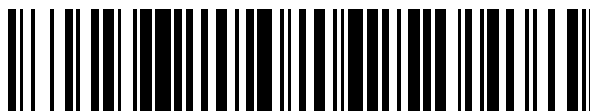


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 687 184**

51 Int. Cl.:

G01N 21/17	(2006.01)
G01N 27/00	(2006.01)
G01N 33/50	(2006.01)
H01L 31/0232	(2014.01)
G02B 5/00	(2006.01)
G01N 21/25	(2006.01)
G01N 21/552	(2014.01)
G01N 21/64	(2006.01)
G01N 33/543	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.08.2011 PCT/FI2011/050695**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.04.2012 WO12052608**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2011 E 11833912 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018 EP 2630468**

54 Título: **Aparato y método para la detección óptica de analitos**

30 Prioridad:

21.10.2010 US 909049

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

24.10.2018

73 Titular/es:

**NOKIA TECHNOLOGIES OY (100.0%)
Karaportti 3
02610 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**NISKANEN, ANTTI y
KIVIOJA, JANI**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 687 184 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

Aparato y método para la detección óptica de analitos

5 **Campo técnico**

La presente descripción se refiere al campo de sensores optoelectrónicos, métodos asociados y aparatos y, en particular facilita la operación y la lectura de una pluralidad de sensores optoelectrónicos. Una o más técnicas descritas en este documento pueden o no ser adecuadas para la detección de impurezas, o para el control de la salud usando dispositivos electrónicos portátiles.

Antecedentes

El documento US2003059798 (D1) divulga un aparato y un método para detectar e identificar agentes infecciosos. De acuerdo con D1, se proporcionan métodos en fase sólida para la identificación de un analito en un medio biológico, tal como un fluido corporal, usando bioluminiscencia. En D1, también se proporciona un chip diseñado para realizar el método y detectar la bioluminiscencia. De acuerdo con D1, también se proporcionan métodos que emplean la biomineralización para depositar silicio sobre un soporte de matriz. En D1, también se proporciona una sinapsis sintética.

El documento US 2010140460 (D2) divulga un dispositivo para detectar la emisión de una partícula objetivo a una longitud de onda de emisión, comprendiendo dicho dispositivo: un fotodetector que comprende una superficie de detección sensible que tiene un alto índice óptico; en el que dicha partícula objetivo puede colocarse en las proximidades de dicha superficie sensible en un medio de análisis que tiene un índice óptico bajo; dicho dispositivo está caracterizado porque comprende además: una máscara que cubre dicha superficie sensible, incluyendo dicha máscara al menos un área opaca a dicha longitud de onda de emisión y al menos un orificio, pudiendo dicho orificio recibir la partícula objetivo; y porque la máscara incluye al menos una interfaz; comprendiendo además dicho dispositivo al menos una ranura prevista en dicha interfaz, rodeando cada una de dichas al menos una ranura alrededor de cada uno de dichos al menos un orificio.

Los sensores optoelectrónicos se pueden usar para detectar la presencia de especies químicas y biológicas. Esto los hace útiles para aplicaciones en el cuidado de la salud y el monitoreo ambiental. Sin embargo, para detectar ciertas condiciones médicas, se requieren sensores optoelectrónicos para detectar un gran número de especies diferentes. Realizar este análisis secuencialmente puede llevar una cantidad significativa de tiempo. Por lo tanto, sería preferible determinar la presencia de todas las especies *simultáneamente*. Sin embargo, la detección simultánea requiere la iluminación y la lectura de un número correspondientemente grande de sensores heterogéneos, que actualmente es complejo y costoso.

El aparato y los métodos asociados descritos en este documento pueden o no abordar esta cuestión.

El listado o la discusión de un documento previo, publicado o cualquier antecedente en esta memoria descriptiva no necesariamente debe ser tomada como un reconocimiento de que el documento o el antecedente es parte del estado de la técnica o es un conocimiento general común. Uno o más aspectos/realizaciones de la presente divulgación pueden abordar o no uno o más de los problemas antecedentes.

Sumario

Según diversos, pero no necesariamente todos, los ejemplos de la descripción, se proporciona un aparato de acuerdo con la reivindicación 1. De acuerdo con un primer aspecto de la invención, un aparato se define como en la reivindicación independiente 1 adjunta. Las respuestas eléctricas específicas, determinadas y predeterminadas pueden comprender uno o más de los siguientes: una variación en la resistencia eléctrica de uno o más elementos sensores, una variación en la conductividad eléctrica de uno o más elementos sensores, una variación en la tensión de salida del uno o más elementos sensores, y una variación en la corriente eléctrica que fluye a través de uno o más elementos sensores.

La respuesta eléctrica específica puede ser causada por la absorción de una longitud de onda y/o intensidad de la radiación electromagnética en particular por los uno o más elementos sensores. La absorción de radiación electromagnética puede provocar la excitación de una resonancia de plasmón en uno o más elementos sensores. Cada conjunto de analitos puede estar asociado a una enfermedad respectiva. La determinación de una coincidencia puede permitir detectar la presencia o la ausencia de una enfermedad específica.

Cada conjunto de analitos puede comprender uno o más analitos. Cada conjunto de analitos puede comprender dos o más analitos diferentes. Cada analito puede comprender una especie química y/o biológica. Dos o más elementos del sensor pueden configurarse para unirse al mismo analito. Dos o más elementos del sensor pueden configurarse para unirse a diferentes analitos. Al menos un elemento del sensor puede funcionalizarse para unirse a un analito específico. El al menos un elemento del sensor puede funcionalizarse mediante la adsorción de una molécula de

funcionalización sobre la superficie del elemento del sensor. Al menos un elemento del sensor puede ser un fotodetector que comprende nanopartículas plasmónicas.

5 Dos o más elementos sensores pueden estar conectados en serie o en paralelo. El aparato puede configurarse para determinar la respuesta eléctrica combinada de los dos o más elementos sensores.

El uno o más elementos sensores pueden ser direccionables individualmente. El aparato puede configurarse para determinar la respuesta eléctrica de cada elemento del sensor individualmente.

10 La radiación electromagnética puede comprender una o más de las siguientes: luz visible, radiación infrarroja, y radiación ultravioleta.

15 La pantalla electrónica puede formar parte de un primer dispositivo. El uno o más elementos sensores pueden formar parte de un segundo dispositivo. El primer y el segundo dispositivo pueden estar configurados para poderse unir de forma extraíble entre sí. El aparato puede comprender uno o más elementos sensores y/o la pantalla electrónica. El aparato puede ser un dispositivo electrónico portátil o un módulo para un dispositivo electrónico portátil. De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, un método se define como en la reivindicación independiente 14 adjunta. La presente descripción incluye uno o más aspectos, realizaciones o características correspondientes en aislamiento o en diversas combinaciones, estén o no expresadas específicamente (incluyendo las reivindicadas) en esa combinación o de forma aislada. Los medios correspondientes para realizar una o más de las funciones discutidas también están dentro de la presente descripción.

El resumen anterior pretende ser meramente ilustrativo y no limitativo.

25 **Breve descripción de los dibujos**

A continuación, se brindará una descripción, solamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

30 La figura 1 ilustra esquemáticamente un sensor optoelectrónico (técnica anterior);
 La figura 2 ilustra esquemáticamente un conjunto de sensores iluminado usando luz procedente de una pantalla electrónica (presente descripción);
 La figura 3a ilustra esquemáticamente un conjunto de sensores que comprende nueve elementos sensores, cada uno configurado para unirse a un analito diferente (presente descripción);
 35 La figura 3b ilustra esquemáticamente la matriz de sensores de la figura 3b después de que los diferentes analitos se hayan unido a los elementos sensores (presente descripción);
 La figura 3c ilustra esquemáticamente un patrón de analito que corresponde a una primera enfermedad (presente descripción);
 La figura 3d ilustra esquemáticamente un patrón de analito correspondiente a una segunda enfermedad (presente descripción);
 40 La figura 4a ilustra esquemáticamente una matriz de sensores en la que los elementos sensores están conectados en serie para la lectura conjunta;
 La figura 4b ilustra esquemáticamente una matriz de sensores en la que los elementos sensores están conectados en paralelo para la lectura conjunta;
 45 La figura 4c ilustra esquemáticamente una matriz de sensores en la que los elementos sensores son direccionables individualmente para una lectura independiente;
 La figura 5 ilustra esquemáticamente un dispositivo que comprende el aparato descrito en este documento;
 La figura 6 ilustra esquemáticamente un método para hacer funcionar el aparato descrito aquí; y
 50 La figura 7 ilustra esquemáticamente un medio legible por ordenador que proporciona un programa informático configurado para permitir el funcionamiento del aparato descrito en este documento.

Descripción de aspectos específicos/realizaciones

55 Central a la detección es la transducción de señales asociada al reconocimiento selectivo de una especie biológica o química de interés. Para permitir la detección de un analito particular, la respuesta eléctrica de un elemento del sensor optoelectrónico 101 a una radiación de iluminación 102 debe depender de la presencia del analito 103. La selectividad de un elemento del sensor 101 a un analito particular 103 se puede diseñar. Un ejemplo de un elemento del sensor 101 que satisface los criterios anteriores es un fotodiodo de grafeno 104 que está revestido en una capa de nanopartículas plasmónicas 105 que se han funcionalizado (por ejemplo, usando una molécula de funcionalización) para unirse a un analito 103 específico (como se muestra en la figura 1).

65 La excitación de plasmones de superficie por la radiación electromagnética que se conoce como resonancia de plasmón superficial (SPR). Este fenómeno forma la base de muchas herramientas estándar para medir la adsorción de material sobre superficies metálicas, y está detrás de varias aplicaciones de sensores biológicos. Los plasmones superficiales (SP) son ondas electromagnéticas superficiales que se propagan en una dirección paralela a una interfaz metal/dieléctrico. Los plasmones de superficie localizada (LSP), por otro lado, son oscilaciones de densidad

de cambio confinadas a nanopartículas metálicas y nanoestructuras metálicas.

Un SP se genera cuando la longitud de onda de la radiación incidente 102 en una nanopartícula plasmónica está en resonancia con un modo propio de la oscilación de nanopartículas de plasmón. Un fotodiodo 104 que ha sido revestido en una capa de nanopartículas plasmónicas 105 es relativamente insensible a todas las longitudes de onda de radiación 102 distintas de la longitud de onda que es capaz de generar un SP. A esta longitud de onda crítica, las características eléctricas (corriente, tensión de salida, resistencia y/o conductividad) del fotodiodo 104 cambian drásticamente. Cuando el analito de interés 103 se une al fotodiodo 104 a través de la molécula de funcionalización, la resonancia de plasmón se desplaza a una longitud de onda diferente. Por lo tanto, al exponer el fotodetector a diferentes longitudes de onda de radiación 102 (por ejemplo, diferentes colores de luz visible) mientras se mide la corriente, tensión y/o resistencia (por ejemplo, usando un multímetro 106), es posible determinar si el analito de interés 103 está presente o no.

Como se mencionó en la sección de antecedentes, la detección simultánea de un gran número de diferentes analitos requiere la iluminación y la lectura de un número correspondientemente grande de sensores heterogéneos, que actualmente es complejo y caro. Ahora se describirá un aparato y métodos asociados que pueden o no superar este problema.

La presente descripción se utiliza la pantalla de visualización 207 de un dispositivo electrónico (por ejemplo, teléfono móvil, PDA u ordenador portátil) para iluminar una pluralidad de sensores 201 de forma simultánea. La alta resolución de las pantallas modernas 207, y la facilidad con la que pueden controlarse usando software almacenado en el dispositivo, hace que dichas pantallas 207 sean adecuadas como candidatas para iluminar una pluralidad de elementos sensores 201. Dependiendo de la resolución de la pantalla 207 y del tamaño y posición de los elementos de sensor 201, cada píxel 208 en la pantalla 207 se puede usar para iluminar elementos de sensor individuales 201, o se puede usar para iluminar un grupo de elementos de sensor.

Por otra parte, los píxeles 208 de 207 pantallas de visualización modernos son normalmente capaces de emitir luz roja, verde y azul. Esto es particularmente útil cuando los elementos sensores 201 son fotodiodos plasmónicos, porque permite que un elemento del sensor particular 201 se ilumine con luz de una longitud de onda específica, que como se describió anteriormente, es necesaria para identificar la presencia del analito 203.

Además de la luz visible, la pantalla 207 podría configurarse para generar otros tipos (longitudes de onda) de radiación electromagnética. Por ejemplo, la pantalla 207 puede configurarse para generar radiación ultravioleta y/o infrarroja (posiblemente también como luz visible). Esta característica ampliaría el rango de longitudes de onda disponibles, y permitiría el uso de elementos sensores 201 que son sensibles solo a la radiación electromagnética dentro de las bandas ultravioleta o infrarroja.

Otra ventaja de utilizar una pantalla de visualización electrónica 207 para iluminar la matriz de sensores es que la intensidad de la radiación (es decir, el brillo) puede ser controlado. En el presente caso, sería más beneficioso si la intensidad de cada píxel 208, o grupos de píxeles, pudiera controlarse independientemente. Esto se debe a que la sensibilidad de cada elemento del sensor 201 a una intensidad particular puede ser diferente. Por ejemplo, cada elemento del sensor 201 puede estar configurado para detectar radiación por encima de un umbral particular (que puede ser diferente para cada elemento del sensor 201). Por debajo de este umbral, el elemento del sensor 201 puede ser insensible a variaciones en la longitud de onda.

En la figura 2, los elementos sensores 201 están dispuestos en la forma de una caja de matriz de sensores 209. Ventajosamente, la caja de matriz de sensores 209 puede conectarse y desconectarse de la pantalla electrónica 207 o el dispositivo que comprende la pantalla electrónica 207. Esta característica permite que la caja 209 se fabrique y se suministre por separado desde el dispositivo de visualización electrónico 207 o dispositivo (aunque la caja de matriz de sensores 209 y el dispositivo de visualización electrónico 207 o dispositivo podrían suministrarse juntos como una única unidad o como un equipo de piezas). En efecto, esto permite que la caja 209 se monte en dispositivos existentes, y permite que la caja 209 se fabrique y venda a un coste menor que un dispositivo que comprende tanto el sensor como los componentes de iluminación. También evita que los consumidores que desean comprar un teléfono móvil, PDA u ordenador portátil, etc. tengan que comprar la caja de matriz de sensores 209 a menos que requieran específicamente este hardware adicional. Además, si la caja necesita ser modificada (por ejemplo, elementos del sensor agregados, eliminados o reemplazados), reparada o reemplazada, esto se puede hacer sin afectar el dispositivo en sí.

Otra ventaja importante de la configuración de la caja 209 para ser conectable a y desconectable de la pantalla electrónica 207 o dispositivo, es que el espécimen biológico o químico bajo análisis (es decir, la muestra que comprende los analitos de interés 203) se pueden aplicar a los elementos sensores 201 sin dañar ni ensuciar la pantalla 207 o el dispositivo. Por ejemplo, algunos analitos biológicos 203 pueden sumergirse en una solución acuosa. Dado que la pantalla 207 y el dispositivo son de naturaleza electrónica, la mejor manera de evitar la aplicación de una solución acuosa directamente a dicha pantalla 207 o dispositivo es evitar cualquier posibilidad de electrocución del usuario o un cortocircuito de los componentes eléctricos.

El funcionamiento general del aparato descrito anteriormente se ilustrará ahora mediante la descripción de una aplicación de la enfermedad de detección con referencia a la figura 3. Sin embargo, debe observarse que el aparato y los métodos descritos en este documento podrían aplicarse a varias aplicaciones diferentes, una de las cuales es la detección de impurezas en solución (por ejemplo, impurezas en agua, aceite o fluido de batería).

Supongamos que deseamos determinar si una persona tiene una o ambas de las enfermedades A y B a partir de un gran número de posibles enfermedades. Supongamos ahora que la presencia de cada posible enfermedad puede determinarse por la presencia de un conjunto específico (único) de analitos en la saliva de esa persona, y no por la presencia de un solo analito (aunque en la práctica, un solo analito puede ser suficiente).

En la figura 3a, la caja de sensor 309 comprende nueve elementos sensores diferentes 301, etiquetados 1-9. La saliva humana normalmente contiene un gran número de especies biológicas y químicas diferentes, pero para simplificar en este ejemplo, supondremos que contiene solo nueve especies posibles (etiquetadas 310-318 en la figura 3b). En este caso, cada uno de los diferentes elementos sensores 301 está funcionalizado para unirse a una especie diferente (analito).

La primera cosa que hay que hacer es determinar la longitud de onda y la intensidad de la radiación de iluminación requerida para detectar la presencia de cada analito 310-318. Esto se puede realizar uniendo un analito específico 310-318 al elemento del sensor asociado 301, variando los parámetros de iluminación para generar un plasmón superficial, y midiendo la respuesta eléctrica (corriente, tensión, resistencia o conductividad, etc.) del elemento del sensor 301. Los parámetros de iluminación específicos requeridos para generar el plasmón superficial dependen de la presencia de ese analito específico 310-318, y la respuesta eléctrica específica del elemento del sensor 301 puede usarse posteriormente como huella digital para identificar la presencia del analito 310-318.

Por ejemplo, con el fin de excitar un plasmón de superficie cuando el analito 310 está unido al elemento del sensor 1, puede ser necesario iluminar el elemento del sensor 1 con luz ultravioleta a una longitud de onda de 200 nm y una intensidad luminosa de 1 candela. La excitación de este plasmón de superficie podría producir una tensión de salida de 12 mV para el sensor 1. Por otra parte, para excitar un plasmón de superficie cuando el analito 311 está unido al elemento del sensor 2, puede ser necesario iluminar el elemento del sensor 2 con luz amarilla a una longitud de onda de 575 nm y una intensidad luminosa de 0,5 candela. La excitación de este plasmón de superficie podría producir una tensión de salida de 17 mV para el sensor 2. Estas pruebas deben realizarse para cada analito 310-318 usando los elementos del sensor 1-9, respectivamente.

La siguiente etapa es determinar (por ejemplo, a partir del conocimiento/literatura existente) el conjunto específico de analitos asociados a cada enfermedad posible. En el presente caso, supongamos que se sabe que la enfermedad A está asociada a los analitos 310, 312 y 318, y se sabe que la enfermedad B está asociada a los analitos 310, 314 y 316. Por lo tanto, si la caja de la matriz de sensores 309 se expuso a la saliva tomada de una persona infectada con la enfermedad A, los analitos 310, 312 y 318 contenidos en la saliva se unirían a los elementos sensores 1, 3 y 9, respectivamente (como se muestra en la figura 3c). Del mismo modo, si la caja de la matriz de sensores se expuso a saliva tomada de una persona infectada con la enfermedad B, los analitos 310, 314 y 316 contenidos en la saliva se unirían a los elementos sensores 1, 5 y 7, respectivamente (como se muestra en la figura 3d).

Sobre la base de esta información y los resultados de las pruebas anteriores, podemos entonces crear patrones de luz específicos utilizando la pantalla electrónica para determinar la respuesta eléctrica asociada a un conjunto específico de analitos, y por lo tanto una enfermedad particular. Por ejemplo, dado que la saliva tomada de una persona infectada con la enfermedad A contiene analitos 310, 312 y 318, iluminar los elementos sensores 1, 3 y 9 usando los parámetros de iluminación predeterminados daría como resultado una respuesta eléctrica específica de la matriz de sensores (por ejemplo, una tensión total de salida de 53 mV, por ejemplo). De manera similar, dado que la saliva tomada de una persona infectada con la enfermedad B contiene analitos 310, 314 y 316, iluminar los elementos sensores 1, 5 y 7 usando los parámetros de iluminación predeterminados daría como resultado una respuesta eléctrica específica diferente de la matriz de sensores (por ejemplo, una tensión total de salida de 104 mV, por ejemplo). Esto se debe realizar para cada posible enfermedad. De esta manera, construimos una colección de patrones de luz específicos y respuestas eléctricas resultantes (cada patrón de luz y la correspondiente respuesta eléctrica son únicas para una enfermedad en particular). Los patrones de luz y las respuestas eléctricas se pueden almacenar en una base de datos para su uso en experimentos de detección posteriores, como se analiza a continuación.

Para determinar si una persona tiene cualquiera de las enfermedades grabadas, una muestra de saliva de la persona (aunque podría ser cualquier otro tipo de muestra que contienen el conjunto específico de analitos) se aplica a la matriz de sensores 309. Una vez que los analitos han tenido tiempo suficiente para unirse a los elementos 301 de sensor, la pantalla electrónica está configurada para iluminar la matriz de sensores 309 con el primer patrón de luz pregrabado, y se determina la respuesta eléctrica correspondiente de la matriz de sensores 309. Después de esto, la respuesta eléctrica determinada se compara con la base de datos de respuestas eléctricas predeterminadas para encontrar una coincidencia. Si no se encuentra ninguna coincidencia, podemos concluir que el conjunto específico de analitos asociados a esa enfermedad en particular probablemente no esté contenido en la muestra de saliva y, por lo tanto, que la persona probablemente no esté infectada con esa enfermedad en particular. El proceso

se repite utilizando el segundo patrón de luz pregrabado, el tercer patrón de luz pregrabado, y así sucesivamente, hasta que hayamos determinado si la persona tiene o no cada una de las enfermedades registradas.

Usando el ejemplo anterior, si la respuesta eléctrica medida después de la iluminación de la matriz de sensores 309 con el patrón de luz asociada a la enfermedad A coincidía con la respuesta eléctrica predeterminada asociada a la enfermedad A, que podría concluir que la persona está probablemente infectada con la enfermedad A. Además, si la respuesta eléctrica medida después de iluminar el conjunto de sensores con el patrón de luz asociado a la enfermedad B no coincide con la respuesta eléctrica predeterminada asociada a la enfermedad B, podríamos concluir que la persona probablemente no está infectada con la enfermedad B.

La forma en que se lee la matriz de sensores es una consideración importante. Los elementos sensores 401 pueden estar conectados eléctricamente en serie (figura 4a) o en paralelo (figura 4b). Esta configuración es ventajosa en el sentido de que solo se requieren dos conexiones eléctricas 419, 420 para leer la matriz completa 409 en una sola etapa. En la práctica, si el dispositivo era un teléfono móvil, este tipo de conjunto 409 podría leerse utilizando los puertos de entrada y salida de audio del teléfono, o utilizando conectores eléctricos dedicados (no mostrados) que se conectan a la caja. Un problema con la lectura de la matriz completa 409, sin embargo, es que exactamente la misma respuesta eléctrica podría producirse usando dos o más patrones de luz diferentes. En esta situación, puede ser difícil determinar exactamente qué analitos están presentes en la muestra. Este problema puede superarse configurando los elementos sensores 401 de modo que sean direccionables individualmente (figura 4c). De esta forma, cada elemento del sensor 401 puede leerse por separado especificando una dirección de sensor particular (por ejemplo, fila y columna). Por ejemplo, las características eléctricas del elemento del sensor 421 en la dirección "1,3" se pueden determinar conectando el aparato de medición a las conexiones eléctricas 419 y 420 como se muestra en la figura. La desventaja de este enfoque, sin embargo, es el tiempo que lleva leer cada uno de los diferentes elementos sensores asociados a una enfermedad particular (por ejemplo, los elementos sensores 1, 3 y 9 para la enfermedad A, o los elementos sensores 1, 5 y 7 para la enfermedad B). De acuerdo con la presente descripción, se pueden formar redes eléctricas más complejas. Por ejemplo, dos o más elementos sensores pueden estar conectados en serie, dos o más pueden estar conectados en paralelo, y/o uno o más pueden ser direccionables individualmente, todo dentro de la misma matriz de sensores.

La figura 5 ilustra esquemáticamente un dispositivo 522 que comprende el aparato descrito en este documento. En particular, el dispositivo comprende un procesador 523, un visualizador electrónico 507, una caja de matriz de sensores 509, un aparato de medición 506, y un medio de almacenamiento 524, que pueden estar eléctricamente conectados entre sí mediante un bus de datos 525. El cartucho de matriz de sensores 509 y el aparato de medición 506 pueden ser componentes externos que se pueden unir y separar del dispositivo 522. Además, la caja de matriz de sensores 509 y el aparato de medición 506 se pueden fabricar y/o suministrar por separado del dispositivo 522. El dispositivo 522 puede ser un dispositivo electrónico portátil (tal como un dispositivo de telecomunicaciones portátil), o un módulo para un dispositivo electrónico portátil.

El procesador 523 está configurado para el funcionamiento general del dispositivo 522, proporcionando de señalización a, y recibir la señalización de, los otros componentes del dispositivo para administrar su operación. El procesador 523 también está configurado para comparar la respuesta eléctrica de la matriz de sensores 509 con una o más respuestas eléctricas predeterminadas para determinar una coincidencia e identificar los analitos unidos a los elementos sensores. La velocidad a la que se muestran los patrones de luz (imágenes) y las respuestas eléctricas analizadas pueden depender de la potencia del procesador 523 y/o la cantidad de memoria del dispositivo 524.

La pantalla electrónica 507 está configurada para iluminar la matriz de sensores 509 según uno o más patrones de luz almacenados variando la longitud de onda y/o la intensidad de píxeles individuales o grupos de píxeles. Cuando los diferentes patrones de luz se muestran consecutivamente a velocidad, se puede considerar que la pantalla electrónica 507 muestra un video. La pantalla electrónica 507 puede estar configurada para emitir luz roja, azul, verde o blanca, luz ultravioleta o radiación infrarroja. La pantalla electrónica 507 también puede configurarse para presentar los resultados experimentales al usuario. Por ejemplo, una vez que el procesador 523 ha terminado de comparar la respuesta eléctrica de la matriz de sensores 509 con las respuestas eléctricas predeterminadas, la pantalla electrónica 507 puede presentar cualquier coincidencia (coincidencias exactas y/o cerradas) con el usuario. Las coincidencias se pueden presentar en orden de cuán cerca están las respuestas eléctricas predeterminadas de la respuesta eléctrica medida.

El conjunto de sensores 509 puede comprender uno o más elementos sensores, que pueden estar conectados eléctricamente en serie o en paralelo. Alternativamente, los elementos sensores pueden ser direccionables individualmente. Los elementos sensores pueden estar funcionalizados (por ejemplo, mediante la adsorción de moléculas de funcionalización sobre sus superficies) para unirse a analitos específicos. En algunas realizaciones, más de un elemento del sensor puede estar configurado para unirse al mismo analito. Esto ayuda a aumentar las posibilidades de que este analito particular se una al conjunto de sensores. También proporciona sensores de respaldo para la detección de este analito cuando uno o más elementos del sensor están dañados, o cuando un analito indeseado se ha unido al elemento del sensor equivocado, sin tener que limpiar, reparar o reemplazar el cartucho de la matriz de sensores 509.

Un problema con el uso de múltiples elementos sensores para detectar el mismo analito es que el mismo analito

puede contribuir a la respuesta eléctrica total de la matriz de sensores más de una vez, lo que podría dar lugar a una identificación incorrecta de los analitos. Este problema solo surge cuando los elementos del sensor están configurados para ser leídos en combinación (es decir, no cuando son direccionables individualmente eléctricamente). El problema puede superarse, sin embargo, si los elementos del sensor están configurados de forma que su respuesta eléctrica sea constante cuando el elemento del sensor no está iluminado, y difiere de este valor constante *solo* cuando el analito está presente y el elemento del sensor está iluminado. De esta forma, podemos activar elementos sensores individuales ópticamente sin el temor de que otros elementos sensores asociados al mismo analito afecten adversamente la lectura. Para lograr esto, primero debemos determinar la contribución eléctrica total del conjunto de sensores cuando ninguno de los elementos del sensor está iluminado, de modo que luego podamos comparar este valor con la respuesta eléctrica medida tomada cuando el conjunto de sensores se ilumina con patrones de luz específicos.

Además, cuando tenemos múltiples elementos sensores configurados para la unión al mismo analito, el analito se puede unir a un elemento del sensor, pero no a los otros. En esta situación, iluminar solo uno de estos elementos del sensor puede no ser suficiente para determinar si el analito realmente está presente en la muestra o no. Una forma de abordar este problema es iluminar un primer conjunto de elementos sensores, cada elemento del sensor asociado a un analito específico, y medir la respuesta eléctrica correspondiente.

Después de esto, podemos entonces iluminar un segundo conjunto de elementos sensores asociados al mismo conjunto específico de analitos y medir la respuesta eléctrica correspondiente. Este proceso puede repetirse para cada conjunto de elementos sensores asociados al mismo conjunto específico de analitos. Al tomar mediciones múltiples para cada conjunto de analitos, aumentamos las posibilidades de detectar la presencia de cada analito.

Mientras que el mecanismo de detección de plasmón se adapta bien a los sensores optoelectrónicos, cualquier otro mecanismo de detección que resulta en una respuesta eléctrica que depende del analito de interés también podría ser utilizado. Estos mecanismos pueden usarse en lugar de, o además del, mecanismo de detección de plasmones. Una posibilidad es incorporar fluorescencia con detección de plasmón. Por ejemplo, cada elemento del sensor puede configurarse para unirse a una especie fluorescente *solo* cuando el analito de interés está presente. La especie fluorescente puede configurarse para emitir luz cuando se excita por una longitud de onda particular y/o intensidad de radiación electromagnética. De esta forma, al sintonizar la resonancia del plasmón con la luz emitida por la especie fluorescente, podríamos determinar la presencia del analito al iluminar el elemento del sensor con radiación electromagnética de esta particular longitud de onda y/o intensidad, y detectar una respuesta eléctrica característica asociado a la resonancia de plasmón resultante.

En otra realización, las nanopartículas plasmónicas puede estar configurado para unirse a los elementos sensores solamente en presencia de los analitos específicos. En esta realización, un plasmón superficial, y por lo tanto un cambio en la respuesta eléctrica, solo se produciría cuando el analito estuviera presente en la muestra.

El aparato de medición 506 está configurado para medir la respuesta eléctrica de uno o más elementos sensores en la matriz de sensores 509. Por ejemplo, el aparato de medición 506 puede configurarse para medir la resistencia eléctrica de los elementos sensores, la conductividad eléctrica de los elementos sensores, la tensión de salida de los elementos sensores y/o la corriente eléctrica que fluye a través de los elementos sensores. Además, el aparato de medición 506 se puede configurar para medir la respuesta eléctrica de cada elemento del sensor individualmente, o se puede configurar para medir la respuesta eléctrica combinada de todos los elementos sensores en la matriz 509. El aparato de medición 506 puede comprender uno o más de un amperímetro, un voltímetro, un ohmímetro o un multímetro.

El medio de almacenamiento 524 está configurado para almacenar código informático requerido para operar el dispositivo 522, como se describe con referencia a la figura 7. El medio de almacenamiento 524 también está configurado para almacenar las respuestas eléctricas predeterminadas. El procesador 523 puede acceder al medio de almacenamiento 524 para comparar la respuesta eléctrica de la matriz de sensores 509 con las respuestas eléctricas predeterminadas para encontrar una coincidencia e identificar los analitos. El medio de almacenamiento 524 también puede configurarse para almacenar configuraciones para los otros componentes del dispositivo. El procesador 523 puede acceder al medio de almacenamiento 524 para recuperar los ajustes del componente con el fin de gestionar el funcionamiento de los otros componentes del dispositivo. El medio de almacenamiento 524 puede ser un medio de almacenamiento temporal tal como una memoria de acceso aleatorio volátil. Por otro lado, el medio de almacenamiento 524 puede ser un medio de almacenamiento permanente tal como un disco duro, una memoria flash o una memoria de acceso aleatorio no volátil.

Las etapas principales del método utilizado para operar el dispositivo/aparato se ilustran esquemáticamente en la figura 6.

La figura 7 ilustra esquemáticamente un medio legible por ordenador/procesador 726 que proporciona un programa informático de acuerdo con la presente descripción. En este ejemplo, el medio legible por ordenador/procesador 726 es un disco tal como un disco versátil digital (DVD) o un disco compacto (CD). En otros ejemplos, el medio legible por ordenador/procesador 726 puede ser cualquier medio que se haya programado de tal manera que lleve a cabo

una función respectiva. El medio legible por ordenador/procesador 726 puede ser un dispositivo de memoria extraíble tal como una tarjeta de memoria o una tarjeta de memoria (SD, mini SD o microSD).

5 El programa informático puede comprender código informático configurado para permitir: la iluminación de uno o más elementos sensores con la radiación electromagnética emitida desde regiones de una pantalla electrónica correspondiente, los elementos de uno o más sensores configurados para exhibir una respuesta eléctrica específica a dicha iluminación cuando un conjunto específico de analitos se une al uno o más elementos del sensor; determinación de la respuesta eléctrica de uno o más elementos sensores; y la comparación de la respuesta eléctrica determinada con una o más respuestas eléctricas predeterminadas para determinar una coincidencia, cada
10 respuesta eléctrica predeterminada asociada a la unión de un conjunto diferente de analitos, en el que la determinación de una coincidencia permite que el conjunto específico de analitos se una a uno o más elementos sensores para ser identificados.

15 Se han proporcionado otras formas de realización representadas en las figuras con números de referencia que corresponden a características similares de realizaciones descritas anteriormente. Por ejemplo, la característica número 1 también puede corresponder a los números 101, 201, 301, etc. Estas características numeradas pueden aparecer en las figuras, pero pueden no haberse referido directamente a la descripción de estas realizaciones particulares. Estos todavía se han proporcionado en las figuras para ayudar a la comprensión de las realizaciones adicionales, particularmente en relación con las características de realizaciones similares descritas anteriormente.

20 Se apreciará por parte del lector experto que cualquier aparato/dispositivo/servidor mencionado y/u otras características de aparatos/dispositivos/servidores particulares mencionados pueden ser proporcionados por el aparato dispuesto de tal manera que se configuren para llevar a cabo las operaciones deseadas solamente cuando están habilitados, por ejemplo, encendidos, o similar. En tales casos, pueden no tener necesariamente el software apropiado cargado en la memoria activa en el estado no habilitado (por ejemplo, apagado) y solo cargar el software apropiado en el estado habilitado (por ejemplo, encendido). El aparato puede comprender circuitos de hardware y/o
25 firmware. El aparato puede comprender un software cargado en la memoria. Tales programas de software/ordenador pueden grabarse en la misma memoria/procesador/unidades funcionales y/o en una o más memorias/procesadores/unidades funcionales.

30 En algunas realizaciones, un aparato/dispositivo/servidor mencionado en particular puede ser programado previamente con el software apropiado para llevar a cabo las operaciones deseadas, y en el que el software adecuado se puede activar para su uso por un usuario descargando una "clave", para ejemplo, para desbloquear/habilitar el software y su funcionalidad asociada. Las ventajas asociadas a tales realizaciones pueden
35 incluir un requerimiento reducido para descargar datos cuando se requiere una funcionalidad adicional para un dispositivo, y esto puede ser útil en ejemplos donde se percibe que un dispositivo tiene capacidad suficiente para almacenar dicho software preprogramado para funcionalidad que puede no ser habilitado por un usuario.

40 Se apreciará que el mencionado aparato de cualquier/circuitería/elementos/procesador pueden tener otras funciones además de las funciones mencionadas, y que estas funciones pueden ser realizadas por el mismo aparato/circuitería/elementos/procesador. Uno o más aspectos divulgados pueden abarcar la distribución electrónica de programas informáticos asociados y programas informáticos (que pueden codificarse en origen/transporte) grabados en un soporte apropiado (por ejemplo, memoria, señal).

45 Se apreciará que cualquier "ordenador" descrito en el presente documento puede comprender una colección de uno o más elementos individuales procesadores/procesamiento que pueden o no pueden estar ubicados en la misma placa de circuito, o la misma región/posición de una placa de circuito o incluso el mismo dispositivo. En algunas realizaciones, uno o más de cualquiera de los procesadores mencionados se pueden distribuir a través de una pluralidad de dispositivos. Los mismos o diferentes elementos procesadores/procesadores pueden realizar una o
50 más funciones descritas aquí.

55 Se apreciará que el término "señalización" puede referirse a una o más señales de transmisión como una serie de señales transmitidas y/o recibidas. La serie de señales puede comprender uno, dos, tres, cuatro o incluso más componentes de señales individuales o señales distintas para compensar dicha señalización. Algunas o todas estas señales individuales pueden transmitirse/recibirse simultáneamente, en secuencia, y/o de manera que se superpongan temporalmente entre sí.

60 Con referencia a cualquier discusión de cualquier equipo mencionado y/o procesador y la memoria (por ejemplo, incluyendo ROM, CD-ROM, etc.), éstas pueden comprender un procesador de ordenador, circuito integrado específico de una sola aplicación (ASIC), matriz de puertas programable en campo (FPGA) y/u otros componentes de hardware que se hayan programado de tal forma que puedan llevar a cabo la función correspondiente.

65 El solicitante se da a conocer de forma aislada cada característica individual descrita en el presente documento y cualquier combinación de dos o más de tales características, en la medida en que tales características o combinaciones sean capaces de llevarse a cabo sobre la base de la presente memoria descriptiva como un todo, a la luz del conocimiento general común de una persona experta en la técnica, independientemente de si tales

características o combinaciones de características resuelven cualquier problema divulgado aquí, y sin limitación al alcance de las reivindicaciones. En vista de la descripción anterior, será evidente para una persona experta en la técnica que pueden realizarse diversas modificaciones dentro del alcance de la divulgación.

- 5 Aunque se han mostrado y descrito y señalado características novedosas fundamentales que se aplican a diferentes realizaciones de la misma, se entenderá que diversas omisiones y sustituciones y cambios en la forma y detalles de los dispositivos y métodos descritos pueden ser hechos por aquellos expertos en la técnica sin apartarse del alcance de la invención de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, se pretende expresamente que todas las combinaciones de esos elementos y/o etapas del método que realizan sustancialmente la misma función
- 10 sustancialmente de la misma manera para lograr los mismos resultados estén dentro del alcance de la invención. Además, debe reconocerse que las estructuras y/o elementos y/o etapas del método mostradas y/o descritas en conexión con cualquier forma o realización divulgada pueden incorporarse en cualquier otra forma o realización divulgada o descrita o sugerida como una cuestión general de diseño. elección. Además, en las reivindicaciones, las reivindicaciones de medios más función están destinadas a cubrir las estructuras descritas en este documento que
- 15 realizan la función recitada y no solo equivalentes estructurales, sino también estructuras equivalentes. Así, aunque un clavo y un tornillo pueden no ser equivalentes estructurales porque un clavo emplea una superficie cilíndrica para unir piezas de madera, mientras que un tornillo emplea una superficie helicoidal, en el entorno de la fijación de piezas de madera, un clavo y un tornillo pueden ser estructuras equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato que comprende:

5 elementos sensores;
 una pantalla electrónica (507);
 y un procesador (523) y una memoria (524) que incluyen un código de programa informático, el procesador (523)
 junto con la memoria (524) y un código de programa informático configurado para hacer que el aparato:
 10 ilumine los elementos sensores con luz emitida desde las regiones correspondientes de la pantalla electrónica
 (507), estando configurado cada uno de los elementos sensores para unir un analito específico y como resultado
 cambiar sus características eléctricas durante la iluminación, con lo que cada grupo respectivo de una pluralidad
 de grupos de elementos sensores está configurado para presentar una respuesta eléctrica combinada específica
 respectiva en la iluminación cuando un conjunto específico de analitos (103, 203) está unido al grupo de
 15 elementos sensores; determinar para cada uno de la pluralidad de grupos de elementos sensores una respectiva
 respuesta eléctrica combinada específica para el grupo; y
 compare las respectivas respuestas eléctricas combinadas determinadas con una o más respuestas eléctricas
 combinadas predeterminadas respectivas de los grupos de elementos sensores para determinar una
 coincidencia respectiva, estando asociada cada respuesta eléctrica combinada predeterminada a la unión de un
 conjunto diferente de analitos (103, 203) a un grupo respectivo de elementos sensores;
 20 en donde la determinación de una coincidencia respectiva permite que se identifique el conjunto específico de
 analitos (103, 203) unidos al grupo de elementos sensores;
 estando configurado el procesador para hacer que la pantalla electrónica ilumine respectivamente los respectivos
 grupos predeterminados de elementos sensores, iluminándose cada grupo mediante un patrón predeterminado
 de elementos emisores de luz de la pantalla electrónica (507) correspondiente al grupo respectivo de elementos
 25 sensores, y en donde un grupo iluminado de elementos sensores comprende menos que todos los elementos
 sensores de los elementos sensores.

2. El aparato de la reivindicación 1, en el que las respuestas eléctricas específicas, determinadas y predeterminadas
 30 comprenden uno o más de los siguientes: una variación en la resistencia eléctrica de los elementos sensores, una
 variación en la conductividad eléctrica de los elementos sensores, una variación en la tensión de salida de los
 elementos sensores y una variación en la corriente eléctrica que fluye a través de los elementos sensores.

3. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que la respuesta eléctrica específica es causada por la
 35 absorción de una longitud de onda particular y/o una intensidad de radiación electromagnética por los elementos
 sensores, y en donde la absorción de radiación electromagnética provoca la excitación de una resonancia de
 plasmón en los elementos sensores.

4. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada analito (103, 203) comprende una
 40 especie química y/o biológica.

5. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que dos o más elementos sensores están configurados para
 unirse al mismo analito (103, 203).

6. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que dos o más elementos sensores están configurados para
 45 unirse a diferentes analitos (103, 203).

7. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que al menos un elemento sensor está funcionalizado para
 unirse a un analito específico (103, 203).

8. El aparato de la reivindicación 7, en el que el al menos un elemento sensor se funcionaliza mediante la adsorción
 50 de una molécula de funcionalización sobre la superficie del elemento sensor.

9. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que al menos un elemento sensor es un fotodetector que
 55 comprende nanopartículas plasmónicas.

10. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que dos o más elementos sensores están conectados en
 serie o en paralelo, y en donde el aparato está configurado para determinar la respuesta eléctrica combinada de los
 dos o más elementos sensores.

11. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que la radiación electromagnética comprende uno o más de
 60 los siguientes: luz visible, radiación infrarroja y radiación ultravioleta.

12. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que la pantalla electrónica (507) forma parte de un primer
 dispositivo y los elementos sensores forman parte de un segundo dispositivo, y en el que el primer y el segundo
 65 dispositivos están configurados para poderse acoplar de forma separable entre sí.

13. El aparato de cualquier reivindicación anterior, en el que el aparato es un dispositivo electrónico portátil, o un módulo para un dispositivo electrónico portátil.

14. Un método que comprende:

5 iluminar elementos sensores con luz emitida desde regiones correspondientes de una pantalla electrónica (507), estando cada uno de los elementos sensores configurado para unirse a un analito específico y como resultado cambiar sus características eléctricas durante la iluminación, por lo que cada grupo respectivo de una pluralidad de grupos de elementos sensores está configurado para mostrar una respuesta eléctrica combinada específica respectiva en la iluminación cuando un conjunto específico de analitos (103, 203) está unido al grupo de elementos sensores; determinar para cada uno de la pluralidad de grupos de elementos sensores una respectiva respuesta eléctrica combinada específica para el grupo; y

10 comparar las respectivas respuestas eléctricas combinadas determinadas con una o más respuestas eléctricas combinadas predeterminadas respectivas de los grupos de elementos sensores para determinar una coincidencia respectiva, estando asociada cada respuesta eléctrica combinada predeterminada a la unión de un conjunto diferente de analitos (103, 203) a un grupo respectivo de elementos sensores;

15 en donde el conjunto específico de analitos (103, 203) unido al grupo de elementos sensores se identifica a partir de la determinación de una coincidencia respectiva; haciendo que la pantalla electrónica ilumine respectivamente los respectivos grupos predeterminados de elementos sensores, iluminándose cada grupo mediante un patrón predeterminado de elementos emisores de luz de la pantalla electrónica (507) correspondiente al grupo respectivo de elementos sensores, y en donde un grupo iluminado de elementos sensores comprende menos que todos los elementos sensores de los elementos sensores.

20

Figura 1

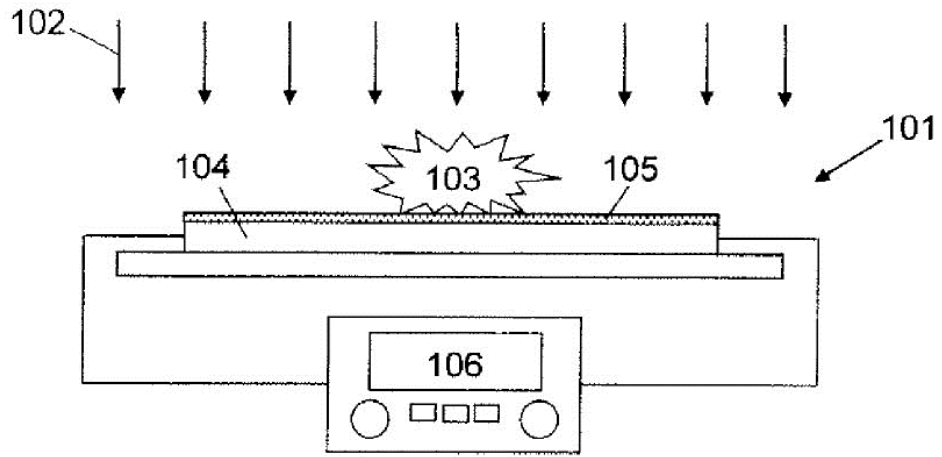
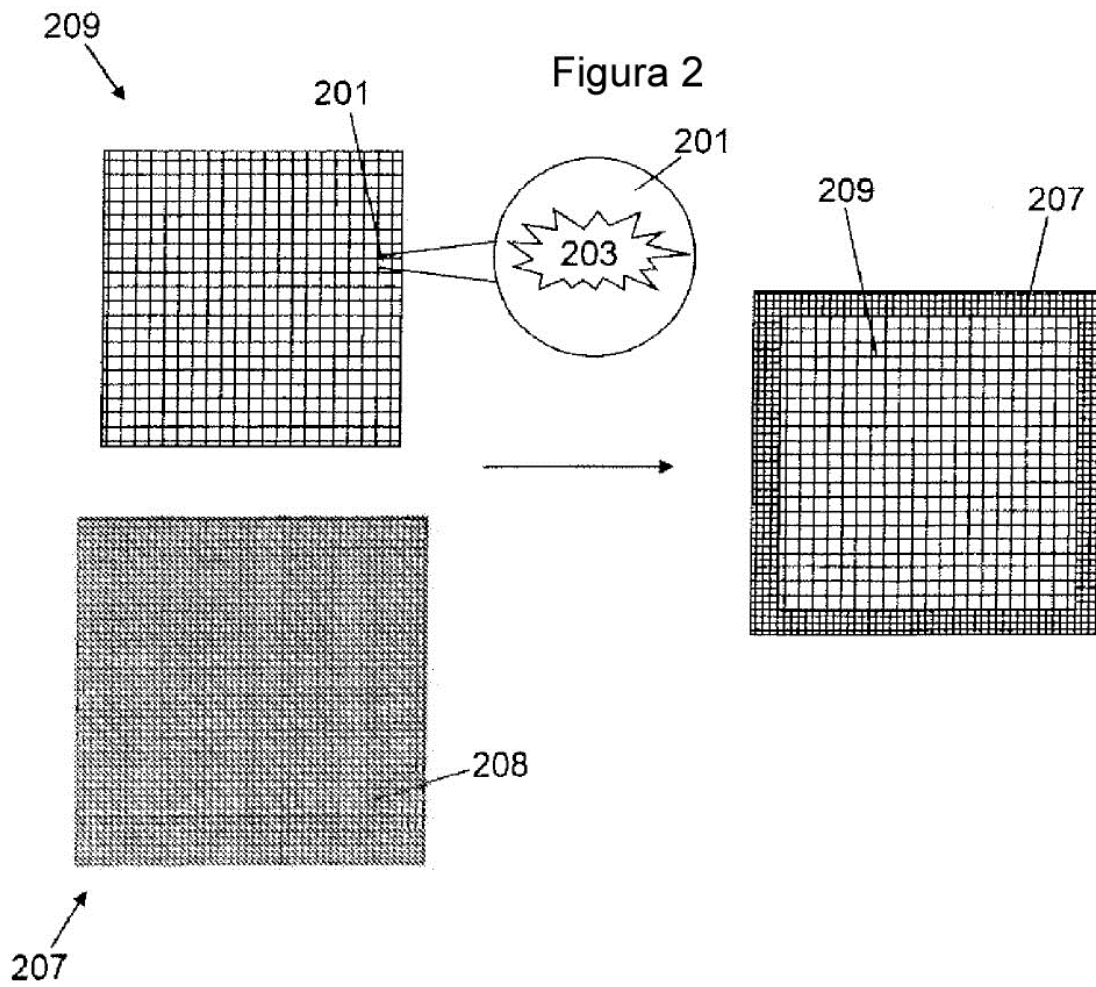


Figura 2



309

Figura 3a

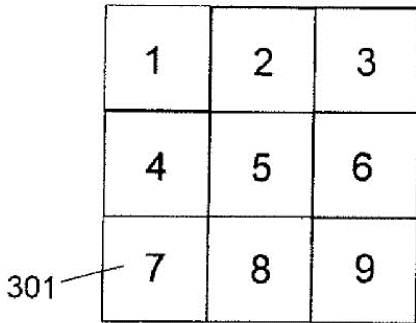


Figura 3b

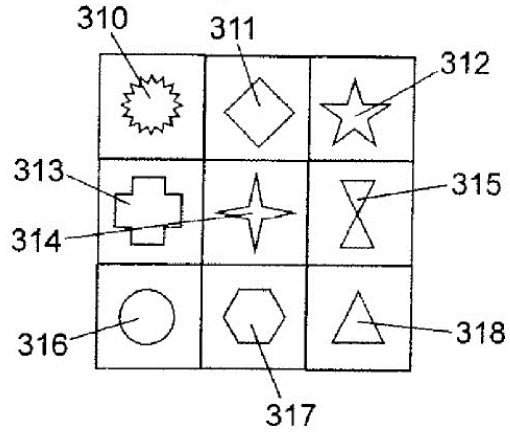


Figura 3c

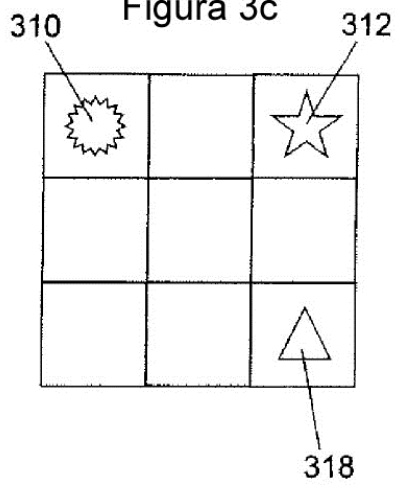
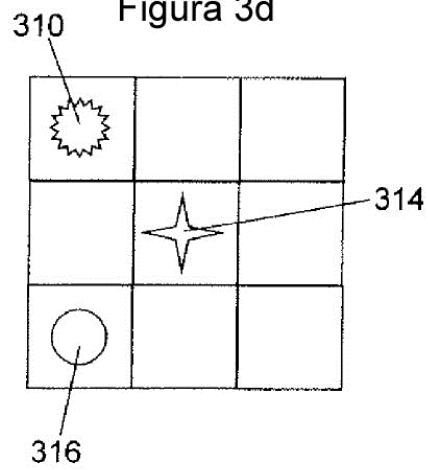


Figura 3d



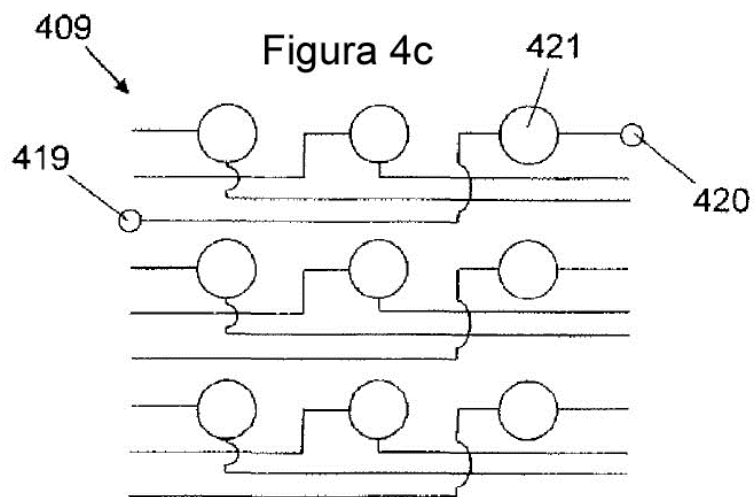
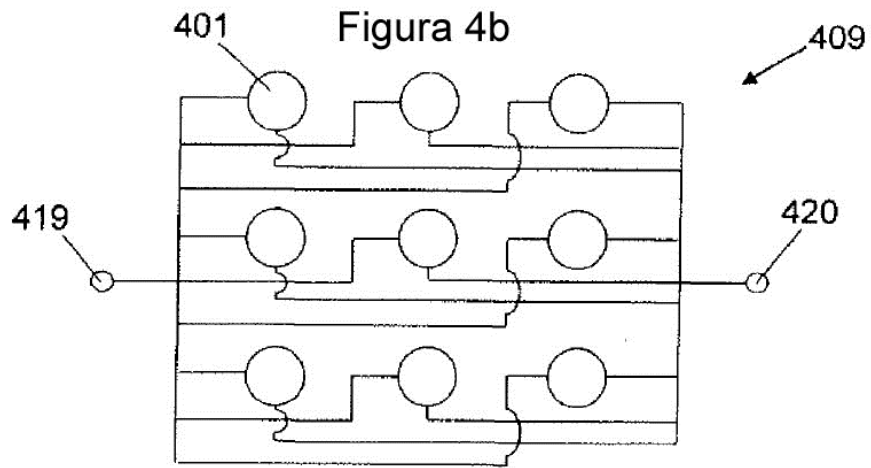
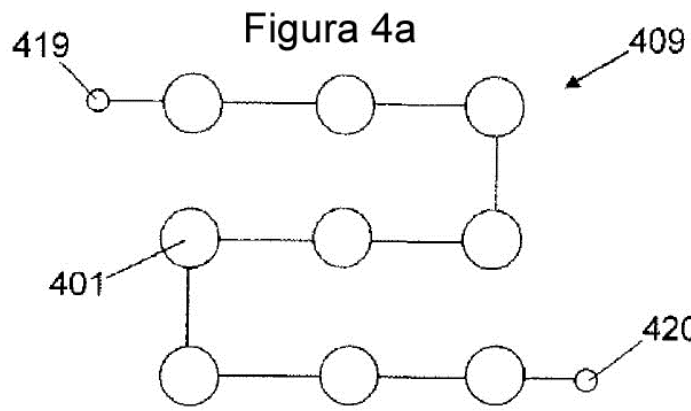


Figura 5

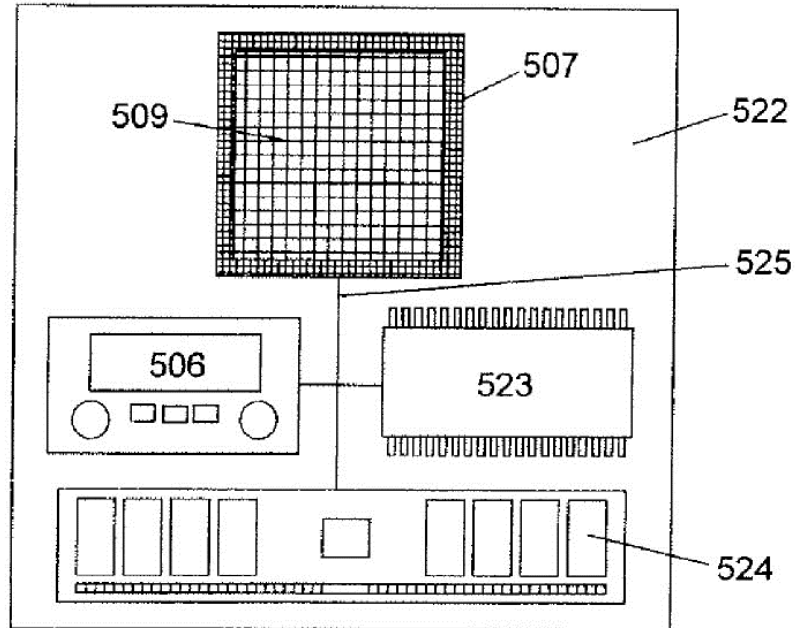


Figura 6

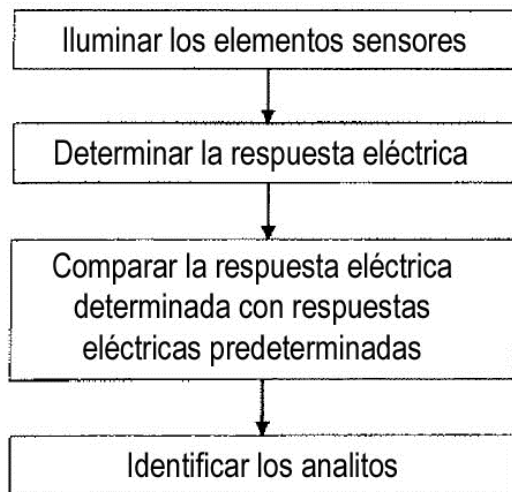


Figura 7

