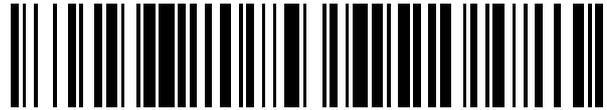


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 670**

51 Int. Cl.:

H04B 10/114 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.01.2013** **E 13152787 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016** **EP 2621111**

54 Título: **Sistema para la comunicación óptica de datos en el espacio libre, basado en niveles de potencia discretos**

30 Prioridad:

26.01.2012 DE 102012001398

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

14.09.2016

73 Titular/es:

**AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (100.0%)
Willy-Messerschmitt-Strasse 1
85521 Ottobrunn, DE**

72 Inventor/es:

**FATH, THILO;
BLÜMM, CHRISTIAN;
SCHALK, JOSEF;
SCHMITT, NIKOLAUS PETER y
HELLER, CHRISTOPH**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 582 670 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

Sistema para la comunicación óptica de datos en el espacio libre, basado en niveles de potencia discretos

5 La invención se refiere a un sistema para la comunicación óptica de datos en el espacio libre mediante señales digitales entre un dispositivo transmisor óptico y un receptor óptico mediante radiación óptica modulada, por medio de una disposición de emisores que emite radiación en varios niveles de potencias de radiación distintas, estando formado el soporte de información por la potencia de radiación de la radiación emitida.

10 Los sistemas de procesamiento de datos móviles modernos requieren grandes anchos de banda de transmisión de datos para aplicaciones como el acceso a Internet o para un *streaming* de audio y/o de vídeo de alta calidad. En la actualidad, la transmisión de datos se realiza principalmente en la banda de radiofrecuencia (RF), pero el creciente número de este tipo de sistemas de transmisión de datos conduce a un creciente agotamiento de las bandas de frecuencias disponibles. Por lo tanto, se están haciendo esfuerzos para realizar una transmisión de datos de este tipo mediante sistemas de comunicación óptica de datos en el espacio libres. En estos, la transmisión de datos entre un transmisor óptico y un receptor óptico se realiza mediante la modulación de la potencia de radiación (o potencia de salida óptica o intensidad de luz) emitida por el transmisor. Para ello, se aprovecha principalmente un enlace visual directo entre el transmisor y el receptor. Pero también es posible realizar una transmisión óptica a través de luz dispersa. Otra ventaja de los sistemas de comunicación óptica de datos en el espacio libre de este tipo consiste en que se pueden cumplir requerimientos estrictos en cuanto a la compatibilidad electromagnética (EMC) como por ejemplo en hospitales o plantas industriales sensitivas.

La forma más sencilla de transmisión de datos óptica es la transmisión de datos binaria mediante una fuente de radiación pulsada, es decir, la conexión y desconexión de la fuente de radiación o un funcionamiento con dos intensidades de luz distintas. De esta forma, sin embargo, se puede realizar solo una velocidad de datos limitada. Además, estos sistemas tienen problemas con efectos de recepción multicanal en caso de condiciones de transmisión difusas.

En cambio, el llamado procedimiento de multiplexado por división de frecuencia ortogonal (OFDM, *orthogonal frequency division multiplexing*) es un procedimiento de transmisión adecuado en el que incluso en situaciones de recepción por múltiples canales se consiguen altas velocidades de transmisión. Una gran desventaja de este procedimiento es la necesidad de emplear complejos dispositivos transmisores (ya sea en el espectro radioeléctrico o en el espectro óptico) con una linealidad muy alta y un gran volumen dinámico. Para la transmisión óptica en el espacio libre generalmente se usan diodos láser o LED en el espectro visible o infrarrojo, porque solo estos son lo suficientemente rápidos para convertir una corriente eléctrica modulada con varios MHz en una potencia de radiación modulada. La desventaja principal de los LED consiste en que la relación entre la potencia de radiación emitida y la corriente eléctrica es altamente no lineal. Especialmente en combinación con el procedimiento OFDM son problemáticas las no linealidades resultantes y conducen a malas relaciones señal/ruido (SNR) o malas relaciones SINR (*signal to Interference plus Noise Ratio*) y, por consiguiente, a una calidad de transmisión reducida, si no se toman medidas técnicas complejas para la linealización. Además, los dispositivos emisores convencionales de este tipo necesitan convertidores digital-analógico y amplificadores de transconductancia que con una alta frecuencia y ancho de banda presenta una baja eficiencia energética.

Por el documento DE102007043255A1 se dio a conocer una disposición genérica en la que existen tantos emisores de radiación como valores discretos a transmitir. Por ejemplo, para la transmisión de una señal de 8 bits son 255 emisores.

Por los documentos US2009/0297167A1, US2002/0126338, US6775480B1 y WO2008/001262A1 se dieron a conocer sistemas para la comunicación óptica de datos con un dispositivo transmisor y un receptor óptico, en el que el dispositivo transmisor comprende un modulador para modificar la radiación emitida.

Por lo tanto, la invención tiene el objetivo de evitar las ventajas mencionadas anteriormente y proporcionar un dispositivo transmisor para la comunicación óptica de datos en el espacio libre que se pueda fabricar con un gasto constructivo reducido y un bajo consumo de energía.

La solución de este objetivo resulta de las características de la reivindicación 1. Variantes y formas de realización ventajosas son objeto de las reivindicaciones dependientes. Más características, posibilidades de aplicación y ventajas de la invención resultan de la siguiente descripción y de la explicación de ejemplos de realización de la invención que están representados en las figuras.

Especialmente, el objetivo se consigue por que se pone a disposición un dispositivo transmisor para la comunicación óptica de datos en el espacio libre con un receptor óptico mediante radiación óptica modulada por medio de una disposición de emisores que emite la radiación en varios niveles de diferentes potencias de radiación. El soporte de información se forma por la potencia de la radiación emitida. La disposición de emisores descrita comprende varios elementos emisores que se pueden conectar/desconectar y que pueden ser excitados paralelamente en grupos de emisores para la emisión de diferentes potencias de radiación fijas, siendo formada la potencia de radiación total

emitida por la disposición de emisores por la suma de las potencias de radiación emitidas por todos los elementos emisores. Para la transmisión de un vector de bits ($b_0 \dots b_n$), a cada bit está asignado un grupo de emisores, emitiendo el GE asignado al bit b_0 de mayor valor una potencia de radiación máxima $P_{\text{máx}}$ y emitiendo los grupos de emisores asignados a los bits de menor valor ($b_1 \dots b_n$) del vector de bits las siguientes potencias de radiación:

5

$$P_x = P_{\text{máx}} / 2^x \text{ con } x = 1 \dots n.$$

De esta manera, con una construcción sencilla se consigue una transmisión de datos digitales mediante la transmisión analógica de ondas electromagnéticas (ondas de luz) que presenta una linealidad muy alta. Dicho de otra manera, se puede realizar un convertidor digital-analógico altamente lineal que sobre la base de una señal de entrada digital emite una intensidad de luz analógica.

10

Esta solución permite de manera ventajosa aprovechar el pleno marco dinámico de LED o diodos láser, lo que conduce a una utilización más económica de la potencia de transmisión. Además, se reducen considerablemente los costes y la complejidad del dispositivo transmisor, ya que no se requieren ni el convertidor digital-analógico ni complejos dispositivos de regulación de corriente suficientemente rápidos. Dado que por el sistema se ha eliminado la problemática de la no linealidad, se suprimen complejos circuitos de linealización y técnicas de corrección, por lo que es posible un dispositivo transmisor económico y de construcción sencilla. Finalmente, por la problemática eliminada de la no linealidad mejora la relación señal/ruido durante la transmisión óptica de datos, por lo que se puede aumentar la velocidad de datos y/o el margen de transmisión.

15

20

Según una variante ventajosa de la invención, cada uno de los grupos de emisores se compone de uno o varios diodos emisores de luz (LED) o diodos láser que preferentemente están conectados en serie para aumentar la potencia de radiación. Estos pueden irradiar en el espectro visible o infrarrojo.

25

Según una variante ventajosa de la invención, cada uno de los grupos de emisores se hace funcionar para la emisión de distintas potencias de radiación con potencias de salida ópticas diferentes. Es posible o bien reunir un número igual de emisores formando un grupo y, según el grupo, hacerlos funcionar con corrientes eléctricas distintas, o bien hacer funcionar un número distinto de emisores por grupo respectivamente con las mismas corrientes eléctricas. Las corrientes eléctricas pueden proporcionarse por ejemplo a través de prerresistencias adaptadas o dispositivos de corriente constante. Esta configuración del dispositivo transmisor resulta ventajosa por ejemplo en caso de usar el tipo de modulación OFDM.

30

Según una variante ventajosa de la invención, cada uno de los grupos de emisores presenta para la emisión de diferentes potencias de radiación un número distinto de emisores. Por ejemplo, un grupo de emisores puede componerse de solo un emisor, otro de dos, otro de cuatro emisores etc.

35

Según una variante ventajosa de la invención, al menos algunos de los grupos de emisores presentan para la emisión de potencias de radiación distintas, tipos de emisores distintos que emiten potencias de radiación distintas. De esta manera, con un bajo gasto constructivo se puede conseguir un funcionamiento óptimo de los elementos emisores que presentan potencias de radiación muy distintas.

40

Según una variante ventajosa alternativa de la invención, las potencias de salida óptica de los grupos de emisores individuales son respectivamente idénticas. En este caso, se reúnen lógicamente diferentes números de grupos de emisores (p.ej. 1, 2, 4, 8,...) y se conectan y desconectan juntos como grupo reunido, a través de los respectivos bits ($b_0 \dots b_n$) individuales del vector de bits. Por lo tanto, los grupos individuales se vuelven a reunir en supergrupos que se conectan/desconectan juntos. Por ejemplo, un primer supergrupo Ü1 se compone de un grupo de emisores, un segundo supergrupo Ü2 se compone de dos grupos de emisores, un tercer supergrupo Ü3 se compone de cuatro grupos de emisores etc. De esta manera, resulta a su vez una graduación según $P_x = P_{\text{máx}} / 2^x$. La ventaja es que todos los grupos de emisores pueden ser de construcción idéntica, es decir que las distintas prerresistencias pueden ser todas idénticas y no tienen que adaptarse unas a otras para realizar $P_x = P_{\text{máx}} / 2^x$. Por lo tanto, esta solución reduce el gasto de implementación. Además, en este caso, se puede renunciar a un ajuste de precisión de las potencias de transmisión óptica de los grupos de emisores individuales como se ha mencionado anteriormente.

45

50

Según una variante ventajosa alternativa de la invención, las potencias de salida óptica de los distintos grupos de emisores igualmente son idénticas, pero no se reúnen formando grupos lógicos adicionales. En este caso, los datos que han de ser transmitidos son representados por el número de grupos de emisores activos. Para ello, la representación decimal del vector de bits ($b_0 \dots b_n$) determina el número de grupos de emisores que han de conectarse: por ejemplo, el vector de bits "1 0 1 1" correspondería a un "11", de manera que por consiguiente se activarían 11 grupos de emisores. Esta configuración del dispositivo transmisor resulta adecuada especialmente para el procedimiento de modulación PAM (modulación por amplitud de impulsos).

60

Según una variante ventajosa de la invención, los emisores del grupo de emisores están dispuestos en una matriz, estando dispuestos los emisores pertenecientes a un grupo de emisores en una diagonal o paralela a la matriz. De esta manera, se puede conseguir para la totalidad de la intensidad de luz irradiada una buena homogeneidad

65

sustancialmente independientemente de cuáles de los grupos de emisores estén conectados y cuáles estén desconectados.

5 Según una variante ventajosa alternativa de la invención, los emisores se encuentran en varias disposiciones poligonales concéntricas unas respecto a otras. Preferentemente, los emisores del grupo de emisores que se hace funcionar con la potencia de radiación más alta forman una disposición poligonal interior y los emisores de los grupos de emisores que se hacen funcionar con potencias de radiación más bajas forman entre sí alternando al menos una disposición poligonal exterior y, dado el caso, disposiciones poligonales exteriores adicionales. También con esta realización se consigue para la totalidad de la intensidad de luz irradiada una buena homogeneidad
10 sustancialmente independientemente de cuáles de los grupos de emisores estén conectados y cuáles estén desconectados.

15 Según una variante ventajosa de la invención se proporciona un dispositivo transmisor para la comunicación óptica de datos en el espacio libre que comprende un dispositivo transmisor según unas de las formas de realización descritas anteriormente, presentando el dispositivo un ancho de banda de excitación de 5 a 50 MHz.

20 Según una variante ventajosa de la invención, en el dispositivo transmisor se aplica el procedimiento de modulación OFDM (multiplexado por división de frecuencia ortogonal) o el procedimiento de modulación OFDMA (*orthogonal frequency division multiple access*). Ambos procedimientos permiten velocidades de datos muy altas. Alternativamente, también se pueden aplicar otros procedimientos de modulación basados en diferentes niveles de intensidad.

25 Según una variante ventajosa de la invención, en el dispositivo transmisor se usa el procedimiento de transmisión CDMA (*code division multiple access*) o una variante de este.

30 Según una variante ventajosa de la invención, en el dispositivo transmisor se usa el procedimiento de modulación PAM (modulación por amplitud de impulsos) u otro procedimiento de modulación basado en diferentes niveles de intensidad. Esto ofrece la ventaja de una fácil implementación y realizabilidad del procesamiento digital de señales en el lado del transmisor y en el lado del receptor.

35 Según una variante ventajosa de la invención, en el dispositivo transmisor se usan procedimientos de modulación de un solo soporte tales como PSK (*Phase Shift Keying*) o GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*). Estos ofrecen la ventaja de una envolvente constante de la señal de transmisión, de manera que no resulta ninguna problemática en cuanto al *Peak-to-Average-Power-Ratio* (PAPR), como por ejemplo en OFDM.

40 Según una variante ventajosa de la invención, los elementos emisores son diodos emisores de luz (LED). Según otra variante ventajosa, como elementos emisores se usan diodos láser. Básicamente, como elementos emisores se puede usar también cualquier otra fuente de radiación óptica, también futura, siempre que presente el ancho de banda de excitación requerida. Las aplicaciones preferibles de la invención son en un avión, un automóvil o en los ámbitos del hogar o la oficina.

45 Más ventajas, características y detalles resultan de la siguiente descripción en la que está descrito en detalle al menos un ejemplo de realización - haciendo referencia al dibujo. Las características descritas y/o representadas gráficamente constituyen el objeto de la invención por sí solas o en cualquier combinación adecuada. Las piezas idénticas, similares y/o con la misma función están provistas de los mismos signos de referencia.

Muestran:

- 50 la figura 1: una vista general esquemática de un sistema de transmisión óptica de datos;
- la figura 2: una representación esquemática de un dispositivo transmisor convencional;
- la figura 3: una representación esquemática de un dispositivo transmisor según la invención;
- la figura 4: una representación de una primera disposición de emisores;
- la figura 5: una representación de una segunda disposición de emisores.

55 La figura 1 muestra una vista general esquemática de un sistema de transmisión de datos óptica 10 que comprende un dispositivo transmisor 12 y un dispositivo receptor 14. Al dispositivo transmisor 12 se suministra una corriente de datos 16 digital a transmitir que llega a un modulador 18 que convierte la corriente de datos 16 en una señal que puede ser transmitida por medio de un rayo óptico. La salida del modulador 18 es solamente una señal digital. Para técnicas de modulación diferentes a un circuito de conexión/desconexión, puede ser un vector transmisor que represente un valor de señal analógica. Un dispositivo transmisor (superestructura de transmisor; Front End) 20
60 convierte el vector transmisor en una señal óptica real (una intensidad de luz o potencia de radiación emitida) por el control de una fuente de radiación 22 adecuada (emisor). La radiación 24 emitida por la fuente de radiación 22 es captada por un detector de radiación 26 adecuado, convertida en señales eléctricas y suministrada a una superestructura de recepción 28. Un ejemplo de un detector de radiación 26 es un fotodiodo que convierte potencia
65 óptica en una corriente eléctrica. La superestructura de recepción 28 amplifica y filtra la señal de recepción y a continuación la convierte en una señal digital que es procesada en el desmodulador 30 situado a continuación. El

demodulador 30 reproduce la corriente de datos a transmitir y la suministra para su uso subsiguiente.

La figura 2 muestra una representación esquemática de un dispositivo transmisor convencional en el que la señal del modulador 18 se convierte, por medio de un convertidor digital-analógico 34, en una tensión analógica que a su vez se convierte, por medio de un amplificador de transconductancia 36, en una señal de corriente que excita la fuente de radiación 22, en el ejemplo representado la fila de LED.

En la figura 3 está representada una representación esquemática de un dispositivo transmisor según la invención que se compone sustancialmente de un número $N+1$ de grupos de emisores 38 ($D_0 - D_N$). Cada grupo de emisores D_i se compone de un número de emisores de radiación 39 conectados en serie y se pone en una potencia de radiación constante respectivamente por medio de una resistencia en serie R_i propia. El número de emisores de radiación 39 conectados en serie puede ser distinto para cada grupo de emisores 38. Suponiendo que $P_{\text{máx}}$ corresponde a la máxima potencia de radiación posible de un grupo de emisores 38, la resistencia en serie R_0 se ajusta de tal forma que con una conmutación correspondiente del conmutador semiconductor S_0 se genere esta potencia de radiación máxima $P_{\text{máx}}$ en el grupo de emisores D_0 . Los grupos de emisores D_1 a D_N se hacen funcionar con corrientes correspondientemente bajas, de manera que la potencia de radiación emitida en el grupo de emisores D_1 : $P_1 = P_{\text{máx}}/2$, en el grupo de emisores D_2 : $P_2 = P_{\text{máx}}/4$, y en el grupo de emisores D_N : $P_N = P_{\text{máx}}/2^N$.

El grupo de emisores D_0 se conecta o se desconecta por medio del conmutador semiconductor S_0 según el bit de mayor valor del vector de bits generado por el modulador 18. De manera correspondiente, el grupo de emisores D_1 se conmuta por medio del conmutador semiconductor S_1 según el bit de segundo mayor valor del vector de bits. Esto es válido de forma análoga para los demás grupos de emisores D_2 a D_N . De manera correspondiente, el circuito representado en la figura 3 se comporta como un convertidor directo entrada digital a salida analógica con una resolución de $N+1$ bits. N se puede elegir discrecionalmente según la resolución deseada.

Para N resultan adecuados valores de 2 a 10.

Las potencias de radiación de los grupos de emisores 38 individuales deberían ajustarse de forma muy exacta mediante el ajuste de las resistencias en serie R_i correspondientes, por ejemplo usando un medidor de radiación, para que la radiación superpuesta de todos los grupos de emisores 38 presente la máxima linealidad posible.

Los conmutadores semiconductores S_0 a S_N empleados deberían ser conmutadores de estado sólido rápidos tales como transistores o conmutadores MOSFET.

Por ejemplo para la transmisión de un vector de bits (0,1,0,1,1,0,0,1), es decir, en este ejemplo se supone que $N=7$, los conmutadores semiconductores S_0, S_2, S_5, S_6 están bloqueados, es decir abiertos, mientras que los conmutadores semiconductores restantes S_1, S_3, S_4, S_7 conducen y por tanto circula corriente por los grupos de emisores D_1, D_3, D_4, D_7 y estos emiten respectivamente luz con intensidades individuales predefinidas. La totalidad de la radiación emitida por los grupos de emisores D_1, D_3, D_4, D_7 es proporcional al valor analógico del vector de bits. A continuación, para la transmisión del vector de bits siguiente, los grupos de emisores correspondientes se conmutan para conducir o se bloquean. Preferentemente, la transmisión de datos se realiza con un ancho de banda o una frecuencia de conmutación de los conmutadores semiconductores de aprox. 5 a 100 MHz.

La figura 4 muestra una primera disposición de emisores 40a para un vector de 6 bits que se compone de diodos emisores de luz o diodos láser, individuales, de todos los grupos de emisores 38. Esta disposición de emisores 40a se compone de varias disposiciones poligonales concéntricas (aquí disposiciones hexagonales) 42a, 42b, 42c de LED. En la disposición hexagonal 42a más interior están dispuestos los seis LED del grupo de emisores D_0 con la potencia P_0 . En la segunda disposición hexagonal 42b dispuesta al exterior con respecto a esta están dispuestos los 12 LED de los grupos de emisores D_1 y D_2 con la potencia correspondiente P_1 y P_2 . En la tercera disposición hexagonal 42c dispuesta al exterior con respecto a esta están dispuestos los 18 LED de los grupos de emisores D_3, D_4 y D_5 con sus potencias correspondientes P_3, P_4 y P_5 .

Más al exterior se pueden prever disposiciones poligonales adicionales con emisores adicionales. Se deberían emplear preferentemente emisores con un ángulo de radiación ancho.

La figura 5 muestra una segunda disposición de emisores 40b que igualmente se compone de diodos emisores de luz o diodos láser individuales de todos los grupos de emisores 38. En esta disposición de emisores 40b, los primeros seis emisores del grupo de emisores D_0 con la potencia P_0 forman una diagonal 44a de una matriz o de un rectángulo o cuadrado de emisores individuales. Además, cinco emisores del grupo de emisores D_1 con la potencia P_1 forman una serie 44b paralelamente al lado de la diagonal 44a, y otros cinco emisores del grupo de emisores D_2 con la potencia P_2 forman otra serie 44c paralelamente al otro lado de la diagonal 44a etc., disponiéndose los emisores restantes de los distintos grupos en diagonales adicionales situadas más al exterior.

Lista de signos de referencia

10 Sistema de transmisión de datos

	12	Dispositivo transmisor
	14	Dispositivo receptor
	16	Corriente de datos
	18	Modulador
5	20	Superestructura de transmisor
	22	Fuente de radiación
	24	Radiación
	26	Detector de radiación
	28	Superestructura de recepción
10	30	Desmodulador
	32	Señal digital
	34	Convertidor digital-analógico
	36	Amplificador de transconductancia
	38	Grupo de emisores
15	39	Emisor de radiación
	40a,b	Disposición de emisores
	42a,b,c	Disposición poligonal
	44a,b,c	Diagonal

REIVINDICACIONES

1. Sistema para la comunicación óptica de datos en el espacio libre mediante señales digitales con un dispositivo transmisor (12) y con un receptor óptico (14) usando varias etapas distintas de potencias de radiación emitidas, en el que el dispositivo transmisor (12) comprende varios grupos de emisores (38) que pueden conectarse/desconectarse, que pueden ser excitados paralelamente en cada caso para la emisión de distintas potencias de radiación fijas, estando formada la totalidad de la potencia de radiación emitida por el dispositivo transmisor (12) por la suma de las potencias de radiación emitidas por todos los grupos de emisores (38), **caracterizado por que** para la transmisión de un vector de bits ($b_0 \dots b_n$), el grupo de emisores (38) asignado al bit (b_0) de mayor valor emite una potencia de radiación máxima $P_{\text{máx}}$ y los grupos de emisores (38) asignados a los bits de menor valor ($b_1 \dots b_n$) del vector de bits emiten las siguientes potencias de radiación: $P_x = P_{\text{máx}} / 2^x$ con $x = 1 \dots n$.
2. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado por que** cada uno de los grupos de emisores (38) se forma mediante uno o varios elementos emisores (39) que se componen de diodos emisores de luz (LED), diodos láser o una mezcla de ambos.
3. Sistema según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** grupos de emisores (38) individuales pueden hacerse funcionar con corrientes eléctricas o potencias eléctricas de entrada distintas para emitir potencias de radiación diferentes.
4. Sistema según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las corrientes de los grupos de emisores (38) están elegidas de tal forma que las potencias de salida ópticas de los distintos grupos de emisores (38) son idénticas en cada caso, estando realizados los diferentes niveles de la potencia de salida óptica total emitida mediante la reunión de grupos de emisores (38) individuales formando grupos lógicos con un número de grupos de emisores individuales distinto o mediante el número total de los grupos de emisores (38) activados.
5. Sistema según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** grupos de emisores (38) individuales presentan un número de emisores (39) distinto para la emisión de potencias de radiación diferentes.
6. Sistema según una o varias de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** grupos de emisores (38) individuales presentan un número idéntico de emisores (39) para la emisión de potencias de radiación diferentes.
7. Sistema según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, para la emisión de potencias de radiación diferentes, al menos algunos de los grupos de emisores (38) presentan tipos de emisores (39) distintos que emiten potencias de radiación diferentes.
8. Sistema según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los elementos emisores (39) se disponen de tal forma en el espacio que a lo largo de la sección transversal del rayo se consigue una máxima homogeneidad de la potencia irradiada.
9. Sistema según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los emisores (39) están dispuestos en una matriz, estando dispuesto el grupo de emisores perteneciente a un bit en una fila de matriz o una diagonal de matriz (44) y/o en una paralela respecto a ello.
10. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los emisores (39) se encuentran en varias disposiciones poligonales (42) concéntricas unas respecto a otras.
11. Sistema según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los emisores (39) del grupo de emisores (38) que se hace funcionar con la potencia de radiación más alta forman una disposición poligonal interior (42a), los grupos de emisores (38) con menores potencias de radiación forman, alternando entre ellos con respecto a su potencia de radiación en comparación con la disposición poligonal interior (42a) (mayor/menor), al menos una disposición poligonal exterior (42b) y, dado el caso, disposiciones poligonales exteriores (42c) adicionales.
12. Sistema según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** presenta un ancho de banda de excitación de 5 MHz a 100 MHz.
13. Sistema según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se puede hacer funcionar mediante un procedimiento de modulación OFDM (multiplexado por división de frecuencia ortogonal), OFDMA o una variante de estos.
14. Sistema según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se puede hacer funcionar mediante un procedimiento de modulación PAM (modulación por amplitud de impulsos) u otro procedimiento de modulación basado en diferentes niveles de intensidad.
15. Sistema según una o varias de las reivindicaciones 6 a 14, **caracterizado por que** los emisores (39) son diodos

emisores de luz y/o diodos láser.

16. Vehículo aéreo con un dispositivo transmisor para la comunicación óptica de datos en el espacio libre con un receptor óptico, **caracterizado por que** presenta un dispositivo transmisor (12) según una de las reivindicaciones anteriores 1 a 15.

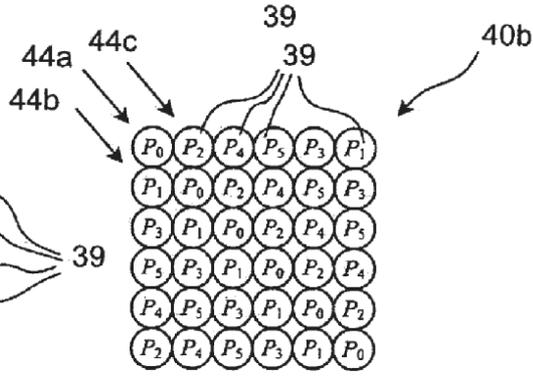
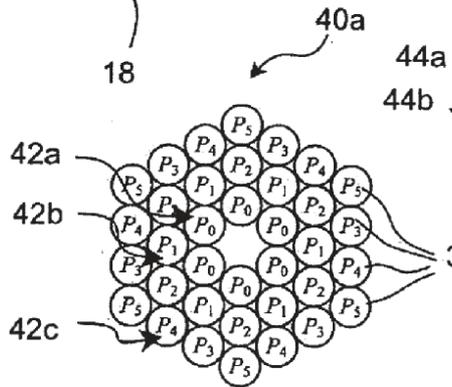
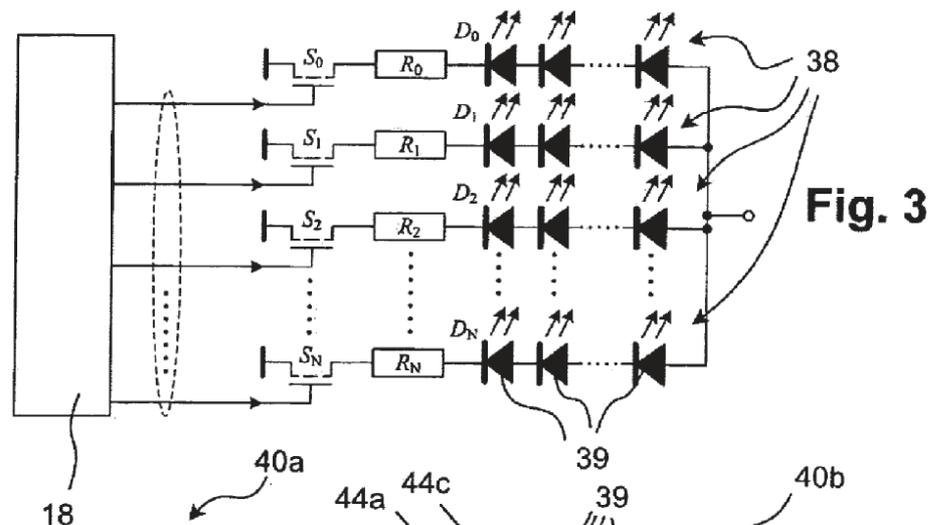
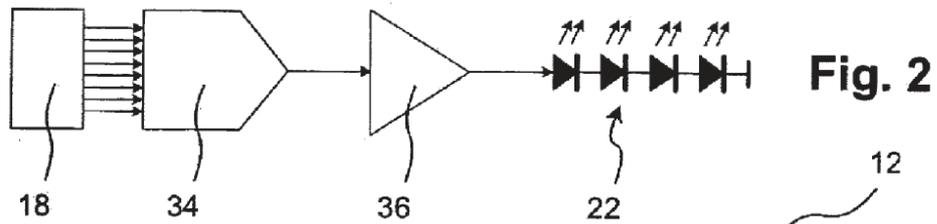
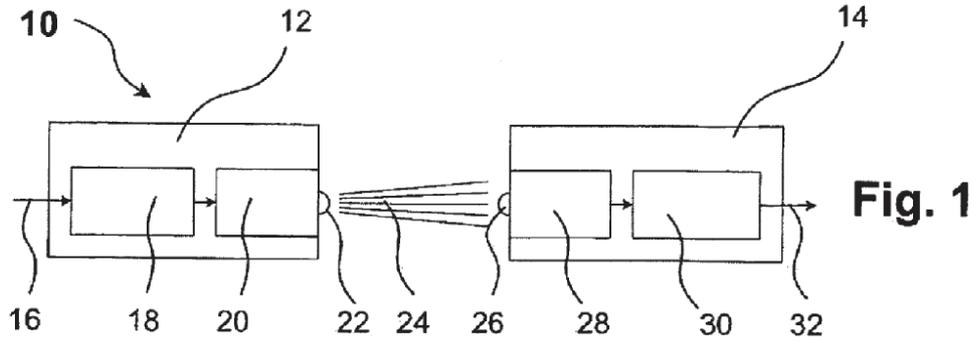


Fig. 4

Fig. 5