

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 824**

51 Int. Cl.:

G02F 1/33 (2006.01)

G01N 21/64 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.11.2013 PCT/HU2013/000115**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.06.2015 WO15079269**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2013 E 13824323 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019 EP 3074814**

54 Título: **Deflector acústico-óptico que comprende múltiples transductores electro-acústicos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.06.2020

73 Titular/es:
FEMTONICS KFT. (100.0%)
59 Tuzoltó utca
1094 Budapest, HU

72 Inventor/es:
RÓZSA, BALÁZS JÓZSEF;
KATONA, GERGELY y
MAÁK, PÁL ANDOR

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 764 824 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

Deflector acústico-óptico que comprende múltiples transductores electro-acústicos

La presente invención se refiere a un deflector acústico-óptico que comprende una masa de medio acústico-óptico y un generador de ondas acústicas acoplado a la masa.

- 5 Las tecnologías de escaneado láser tridimensional (3D) tienen una gran importancia en la realización de mediciones en muestras biológicas (incluyendo escaneado, imágenes, detección, excitación, etc.).

Las tecnologías del estado de la técnica comúnmente aplican microscopios de escaneado con láser de dos fotones que usan una luz láser de energía fotónica más baja en los que se necesitan dos fotones para excitar un luminóforo en un suceso cuántico, lo que produce la emisión de un fotón de fluorescencia, que luego se detecta mediante un detector. La probabilidad de una absorción casi simultánea de dos fotones es extremadamente baja, lo que requiere un alto flujo de fotones de excitación, por lo que la excitación de dos fotones prácticamente solo ocurre en el punto focal del rayo láser, donde la intensidad del haz supera el umbral de dos fotones. El número de fotones aumenta también mediante el acoplamiento de modo del láser de excitación, lo que hace que los fotones lleguen a la muestra en rebotes de alta intensidad. En general, se utiliza un láser pulsado de femtosegundos para proporcionar el flujo de fotones requerido para la excitación de dos fotones, mientras que se mantiene la intensidad media del rayo láser lo suficientemente baja como para evitar el deterioro de la muestra térmica.

En el caso de analizar muestras biológicas, generalmente se prefiere mover el punto de enfoque del rayo láser en lugar de mover la muestra, lo que sería difícil de llevar a cabo cuando se usan cámaras de muestras sumergidas o cuando se realiza un registro eléctrico de la muestra biológica con microelectrodos. Se puede mover el punto de enfoque a lo largo de una trayectoria arbitraria desviando el rayo láser para barrer diferentes puntos en un plano focal (plano X-Y) y desplazando el objetivo a lo largo de su eje óptico (eje Z), p.ej. a través de un posicionador piezoeléctrico con el fin de cambiar la profundidad del plano focal.

El escaneado XY se logra convencionalmente desviando el rayo láser dentro de un plano focal dado, plano X-Y) mediante medios de desviación mecano-ópticos, tales como espejos desviadores montados en escáneres galvanométricos. Sin embargo, la inercia de los componentes mecánicos de escaneado (es decir, los espejos de escaneado y el objetivo del microscopio) presenta ciertas limitaciones con respecto a la velocidad de escaneado que se puede conseguir, ya que los componentes de escaneado deben ser desplazados físicamente para realizar el escaneado 3D.

Se han propuesto los deflectores acústicos ópticos rápidos como alternativa a las soluciones mecano-ópticas convencionales. Dichos deflectores comprenden una masa hecha de un medio acústico óptico y un transductor electro-acústico generador de ondas acústicas acoplado al mismo. El medio acústico-óptico de la masa es un cristal y, a medida que se propagan las ondas acústicas a través de la masa, las constantes de la red cristalina del cristal se modifican ligeramente debido a las ondas acústicas, por lo que la masa actúa como una rejilla óptica de constante de rejilla modificable.

Kaplan y otros ("Acousto-optic lens with very fast focus scanning", OPTICS LETTERS/Vol. 26, N.º 14/ 15 de Julio, (2001)) propusieron una lente acústica compuesta por dos deflectores con ondas acústicas de contra propagación bloqueadas en fase, para lograr un cambio de plano puramente focal a lo largo del eje Z sin movimiento lateral del haz. En este tipo de aplicación, se deben generar ondas acústicas de frecuencia modulada, es decir, la frecuencia de la onda acústica en el medio acústico-óptico de los deflectores cambia continuamente. El cambio del enfoque de la lente acústica-óptica se consigue modificando la velocidad de barrido de las frecuencias acústicas a través de la apertura óptica de los dispositivos acústicos-ópticos. Para mover simultáneamente el haz y cambiar el plano focal, se deben modificar las velocidades de barrido y se debe introducir la diferencia de frecuencia acústica entre los dos deflectores de un par. Para desplazar el punto focal a lo largo del eje X, se debe aplicar la diferencia de frecuencia acústica entre los deflectores que se desvían en el plano X-Z, y para el desplazamiento a lo largo del eje Y, se debe aplicar la diferencia de frecuencia acústica entre los deflectores del par que se desvían en el plano Y-Z. La cantidad de la diferencia de frecuencia en los pares respectivos determina las coordenadas X e Y del punto.

La figura 1 muestra la curva de eficiencia de difracción teórica de un deflector acústico-óptico del estado de la técnica, en función de la frecuencia para diferentes longitudes de onda ópticas alcanzables con un transductor ideal. Las curvas se calcularon con la misma orientación cristalográfica de la masa para las ondas acústicas y ópticas en TeO₂, suponiendo la misma potencia acústica. Es obvio que el deflector difractará eficientemente a frecuencias acústicas más bajas cuando se aumenta la longitud de onda óptica, y que la potencia óptica de salida máxima y el ancho de banda de frecuencia acústica disminuyen.

Los transductores electro-acústicos del estado de la técnica solamente son capaces de generar ondas acústicas dentro de un intervalo de trabajo de frecuencia acústica limitada, de aproximadamente una octava. Con el fin de desviar un rayo láser de una longitud de onda óptica central dada, que se propaga a través de la masa del deflector acústico óptico, hacia dentro de un campo de visión deseado, se requiere un rango dado de frecuencias acústicas, sin embargo, los rayos láser de diferentes longitudes de onda ópticas centrales requieren diferentes rangos de frecuencias acústicas para lograr el mismo campo de visión tal como se muestra en la figura 1. Por consiguiente, en los deflectores acústico-

ópticos del estado de la técnica, se elige el transductor para que tenga un intervalo de trabajo de frecuencia acústica que corresponda a lo que se requiere para desviar un haz láser de una longitud de onda óptica central dada, lo que significa que el intervalo de trabajo de frecuencia acústica del transductor se optimiza para la longitud de onda óptica central de la fuente láser que se va a utilizar con el deflector acústico-óptico.

5 No obstante, en el caso de ciertas mediciones, la muestra es excitada preferiblemente por rayos láser de diferentes longitudes de onda ópticas centrales que son proporcionadas preferiblemente por más de un láser o por un solo láser sintonizable. Por ejemplo, para excitar de forma efectiva diferentes tipos de biomarcadores, como los indicadores de calcio codificados genéticamente (p.ej. GCaMP3, GCaMP5) y diferentes colorantes AM (p.ej. OGB-1 AM), el deflector acústico-óptico debería funcionar idealmente a diferentes longitudes de onda ópticas centrales (p. ej. a ~ 810 nm para OGB-1, a ~ 950 nm para GCaMP3 y a ~ 740 nm para excitación de dos fotones). El cambio en la longitud de onda óptica impone un cambio en el rango de frecuencia acústica en el deflector. Sin embargo, los transductores del estado de la técnica tienen un intervalo limitado de trabajo de frecuencia acústica, y no son especialmente adecuados para difractar rayos láser de longitud de onda óptica central arbitraria que pasan a través del deflector. Si las diferentes longitudes de onda ópticas centrales no están demasiado alejadas entre sí, entonces un deflector acústico-óptico que tenga un transductor, optimizado para una de tales longitudes de onda ópticas centrales, también desviará los otros rayos láser de longitud de onda, pero dentro de un rango de frecuencia reducido. Como solución alternativa, un deflector acústico-óptico optimizado para una primera longitud de onda óptica central es remplazado por un deflector optimizado para una segunda longitud de onda óptica central cuando se desea realizar una medición en la segunda longitud de onda óptica central. Sin embargo, esto conlleva mucho tiempo, resulta engorroso y costoso (ya que se requiere al menos un segundo deflector acústico-óptico).

La Solicitud de Patente N.º U.S. 2005/0279808 A1 propone montar más de un transductor en la misma o en diferentes superficies de un modulador acústico-óptico, dichos transductores tienen diferentes intervalos de trabajo de frecuencia debido al diferente tamaño de los transductores.

25 En "Multichannel Bragg cells: design, performance, and applications" (Dennis R. Pape y Driggers Ronald G; Optical Engineering, Soc. of Photo-Optical Instrumentation Engineers, Bellingham, vol. 31, N.º 10, 1 de Octubre de 1992 (01-10-1992), páginas 2148-2158) se propone proporcionar una célula de Bragg multicanal en la que los transductores direccionables individualmente del mismo tipo comparten un electrodo inferior común que está unido a un cristal acústico-óptico. Sin embargo, si es necesario hace transductores de diferente tamaño en un electrodo inferior común, puede ser difícil de fabricar la pequeña diferencia de altura entre los transductores.

30 Es un objeto de la presente invención superar los problemas asociados con el estado de la técnica. En particular, es un objeto de la invención proporcionar un deflector acústico-óptico que tenga al menos dos intervalos de trabajo de frecuencia acústica.

Los objetos anteriores se consiguen mediante un deflector acústico-óptico según la reivindicación 1.

En las reivindicaciones dependientes adjuntas se definen formas de realización ventajosas de la invención.

35 Los detalles adicionales de la invención serán evidentes a partir de las figuras adjuntas y las formas de realización de ejemplo.

La figura 1 es la curva de eficiencia de difracción teórica de un deflector acústico óptico del estado de la técnica, en función de la frecuencia, para diferentes longitudes de onda ópticas.

40 La figura 2 es una vista esquemática en sección transversal de una forma de realización preferida de un deflector acústico-óptico de acuerdo con la invención.

La figura 2 ilustra esquemáticamente una forma de realización preferida de un deflector acústico 10 de acuerdo con la presente invención. El deflector 10 comprende una masa 12 de medio acústico óptico y un generador de ondas acústicas 14 acoplado a la masa 12. De acuerdo con la forma de realización representada, el generador de ondas acústicas 14 comprende dos transductores electro-acústicos diferentes, uno primero y otro segundo 16, 18, para generar ondas acústicas en la masa 12 con el fin de desviar un rayo láser que se propaga a través de la masa 12. El primer y el segundo transductor 16, 18 son diferentes en el sentido de que funcionan en diferentes intervalos de frecuencia acústica (es decir, tienen diferentes intervalos de trabajo de frecuencia acústica) y/o generan ondas acústicas de diferente modo de polarización acústica, con lo que el deflector acústico óptico 10 está optimizado para rayos láser de diferentes longitudes de onda ópticas centrales y/o de diferente polarización según se trabaje con el primer o con el segundo transductor 16, 18. Debe apreciarse que el generador de ondas acústicas 14 puede comprender más de dos transductores 16, 18 en cuyo caso cada transductor 16, 18 puede tener un intervalo de trabajo de frecuencia acústica diferente y/o un modo de polarización acústica diferente.

La posibilidad de generar diferentes modos acústicos que se propagan en la misma dirección también tiene su importancia práctica, ya que los modos con diferente polarización se propagan con diferentes velocidades, lo que permite la exploración con diferentes velocidades sobre diferentes rangos de ángulos. En una disposición típica, el modo acústico más lento proporciona el rango de ángulo de exploración más alto y el mayor rendimiento óptico, mientras que los modos más rápidos proporcionan una exploración de 5-10 veces más rápida en un intervalo de

exploración limitado. Ambas funciones pueden ser útiles durante la formación de imágenes, más preferiblemente la exploración lenta que proporciona una imagen más grande y durante la medición funcional, la exploración más rápida capaz de capturar procesos biológicos dinámicos.

5 Los dos transductores 16, 18 comprenden preferiblemente un primer electrodo común 20 (como se muestra en la figura 2), que está acoplado a la masa 12. Esto hace que la fabricación del generador de ondas acústicas 14 sea más simple y económica.

10 Los dos transductores 16, 18 comprenden además segundos electrodos 22, 24 que están provistos preferiblemente de medios de contacto 22a, 24a que se pueden conectarse a una fuente de señal de activación eléctrica a través de un interruptor eléctrico 26. La fuente de señal eléctrica es preferiblemente un sistema de control 27 que proporciona las señales de activación para el generador de onda acústica 14 y el interruptor eléctrico 26 también. El interruptor eléctrico 26 puede ser un interruptor de radiofrecuencia rápido, preferiblemente con un tiempo de conmutación de menos de 50 nseg, más preferiblemente de menos de 10 nseg.

15 Cada transductor 16, 18 comprende además una placa piezoeléctrica 28, 30 interpuesta entre el primer electrodo común (o separado) 20 y los segundos electrodos 22, 24. Los transductores 16, 18 pueden comprender capas adicionales tales como capas de adaptación acústica y/o capas de unión (no mostradas). Las placas piezoeléctricas 28, 30 están hechas preferiblemente de cristales piezoeléctricos que transforman las señales eléctricas en ondas acústicas al modificar su dimensión estática en respuesta a un campo eléctrico externo.

20 El diferente intervalo de trabajo de frecuencia acústica de los transductores 16, 18 se consigue proporcionando transductores 16, 18 de diferentes espesores, p.ej. las placas piezoeléctricas 28, 30 y/o las capas de adaptación acústica tiene espesores diferentes. En otra forma de realización, si el primer y el segundo transductor 16, 18 difieren en el modo de polarización acústica, esto se puede lograr proporcionando placas piezoeléctricas 28, 30 de diferente orientación del cristal.

Diversas modificaciones a las formas de realización descritas anteriormente serán evidentes para una persona experta en la materia, sin apartarse del alcance de la protección determinado por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Deflector acústico-óptico que comprende una masa (12) de medio acústico-óptico y un generador (14) de ondas acústicas acoplado a la masa (12), el generador (14) de ondas acústicas comprende al menos dos transductores electro-acústicos diferentes (16, 18) para generar ondas acústicas en la masa (12). cada transductor (16, 18) comprende un primer electrodo (20) acoplado a la masa (12), un segundo electrodo (22, 24) y una placa piezoeléctrica (28, 30) interpuesta entre el primer y el segundo electrodo (20, 22, 24), caracterizado por que al menos uno de los transductores (16, 18) comprende una capa de adaptación acústica; el primer electrodo (20) de los al menos dos transductores (16, 18), es común; y los al menos dos transductores (16, 18) tiene espesores diferentes, de tal modo que las placas piezoeléctricas (28, 30) tienen espesores diferentes y las capas de adaptación acústica tienen espesores diferentes.
2. Deflector acústico-óptico según la reivindicación 1, caracterizado por que las placas piezoeléctricas (28, 30) de los al menos dos transductores (16, 18) difieren en la orientación del cristal.
3. Deflector acústico-óptico según las reivindicaciones 1 o 2 caracterizado por que los segundos electrodos (22, 24) tienen medios de contacto (22a, 24a) que se pueden conectare a una fuente de señal de activación eléctrica a través de un interruptor eléctrico (26).
4. Deflector acústico-óptico según la reivindicación 3, caracterizado por que el interruptor eléctrico (26) es un interruptor de radiofrecuencia, que preferiblemente tiene un tiempo de conmutación de menos de 10 nseg.
5. Deflector acústico-óptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el generador (14) de ondas acústicas comprende al menos:
- un primer transductor (16) que tiene un primer intervalo de trabajo de frecuencia acústica, y
 - un segundo transductor (18) que tiene un segundo intervalo de trabajo de frecuencia acústica.
6. Deflector acústico-óptico según la reivindicación 5, caracterizado por que el intervalo de trabajo de la frecuencia acústica del primer transductor (16) está optimizado para que los rayos láser de un primer rango de longitudes de onda ópticas centrales se desvíen cuando pasan a través de la masa (12), y el intervalo de trabajo de la frecuencia acústica del segundo transductor (18) está optimizado para que los rayos láser de un segundo rango de longitudes de onda ópticas centrales se desvíen al pasar a través de la masa (12).

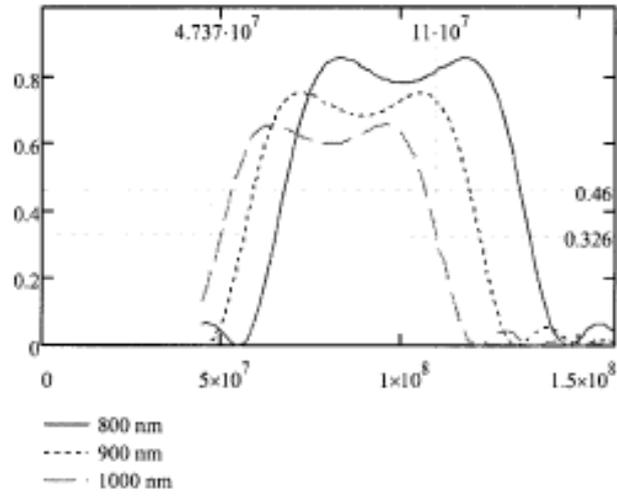


Fig. 1

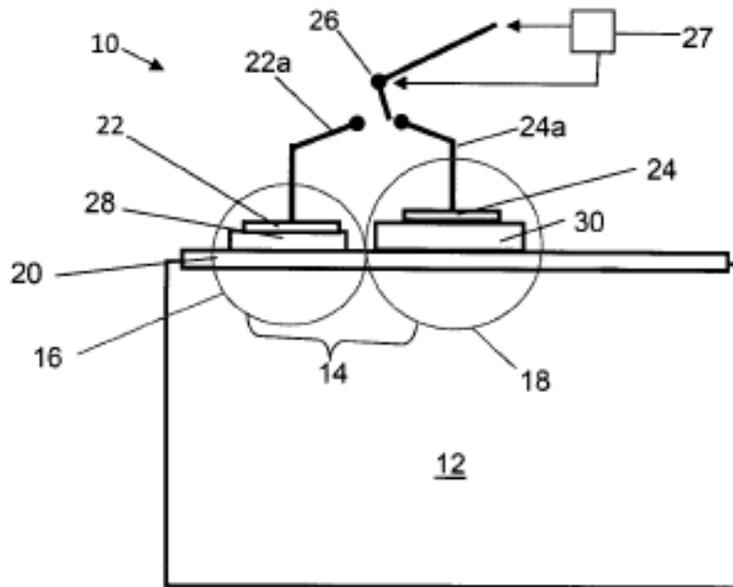


Fig. 2