

MINISTERIO DE INDUSTRIA  
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



19	ES	11 21	NÚMEROS <b>459664</b>	10	A1
		22	FECHA DE PRESENTACION 13 JUN 1977		

PATENTE DE INVENCION

60 PRIORIDADES:		
61 NÚMERO	62 FECHA	63 PAIS
254.639	11 de junio 1976	CANADA
64 FECHA DE PUBLICIDAD	65 CLASIFICACION INTERNACIONAL	66 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	H01L	
64 TITULO DE LA INVENCION		
PERFECCIONAMIENTOS EN DIODOS LUMINISCENTES		
71 SOLICITANTE (S)		
NORTHERN TELECOM LIMITED		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
1600 Dorchester Boulevard, West, Montreal, Quebec, Canada		
72 INVENTOR (ES)		
FREDERICK DAVID KING, ANTHONY JOHN SPRINGTHORPE		
73 TITULAR (ES)		
74 REPRESENTANTE		
GOMEZ-ACEBO		

Este invento se refiere al perfeccionamiento de eficacia en la emisión de luz de los diodos luminiscentes (LED) y, en particular, se refiere al acoplamiento de fibras ópticas.

5 En los LED semiconductores, en los cuales la luz se emite en dirección perpendicular al plano de la capa activa o capa fotoemisora, la vasta mayoría de la luz producida se pierde por absorción interna. Así, por ejemplo, empleando material GaAlAs, el ángulo crítico de emisión es de aproximadamente  $17^{\circ}$  a partir del eje perpendicular a la capa fotoemisora. En un dispositivo provisto de caras paralelas, los rayos se presentan a la superficie superior por un ángulo  
10 mayor que este ángulo crítico se vuelven a reflejar al dispositivo. Después, los rayos se presentarán de nuevo a la superficie con el mismo ángulo y no saldrán nunca, siendo finalmente absorbido.

El presente invento se refiere a la preparación de la su  
15 perficie exterior del dispositivo, en la región fotoemisora, de modo que un rayo que se presente en esta superficie con un ángulo mayor que el ángulo crítico se refleje pero pueda encontrar esta superficie exterior, después de una o mas reflexiones, con un ángulo menor que el ángulo crítico. Se han conseguido mejoras de eficacia del 50 % y el  
20 150 %.

En una aplicación particular del invento, la superficie  
del dispositivo que hace más rugosa, por ejemplo por mordentado. En su aspecto más general, el invento comprende un diodo que tiene una primera capa limitante de GaAlAs, una capa activa de GaAs y una segunda  
25 capa limitante de GaAlAs en una formación de emparedado, encontrándose se la capa activa entre las capas limitantes, una superficie de emisión de luz sobre una de las capas limitantes, la superficie de rugosidad aleatoria, y medios para alimentar una polarización de voltaje al diodo para producir un área fotoemisora alineada con la superficie  
30 de emisión de luz, comprendiendo los medios que alimentan la polariza-

ción una capa metálica de contacto sobre la superficie de la otra capa limitante, formando la capa metálica de contacto un espejo alineado con el área fotoemisora.

5 En particular, las capas se encuentran sobre un substrato con una abertura que lo atraviesa hasta la primera capa limitante, estando la superficie de emisión de luz alineada con la abertura, y la capa metálica de contacto se forma sobre una capa aislante de óxido ópticamente transparente, la capa metálica de contacto en contacto con la otra capa limitante a través de una abertura en la  
10 capa de óxido alineada con la abertura en el substrato.

El invento se comprenderá fácilmente por la descripción que sigue, tomando como referencia los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que:

15 La figura 1 es una vista en sección transversal a través de un LED que ilustra el ángulo crítico.

La figura 2 es una vista en sección transversal a través de un LED, similar al de la figura 1, pero ilustra una superficie rugosa en la superficie de emisión de luz.

20 La figura 3, es una vista en sección transversal a través de una estructura de acoplamiento para acoplar una fibra óptica a un LED.

Según se ilustra en la figura 1, una estructura de LED 10 tiene un volumen o capa fotoemisora 11. La superficie a través de la cual se emite la luz está indicada con la referencia 12.

25 Un rayo de luz 13 emitido desde la capa 11 perpendicular al plano de la capa 11, y la superficie 12, saldrá del dispositivo. Un rayo 14 emitido en un ángulo  $\theta$  se emitirá también desde el dispositivo, suponiendo que  $\theta$  sea el ángulo crítico, así como cualquier rayo entre estos dos rayos 13 y 14, por ejemplo el rayo 15. Cualquier  
30 rayo emitido desde la capa 11 con un ángulo mayor que  $\theta$  por ejemplo el rayo 16, será reflejado internamente y no se encontrará nunca con

la superficie 12 en un ángulo diferente; no obstante, se reflejará muchas veces. Finalmente queda absorbido en el interior.

La figura 2 ilustra un dispositivo o estructura 20, que tiene el volúmen o capa fotoemisora 11 y una superficie 21 a través de la cual se emite la luz. La superficie 21 es rugosa con un perfil irregular o aleatorio, vista en sección transversal. Por este medio, un rayo que no sea emitido a través de un dispositivo plano puede encontrar posiblemente la superficie con un ángulo menor que el ángulo crítico, por ejemplo, el rayo 23. El rayo que encuentra la superficie 12 con un ángulo mayor que el ángulo crítico se refleja hacia la superficie posterior 24 y después de refleja hacia la superficie 21 y esta vez puede encontrar posiblemente la superficie con un ángulo menor que el ángulo crítico, por ejemplo como el rayo 25. La rugosidad de la superficie 21 se representa exajerada para ilustrar la característica básica del invento.

La figura 3 ilustra con más detalle una modalidad particular del invento, con relación al acoplamiento de la luz emitida en una fibra óptica. Un substrato 30 de material semiconductor, en el ejemplo presente GaAs, tiene una pluralidad de capas formadas, por ejemplo por desarrollo epitaxial siendo las capas en secuencia a partir del substrato 30 una primera capa limitante 31 de GaAlAs, una capa activa 32 GaAs y una segunda capa limitante 33 de GaAlAs. Los tipos de conductividad son de tal naturaleza que el substrato 30 y la primera capa limitante 31 son del mismo tipo; la capa activa 32 puede ser del mismo tipo o de tipo opuesto al substrato y la primera capa limitante, y la segunda capa limitante es del tipo de conductividad opuesta al substrato y la primera capa limitante. Así, por ejemplo, el substrato 30 y la primera capa limitante 31 son del tipo n, la capa activa 32 es del tipo n ó p y la segunda capa limitante 33 es del tipo p. Las dos capas limitantes 31 y 33 y la capa activa 32 se

adulteran a niveles apropiados, según es bien sabido. Por ejemplo, las capas limitantes se pueden adulterar hasta un nivel de  $10^{18}$ , mientras que la capa activa 32 se puede adulterar hasta un nivel de, por ejemplo, entre  $10^{17}$  y  $10^{18}$ . Las capas limitantes 31 y 33 contienen aluminio hasta un valor predeterminado, mientras que la capa activa 32 puede o no incluir aluminio. Si se incluye aluminio, se incluye a un nivel sensiblemente menor que el del contacto de aluminio de las capas limitantes según es tradicional.

Después de la formación de las capas 31, 32 y 33- el substrato 30 se enmascara y se mordenta, normalmente empleando técnicas de mordentado fotolitográficas, para producir un orificio o abertura 34 a través del substrato hasta la superficie de la capa 31. Un reactivo de mordentado normal consiste en 25 partes de  $H_2O_2$  por una parte de  $NH_4OH$ . Una capa de óxido metálico 35 se forma entonces sobre la superficie de la capa 33. Una abertura 36 se forma en la capa de óxido 35 alineada axialmente con el orificio 34 en el substrato. La abertura 36 se puede formar por enmascaramiento antes de formar la capa 35, o formando la capa 35 inmediatamente de un lado a otro de la superficie de la capa 33, y mordentando después fotolitográficamente la abertura. Una capa metálica de contacto 37 se forma entonces sobre la capa de óxido y penetrando en la abertura 36 en contacto con la capa 33. Asimismo se forma una capa de contacto 38 sobre el substrato 30. Finalmente, la superficie 39 de la capa 31 expuesta en el fondo del orificio 34 se hace rugosa, por mordentado, comprendiendo los posibles reactivos de mordentado 30/10/3 ( $CH_3COOH-HNO_3-HF$ ) durante 40 segundos a  $25^\circ C$ . Este reactivo de mordentado no ataca los contactos de oro del dispositivo. Otro reactivo de mordentado es  $KI/I_2$  por espacio de 30 segundos a  $60^\circ C$ , pero este reactivo ataca los contactos de oro.

Como resultado de la dispersión de corriente en las capas 31, 32 y 33, el área emisora 40 es mayor que la abertura 36 en

una corona circular 41. La combinación de capa metálica 37, cubriendo la capa de óxido 35 que rodea a la abertura 36, forma un espejo muy eficaz para luz que se emitira por el área emisora 40. En particular, existe un espejo altamente eficaz en la región anular 44 para la luz que es emitida en la región emisora anular 41, perpendicular o casi perpendicular al plano del área emisora 40. La capa metálica de contacto 37 en contacto directo con la capa 33 actúa también como espejo parcial reflejando rayos que la encuentran de nuevo hacia la superficie 39.

El área emisora 40 se diseña con un tamaño menor que el orificio 34. El alma 42 de la fibra óptica 43 se sitúa opuesta al área emisora 40. En general, el alma de la fibra es mayor que el área emisora 40.

Una relación particularmente útil de diámetro emisor a diámetro del alma de la fibra es de 60/80, siendo un tamaño normal una región emisora 40 de 60  $\mu\text{m}$  y un diámetro de 80  $\mu\text{m}$  para el alma de fibra fototransmisora 42. No obstante, el invento tiene aplicación a diversos diámetros de fibras, y se han empleado fibras con diámetros de 125  $\mu\text{m}$  y 52  $\mu\text{m}$ . Las aberturas numéricas de dichas fibras pueden tener también valores diferentes.

Los resultados normales en una pluralidad de dispositivos han demostrado aumentos de eficacia hasta el 150 %. Se cree que este gran aumento de eficacia puede atribuirse a las combinaciones de la superficie de emisión rugosa y al empleo de una superficie reflectora en el dorso del dispositivo. Hasta el momento se había considerado que al contrario que en la situación que existe en los LED que emiten luz visible, v.g., los fabricados a partir de GaP, las características de absorción del GaAlAs son de tal naturaleza que la mayor parte de la emisión de luz de un dispositivo tiene lugar en el primer encuentro entre los rayos emitidos directamente y la superficie de emi-

si3n, v.g., los rayos emitidos hacia la superficie de emisi3n, y que cualquier rayo reflejado de nuevo al dispositivo se absorberia. Se ha supuesto que los rayos emitidos hacia atr3s o sea en sentido contrario a la superficie de emisi3n, eran absorbidos antes de que se reflejaran de nuevo hacia la superficie de emisi3n, o se absorberian despu3s de dicha reflexi3n pero antes de alcanzar la superficie de emisi3n.

No obstante, la provisi3n de la superficie reflectora formada por la zona interfacial de metal y oxido met3lico ha demostrado aumentar la emisi3n y, que los rayos que se emiten en direcciones relativas a la superficie de emisi3n distintas al angulo cr3tico o por debajo del 3ngulo cr3tico, se pueden reflejar de nuevo a la superficie de emisi3n. Asimismo, los rayos reflejados desde la superficie de emisi3n pueden "rebotar" y dichos trayectos pueden indicar un n3mero de "rebotes". La superficie de emisi3n rugosa aumenta la probabilidad de que dichos rayos reflejados encuentren la superficie de emisi3n en un 3ngulo equivalente al 3ngulo cr3tico o menor que el 3ngulo cr3tico.

Para obtener una gran eficacia de acoplamiento en las fibras 42, se puede situar un fluido de armonizaci3n de 3ndice en la abertura 34, entre el extremo de la fibra 42 y la superficie 39.

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, as3 como la manera de realizarse en la pr3ctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle, en cuanto no alteren su principio fundamental.

REIVINDICACIONES

5 1.- Perfeccionamientos en diodos luminiscentes, del tipo que comprende: una primera capa limitante de GaAlAs, una capa activa de GaAs y una segunda capa limitante entre las capas limitantes, siendo las capas limitantes del tipo de conductividad opuesta y la capa activa del mismo tipo de conductividad que una de las capas limitantes para formar una unión p-n entre la capa activa y una de las capas limitantes; y una superficie de fotoemisión en una de las capas limitantes, caracterizados porque se dota a la superficie de fotoemisión de rugosidad aleatoria, y porque se dota a cada diodo de una  
10 capa metálica de contacto sobre la superficie de la otra capa limitante, para alimentar una polarización de voltaje a dicha unión p-n con el fin de formar un área fotoemisora alineada con la superficie de fotoemisión, formando la capa metálica de contacto un espejo óptico alineado con el área fotoemisora.

15 2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque la capa activa es de GaAlAs, siendo el contenido de aluminio sustancialmente menor que el contenido de aluminio sustancialmente menor que el contenido de aluminio de las capas limitantes.

20 3.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque cuando el diodo comprende: un substrato de GaAs de un tipo de conductividad y que tiene dos superficies principales paralelas; una primera capa limitante de GaAlAs en una de las superficies principales de substrato y del mismo tipo de conductividad que el substrato, una capa activa de material GaAs en la primera capa limitante de uno u otro tipo de conductividad; y una segunda capa limitante de GaAlAs sobre la capa activa y de un tipo de conductividad opuesto al de la primera capa limitante, formando la capa activa una emisión p-n con una de las capas limitantes; se dispone una  
25 capa de oxido aislante ópticamente transparente sobre la segunda capa  
30

ME

limitante, definiendo la capa de óxido una abertura en el mismo; una capa metálica de contacto sobre la capa de óxido metálico, cuya capa de contacto se extiende en la abertura en contacto con la segunda capa limitante para definir un área fotoemisora en la capa activa alineada con la abertura mayor que dicha abertura; una abertura a través del substrato hasta la primera capa limitante, para definir una superficie de fotoemisión alineada con el área fotoemisora, siendo la superficie de fotoemisión de rugosidad aleatoria y por lo menos del mismo tamaño que el área fotoemisora, formando la capa metálica de contacto un espejo sobre la capa de óxido metálico al menos para el área que rodea a la abertura en la capa de óxido metálico en alineación con la parte del área fotoemisora que se extiende mas allá de la abertura en la capa de óxido metálico, y otra capa de contacto sobre la otra superficie del substrato, por lo que, al alimentarse una polarización de voltaje a la unión p-n, se emite luz desde el área fotoemisora y sale a través de la superficie de fotoemisión.

4.- Perfeccionamientos según la reivindicación 3, caracterizados porque la abertura en el substrato es mayor que el área fotoemisora y comprende una fibra óptica situada en la abertura, alineándose el alma fotoconductor de la fibra con el área fotoemisora, poniéndose la superficie extrema de la fibra en contacto íntimo con la superficie fotoemisora.

5.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones anteriores, caracterizados porque cuando el diodo se realiza desarrollando en secuencia tres capas epitaxiales: una primera capa limitante de material semiconductor GaAlAs de un primer tipo de conductividad, una capa activa de material semiconductor GaAs de uno u otro tipo de conductividad y una segunda capa limitante de material semiconductor de GaAlAs de un tipo de conductividad opuesto al de la primera capa confinante, formándose una unión p-n entre la capa activa y una de dichas capas confinantes; y formar contactos para la alimentación

ME

de una polarización de voltaje a través de dicha unión p-n para formar un área fotoemisora; se mordenta la superficie de una de las capas limitantes para formar una superficie de fotoemisión alineada con el área fotoemisora, siendo la superficie de fotoemisión de rugosidad aleatoria.

5  
10  
15  
20  
25  
30

6.- Perfeccionamientos según la reivindicación 5, caracterizados porque cuando la primera capa limitante se desarrolla sobre una superficie de un substrato de GaAs del mismo tipo de conductividad que la primera capa limitante: se forma una capa de óxido aislante ópticamente transparente sobre la superficie de la segunda capa limitante y se forma una abertura que atraviesa la capa de óxido hasta la superficie de la segunda capa limitante; se forma una capa metálica de contacto sobre la capa de óxido, poniéndose la capa metálica de contacto en la abertura en contacto con la segunda capa limitante; se mordenta fotolito gráficamente una abertura a través del substrato hasta la primera capa limitante para exponer las superficies de la primera capa limitante y formar una superficie de fotoemisión; se forma una capa de contacto sobre el substrato, siendo la capa metálica de contacto en la abertura en la capa de óxido y la capa de contacto sobre el substrato que define el área fotoemisora mayor que la abertura en la capa de óxido, formando la capa metálica de contacto alrededor de la periferia de la abertura en la capa de óxido, un espejo alineado por lo menos con la parte del área fotoemisora que se extiende mas allá de la abertura en la capa de óxido, y mordentar la superficie expuesta de la primera capa limitante para formar rugosidad aleatoria en la superficie de fotoemisión.

7.-Perfeccionamientos según la reivindicación 6, caracterizados porque se mordenta la abertura a través del substrato hasta un tamaño mayor que el área fotoemisora y se sitúa una fibra óptica en la abertura.

ME

8.- Perfeccionamientos en diodos luminiscentes, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente memoria, e ilustrado en los dibujos adjuntos.

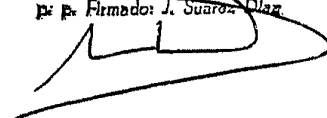
Esta Memoria consta de 11 hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 10, JUN 1977

NORTHERN TELECOM LIMITED

J. M. GOMEZ AGUDO Y POMBO

Por Firmado: J. Suarez Diaz



ME

