.

35 Se trata de un modulador plasmónico de semiconductores con guías de ondas de ondas evanescentes, caracterizado por una curvatura del modo óptico ajustado al ángulo de resonancia plasmónica de la estructura completa semiconductor/metal para la generación de los plasmones en la superficie de esta interfaz.

El dispositivo de la presente invención utiliza el carácter semi-aislante de un material semiconductor con el fin de realizar la generación de plasmones de superficie en una interfaz metal/semiconductor. El carácter conductor del material semiconductor permite realizar una variación de índice de este material por efecto Schottky.

40 Los rendimientos alcanzados de este nuevo tipo de modulador de portadora óptica mediante plasmones de superficie permiten realizar una ruptura tecnológica en el campo de las transmisiones de señales analógicas de microondas sobre portadora óptica. En efecto, estos dispositivos que precisan una muy baja tensión de control (del orden del voltio) y que ofrecen bajas pérdidas de inserción (del orden del dB) así como una linealidad incrementada abren un vasto campo de aplicaciones de enlaces opto-microondas en los sistemas de telecomunicaciones, tipo radio por fibra, pero también en los sectores de la seguridad y de la defensa en los que es necesaria una alta dinámica asociada a una inmunidad frente a las interferencia electromagnéticas de los enlaces.

45 Teniendo en cuenta el incremento de las necesidades en dinámica y en linealidad de estos sistemas, los rendimientos (pérdidas de inserción y factor de ruido) de los desplazamientos ópticos de señales microondas de banda ancha deben mejorarse además en LDs (límites de detección), la tecnología plasmónica en las estructuras metal-semiconductor integradas parece extremadamente prometedora para la realización de transmisiones de señales analógicas con muy altas frecuencias que presentan a la vez una muy alta linealidad y un muy bajo factor de ruido, manteniendo al mismo tiempo unos criterios de bajo consumo y bajo coste.

50 De manera general, el modulador de acuerdo con la invención utiliza la generación de plasmones de superficie para transportar sobre una portadora óptica unas señales eléctricas de modulación de alta frecuencia y llevar a cabo la modulación de señales electromagnéticas sobre portadora óptica en una estructura integrada semiconductor con variación de índice por efecto Schottky.

La generación de plasmones en un metal, u oscilaciones de electrones libres presentes con una densidad  $n$ , se puede obtener mediante la excitación exterior óptica a un pulso específico que corresponde a la resonancia de plasma  $\omega_p$  que define la siguiente relación:

$$\omega_p = \sqrt{\frac{ne^2}{m\epsilon_0}} \quad (1)$$

- 5 En el caso de una interfaz entre un dieléctrico y un metal, la generación de plasmones se localiza en la superficie (plasmones de superficie) con una frecuencia de excitación  $\omega_{sp}$  ligeramente diferente de  $\omega_p$ , debido a la presencia del dieléctrico de permitividad  $\epsilon_d$  o de índice  $n_d$ .

La figura 1 ilustra una polarización en modo transversal TM de una onda óptica incidente que se propaga por un medio dieléctrico con un índice óptico  $n_D$  y con una constante dieléctrica  $\epsilon_D$  hacia un medio metálico con un índice óptico  $n_M$  y con una constante dieléctrica  $\epsilon_M$ . Una polarización TM de la onda óptica incidente permite la generación de una onda plasmónica de tipo evanescente, transmitida en la interfaz dieléctrica/metal  $I_{D/M}$  que corresponde al eje x y que se propaga siguiendo este eje por el metal.

Los criterios de continuidad, en la interfaz dieléctrico/metal, los vectores  $k_i$ ,  $k_t$  de la onda incidente y de la onda de plasma transmitida deben por tanto respetarse, lo que se traduce en las siguientes relaciones (2) y (3):

$$k_x^d = k_x^m \quad (2)$$

15 en la que  $k_x^d$  y  $k_x^m$  representan respectivamente la componente a lo largo del eje x del vector  $k_i$ , en el lado del dieléctrico, y la componente a lo largo del eje x del vector  $k_t$ , en el lado del metal.

$$\frac{k_x^d}{k_x^m} = -\frac{\epsilon_d}{\epsilon_m} \quad (3)$$

$\epsilon_d$  y  $\epsilon_m$  representan respectivamente la permitividad del dieléctrico y la del metal.

- 20 Estas relaciones conducen a la relación de dispersión característica de la siguiente onda de plasma generada:

$$k_x = \frac{\omega_0}{c} \sqrt{\frac{\epsilon_d \epsilon_m}{\epsilon_d + \epsilon_m}} \quad (4)$$

Con el fin de realizar el ajuste entre los módulos de los vectores de onda de la onda incidente (excitación óptica) con el pulso  $\omega_0$ , y de la onda generada en la interfaz (plasmón), es necesario introducir una capa de material con un alto índice óptico entre el medio dieléctrico y el metal.

- 25 Tal como se ilustra en la figura 1, la generación de plasmones de superficie se establece por lo general mediante la reflexión de la onda óptica sobre una estructura dieléctrica/metal según un ángulo de incidencia  $\theta_i$  que corresponde al ángulo crítico de reflexión total  $\theta_c$ , que define la siguiente relación, considerando el índice  $n_m$  del metal 30 y el índice  $n_d$  del medio incidente dieléctrico:

$$\theta_c = \text{sen}^{-1}\left(\frac{n_m}{n_d}\right) \quad (5)$$

- 30 En este caso, al ser nula la amplitud de la onda reflejada, la onda incidente es entonces completamente absorbida por los plasmones de superficie generados.

De este modo en el modulador de la invención, se obtiene una modulación en amplitud y/o en fase de la onda reflejada realizada, cerca del ángulo de incidencia crítica que corresponde a una absorción plasmónica, mediante la variación del índice del medio dieléctrico bajo la acción de una baja tensión aplicada que permite un desajuste parcial o total del ángulo de ataque de la onda óptica incidente en la interfaz considerada.

- 35

5 La figura 2 ilustra para ello la evolución de la resonancia plasmónica con y sin excitación RF y en función del ángulo de incidencia de una onda óptica en la interfaz metal/dieléctrico. La distancia entre la curva de línea continua y la de la línea de puntos muestra la modulación de la amplitud de la onda óptica reflejada sobre la interfaz para una incidencia dada, cuando se hace variar el índice del material dieléctrico bajo el efecto de una excitación RF. La diferencia de reflectividad  $\Delta R$  es representativa de la modulación que se puede obtener mediante la variación del índice óptico.

De manera general, la interacción plasmón está muy localizada en una longitud inferior a un centenar de micrones, esta permite considerar un funcionamiento a muy alta frecuencia del dispositivo: en estas condiciones el desajuste de fase que existe entre la onda óptica y la onda microondas ya no es un factor limitante.

10 Por otra parte, el índice efectivo global del apilamiento de capas semiconductoras de la invención permite ajustar los vectores de la onda óptica incidente y de la onda plasmónica necesaria.

Por otra parte, el efecto de resonancia permite obtener una modulación analógica a partir de una variación de índice mucho menor que la necesaria para los dispositivos interferométricos electro-ópticos clásicos.

15 La baja tensión de control de estos nuevos dispositivos plasmónicos permite evitar el uso de materiales con un alto coeficiente electro-óptico para los cuales la síntesis y la tecnología siguen siendo delicadas.

La baja tensión de control de estos nuevos dispositivos plasmónicos también permite prescindir del uso de dispositivos de control electrónico de alta potencia, por lo tanto caros.

Por último, al ser esta interacción de origen físico, ofrece la ventaja de no presentar ninguna limitación de ancho de banda.

20 Además, una ventaja adicional del dispositivo integrado viene del hecho de que la guía de ondas proporciona una onda TM en la zona de excitación de los plasmones y es, por lo tanto, favorable para una optimización de los rendimientos del dispositivo.

25 La invención permite de manera ventajosa un confinamiento estricto de la luz en la zona de interacción, zona en la también se lleva a cabo la variación de índice. La potencia de la onda óptica transmitida en la guía óptica integrada de salida, obtenida mediante la reflexión de la onda óptica incidente focalizada en la interfaz se modula según la tensión del control eléctrico aplicado. Esto mejora los rendimientos globales del dispositivo de acuerdo con la invención con respecto a los dispositivos existentes.

Por medio del uso de tecnologías del tipo guía de onda óptica, el dispositivo de acuerdo con la invención puede presentar, además, de manera ventajosa unas dimensiones muy reducidas, inferiores al mm.

### 30 Ejemplos de realización:

La figura 3a ilustra un ejemplo de modulador de acuerdo con la invención en el cual se realiza un apilamiento de capas en la superficie de un sustrato semiconductor de la familia III-V mediante la epitaxia con ajuste reticular sobre el sustrato, siendo la figura 3b una vista ampliada del núcleo de la estructura de guiado insertada entre dos series de capas de confinamiento óptico.

35 El conjunto de las capas 21, 22 y 23 forman una guía multimodo atenuada que está formada por unas finas capas de material cuaternario separadas por unas capas de material semiconductor equivalente al del sustrato seleccionado con un espesor variable, que forma el equivalente de una estructura en gradiente de índice entre la parte inferior y la parte superior de la guía. La capa 21 es el núcleo de la estructura de guiado que comprende a ambos lados de la guía unas capas de confinamiento óptico. Una onda óptica incidente  $O_i$  se puede introducir en el núcleo con óptica guiada. El núcleo de la estructura de guiado está insertado entre una capa de confinamiento inferior 23 y un conjunto de capas 22<sub>1</sub>, ..., 22<sub>i</sub>, ..., 22<sub>n</sub> lo que garantiza la función de confinamiento superior asimétrico por medio de un perfil de índice realizado en el interior de estas capas. De este modo esta onda óptica incidente se puede dirigir en la dirección del contacto de tipo Schottky 26 en el cual se introduce también una señal RF. Más allá de la longitud de interacción, se recupera una onda óptica reflejada modulada  $O_m$ .

45 La tensión de control se establece por medio también de unos contactos óhmicos en la cara posterior 25.

La capa 23 constituye una capa de confinamiento inferior de un material semiconductor de la familia III-V con un índice de refracción inferior al de la capa 21.

50 El apilamiento 22<sub>1</sub>, ..., 22<sub>i</sub>, ..., 22<sub>n</sub> garantiza la función de confinamiento superior en gradiente de índice lo que permite generar el perfil de índice buscado de tal modo que se permita la propagación de una onda óptica que se propaga por el núcleo de la guía hacia el contacto Schottky y que se cree el acoplamiento necesario para la creación de ondas plasmónicas. En la superficie de este apilamiento de capas que constituye el confinamiento superior se realiza el contacto de tipo Schottky. Por ejemplo, en el caso de una onda óptica con una longitud de onda de 1,18  $\mu\text{m}$ , este apilamiento se puede realizar mediante una superposición de capas GaInAsP con un espesor de 90 nm alternadas con unas capas de InP con unos espesores de 1,34  $\mu\text{m}$  - 0,51  $\mu\text{m}$  - 1,2  $\mu\text{m}$  - 0,1  $\mu\text{m}$  - 1,1  $\mu\text{m}$  - 0,02  $\mu\text{m}$  -

0,05  $\mu\text{m}$  - 0,06  $\mu\text{m}$ .

En este caso, una capa superior 27 de AlInAs permite mejorar la calidad del contacto Schottky y la última capa de GaInAs se utiliza como capa de protección de la capa de AlInAs contra la oxidación.

5 Mediante el empleo de técnicas convencionales de fotolitografía y de grabado RIE, se pueden realizar unas guías de 5  $\mu\text{m}$  de ancho y 1  $\mu\text{m}$  de espesor, tal como se ilustra en la figura 4.

Tras la retirada de la capa de protección, se realiza un contacto Schottky 26 sobre la guía de onda. Este contacto, que forma el electrodo, está compuesto, por ejemplo, por tres capas:

- 10 - una capa superior 261 conductora;
- una capa intermedia 262 que forma una altura de barrera;
- una capa inferior 263 que forma una capa de adherencia.

El modulador de la invención comprende, por otra parte, un contacto óhmico en la cara posterior 25 del sustrato que permite garantizar el retorno a tierra de la tensión de control de tal modo que se haga variar el índice de las capas semiconductoras.

15 Una resina 28 permite, por ejemplo, cubrir la capa 22n superior. Esta resina aislante permite, en particular, prolongar el electrodo superior 26 hacia un control eléctrico no representado, prolongándose el electrodo sobre la resina 28. La capa metálica inferior 25 está conectada a un potencial fijo de referencia, por ejemplo el potencial de tierra, el electrodo superior 26 está conectado a una señal de control de tensión.

20 Esta señal de control hace que varíe la diferencia de potencial entre los dos electrodos 26, 25 lo que provoca la variación de índice necesaria para la modulación en amplitud y/o en fase de la onda reflejada en la interfaz metal/semiconductor.

La figura 4 representa una vista en un plano perpendicular a aquel en el que se representan las figuras 3a y 3b. Esta vista muestra una mesa realizada en la superficie de modulador de tal modo que limita la estructura de guiado lateralmente.

25 Hay que señalar que una ventaja importante de la invención reside, en particular, en el propio uso de un contacto Schottky que presenta la ventaja de no acumular ninguna carga a causa de la rapidez de transferencia.

30 De acuerdo con otra variante de la invención, el modulador de la invención puede comprender un prisma integrado en la estructura del modulador en la cara posterior al nivel del sustrato semiconductor por medio de una tecnología de grabado seco o en húmedo tal como se ilustra en la figura 5. La cavidad obtenida representa el prisma integrado Pr al cual llega la onda óptica incidente Oi permitiendo el acoplamiento de la onda óptica con la onda plasmónica mediante el cumplimiento de la condición de fase, dependiente de la naturaleza de los materiales seleccionados, y la generación de la onda óptica modulada Om.

## REIVINDICACIONES

1. Modulador de portadora óptica mediante plasmones de superficie, a base de materiales semiconductores, que comprende:
- un conjunto de capas semiconductoras que comprende una estructura de guiado (21, 22, 23) para una onda óptica incidente introducida en dicha estructura de guiado, garantizando dicha estructura de guiado un confinamiento asimétrico de dicha onda óptica;
  - una capa metálica denominada superior que forma un contacto de tipo Schottky (26) con dicho conjunto de capas semiconductoras y destinada a recibir, en particular, dicha onda óptica guiada por dicho conjunto de capas semiconductoras de tal modo que permite la generación de una onda plasmónica de superficie en la interfaz metal/semiconductor; y
  - unos medios adaptados para modular el índice óptico de dicho conjunto de capas semiconductoras en el contacto eléctrico de tipo Schottky de tal modo que crea una modulación de la onda óptica reflejada en dicha interfaz.
2. Modulador de portadora óptica mediante plasmones de superficie de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el contacto de tipo Schottky comprende al menos una capa metálica y una capa semiconductor, correspondiendo los medios adaptados para modular el índice óptico de esta última al contacto de tipo Schottky.
3. Modulador de portadora óptica mediante plasmones de superficie de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** la estructura de guiado comprende una primera estructura de confinamiento óptico denominada inferior, un núcleo por el cual se puede propagar una onda óptica y una segunda estructura de confinamiento óptico denominada superior, siendo dicha segunda estructura de confinamiento óptico en gradiente de índice y siendo contigua a la interfaz metal/semiconductor, lo que permite conducir la onda óptica incidente a la interfaz metal /semiconductor.
4. Modulador de portadora óptica mediante plasmones de superficie de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** la segunda estructura de confinamiento comprende un apilamiento de capas semiconductoras que permiten realizar el gradiente de índice.
5. Modulador de portadora óptica mediante plasmones de superficie de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** comprende un conjunto de capas ( $22_1, \dots, 22_i, \dots, 22_n$ ) que garantiza la función de confinamiento superior asimétrico en gradiente de índice.
6. Modulador de portadora óptica mediante plasmones de superficie de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** comprende un prisma (Pr) realizado con un material con un índice óptico superior al del núcleo de la estructura de guiado.
7. Modulador de portadora óptica mediante plasmones de superficie de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el conjunto de capas semiconductoras que comprende una estructura de guiado para una onda óptica incidente comprende una alternancia de capas a base de InP y de capas a base de un material cuaternario de tipo GalnAsP.
8. Modulador de portadora óptica mediante plasmones de superficie de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el contacto de tipo Schottky entre la capa metálica y el conjunto de capas semiconductoras está adaptado para permitir la variación de índice óptico en la frecuencia de una señal de modulación aplicable en este contacto.
9. Modulador de portadora óptica mediante plasmones de superficie de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** comprende un contacto óhmico en la cara denominada posterior, que corresponde a una cara opuesta a la que comprende el contacto de tipo Schottky, lo que permite una puesta a tierra de la estructura completa.

45

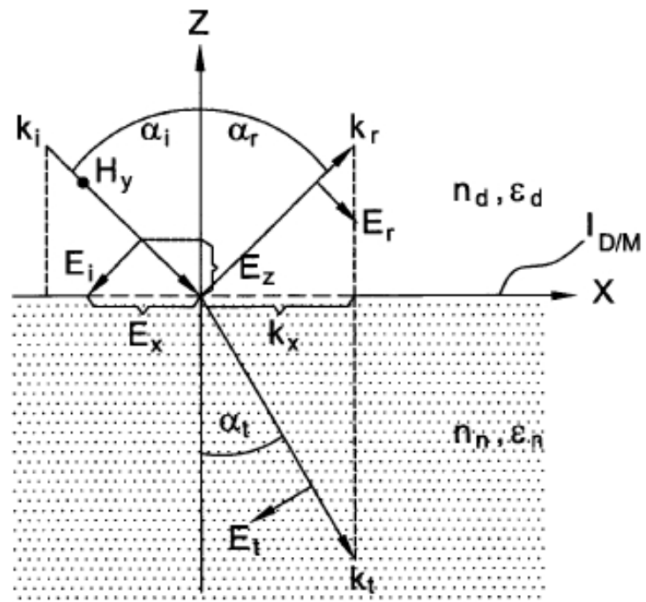


FIG.1

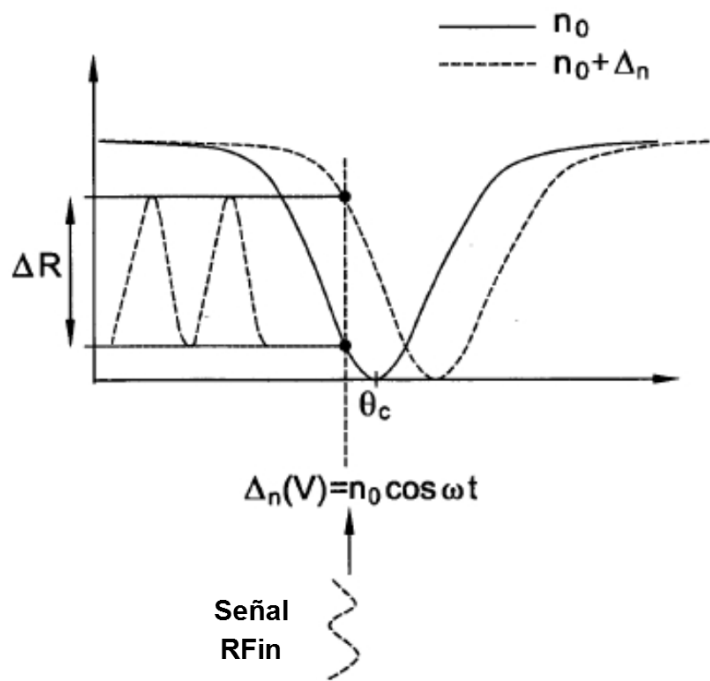


FIG.2



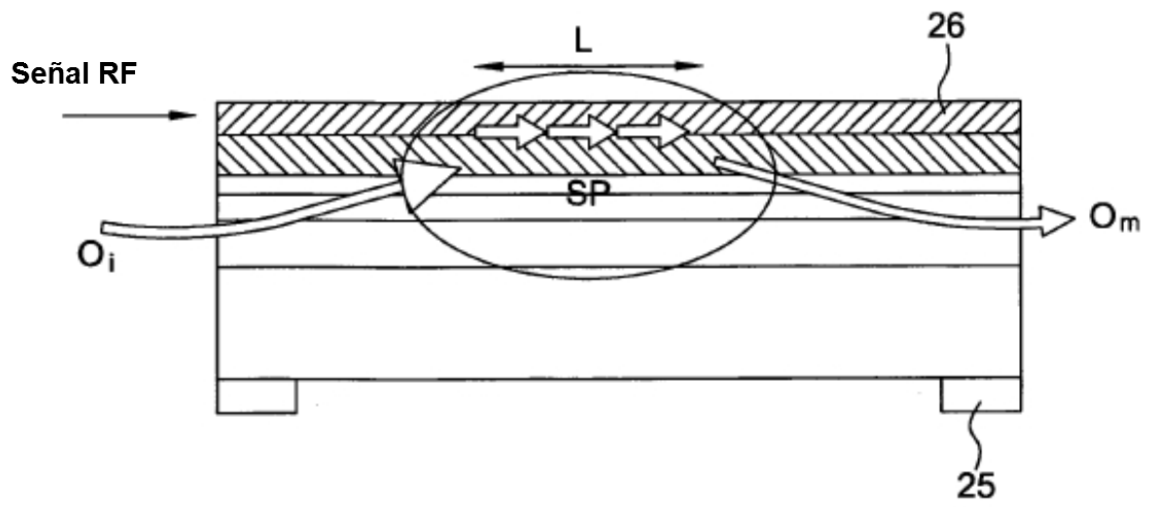


FIG.3a

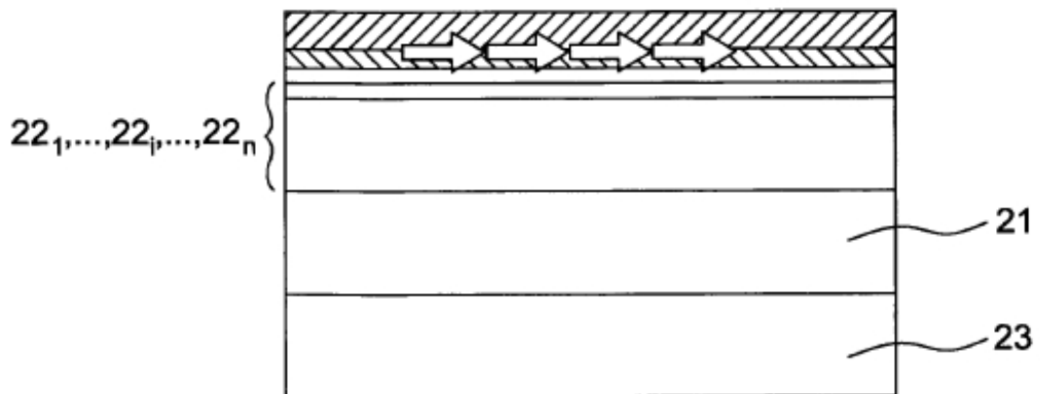


FIG.3b

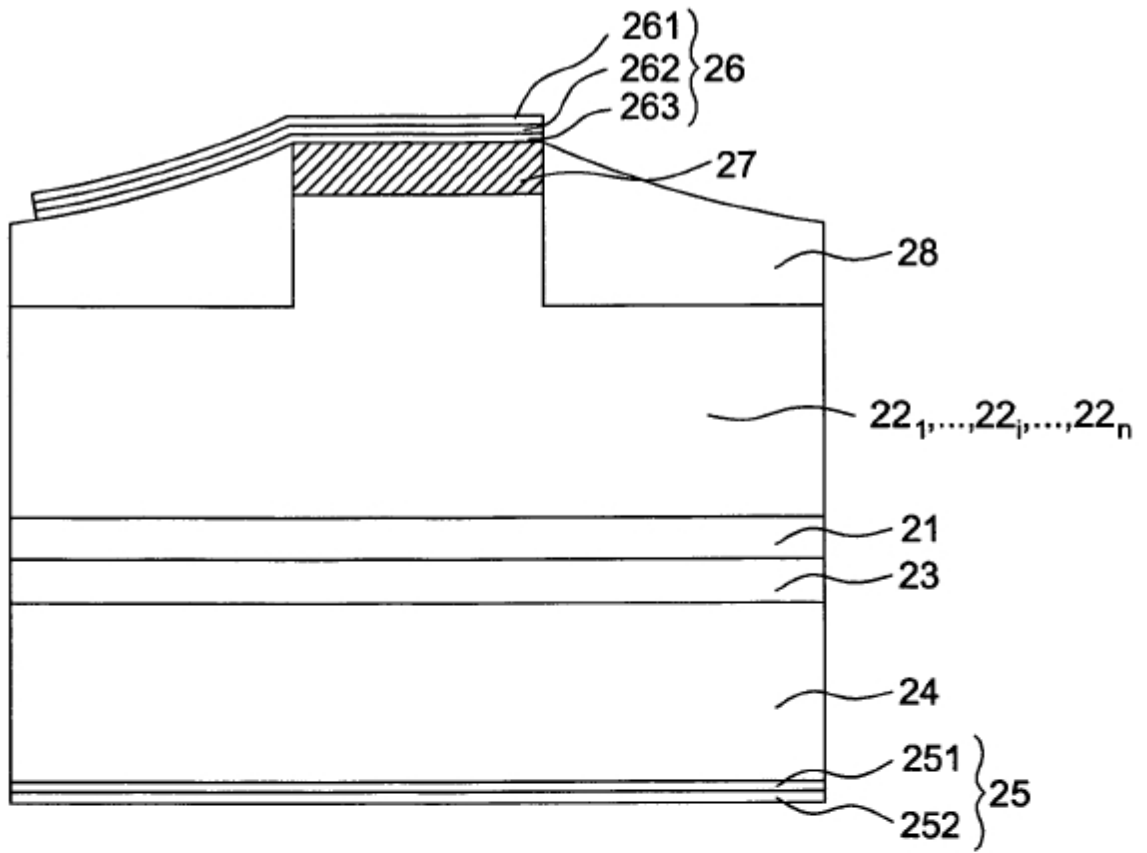


FIG. 4

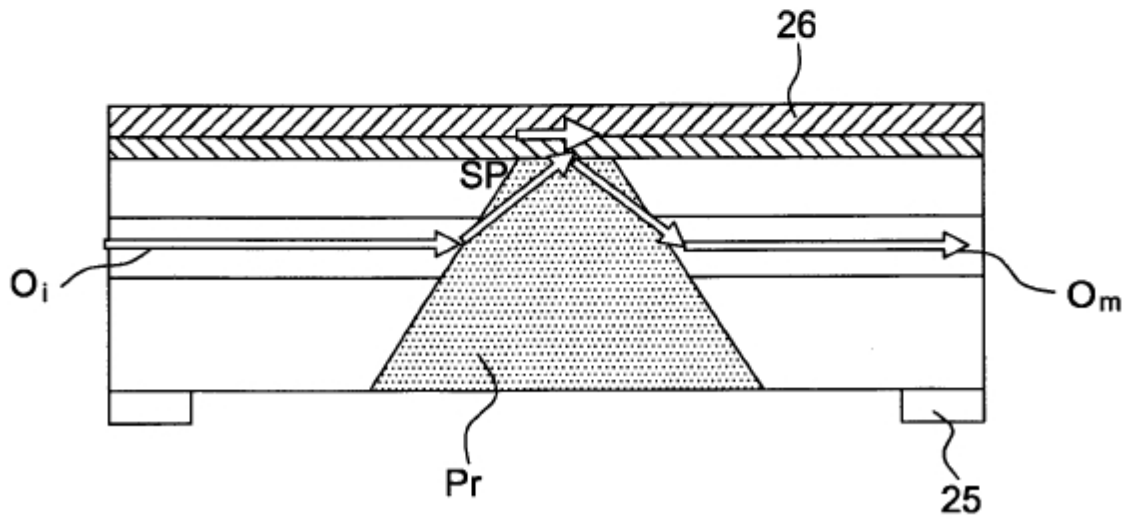


FIG. 5