

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 369 018**

51 Int. Cl.:
H04B 10/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07798007 .6**
96 Fecha de presentación: **01.06.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2025077**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.02.2009**

54 Título: **COMPENSADOR DE DISPERSIÓN Y NO LINEAL PARA FIBRA ÓPTICA DE DISTRIBUCIÓN.**

30 Prioridad:
02.06.2006 US 810440 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.11.2011

73 Titular/es:
**PICOMETRIX, LLC
2925 BOARDWALK
ANN ARBOR, MI 48104, US**

72 Inventor/es:
**FICHTER, Greg;
SUCHA, Gregg;
ZIMDARS, David y
WILLIAMSON, Steven**

74 Agente: **Isern Jara, Jorge**

ES 2 369 018 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

Compensador de dispersión y no lineal para fibra óptica de distribución

5 REFERENCIA A UNA SOLICITUD RELACIONADA

Esta solicitud reivindica los beneficios de la solicitud provisional americana titulada compensador de dispersión y no lineal para fibra óptica de distribución, solicitud 60/810,440 presentada el 2 de junio de 2006, la integridad de la cual se incorpora a este documento como referencia.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la invención

15 La presente invención se refiere a un sistema para controlar la duración de impulsos distribuidos a través de una fibra óptica.

2. Descripción de la tecnología conocida

20 Los impulsos ópticos extremadamente cortos en la gama de los femtosegundos generados por una fuente óptica son transferidos a un generador de terahercios por medio de un cable de fibra óptica. Un transmisor de terahercios comprende un material que, cuando se ilumina con un impulso óptico corto, genera una radiación electromagnética en la gama de los terahercios (de 10 GHz hasta 50THz). Estos materiales quedan dentro principalmente de dos grandes categorías: generadores de teraherciosfoto conductores y generadores ópticos no lineales. En la primera categoría, los fotones que inciden generan transportadores eléctricos, tanto agujeros como electrones, los cuales son entonces acelerados por un potencial de tensión en el interior del material que tanto se aplica exteriormente como está presente interiormente debido a los potenciales superficiales en los semiconductores o causado por las movi-
25 lidades que difieren de los agujeros y los electrones, referido como el efecto Dember. Este movimiento de la carga a su vez genera un campo electromagnético que normalmente consta de un ciclo individual o medio ciclo de radiación en la gama de los terahercios. La segunda categoría de los generadores de terahercios consisten en materiales que utilizan procedimientos ópticos no lineales para generar una radiación de terahercios. Estos materiales tienen una susceptibilidad no lineal, $X^{(2)}$, $X^{(3)}$ o $X^{(4)}$ que causa el impulso óptico de entrada para generar un estado de polarización descrito por la ecuación: $P_{NL} = X^{(i)}(E)^i$. En donde P_{NL} es el estado de polarización no lineal del material y E es el campo eléctrico del impulso óptico incidente.

35 Típicamente, la no linealidad de segundo orden $X^{(2)}$, se utiliza haciendo la amplitud de polarización inducida proporcional al cuadrado de la amplitud del campo eléctrico del impulso láser. Este procedimiento es conocido por una serie de nombres para describir los diversos procesos físicos que tienen lugar. Algunos de los efectos conocidos que ocurren son el efecto inverso de Franz-Keldysh, rectificación óptica de campo eléctrico inducido, el efecto Stark, y la radiación Cherenkov. Estos efectos de aquí en adelante serán referidos colectivamente como rectificación óptica puesto que la literatura científica generalmente acepta este término para comprender todos estos efectos.

45 A fin de distribuir con éxito impulsos sub 100 femtosegundos de alto contraste desde un láser al generador óptico utilizando una fibra óptica, la dispersión de la fibra óptica se debe compensar. La dispersión es el alargamiento en la duración de un impulso de luz a medida que viaja en la longitud de una fibra óptica debido a diferentes longitudes de onda o colores de luz que viajan a diferentes velocidades a través de la fibra. Este fenómeno resulta a partir de la dependencia de la frecuencia del índice de refracción del silicio utilizado en las fibras ópticas y la geometría de la fibra.

50 El origen físico del índice de refracción y su consiguiente naturaleza que depende de la frecuencia son resonancias en la estructura del material. La mayor parte de los materiales ópticos tienen una fuerte absorción resonante en la parte ultravioleta del espectro y otra en los infrarrojos medios que conduce a una dispersión de la velocidad de grupo ("GVD") siendo positiva en la parte ultravioleta y visible del espectro y negativa en la parte cerca del infrarrojo del espectro. La dispersión de la velocidad de grupo se refiere a la segunda derivada del índice de refracción con respecto a la longitud de onda. Una dispersión de la velocidad de grupo positiva es la condición en la que paquetes de luz de longitud de onda más larga viajarán más rápido a través de la fibra óptica que los paquetes de luz de longitud de onda más corta. Una dispersión de la velocidad del grupo negativa es la condición opuesta, los paquetes de luz de longitud de onda más corta viajarán más rápidos a través de la fibra óptica que los paquetes de luz de longitud de onda más larga.

60 Además de la compensación de la dispersión, a energías ópticas más elevadas se debe controlar la automodulación de fase en la fibra. La automodulación de fase ("SPM") es un efecto causado por el incremento del índice de refracción con la intensidad de la luz en la fibra óptica y en otros materiales. Cuando la fibra está transportando un impulso óptico, la automodulación de fase depende de la energía del impulso y del perfil temporal. Generalmente, pero no siempre, el efecto de la automodulación de fase es incrementar el ancho de banda del impulso. La automodulación de fase complica el problema de la compensación de la dispersión. En la presencia de la

automodulación de fase, la gestión de la dispersión deja de ser un fenómeno simple lineal, sino que se convierte en no lineal y la intensidad del impulso y la forma en cada punto del sistema se tienen que tener en cuenta. Esto es especialmente cierto en el caso en el que el sistema de fibras de distribución tiene su compensación de la dispersión antes de la fibra de distribución, como describe J. V. Rudd en la patente americana US N° 6,320,191. Por lo tanto, generalmente es preferible hacer mínimos los efectos de la automodulación de fase en el sistema. En este caso, la automodulación de fase realmente disminuye el ancho de banda óptica, limitando de ese modo la duración del impulso mínimo al final de la fibra de distribución. Este efecto se convierte en más pronunciado a medida que aumenta la energía óptica y presenta límites prácticos en cuánta energía óptica puede ser distribuida a través de la fibra. Típicamente, para una fibra mono modo, este efecto limita la energía óptica distribuida a unos pocos milivatios (a 80 MHz de frecuencia de repetición) antes de que el ancho de banda empiece a degradarse de forma evidente. Alternativamente, es posible utilizar los efectos del ensanchamiento espectral de la automodulación de fase para sacar partido ya que esto hace posible la compresión del impulso global; esto es, es posible obtener impulsos de salida más cortos que los impulsos de entrada si la dispersión se ajusta apropiadamente para comprimir óptimamente el ancho de banda adicional debido a la automodulación de fase.

Adicionalmente, la sensibilidad de polarización es una característica de las antenas foto conductoras que se tiene que tener en cuenta y corregir para un comportamiento óptimo. La responsividad y la foto corriente de corriente continua de una antena foto conductora (tanto para el transmisor como para el receptor) depende de la polarización del impulso láser incidente y puede tener una relación de contraste de polarización de hasta el 30%. La polarización distribuida por la fibra óptica depende de la polarización de la fuente de láser y la birrefringencia de la fibra. Las fibras con una birrefringencia inferior tienen un mezclado más rápido de los estados de polarización, a menos que se incluya un control de la polarización para asegurarse de que la luz es transportada a lo largo del eje lento. Las fibras con una birrefringencia más elevada causan menos mezclado de polarización, pero a menos que la polarización esté controlada, la energía del impulso que viaja en los ejes rápido y lento llega al transmisor de terahercios en momentos diferentes. Los procedimientos de control de la polarización incluyen la utilización de teclas en los conectores, la utilización de placas de onda giratorias en las terminaciones de la fibra y la utilización de procedimientos activos o manuales para generar birrefringencia de tensión.

La elección de una fuente de láser de impulso ultracorto ("USPL") tiene una relación sustancial en el tamaño y el peso del sistema. Los láseres de titanio zafiro (Ti:sapphire) mientras se utilizan comúnmente para la generación y detección de terahercios, son grandes, pesados y requieren refrigeración con agua. Esto es debido a la naturaleza ineficaz, de múltiples etapas de los láseres de titanio zafiro, los cuales requieren bombeo de diodo de un láser de estado sólido, seguido por el desdoblamiento de la frecuencia y finalmente el bombeo del cristal de titanio zafiro con la luz de frecuencia doble. Unos ahorros significantes en el tamaño y en el peso se pueden obtener utilizando fuentes de láser de impulso ultracorto compactas tales como los láseres de fibra dopada con tierras raras o láseres de estado sólido los cuales permiten un bombeo del diodo directo. Los sistemas de este tipo no requieren refrigeración de agua, poseen un rendimiento del conector de la pared mucho mayor y son mucho más pequeños y ligeros que los láseres de titanio zafiro. Los láseres de fibra dopada con iterbio (Yb: fiber), funcionando cerca de una longitud de onda de 1060 nm son particularmente atractivos como una fuente económica y compacta de impulsos de láser cortos. Los láseres de fibra dopada con iterbio también tienen la capacidad de alcanzar niveles de energía promedio mucho más elevados que los láseres de titanio zafiro. Los láseres de titanio zafiro típicamente consiguen una energía promedio de 1 vatio, en el mejor de los casos, mientras los láseres de fibra dopada con iterbio de modo bloqueado (mode-locked) puede generar impulsos de femtosegundos y alcanzar niveles de energía promedio de varias decenas de vatios e incluso más de 100 vatios.

De particular interés es la generación de radiación electromagnética de terahercios mediante un láser pulsado en un sistema empaquetado comercialmente. En aplicaciones anteriores tales como en entorno de laboratorio un láser puede ser apuntado directamente a través del espacio en un elemento de conmutación óptica con efectos dispersivos despreciables. Para permitir la utilización comercial de un sistema de este tipo cualquier solución debe ser robustecida y empaquetada industrialmente. Un impulso láser que se propaga en un espacio libre en un entorno de una sala puede ser desviado por objetos o personas y sufrirá la degradación a partir de los efectos atmosféricos. Esto hace la distribución de impulsos ópticos en el espacio libre inaceptablemente vulnerable a las condiciones en un entorno industrial. Un sistema de la técnica anterior es conocido a partir del documento GB 2352 512.

BREVE RESUMEN DE LA INVENCIÓN

En la superación de las desventajas de la técnica anterior, se describe en este documento un sistema para controlar la duración de los impulsos distribuidos a través de una fibra óptica. El sistema incluye una fibra óptica configurada para transmitir un impulso óptico. Un compensador está acoplado ópticamente a la fibra óptica y está configurado para compensar una dispersión del impulso óptico causado cuando el impulso óptico se propaga a través de la fibra óptica. Ópticamente acoplado al compensador está un dispositivo de terahercios inducido ópticamente, en el que el dispositivo de terahercios inducido ópticamente está configurado para transmitir o recibir una radiación de terahercios. Generalmente, el compensador tanto será una fibra de cristal fotónico como una red de difracción. Si se utiliza una red de difracción, la red de difracción generalmente es una red de difracción Bragg de volumen o una red de difracción Bragg de compresión de impulsos.

Objetos, características y ventajas adicionales de la invención se pondrán de manifiesto a partir de la consideración de la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas cuando se tomen en conexión con los dibujos adjuntos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 La figura 1 es una vista esquemática de un sistema de terahercios que utiliza una fibra de cristal fotónico para la compensación de la dispersión;

10 La figura 2A es un diagrama de diversas configuraciones de muestra y detector para mediciones de terahercios, en las que el detector está colocado en diversos ángulos para recibir la radiación de terahercios la cual es transmitida, reflejada, refractada o dispersada de la muestra;

La figura 2B ilustra un sistema de terahercios que combina un transmisor y un receptor en un alojamiento;

15 Las figuras 3A y 3B ilustran un sistema de terahercios que emplea separadores de fibras para la distribución de la energía óptica a múltiples cabezales transmisores y a múltiples cabezales receptores;

20 Las figuras 4A y 4B ilustran un sistema de distribución de fibras para transceptores de terahercios con una red de difracción Bragg de volumen de compresión de impulsos como compensador posterior de la dispersión; y

La figura 5 ilustra una distribución de fibras de cristal fotónico de impulsos dentro de un módulo de terahercios y la geometría de enfoque la cual remite impulsos desde la fibra de cristal fotónico.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

25 Con referencia a la figura 1, se muestra una vista esquemática de un sistema de emisión y detección de radiación electromagnética de terahercios 10. El sistema incluye una fuente óptica 12 que comprende un oscilador de fibra de modo bloqueado de iterbio que produce impulsos sub 200 femtosegundos a 1060 nm con una frecuencia de repetición de 50 – 100MHz que está acoplado a un primer aislador 14. Aunque un oscilador de láser de fibra es la
30 fuente óptica preferida 12, otras fuentes de impulso corto pueden ser utilizadas tales como: un láser de fibra dopado con erbio (Er:fiber) de modo bloqueado; un láser de modo bloqueado de colisión de impulsos ("CPM"); un láser de titanio zafiro, un láser de titanio zafiro amplificado que consiste en un impulso semilla que es amplificado a energías más altas; un láser de vidrio dopado con neodimio de modo bloqueado; un láser de modo bloqueado a base de cualquier hospedante dopado con cromo:LiCaF, LiSrAlF, o LiSrGaAlF o cualquier fuente de láser que produzca
35 impulsos de salida de femtosegundos a frecuencias de repetición de megahercios pero no está limitada a ellos. Adicionalmente, aunque la frecuencia de repetición de 50 – 100MHz es óptima para mediciones de terahercios por diversas razones, la frecuencia de repetición de la fuente óptica 12 no es crítica y puede variar de cualquier modo desde unos pocos hercios hasta varios GHz. La fuente óptica 12 se acopla a una fibra 13, la cual está acoplada a un primer aislador 14. El procedimiento de acoplamiento puede ser un acoplamiento a tope, un empalme de fibras, un
40 acoplamiento de lentes de índice de gradiente (GRIN), un acoplamiento de lentes esféricas o cualquier otro procedimiento de acoplamiento de bajas pérdidas.

45 El primer aislador 14 se acopla a un amplificador de fibras 16. El amplificador de fibras preferido 16 es un amplificador de iterbio de una etapa con más de 20 dB de ganancia, pero se puede utilizar cualquier amplificador que funcione en la longitud de onda de la fuente óptica 12.

50 El amplificador 16 está acoplado a un segundo aislador 18, el cual está acoplado a un separador de fibras 20. El separador de fibras 20 divide la señal óptica entre un brazo transmisor 24, el cual incluye un transmisor 30 y un brazo receptor 26, el cual incluye un receptor 32. En la forma de realización preferida el separador de fibras 20 dirige > 50% de la energía al brazo transmisor 24 con un mínimo de decenas de milivatios dirigidos al brazo receptor 26, de tal modo que de 0,5 a 5 mW de energía es emitida desde el brazo receptor 26 después de que se haya incurrido todas las pérdidas de los componentes ópticos.

55 El brazo receptor 26 incluye un sistema de retraso óptico 28, el cual cambia la temporización entre los impulsos que llegan al receptor 32 y al transmisor 30, permitiendo que sea caracterizada la forma de onda en el dominio del tiempo que llega al receptor 32 a través de cualquier objeto que intervenga entre el receptor 32 y el transmisor 30. Alternativamente, el sistema de retraso óptico 28 también puede estar colocado en el interior del brazo transmisor 24.

60 El brazo transmisor 24 y el brazo receptor 26, incluye cada uno de ellos un control de polarización 34, 36, respectivamente. Una descripción de los controles de polarización 34, 36 se puede encontrar en la patente americana US N° 4,389,090 la cual se incorpora en su integridad a este documento como referencia. El brazo transmisor 24 y el brazo receptor 26 cada uno incluye adicionalmente fibras mono modo normales 38, 40 de un tipo normal o que mantiene la polarización, ópticamente acopladas a los controles de polarización 34, 36, respectivamente. Alternativamente, las fibras mono modo 38, 40 pueden ser fibras ópticas de área modal grande.

65 Acoplados a cada una de las fibras mono modo 38, 40 hay acoplamientos 42, 44, respectivamente. Generalmente,

estos acoplamientos 42, 44 utilizan un acoplamiento de empalme de fibras, pero se puede utilizar cualquier sistema de acoplamiento óptico adecuado. Ópticamente acoplados a los acoplamientos 42, 44 hay compensadores 46, 48, respectivamente. Desde allí, los compensadores 46, 48 están ópticamente acoplados al transmisor 30 y el receptor 32, respectivamente, tanto a través de una lente como mediante metodología de contacto directo.

5 En la forma de realización preferida, los compensadores 46, 48 son fibras de cristal fotónico de núcleo hueco ("fibras PCF"), las cuales añaden dispersión de un signo opuesto a la dispersión adquirida en las fibras normales. Alternativamente, los compensadores 46, 48 pueden ser un elemento de espacio libre, tal como una red de difracción. Esta red de difracción puede ser una red de difracción de volumen Bragg o una red de difracción Bragg de compresión de impulsos. Una red de difracción de volumen Bragg es particularmente atractiva ya que permite una simple alineación, con una alta capacidad de manipulación de energía y puede estar fabricada para compensar 10 varias decenas de metros de fibra mono modo o estándar (SMF), en longitudes prácticas del orden de varios centímetros. Las redes de difracción de volumen Bragg típicamente se utilizan en geometría reflectante, aunque en principio podrían estar diseñadas y construidas para ser utilizadas en transmisión también. Por la simplicidad de 15 alineación, la geometría de transmisión es preferible. Los compensadores 46, 48 también pueden ser un compensador fijo conjuntamente con un compensador ajustable. El compensador fijo puede ser una fibra de cristal fotónico, una red de difracción de volumen Bragg o una red de difracción Bragg de compresión de impulsos.

20 Con referencia a las figuras 4A y 4B, se representan ejemplos de compensadores posteriores 46a y 46b, que utilizan tanto geometrías transmisoras como reflectantes. El compensador posterior 46a incluye una lente 62 y una red de difracción 64. Preferiblemente, la red de difracción 66 es una red de difracción Bragg de volumen de compresión de impulsos. La lente 62 funciona para acoplar ópticamente una fibra de cristal fotónico 60 a la red de difracción 64. Las señales ópticas 66a emitidas por la fibra de cristal fotónico 60 son provistas entonces a la red de difracción 64.

25 La figura 4B ilustra el compensador posterior 46b que utiliza una geometría reflectante A. De forma similar a lo que ha sido descrito antes en este documento, la lente 62 funciona para acoplar ópticamente la fibra óptica 60 a la red de difracción 64. Sin embargo, la figura 4B difiere de aquella de la figura 4A porque un retro reflector 68 refleja las señales ópticas 66b de vuelta a través de la red de difracción 64 a una placa de cuarto de onda 70 y finalmente a un 30 separador de rayo 72.

Adicionalmente, se puede emplear el secuenciado alternativo de los elementos de compensación de la dispersión con relación a las fibras de distribución. Por ejemplo, con referencia de nuevo a la figura 1, los compensadores 46, 48 también se pueden colocar antes que las fibras mono modo normales 38, 40 o un único compensador se puede 35 colocar antes del separador 20 o el amplificador óptico 16. Para añadir flexibilidad de diseño y capacidad de ajuste de la dispersión, la compensación de la dispersión se puede conseguir utilizando una pluralidad de elementos de compensación de la dispersión intercalados entre secciones de la fibra de distribución, tanto si las secciones de las fibras de distribución son fibras mono modo normal o fibras que mantienen la polarización. Algunas aplicaciones pueden requerir que el brazo transmisor 26 y el brazo receptor 24 tengan longitudes diferentes de fibra de 40 distribución. En este caso, las longitudes de las fibras de cristal fotónico o bien otros elementos de compensación de la dispersión estarán fabricadas o ajustadas independientemente para compensar apropiadamente la dispersión de las fibras de distribución en sus respectivos brazos.

La longitud de onda preferida de la fuente óptica 12 es impulsos ópticos sub-100 femtosegundos de 600 - 1100 45 nanómetros. A estas longitudes de onda la fibra óptica de mono modo de elección tiene una dispersión de la velocidad de grupo positiva. Las características de compensación exacta de la fibra de núcleo hueco pueden estar configuradas para acoplar y anular las características dispersivas de las longitudes y los materiales de fibras múltiples. Por ejemplo, a 1060 nm la fibra de núcleo hueco HC - 1060 - 2 de Crystal Fiber, Inc., tiene una dispersión de - 120 ps/nm/km mientras la fibra normal HI - 1060 de Corning tiene una dispersión de aproximadamente + 45 ps/nm/km. Por lo tanto, la fibra de núcleo hueco puede compensar la fibra HI - 1060 cuando la relación de la longitud 50 es 1:2,7.

Cuando un impulso óptico sale del compensador 46, el impulso óptico choca con el transmisor de terahercios 30, el cual emite una radiación electromagnética de un único ciclo o de medio ciclo. La forma de realización preferida 55 emplea un elemento foto conductor como el transmisor de terahercios 30, que genera pares de electrones - agujeros y una corriente eléctrica de impulso. El elemento foto conductor puede ser un diodo de unión - pn, un fotodiodo pin, un fotodiodo de metal - semiconductor - metal, un foto diodo de contacto de punto, un foto diodo de heterounión, o un semiconductor simple, el cual puede estar fabricado con cualquier elemento semiconductor que comprenda arseniuro de galio de crecimiento de baja temperatura ("LT - GaAs"), arseniuro de galio semiaislante (GaAs), silicio (cristalino o implantado con iones) en zafiro SOS, fosforo de indio (InP), arseniuro de galio indio (InGaAs), o cualquier 60 otro elemento foto activo pero no está limitado a ellos. Los semiconductores de espacio de banda pequeño tales como el de arseniuro de galio indio (InGaAs) o el de arseniuro de indio proveen la posibilidad de la activación mediante impulsos de láser de longitud de onda más larga (cerca de 1060 nm). Los elementos de antena foto conductora formados a partir de arseniuro de galio de crecimiento de baja temperatura (LT - GaAs), pueden ser 65 utilizados tanto como el transmisor de terahercios 30 como para el receptor de terahercios 32 y pueden ser activados por impulsos de láser cortos no sólo a 800 nm sino también en o cerca de 1060 nm.

Otro procedimiento es la utilización de un cristal de generación del segundo armónico enfrente del elemento foto conductor del transmisor de terahercios 30, de tal modo que el elemento foto conductor es accionado a la mitad de la longitud de onda del láser y el sistema de distribución óptica. Esto permite la utilización de fuentes del láser de longitud de onda más larga tales como los láseres de fibra dopada con iterbio a 1060 nm o los láseres de fibra dopada con erbio a 1560 nm, con un número mayor de materiales de antena foto conductora convencionales. La generación del segundo armónico se puede conseguir utilizando cristales tales como, pero no están limitados a ellos, KDP, KTP, BBO, LBO. Para una conversión más eficaz de los impulsos de energía óptica baja, puede ser ventajoso utilizar cristales acoplados de casi fase tales como niobato de litio periódicamente polarizado (PPLN) o bien otros materiales periódicamente polarizados.

El elemento foto conductor utilizado para generar un impulso de terahercios también puede ser de la clase esbozada en la patente americana US 5,420,595. La física que gobierna este último estilo de dispositivo concierne tanto a la física óptica foto conductora como no lineal y está cubierta en el artículo de I. Greene y otros "Generación de luz lejos de la infrarroja en superficies de semiconductores y sus aplicaciones espectroscópicas" ("Far-Infrared Light Generation at Semiconductor Surfaces and Its Spectroscopic Applications"), IEEE J. Quantum Electron., vol. 28, pp. 2302-2312, 1992. Este transmisor de terahercios del último estilo puede trabajar tanto con un campo eléctrico exteriormente aplicado como un campo superficial inducido debido a la interfaz semiconductor y aire. Este estilo de campo interior también puede ser debido a un límite semiconductor - semiconductor o metal - semiconductor. Este campo inducido es perpendicular a la superficie del material, de modo que a fin de que cualquier radiación de terahercios sea radiada en el espacio libre, el impulso óptico incidente debe chocar en el material a un ángulo de incidencia distinto de cero.

El choque del impulso óptico con el elemento foto conductor generará un impulso de corriente. La variación en la corriente generará radiación electromagnética. La forma temporal de la radiación electromagnética está determinada tanto por lo corto que sea el impulso óptico de entrada como por la estructura de la antena de metal que está acoplada al elemento foto conductor. En la forma de realización preferida la antena es una configuración de dipolo o de dipolo replegada. La configuración de la antena para esta forma de realización preferida se esboza en la patente americana US Nº 5,729,017. La relación en el modo preferido será desde 50 gigahercios hasta 5 terahercios, pero es posible cualquier frecuencia electromagnética por encima por debajo de esta gama preferida.

Cuando el impulso óptico sale del compensador 48, chocará con el receptor de terahercios 32, el cual detectará la radiación electromagnética incidente. La forma de realización preferida utiliza un elemento foto conductor como el receptor de terahercios 32, que genera transitoriamente pares de electrones - agujeros los cuales incrementan la conductividad de la antena, con un impulso de corriente eléctrica resultante si existe cualquier campo electromagnético incidente. La discusión anterior para los materiales de la antena foto conductora para el transmisor de terahercios 30 también se mantienen también para el receptor de terahercios 32.

El receptor 32 puede estar colocado en cualquier posición que rodea una muestra, de modo que detecte la radiación transmitida, reflejada, refractada o dispersada. Por ejemplo, como se representa en la figura 2A, un transmisor individual 30a transmite una radiación de terahercios a un objeto 50. Receptores 32a, 32b, 32c, reciben la radiación de terahercios que es reflejada, dispersada o transmitida, respectivamente, cuando la radiación de terahercios pasa a través del objeto. Con referencia a las figuras 2B y 2C, un transmisor 30d y un receptor 32d están alojados en el interior de un alojamiento común 52. La radiación de terahercios generada por el transmisor 30b se enfocará en un objeto 54 de tal modo que la radiación de terahercios será reflejada devuelta al receptor 32d. Adicionalmente, como se representa en las figuras 3A y 3B, se comprenderá que el transmisor 30 o el receptor 32 puede contener una pluralidad de transmisores o receptores, respectivamente. La pluralidad de trasmisores 30 y receptores 32 reciben señales a través de separadores 31a, 32b, respectivamente.

Con referencia de nuevo a la figura 1, el sistema de fibra de distribución reproducirá exactamente o por lo menos aproximadamente el impulso óptico original desde la fuente óptica 12 hasta el transmisor 30 y el receptor 32. Sin embargo, tiempos de elevación más rápidos del impulso óptico que choca con el elemento foto conductor conducirán a una respuesta de frecuencia más amplia. Una forma de realización alternativa podría ser diseñada para controlar tanto la dispersión como la auto modulación de fase en el sistema de distribución para comprimir y conformar el impulso para una generación y una detección electromagnética óptimas.

En la forma de realización preferida, la sensibilidad de polarización de los elementos foto conductores del transmisor 30 y el receptor 32 se dirigirá mediante la utilización de elementos de control de la polarización 34 y 36, respectivamente. Existen varios procedimientos alternativos. Se puede utilizar un diseño de antena modificada para reducir la sensibilidad de polarización. También, la respuesta de la antena se puede saturar a energías ópticas altas de modo que se reduzca la sensibilidad de polarización. Se puede utilizar un elemento que polarice parcialmente entre la salida de la fibra y la antena foto conductora, orientado de tal modo que se contrarreste la sensibilidad de polarización parcial de la antena. Finalmente, los elementos de control de la polarización 34, 36, o la energía óptica distribuida a través de la fibra se pueden controlar activamente utilizando retroalimentación desde el estado de polarización en la salida de la fibra de distribución o la foto corriente de la antena. La alta birrefringencia de la fibra de cristal fotónico también se debe considerar, en la medida en que concierne al retraso de la propagación que depende de la polarización. El mejor medio de reducir este efecto sería propagar de forma aleatoria (posiblemente

circularmente) luz polarizada en la fibra de cristal fotónico, reduciendo de ese modo el efecto de ensanchamiento del impulso de su birrefringencia. Alternativamente, puede ser posible determinar previamente los ejes rápido y lento de la fibra de cristal fotónico y alinearlos y acoplarlos a la fibra distribuida de modo que el impulso óptico sea lanzado preferencialmente a lo largo del eje deseado.

5 Con referencia a la figura 5 la fibra de cristal fotónico 60 servirá como la fibra de latiguillo para el transmisor 30 o el receptor 32 de terahercios. Una extensión de la forma de realización a base de cristal fotónico descrita antes en este documento tendrá la fibra de cristal fotónico 60 enrollada en espiral y almacenada de un modo estacionario en el interior de un envoltorio 74 que también contiene la antena 76 de un receptor o un transmisor de terahercios, en el interior del cual se monta la fibra de cristal fotónico 60. Un extremo distante de salida 78 de la fibra de cristal fotónico 60 recibirá la señal láser a través de una fibra óptica 80, la cual tanto es una fibra mono modo como que mantiene la polarización. Un extremo de salida 82 de la fibra de cristal fotónico 60, que entra en el módulo de terahercios, se monta de forma similar a aquél descrito en la patente americana US 6,816,647. Aquí, el extremo de salida 82 de la fibra de cristal fotónico 60 está acoplado ópticamente a la red de difracción 64 a través de la lente 62. Las señales ópticas 66a viajan a través de la red de difracción 64 hasta una segunda lente 84. La segunda lente 84 acopla ópticamente las señales ópticas 66a a la antena 76. Otra vez, esto puede servir igualmente bien como transmisor de terahercios o bien como de receptor de terahercios.

20 Ciertos materiales y objetos pueden estar caracterizados por una absorción, una dispersión o una reflexión de transitorios de terahercios que depende de la frecuencia que pasa a través de, o se refleja fuera de, una muestra tal como se esboza en la patente americana US Nº 5,710,430. El receptor 32 de la figura 1 está configurado para detectar la radiación electromagnética en la gama de terahercios, después de ser acondicionada por una muestra. El receptor 32 generará entonces una señal eléctrica, la cual es interpretada, escalada o digitalizada mediante cualquier sistema conocido de adquisición de datos. El receptor 32 se sincroniza al transmisor 30 mediante el sistema de retraso óptico 28. También parte de esta invención es la inclusión de esta técnica en un transceptor de elemento individual que contiene tanto el generador como el receptor en un módulo.

30 La utilización de los sistemas de fibra óptica permite una distribución de energía óptica conveniente a una pluralidad de transmisores y receptores. Esto se puede efectuar utilizando acoplamientos / separadores de fibra óptica adicionales como se representa en las figuras 3A y 3B. En un sistema de este tipo, se requiere un control cuidadoso de las longitudes de la fibra a fin de hacer mínima la distorsión de la temporización entre los diversos canales de terahercios y también para garantizar que los impulsos ópticos distribuidos a cada transceptor sean tan cortos como sea posible. De este modo, se puede evitar tener que utilizar un control de la dispersión independiente para cada uno de los canales de terahercios.

35 Como una persona experta en la técnica apreciará rápidamente, la descripción anterior se supone que es una ilustración de la implantación de los principios de esta invención. Esta descripción no pretende limitar el ámbito ni la aplicación de esta invención porque la invención es susceptible de modificación, variación y cambio sin por ello salirse del ámbito de la invención, como se define en las siguientes reivindicaciones.

40

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para compensar la dispersión en un sistema de terahercios, el sistema comprendiendo:
- 5 una fibra óptica configurada para transmitir un impulso óptico;
- un compensador ópticamente acoplado a la fibra óptica, el compensador configurado para compensar una dispersión del impulso óptico causada cuando el impulso óptico se propaga a través de la fibra óptica;
- 10 un dispositivo de terahercios ópticamente inducido provisto de una antena, el dispositivo de terahercios ópticamente inducido acoplado ópticamente al compensador, por lo que el dispositivo de terahercios está configurado para transmitir o recibir radiación de terahercios a través de la antena;
- 15 en el que el dispositivo de terahercios ópticamente inducido es un receptor de terahercios, en el que la antena está ópticamente acoplada al compensador para el muestreo del campo eléctrico formado en la antena desde la radiación de terahercios recibida;
- en el que compensador es una fibra de cristal fotónico, la fibra de cristal fotónico siendo un compensador fijo y el compensador adicionalmente comprende un conversador ajustable conjuntamente con el compensador fijo.
- 20 2. El sistema de la reivindicación 1 en el que la fibra óptica es una fibra óptica mono modo de un tipo normal o que mantiene la polarización.
3. El sistema de la reivindicación 1 en el que la fibra óptica es una fibra óptica de área modal grande.
- 25 4. El sistema de la reivindicación 1 en el que el receptor de terahercios adicionalmente comprende un medio de conmutación óptica, en el que el medio de conmutación óptica es un elemento foto conductor.
5. El sistema de la reivindicación 1 en el que la antena es una antena dedipolo o de dipolo replegado.
- 30 6. El sistema de la reivindicación 1 en el que el receptor de terahercios está ópticamente acoplado al compensador a través de una lente.
7. El sistema de la reivindicación 1 en el que el receptor de terahercios está ópticamente acoplado al compensador a través de un contacto directo.
- 35 8. El sistema de la reivindicación 1 adicionalmente comprendiendo un láser de modo bloqueado dopado con iterbio o dopado con neodimio ópticamente acoplado a la fibra óptica, el láser de modo bloqueado dopado con iterbio o dopado con neodimio configurado para producir el impulso óptico.
- 40 9. El sistema de la reivindicación 1 en el que el dispositivo de terahercios ópticamente inducido es también un transmisor de terahercios, en el que la antena está ópticamente acoplada al compensador para la generación de una radiación de terahercios.
- 45 10. El sistema de la reivindicación 9 en el que la fibra óptica es una fibra óptica mono modo o de un tipo normal o que mantiene la polarización.
11. El sistema de la reivindicación 9 en el que la fibra óptica es una fibra óptica de área modal grande.
- 50 12. El sistema de la reivindicación 9 en el que el transmisor de terahercios adicionalmente comprende un medio de conmutación óptica, en el que el medio de conmutación óptica es un elemento foto conductor.
13. El sistema de la reivindicación 9 en el que la antena es una es una antena de dipolo o de dipolo replegado.
- 55 14. El sistema de la reivindicación 9 en el que el transmisor de terahercios está ópticamente acoplado al compensador a través de una lente.
15. El sistema de la reivindicación 9 en el que el transmisor de terahercios está ópticamente acoplado al compensador a través de un contacto directo.
- 60 16. El sistema de la reivindicación 9 adicionalmente comprendiendo un láser de modo bloqueado dopado con iterbio o dopado con neodimio ópticamente acoplado a la fibra óptica, el láser de modo bloqueado dopado con iterbio o dopado con neodimio configurado para producir el impulso óptico.

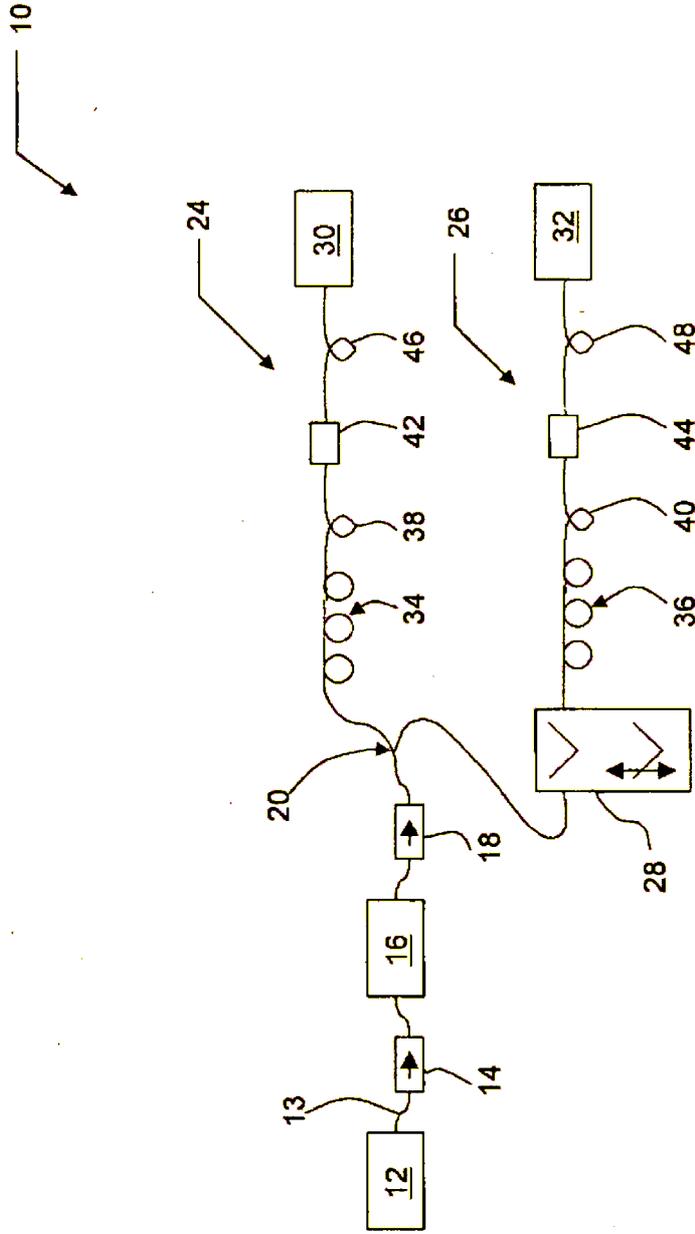


FIG. 1

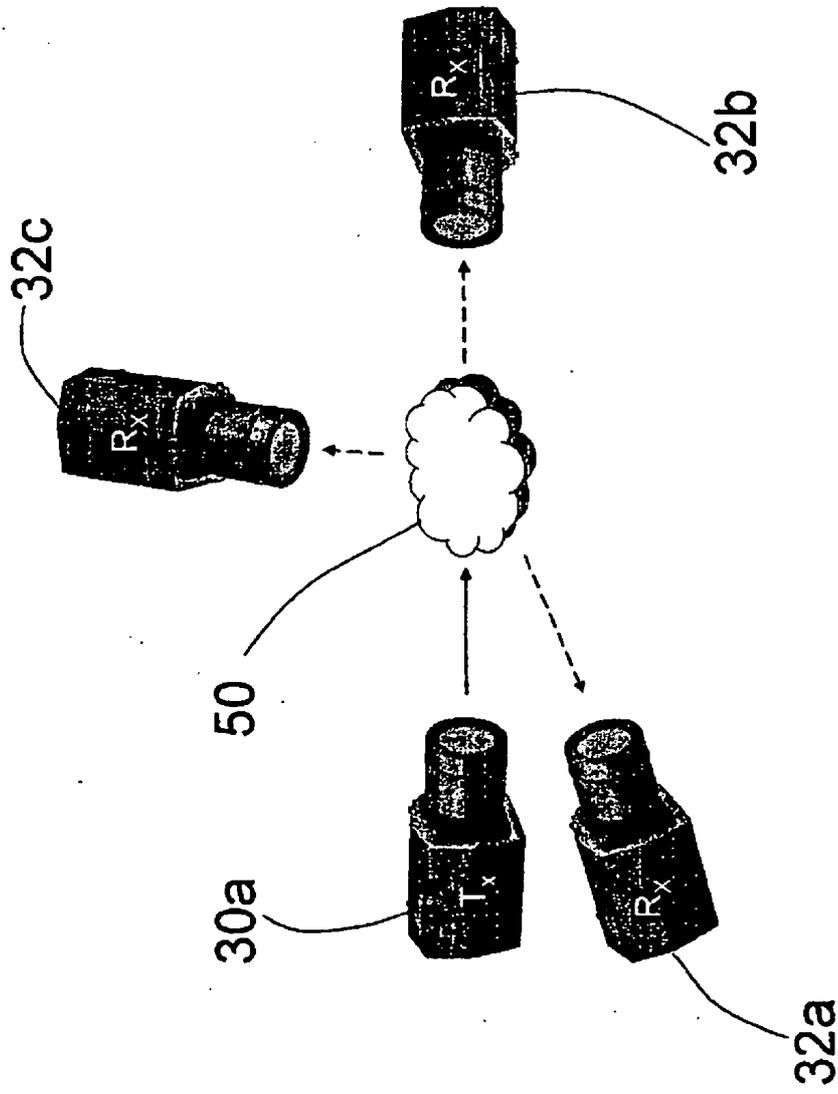


FIG. 2A

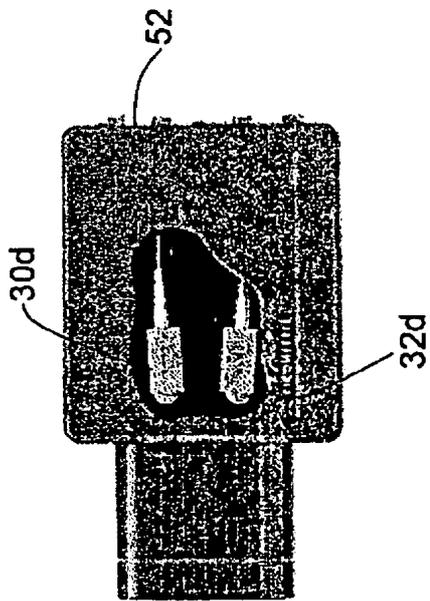


FIG. 2B

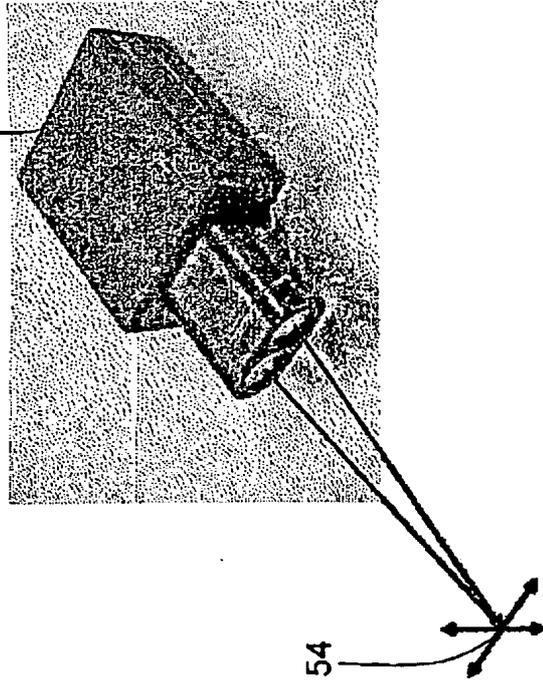


FIG. 2C

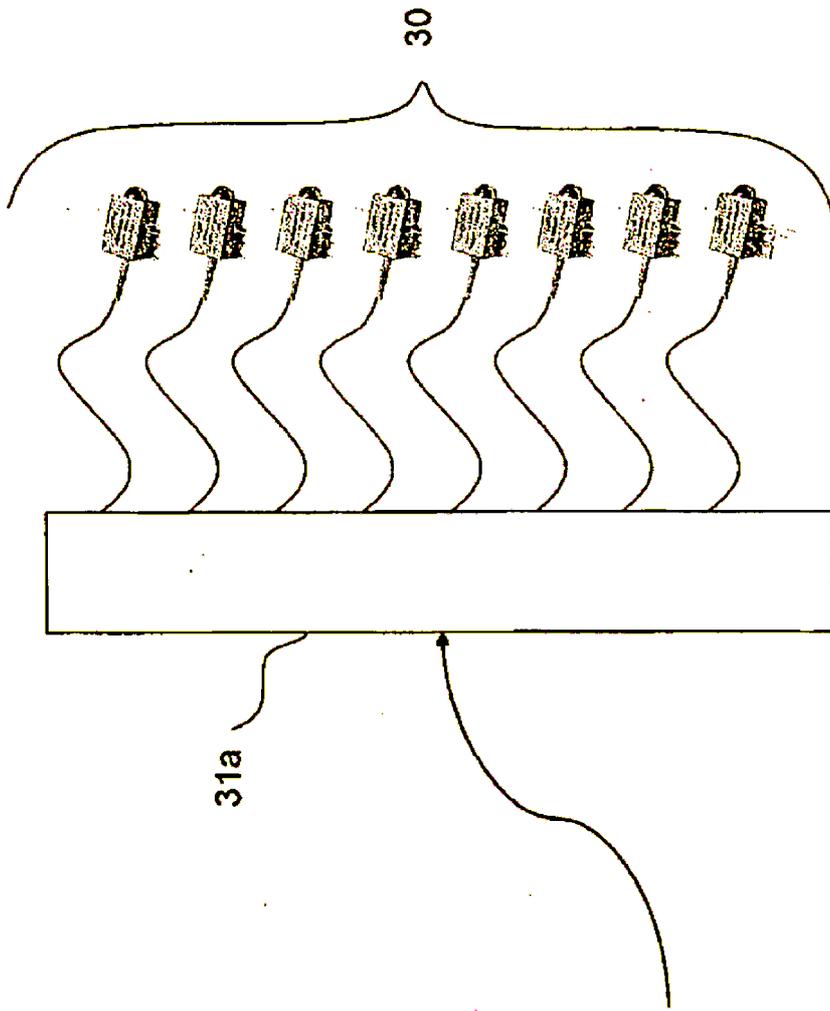


FIG. 3A

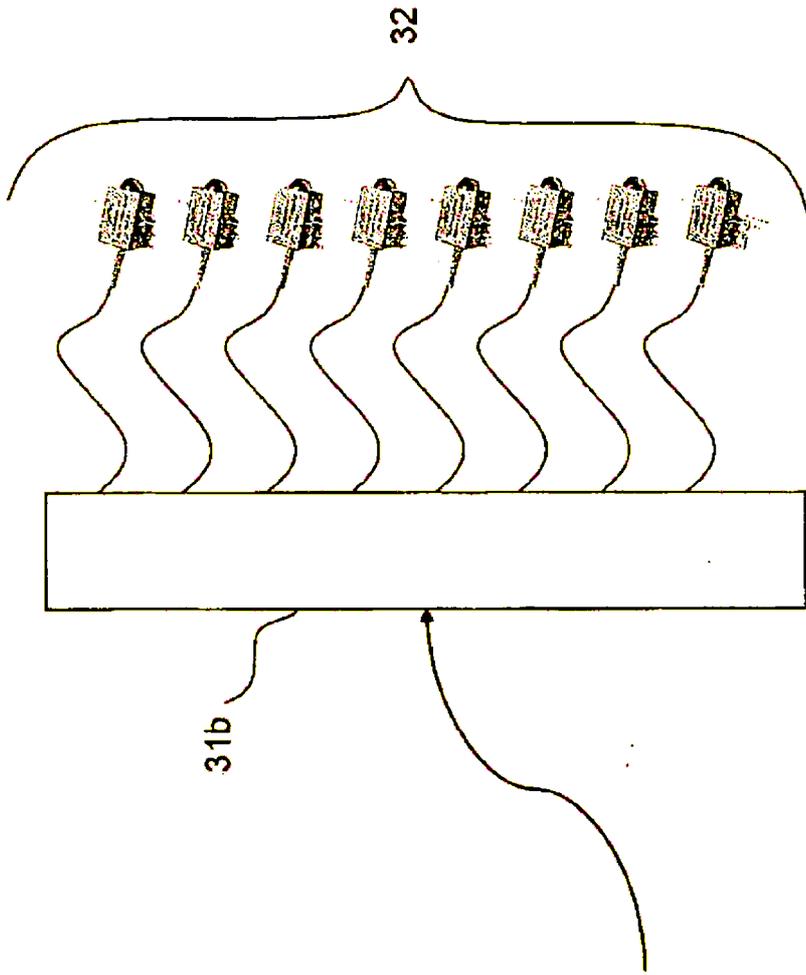


FIG. 3B

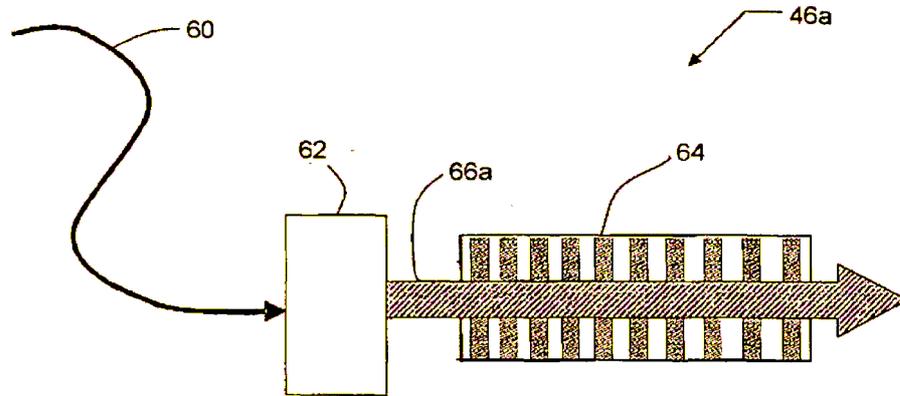


FIG. 4A

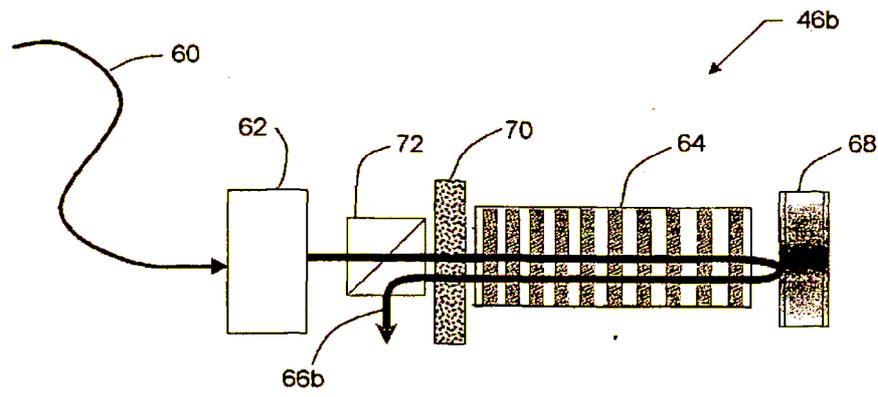


FIG. 4B

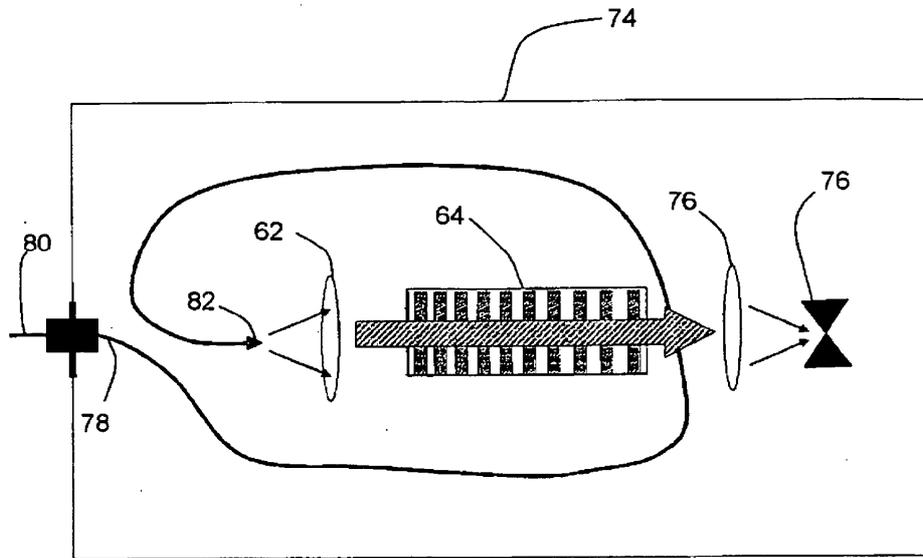


FIG. 5