

Ini. 608C 19136

G.M. Borsuk - 1

3.<sup>a</sup> COPIA

201

GOVERNAMENTO  
26 ENE. 1977

MEMORIA DESCRIPTIVA PARA SOLICITAR PATENTE DE IN-  
VENCION EN ESPAÑA POR: "UN SISTEMA DE COMUNICACION  
OPTICA", A NOMBRE DE STANDARD ELECTRICA, S.A., CON  
DOMICILIO EN MADRID, CALLE DE RAMIREZ DE PRADO, Nº 5.

5 El presente invento se refiere a un sistema de  
comunicación óptico y, más concretamente, a un sistema  
para multiplexar cierto número de canales ópticos en un  
único canal óptico. El extremo final de un paquete de n  
fibras ópticas se reproduce sobre el área de un dispositi-  
vo de transferencia de carga que tiene n fotosensores.  
Cada fibra óptica se acopla a una luz modulada en inten-  
sidad, que corresponde a las señales analógicas o MIC. La  
señal de salida eléctrica serie del dispositivo de trans-  
10 ferencia de carga, es la señal multiplexada por división  
de tiempo de todos los canales de fibra óptica. La señal  
de salida se convierte entonces en una única señal óptica  
TDM para su transmisión sobre una única fibra óptica.

15 El concepto básico de un dispositivo de trans-  
ferencia de carga es simplemente la acumulación y almace-

naje de carga (que representa una señal de información), seguido por el movimiento (o transferencia) de esta carga bajo el control de formas de onda de reloj y, por último, a una salida determinada. La fig. 1 muestra una

5 sección transversal de un típico dispositivo de transferencia de carga (CTD) de p capas de silicio iluminado por la parte superior. La aplicación de un potencial positivo a los electrodos puerta provoca la formación de agotamiento en el adaptador del semiconductor de óxido. Esta región

10 de agotamiento, puede considerarse también como una región de potencial, indicado por las líneas de puntos, en donde pueden acumularse los portadores minoritarios (electrones en este caso).

Existen dos maneras ventajosas de rellenar estas regiones o pozos de potencial. La primera es la inyección de cargas en la porción de una señal eléctrica.

15 Esto podría realizarse, por ejemplo, mediante una difusión, como se muestra en la izquierda superior. La otra forma es, por supuesto, mediante fotones, para generar pares electrón

20 -hueco en la región de agotamiento del semiconductor (o aproximarse lo suficiente a ellos para que los portadores minoritarios puedan difundirse en el pozo de potencial).

En este caso, el número de portadores minoritarios generados, estará en proporción con el flujo del fotón. Este pozo de potencial se crea en una región (correspondiente a

25 una fase) de cada etapa CTD (por la aplicación de un potencial positivo). Mientras exista este potencial, se reunirán y almacenarán las cargas fotogeneradas, representando la intensidad de la luz incidente en cada etapa, integrada

30 da en un período de tiempo determinado por el reloj de CTD.

Al final del período de integración, se realiza la transferencia de carga por un ciclo secuencial de los potenciales en las diferentes etapas. Los paquetes de cargas se leen en serie a través del detector de salida de la derecha. Para esta configuración articular, el periodo de integración óptica es sustancialmente más largo que el tiempo requerido para transferir los paquetes de cargas a la salida, para evitar la situación de mancha. Un método alternativo que evita este problema concreto se muestra esquemáticamente en la fig. 1(b), en donde después de haberse acumulado los portadores fotogenerados minoritarios, se transfieren en paralelo los paquetes de carga, a un registro de conversión CTD, que no es fotoactivo. Estas cargas se leen en serie durante un siguiente periodo de integración óptica.

Ya que los sensores luminosos de los CTD son dispositivos de muestreo del elemento multi-foto, la detección óptica de un paquete de fibras modulado individualmente es, según el presente invento, una tarea para la que son apropiados los sensores luminosos del CTD, en oposición a los fotodetectores discretos.

Dado que el CTD de la reproducción es un dispositivo de muestreo de luz, su respuesta efectiva a los portadores minoritarios fotogenerados puede ser degradada si el tiempo de la integración óptica (o intervalo de la muestra) es más corto que el tiempo requerido para la difusión de estos portadores en un pozo de potencial. Sin embargo, el último efecto tiene una importancia secundaria porque el tiempo de integración viene condicionado por el intervalo de tiempo requerido para leer la información

almacenada y, como consecuencia, es una función de la cadencia de transferencia de carga y del número de elementos en el conjunto. Actualmente, la respuesta del CTD está limitada por la cadencia de transferencia de carga.

5 Las cadencias de transferencia de carga para los CTD de reproducción son del orden de 10 MHz (aunque las cadencias de transferencia del orden de 130 MHz se han utilizado recientemente para un CTD serie/serie). A estas cadencias, el tiempo de integración es largo comparado con  
10 el efecto mencionado anteriormente. Si existen 256 elementos fotosensibles discretos, el intervalo de muestra es del orden de 25 microsegundos. Esto no es comparable con la velocidad de respuesta de los fotodiodos PIN, cuya respuesta puede ser menor de un nanosegundo, o los APD, cuya  
15 respuesta puede ser del orden de un nanosegundo. Sin embargo, para aquellas aplicaciones en que lo importante es un conjunto de fotosensores independiente y compacto, más bien que la velocidad de respuesta, pueden ser más adecuados los CTD.

20 Un objetivo del presente invento es proporcionar un método para utilizar un dispositivo de transferencia de carga sensible a la luz, para realizar la multiplexión óptica de un paquete de fibras ópticas que transporta comunicaciones ópticas.

25 Según los aspectos más amplios del invento, están interconectados un dispositivo de transferencia de carga sensible a la luz y un paquete de fibras ópticas. El plano final del paquete de  $n$  fibras se reproduce en el  
30 área de un conjunto (array) con  $n$  foto-sensores. Cada fi-

bra óptica transporta bien la luz modulada en intensidad que corresponde a señales analógicas, o luz que corresponde a señales MIC. La señal de salida eléctrica serie del conjunto es la señal multiplexada por división de tiempo de todos los canales de fibra, y puede ser convertido ahora en una señal óptica TDM, y transmitida por una única fibra óptica.

Además, la señal TDM resultante también aplicada a un sector paralelo de  $n$  conmutadores (que pueden ser conmutadores FET), y demultiplexada en canales eléctricos individuales. Para esta confirmación, se controla el estado de cada conmutador por el reloj del dispositivo de transferencia de carga a través de un registro de conversión, de tal manera que cada conmutador se activa secuencialmente una vez por ciclo de cuadro, y se lee la correspondiente fotocorriente a un cable de fibra óptica del paquete.

También, la anchura de banda analógica máxima de cada canal depende de la frecuencia del reloj del dispositivo de transferencia de carga  $f_c$ , y del número de elementos fotosensibles  $n$ . Dicha anchura de banda viene dada por

$$B = \frac{f_c}{2n}$$

Otros objetivos, características y ventajas del invento aparecerán evidentes a las personas familiarizadas con esta técnica, refiriéndonos a la presente configuración y a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

Las figs. 1(a) y 1(b) ilustran los conceptos básicos del dispositivo de transferencia de carga utili-

zado en el invento;

La fig. 2 es un diagrama del sistema de multiplexión óptica que utiliza un adaptador del dispositivo de transferencia de carga de fibra óptica, según el inven  
5 to.

Las figs. 3a y 3e son diagramas de forma de on  
da para explicar la fig. 2.

Describiremos el concepto del invento en relación con la fig. 2. Debe considerarse que el término dispo  
10 sitivo de transferencia de carga (CTD) es genérico para los tipos de dispositivos conocidos como dispositivos de acoplo de cargas (CCD) y dispositivos de conjunto de cubos (BBD). Un generador de dispositivos de acoplo de cargas en el Semiconductor Fairchild, Mountain View, California; ta-  
15 les circuitos están disponibles en varios conjuntos de foto-elementos, por ejemplo, el Dispositivo de Acoplo de Cargas Elemento-500 Sensor de Imagen Lineal de Estado Sólido -101 CCD.

En la fig. 2 se muestra una combinación opera-  
20 tiva de un Dispositivo de Transferencia de Carga sensible a la luz 11 y un paquete de fibras ópticas 12. El plano final 13 de n fibras ópticas está reproducido en el área sensible a la luz 14 de un conjunto CTD. E to puede conse-  
guirse bien utilizando un elemento de reproducción óptica  
25 15, tal como una lente, o haciendo terminar las fibras ópticas directamente en la superficie del CTD, o interponiendo una guiaonda de película óptica en la superficie del CTD al que se acopla la energía óptica. Cada fibra 12a, b....n puede transportar la luz modulada en intensidad que  
30 corresponde bien a señales analógicas o señales MIC.

Cada fibra 12a, b....n corresponde a un canal 1,2...n y un generador de señal  $g_1, g_2, \dots, g_n$ . Las señales del generador se convierten en luz modulada en intensidad  $l_1, l_2, \dots, l_n$  por LED o diodos laser  $d_1, d_2, \dots, d_n$ .

5 La salida eléctrica serie 20 es una señal multiplexada en tiempo y muestreada de todos los canales de fibra 1, 2....n. La anchura de banda analógica máxima de cada canal depende del intervalo de muestra CTD y viene dada por  $f_c/2n$ , donde  $f_c$  es la cadencia de reloj y n el número de elementos fotosensibles del conjunto 14.

10 Esta señal muestreada TDM 20 puede ser transmitida para subsiguiente demultiplexión en señales eléctricas discretas, o usarse directamente para modular un LED o diodo laser 21 para producir una señal luminosa TDM que se transportaría por una sola fibra óptica 23. Después de la transmisión por la fibra óptica 23, la señal luminosa TDM 22 puede ser detectada por un APD (fotodiodo de avalancha) 24 u otro tipo de fotodetector, y acoplado por el amplificador 25 a un demultiplexor 26, para su conversión a los canales individuales originales.

25 Refiriéndonos a la fig. 3, en ella se muestran las formas de onda útiles para el entendimiento del invento mostrado en la fig. 2. Las figs. 3a-c representan la parcela de intensidad de luz de cada canal a ser muestreado en el CTD. La cadencia de reloj se muestra en la fig. 3e. Las formas de onda de reloj que se muestran son para un dispositivo e dos-fases y son formas de onda de reloj bi-fase.

30 Otros tipos de CTD podrían tener otras formas de reloj y fases, esto es, formas de onda de reloj de tres-

-fases. La fig. 3d representa la señal de salida eléctrica resultante TDM de los N elementos foto-sensores CTD que corresponden a los N canales de luz que se muestran a la vez, para producir la multiplexión por división de tiempo.

5                   En una configuración práctica del invento de la fig. 2, se seleccionó un canal CCD de tres fases 60xl, Fairchild tipo CCD-60-62D1. Un conjunto de nueve LED, RCA GaAs tipo 40736R se interconectó a nueve fibras de plástico Crofon de, aproximadamente, 10 milímetros de diámetro  
10 cada una. El extremo del paquete de nueve fibras se fijó con mansilla epoxy para darle rigidez, se pulió y abri-llantó convenientemente. Se actuó una lente convergente para proyectar una imagen reducida de este plano del extremo en el área fotoactiva del CCD de tres fases 60xl. Por supuesto que la mejor configuración es contar con una sola  
15 fibra que ilumine a un solo elemento fotosensible en una correspondencia uno-a-uno, y esto puede realizarse con una apropiada selección de los componentes.

El CCD estaba temporizado a una cadencia de 30  
20 kHz. Tres canales discretos de los nueve tienen respectivamente una señal de 28 Hz, 45 Hz y 56 Hz acopladas por el correspondiente LED. La salida de cada uno de los tres LED produjo una señal de luz modulada en intensidad. Las fibras correspondientes a los tres canales seleccionados  
25 condujeron la luz que estaba modulada en intensidad por las ondas senoidales de las tres frecuencias.

La señal de salida desde el CCD era una señal TDM que estaba directamente aplicada a un único LED RCA, N° 40736R. La señal TDM fue convertida por el LED que  
30 produjo una luz modulada en intensidad TDM guiada a tra-

vés de una única fibra óptica de plástico Crofon. La señal de luz TDM se acopló a un fotodiodo de silicio y su salida se aplicó a los circuitos de demultiplexión que re construyeron las tres señales originales correspondientes a los tres canales discretos. La demultiplexión se realizó por conmutación sincronizada según el reloj del CCD de un banco de FET sobre el que se impresionó la señal TDM.

En este ejemplo, las señales de los tres canales discretos fueron señales arbitrariamente seleccionadas de 56 Hz y 28 HZ. La frecuencia de información más elevada que podría haberse utilizado era de 250 Hz, que correspondía a la división de la cadencia de reloj de 30 KHz por el número total de foto-elementos (60), teniendo en cuenta que se requerían dos muestras por ciclo. En este caso particular, la cadencia de reloj lenta no es típica. Este CCD particular estaba también temporizado a 500 KHz, con cana les discretos a 4 KHz, con los mismos resultados que a 30 KHz, comprobando la aproximación. A una temporización de 1 MHz, cada canal tendría una anchura de banda analógica de, aproximadamente, 8,3 KHz.

Lo anterior describe las características generales de los dispositivos de transferencia de carga de re producción y se ha descrito una compatibilidad física de tales conjuntos de fotosensores con paquetes de fibras ópticas, de tal manera que la multiplexión de un número de canales ópticos en un solo canal óptico es particularmente ventajosa.

Actualmente están disponibles CCD de reproducción que tienen 256 fotosensores y cadencias de transferencia de 10 MHz. Tal dispositivo empleado en el esquema descrito

5 anteriormente permitiría la multiplexión de 256 canales de fibra con una anchura de banda analógica por canal de, aproximadamente, 20 KHz. Sobre la base de las cadencias de transmisión de 130 MHz de la técnica actual, se puede proyectar la fabricación de un dispositivo con 130 fotoe-  
 10 lementos que pueden acomodar 130 canales que transportan una señal MIC de M-bit por canal o, alternativamente, un dispositivo con 500 fotoelementos que acomodan 500 canales que transportan señales MIC de 130 Kbit.

10 Ha de quedar entendido que la anterior descripción de una forma determinada del invento se hace a modo de ejemplo y no debe considerarse como limitación de su alcance.

15 El presente invento corresponde a una solicitud de patente formulada en Estados Unidos el día 14 de Mayo de 1974 señalada con el número 469.915 grupo 234 y se acoge, por lo tanto, a los beneficios que otorgan los convenio internacionales vigentes.

----- NOTA -----

20 Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de la presente patente de veinte años son:

- 1.- Un sistema de comunicación óptica que comprende:
- 25 -varios elementos para conducir luz de fibra óptica, cada uno de los cuales transporta una señal luminosa modulada en intensidad; y
- un dispositivo de transferencia de carga que responde a los elementos de conducción para desarrollar una señal
- 30 multiplexada por división de tiempo que corresponde al

número total de señales de luz transportadas por dichos elementos de conducción de luz.

5                   2.- Un sistema, según el punto 1, que incluye elementos para convertir la señal multiplexada por división de tiempo en una señal de luz modulada en intensidad y multiplexada por división de tiempo, para su transmisión por elementos de conducción de una sola fibra óptica.

10                   3.- Un sistema, según el punto 1 que comprende:  
-Un generador de  $n$  señales luminosas moduladas en intensidad,  
- $n$  elementos de conducción de luz por fibra óptica para guiar dichas señales del luz a lo largo de una vía, y  
-un dispositivo de transferencia de carga que tiene  $n$  elementos fotosensibles que responden a las señales de luz  
15                   guiadas para generar una señal multiplexada por división de tiempo que representa dichas  $n$  señales de luz moduladas en intensidad.

20                   4.- Un sistema, según el punto 3, que incluye,  
-elementos para transmitir dicha señal multiplexada por división de tiempo a lo largo de una sola vía de transmisión.

25                   5.- Un sistema, según el punto 3, que incluye  
-elementos para convertir dicha señal multiplexada por división de tiempo en  $n$  señales separadas.

30                   6.- Un sistema, según el punto 3 que incluye,  
-un generador de  $n$  señales de marcación de información,  
-elementos para convertir dichas  $n$  señales en  $n$  señales de luz moduladas en intensidad,  
-un paquete de  $n$  fibras ópticas para la transmisión de las señales de luz,

-un dispositivo de transferencia de carga que tiene un conjunto de  $n$  elementos foto-sensibles,  
 -elementos para situar dicho dispositivo de transferencia de carga a fin de que un plano final de dicho paquete de  $n$  fibras se reproduzca sobre dicho conjunto en correspondencia de uno-a-uno, y  
 -elementos para muestrear dicho conjunto y generar una señal eléctrica multiplexada por división de tiempo que corresponde a las  $n$  señales de luz modulada en intensidad.

5

7.- Un sistema, según el punto 6 que incluye,  
 -elementos para generar una señal óptica multiplexada en tiempo para su transmisión por una sola fibra óptica.

10

8.- Un sistema, según el punto 7 que incluye,  
 -elementos para detectar dicha señal óptica y reconstruir las  $n$  señales de marcación de información.

15

9.- Un sistema de comunicación óptica según el punto 1 que comprende la combinación de:

-un conjunto de elementos de conducción de luz de fibra óptica, cada uno de los cuales transporta una señal de luz modulada en intensidad;

20

-un dispositivo de transferencia de carga que responde a dicha señal modulada en intensidad para desarrollar una señal eléctrica multiplexada por división de tiempo que corresponde al número total de señales luminosas por dichos elementos de conducción, y

25

-elementos para convertir dicha señal eléctrica multiplexada por división de tiempo en una señal de luz modulada en intensidad multiplexada por división de tiempo, para su transmisión por una única fibra óptica de luz.

30

10.- Un sistema de comunicación óptica según el

punto 9 que comprende la combinación:

-un generador de  $n$  señales de luz moduladas en intensidad,  
 - $n$  elementos de conducción de luz de fibra óptica para  
 guiar cada una de las señales a lo largo de una vía dis-  
 creta;

5

-Un dispositivo de transferencia de carga que tiene  $n$  ele-  
 mentos fotosensibles que interconectan dichos elementos y  
 que generan una señal multiplexada por división de tiempo  
 que representa las  $n$  señales de luz moduladas en intensi-  
 dad; y

10

-elementos para transmitir dicha señal multiplexada en  
 tiempo a lo largo de una única vía de transmisión.;

11.- Un sistema de comunicación óptica según el  
 punto 10 que comprende:

15

-la conducción de diversas señales de luz moduladas en  
 intensidad a través de fibras individuales de un paquete  
 de fibras ópticas.

20

-la reproducción del plano final de dicho paquete sobre un  
 conjunto sensible a la luz de un dispositivo de transfe-  
 rencia de carga, y

/

-el muestreo de dicho conjunto y la generación de una señal  
 multiplexada por división de tiempo que corresponde al  
 conjunto de señales.

25

12.- Un sistema, según el punto 11 que incluye:  
 -la transmisión de dicha señal multiplexada en tiempo a  
 lo largo de una única vía de conducción.

30

13.- Un sistema de comunicación óptica según  
 el punto 11 que comprende:

-la generación de  $n$  señales,

-la conversión de estas  $n$  señales en  $n$  señales de luz mo-

duladas en intensidad

-la transmisión de dichas señales luminosas a través de un paquete de  $n$  fibras ópticas por  $n$  vías discretas,

-la situación de un dispositivo de transferencia de carga para reproducir un plano final de dichas  $n$  fibras ópticas sobre un conjunto de  $n$  elementos foto-sensibles de dicho dispositivo,

-el muestreo de dicho dispositivo para generar una señal eléctrica multiplexada por división de tiempo que corresponde a dichas  $n$  señales luminosas moduladas en intensidad.

14.- Un sistema según el punto 13 que incluye:

-la generación de una señal óptima multiplexada por división de tiempo a partir de la mencionada señal eléctrica, para su transmisión por una única fibra óptica.

15.- Un sistema, según el punto 14, que incluye,

-la detección de dicha señal óptica y la reconstrucción de las  $n$  señales mencionadas.

16.- Un sistema de comunicación óptica.

Tal y como se ha descrito en la memoria que antecede representado en los dibujos que se acompañan y a los fines especificados.



Esta memoria consta de quince hojas escritas  
por una sola cara.

Madrid, 13 MAYO 1975



M. G. SANTAMARIA  
VICESECRETARIO GENERAL

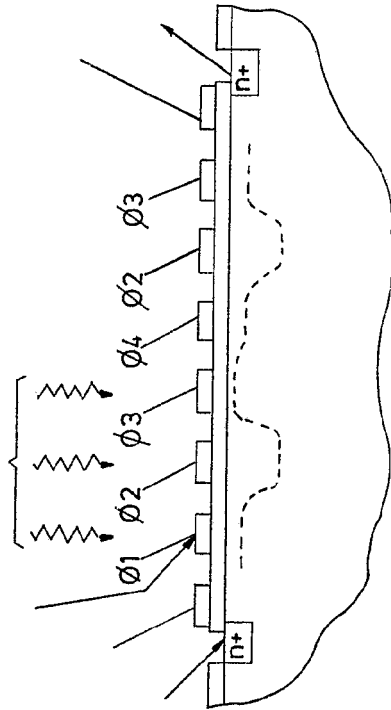


FIG.1a

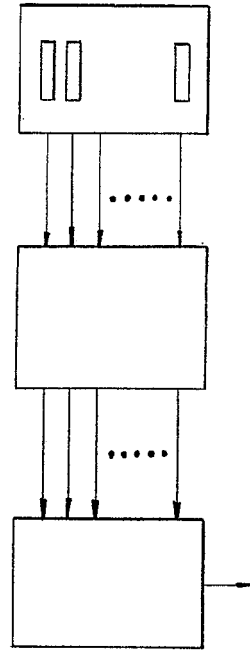
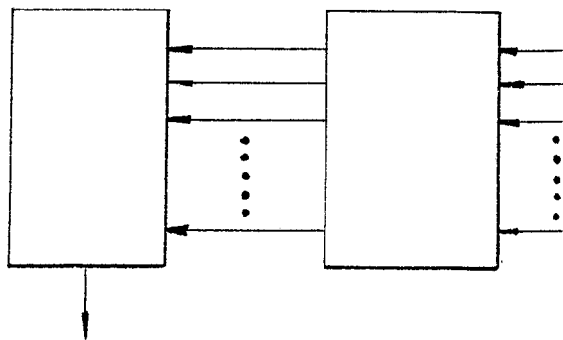
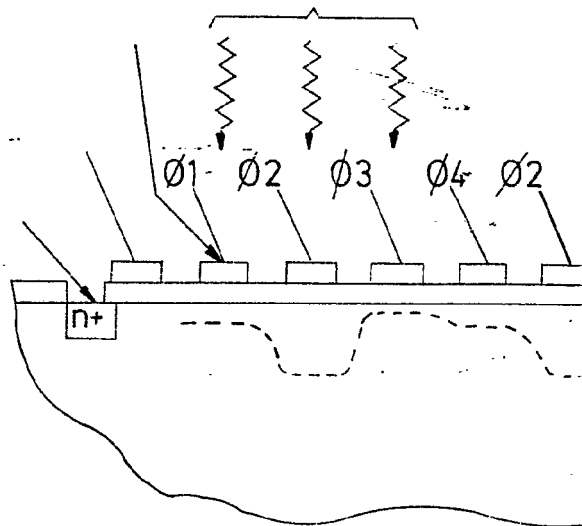


FIG.1b

13 MAYO 1975

*M. G. Santamaria*  
M. G. SANTAMARIA  
VICE-SECRETARIO GENERAL





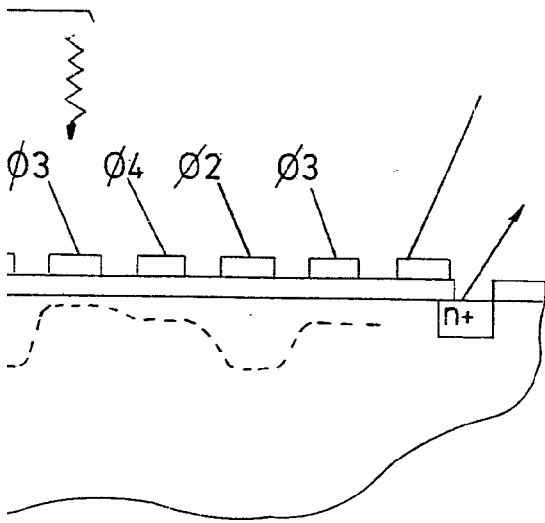


FIG.1a

13 MAYO 1975

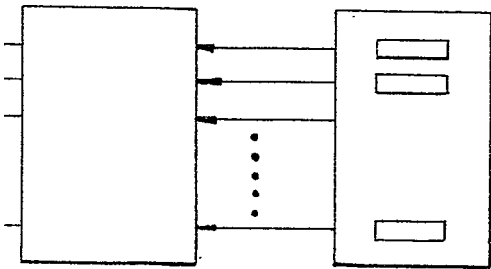


FIG.1b

  
M. G. SANTAMARIA  
VICE-SECRETARIO GENERAL

13 MAYO 1975

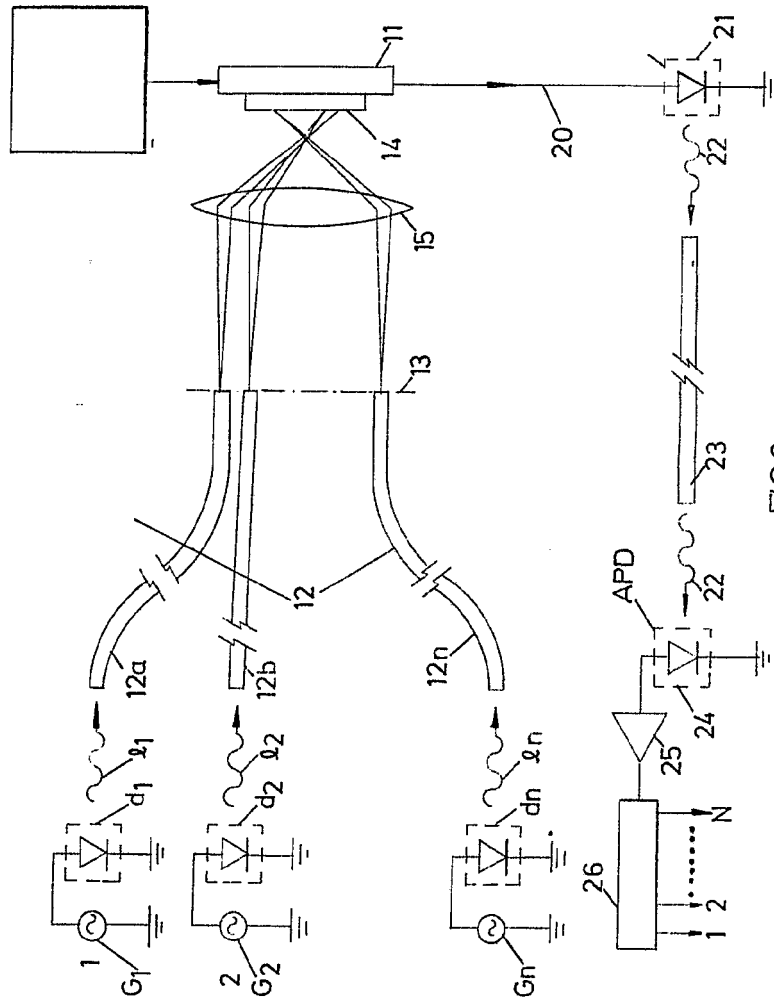


FIG.2



*M. G. Santamaría*  
 M. G. SANTAMARÍA  
 VICESecretARIO GENERAL

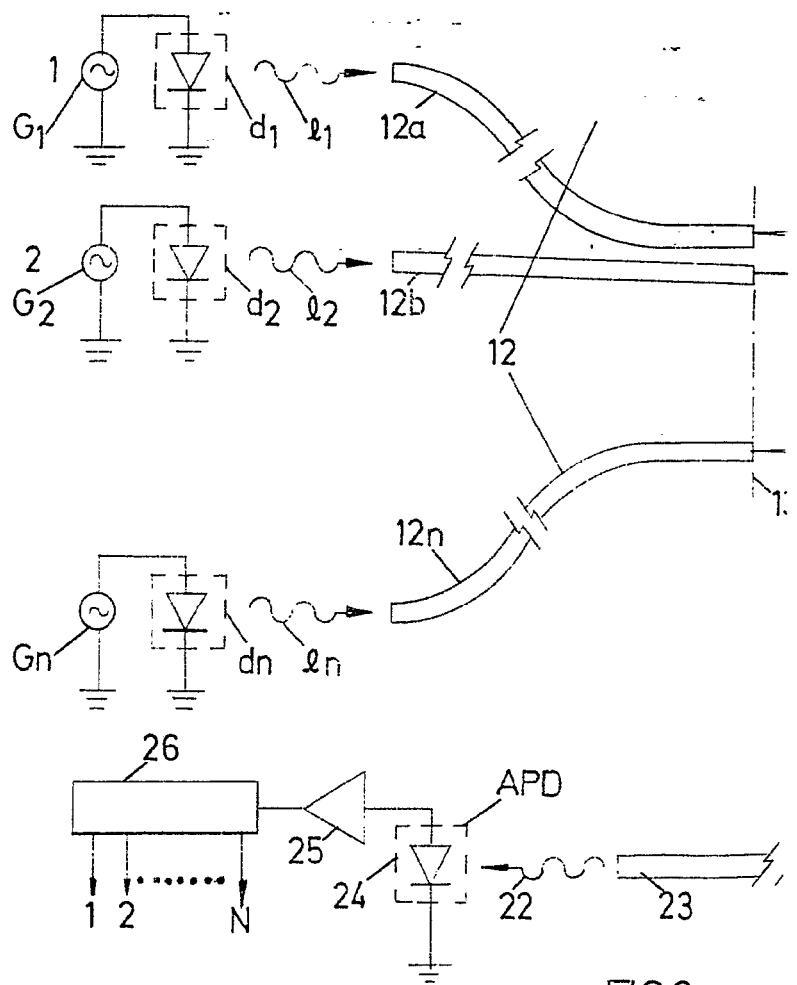
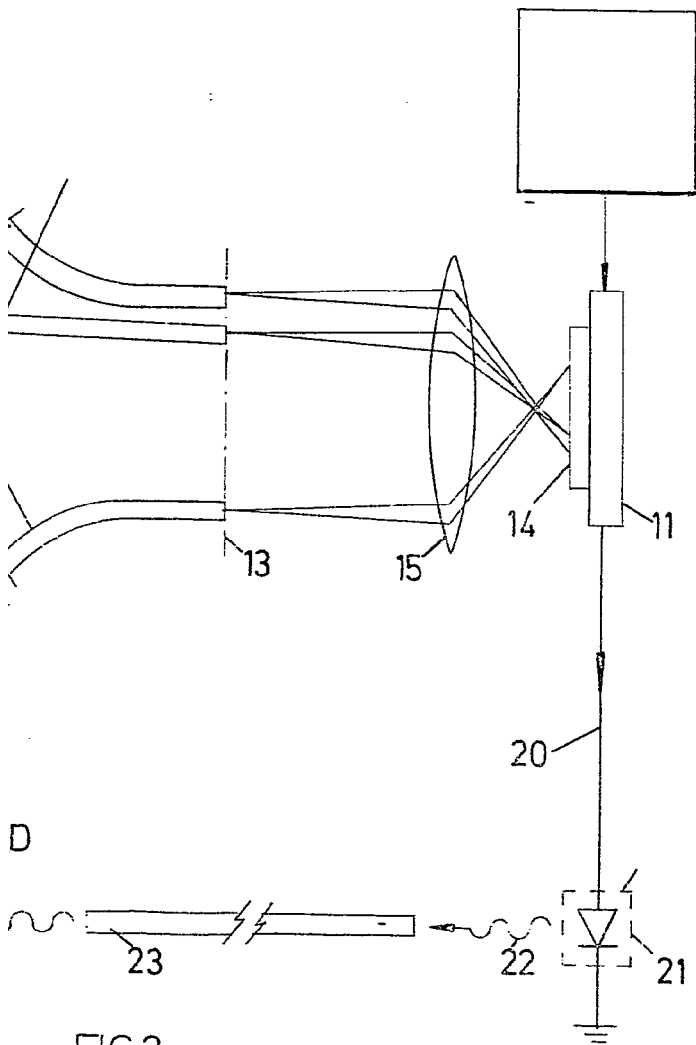


FIG.2





13 MAYO 1975

FIG.2

*M. G. Santamaria*  
M. G. SANTAMARIA  
VICE-SECRETARIO GENERAL

FIG.3A

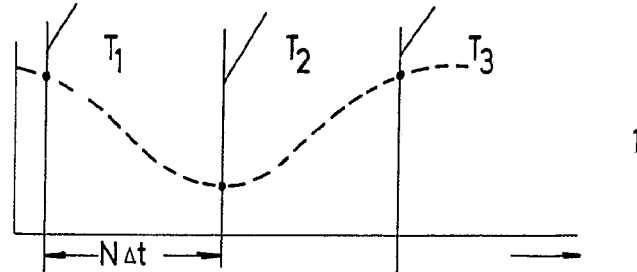


FIG.3B

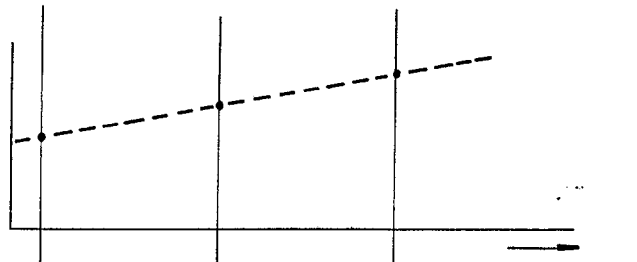
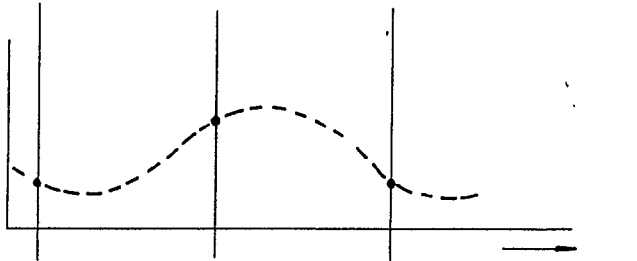


FIG.3C



13 MAYO 1975

FIG.3D

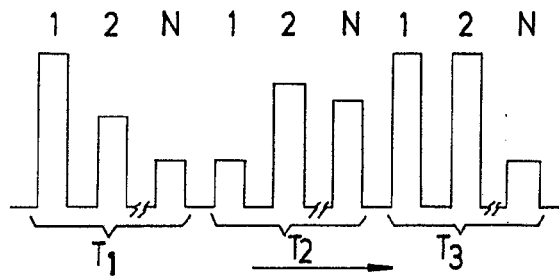
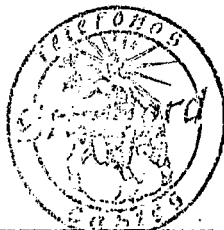
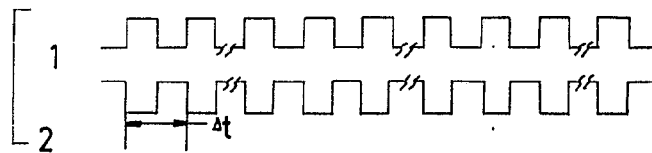


FIG.3E



*M. G. Santamaria*  
M. G. SANTAMARIA  
VICE-SECRETARIO GENERAL