

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 288**

51 Int. Cl.:

**A01C 7/10** (2006.01)

**A01C 7/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.08.2016 PCT/HU2016/050036**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.03.2017 WO17033034**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2016 E 16763933 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2019 EP 3340766**

54 Título: **Sensor de recuento de semillas y método para detectar el bloqueo de una tubería de transporte de semillas**

30 Prioridad:

**24.08.2015 EP 15462004**

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

**28.02.2020**

73 Titular/es:

**DIGITROLL KFT. (100.0%)  
Bánomkerti u. 63.  
4200 Hajdúszoboszló, HU**

72 Inventor/es:

**KÖRÖSI, GERGŐ;  
CSATÁRI, TAMÁS;  
ERDEI, CSABA y  
SILYE, JÁNOS**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 745 288 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**

Sensor de recuento de semillas y método para detectar el bloqueo de una tubería de transporte de semillas

5 La presente invención se refiere a un sensor de semillas y a un método para detectar el bloqueo de una tubería de transporte de semillas.

10 La correcta operación de las máquinas de siembra se supervisa con un sistema de control de semillas. Los elementos clave del sistema de control de semillas incluyen los sensores de semillas mediante los cuales se puede supervisar la distribución de las semillas. La presente invención se refiere principalmente a sensores de semillas utilizados en máquinas de siembra de granos neumática (en donde las semillas se transportan a la tierra por medio de aire), en donde los sensores de semillas proporcionan información en tiempo real sobre la precisión del proceso de siembra y los fallos del proceso de siembra para el operario de la máquina de siembra.

15 En el estado actual de la técnica, se utilizan numerosas soluciones para detectar semillas durante el proceso de siembra. La solución más común es el uso de los llamados sensores de detección de semillas (sensores de semillas). Los sensores de semillas se colocan en la trayectoria de flujo de las semillas, por lo tanto, las semillas llegan a la tierra pasando a través de los sensores de semillas. Durante el control de semillas, los sensores de semillas tienen la función de determinar si la máquina de siembra está sembrando o no, y determinar cuántas semillas son distribuidas por la máquina de siembra dentro de un período de tiempo especificado. Los sensores de semillas tienen la función adicional de determinar si una tubería de transporte de semillas está bloqueada. Se pueden aplicar varias soluciones técnicas para proporcionar las funciones anteriores. Las soluciones más comunes se basan en principios ópticos, pero también existen sensores de semillas que funcionan con ondas de radio (radar), microondas o de manera acústica.

25 La mayoría de los sensores de semillas ópticos funcionan utilizando el principio del optogate. En esta solución, las fuentes de luz (transmisores) y los detectores de luz (receptores) están dispuestos en oposición entre sí. Habitualmente, las fuentes de luz son diodos emisores de luz (LED), mientras que los detectores de luz son fototransistores o fotodiodos respectivos, en general. El punto clave de la operación de los sensores de semillas de tipo optogate es que un objeto (tal como una semilla en el presente caso) que pasa entre un transmisor (por ejemplo, LED) y un receptor, produce una sombra en el lado del receptor, que, a su vez, genera una señal en el circuito de procesamiento de la señal del receptor.

35 Los sensores de semillas del tipo optogate se clasifican básicamente en dos tipos de acuerdo con el esquema de control de las fuentes de luz. El primer tipo incluye sensores de semillas en los que las fuentes de luz operan continuamente y con intensidad luminosa constante en el transcurso del tiempo. En cuanto a la operación (es decir, el control de las fuentes de luz y el procesamiento de la señal), esta solución es la más simple y, por lo tanto, también es más común. El otro grupo incluye aquellos sensores de semillas del tipo optogate en los que la intensidad luminosa de las fuentes de luz está controlada por señales periódicas, por ejemplo, está modulado por un pulso cuadrado de frecuencia constante. En este caso, la detección de las semillas tiene lugar en virtud del examen de la distorsión de la señal detectada en el lado del receptor. El número de fuentes de luz y el número de detectores de luz se seleccionan según el lugar específico de la aplicación, la forma y las dimensiones de la zona de detección de semillas. El tamaño de las semillas que pasan a través de un sensor de semillas puede llegar a ser tan pequeño como 1 mm para semillas pequeñas (por ejemplo, repollo, colza), pero para semillas más grandes, el tamaño puede llegar a alcanzar 20 mm (por ejemplo, haba panosa). El caudal de las semillas que pasan a través de los sensores de semillas depende en gran parte del tipo de máquina de siembra, ya que las máquinas de siembra utilizadas actualmente distribuyen las semillas de dos formas diferentes. En un tipo de las máquinas, las semillas se dejan caer mecánicamente (estas son las denominadas sembradoras), en donde las semillas alcanzan la tierra debido a la gravitación. En este caso, el caudal de las semillas se considera bajo. En el otro tipo de máquinas de siembra, las semillas se distribuyen por medio de aire (estas son las llamadas máquinas de siembra neumática), en las que, debido a una corriente de aire intensiva, el caudal de las semillas es comparativamente mayor. Ciertos tipos de semillas se distribuyen en grandes dosis, por lo que el número de semillas que pasan a través de un sensor de semillas puede llegar a alcanzar las 300 semillas/segundo, por ejemplo, en la siembra de grano de trigo. Este caso se denomina distribución de grandes dosis.

55 Según el lugar de uso, a la vista de las características anteriores, los sensores ópticos de semillas se pueden clasificar en dos grupos principales, incluyendo uno los sensores de semillas utilizados para la siembra de semillas, e incluyendo el otro el sensor de semillas utilizado para la siembra neumática.

60 De acuerdo con el estado actual de la técnica, los sensores de semillas utilizados para la siembra de semillas son los dispositivos más avanzados en general, ya que detectan semillas de tamaños tanto pequeños como grandes con gran precisión y proporcionan información precisa sobre el proceso de siembra. Durante la siembra de semillas, la sembradora distribuye las semillas individualmente, por lo tanto, un sensor de semillas tiene que detectar y contar las semillas que pasan sucesivamente a través del sensor de semillas. Los sensores de semillas utilizados para sembrar semillas están adaptados para controlar la cantidad distribuida de semillas y el reparto espacial de las semillas distribuidas en tiempo real. Dicho sensor de semillas aparece divulgado, por ejemplo, en la patente de los Estados Unidos n.º 8.843.281. En esta solución, a lo largo del lado del sensor, las fuentes de luz están dispuestas

equidistantemente a cada lado de una cámara de detección y los detectores de luz están dispuestos equidistantemente al otro lado de la cámara de detección en oposición a las fuentes de luz, en donde las distancias entre las fuentes de luz y los detectores de luz se ajustan para que no se pueda desarrollar un espacio inactivo en el sensor de semillas. Debido a la gran cantidad de detectores de luz en el lado del receptor, los sensores pueden llegar a determinar el tamaño de las semillas. La disposición asimétrica utilizada en esta solución es beneficiosa para eliminar el espacio inactivo, pero tiene un efecto adverso en las dimensiones físicas del sensor de semillas. Asimismo, Las fuentes de luz LED utilizadas comúnmente no proporcionan luz uniforme en todo el intervalo de su ángulo de iluminación, por lo tanto, es posible que dentro de la cámara de detección general del sensor de semillas no haya luz homogénea. La luz homogénea, es decir, la homogeneidad de la intensidad luminosa, dentro del sensor de semillas es necesaria para detectar correctamente las semillas de varios tamaños a diferentes intensidades luminosas.

La precisión de los sensores de semillas, por lo tanto, depende de la sensibilidad del sensor que se recomienda ajustar para que se adapte al tipo de semillas para lograr la mayor precisión posible. Este objeto se resuelve mediante un sensor de semillas descrito en el documento WO 2014/035949, en el que una pluralidad de fuentes de luz (LED) proporcionan una intensidad luminosa homogénea dentro de la cámara de detección. Sin embargo, la intensidad de las fuentes de luz (LED) dispuestas en el centro y en la periferia del sensor de semillas no es uniforme debido a los haces de luz reflejados desde las paredes, por lo tanto, se utilizan diferentes valores de intensidad luminosa para aquellas fuentes de luz que están dispuestas a lo largo de las periferias y para aquellas que están en el centro del sensor de semillas. Debido a esta solución, se puede producir luz homogénea en el sensor de semillas lo que permite detectar correctamente las semillas que pasan a través del sensor de semillas en cualquier punto dentro del sensor de semillas. En esta solución, la intensidad luminosa de las fuentes de luz es constante. La sensibilidad del sensor de semillas se puede configurar ajustando la amplificación de salida del receptor (sensor fotovoltaico). En este circuito, la sensibilidad se puede ajustar a unos pocos niveles. El proceso de detección del sensor es asistido por una unidad óptica dispuesta en el lado del receptor, en donde los haces de luz de los transmisores (LED) se dirigen para quedar en paralelo utilizando lentes Fresnel, por lo que la interferencia entre ellos se reduce y las semillas que llegan al mismo tiempo en paralelo se pueden distinguir entre sí con mayor facilidad, lo que permite una detección de semillas más precisa.

La forma de sembrar una máquina de siembra de granos neumática difiere sustancialmente de la distribución uniforme de las semillas llevada a cabo por una sembradora (en donde las semillas se siembran individualmente). Las máquinas de siembra de granos neumática no distribuyen las semillas individualmente, una a una. Una de las razones es que, en el caso de cultivos de plantas menos invasivas (por ejemplo, trigo), no es tan importante mantener una distancia exacta entre las plantas, como sí lo es para los cultivos de plantas invasivas (por ejemplo, maíz) sembradas por las sembradoras. Es por eso que las semillas en una máquina de siembra de granos neumática se mueven a través de los sensores de semillas a una velocidad más alta y de manera no uniforme, por lo tanto, las semillas a menudo se mueven a través de la cámara de detección cerca una de la otra en paralelo, enmascarando una a la otra.

Debido a las características descritas anteriormente de la siembra de granos neumática, los sensores de semillas utilizados en estas máquinas solo pueden detectar el estado de "siembra" o "no siembra" de las tuberías de transporte de semillas de la máquina de siembra, a la vez que no son capaces de contar la cantidad de semillas que pasan a través del sensor de semillas. El método más común para detectar el estado de "siembra" o "no siembra" es que en caso de que el número detectado de semillas que pasan a través de una tubería de transporte de semillas disminuya por debajo del valor de frecuencia más bajo esperado (por ejemplo, medido en el número de semillas por segundo), entonces el sensor de semillas indica un estado de "no siembra". Además del estado de "no siembra", los sensores de semillas conocidos también son capaces de determinar el bloqueo de una tubería de transporte de semillas, ya que de acuerdo con las experiencias, cuando el número esperado de semillas por segundo disminuye al menos a su valor medio en una tubería de transporte de semillas, lo causa el bloqueo de la tubería de transporte de semillas con alta probabilidad. Estos sensores de semillas, sin embargo, son capaces de detectar el número esperado de semillas solo después de un procedimiento de calibración en el que se cuenta el número de señales generadas por las semillas detectables y luego se determina el número esperado de semillas. La escasa precisión de los sensores de semillas de las máquinas de siembra de granos neumática conocidas depende de la cantidad de semillas distribuidas por la máquina, mientras que la cantidad distribuida de semillas depende de la velocidad de la máquina. Con una distribución a mayor intensidad, cuando las semillas pasan a través de los sensores a una velocidad relativamente alta y con un reparto espacial y temporal no uniforme, los sensores de semillas conocidos no pueden determinar el número exacto de semillas, es decir, detectan el paso de menos semillas que el número real de las mismas, por lo tanto, la detección del bloqueo de una tubería de transporte de semillas puede perderse en muchos casos. Otro problema es que la distribución de las máquinas de siembra neumática también puede variar fila por fila, y en caso de sembrar con un ritmo de salida variable, la cantidad distribuida de las semillas también puede cambiar área por área, por lo tanto, el ritmo máximo de distribución de semillas también debe ajustarse para que se pueda detectar el bloqueo.

El documento EP 0175530 A2 divulga un sensor de recuento de semillas, en donde las semillas que caen por una rampa pasan entre dos ventanas espaciadas y dos espejos espaciados uno frente al otro a lo ancho de la rampa. Un conjunto lineal de una pluralidad de emisores de radiación dirige un haz de radiación a través de la trayectoria de la semilla a través de una abertura de hendidura en la ventana. El haz pasa a través de una abertura de hendidura en la ventana hacia un par de detectores de radiación conectados en paralelo y proporcionando una señal que representa la cantidad de radiación que cae sobre ella. Debido a la cantidad de emisores en el conjunto lineal, el haz de radiación

es difuso y no está colimado, de modo que ninguna semilla puede estar a la sombra de otra y la reducción integrada de la radiación que cae sobre los detectores representa el número de semillas que pasan a través de ella.

El documento US 2010/264163 A1 divulga un aparato de distribución de producto que tiene un medidor de producto y un sistema de reparto. Se proporciona un sensor a lo largo de un paso de producto entre el medidor y el sistema de reparto. El sensor tiene una pluralidad de receptores, cubriendo cada receptor solo una pequeña porción del paso de producto, por lo que la resolución del sensor aumenta para poder detectar partículas relativamente pequeñas. Sin embargo, el sensor no comprende una máscara con canales delante de las fuentes de luz para proporcionar haces de luz dedicados para los detectores.

El documento US 6.158.363 A divulga un dispositivo sembrador por aire para plantar cultivos agrícolas. El dispositivo sembrador por aire comprende un sensor de velocidad de partículas para proporcionar una señal de salida del sensor correspondiente a una velocidad de partículas medida. En el sensor de velocidad, las fuentes de luz están separadas verticalmente siguiendo el eje central en la dirección del flujo de las semillas, de este modo, esta disposición no es adecuada para contar semillas.

Es un objeto de la presente invención eliminar los problemas anteriores y proporcionar un sensor de semillas para máquinas de siembra neumática que permita el recuento más preciso de las semillas que pasan a través de ellas y la detección más fiable del bloqueo de una tubería de transporte de semillas.

Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un método por medio del cual el bloqueo de una tubería de transporte de semillas se puede detectar con una fiabilidad más alta que antes.

Los objetos anteriores se logran mediante un sensor de recuento de semillas tal y como se define en la reivindicación 1 y un método tal y como se define en la reivindicación 6. Las realizaciones preferentes del sensor de recuento de semillas están definidas por las reivindicaciones dependientes.

A continuación, se describirá la presente invención con más detalle con referencia a los dibujos, en los que

- la figura 1 es una vista lateral esquemática de una máquina de siembra de granos neumática y un motor de tracción que la arrastra,
- la figura 2 ilustra la trayectoria de las semillas en una máquina de siembra de granos neumática, en parte en una vista lateral y en parte en una vista en sección longitudinal,
- la figura 3 ilustra un cabezal de distribución de una máquina de siembra de granos neumática en una vista en planta superior y en una vista lateral,
- la figura 4 muestra detalles adicionales del cabezal de distribución de una máquina de siembra de granos neumática,
- la figura 5 es una vista en despiece en perspectiva de un sensor de semillas de acuerdo con la invención,
- la figura 6 es una vista en perspectiva del sensor de semillas de acuerdo con la invención en un estado completamente ensamblado,
- la figura 7a es una vista en sección lateral del diseño interno del sensor de semillas de acuerdo con la invención,
- la figura 7b es una vista frontal de la disposición interna del sensor de semillas de acuerdo con la invención,
- la figura 7c ilustra la disposición interna del sensor de semillas de acuerdo con la invención en una vista en sección superior,
- la figura 8a es una vista lateral de la unidad óptica del sensor de semillas de acuerdo con la invención,
- la figura 8b es una vista superior de la unidad óptica del sensor de semillas de acuerdo con la invención,
- la figura 8c ilustra la unidad óptica del sensor de semillas de acuerdo con la invención en una vista superior a lo largo del plano A:A de la figura 8a,
- la figura 8d es una vista en despiece en perspectiva de la unidad óptica del sensor de semillas de acuerdo con la invención,
- la figura 9 ilustra el diseño de la máscara óptica utilizada en la unidad óptica del sensor de semillas de acuerdo con la invención, así como la dispersión de luz, en una vista lateral en sección,
- la figura 10 ilustra la dispersión de luz cuando se utiliza la máscara óptica del sensor de semillas de acuerdo con la presente invención y cuando no se utiliza, respectivamente, en una vista superior y lateral,
- la figura 11 ilustra la dispersión de luz cuando se utiliza la máscara óptica del sensor de semillas de acuerdo con la presente invención y cuando no se utiliza, en una vista en perspectiva;
- la figura 12 ilustra la sombra proyectada por las semillas cuando se utiliza la máscara óptica del sensor de semillas de acuerdo con la presente invención y cuando no se utiliza, en una vista superior y una vista lateral,
- la figura 13 es un diagrama de circuito del receptor utilizado en el sensor de semillas de acuerdo con la invención,
- la figura 14 es el diagrama de bloques funcional del receptor óptico del sensor de semillas de acuerdo con la invención,
- la figura 15 ilustra diagramas de tiempo que muestran señales ejemplares producidas por el sensor de semillas de acuerdo con la invención y su muestreo,
- las figuras 16 a 19 ilustran diagramas de tiempo que muestran señales ejemplares producidas por el sensor de semillas de acuerdo con la invención y su muestreo en diferentes situaciones de detección,
- la figura 20 es un diagrama de flujo que muestra las etapas principales de inicialización del método de acuerdo con

la invención,

- la figura 21 es un diagrama de flujo que muestra las etapas principales para detectar el bloqueo de una tubería de transporte de semillas en el método de acuerdo con la invención,
- la figura 22 es un diagrama que ilustra el examen del bloqueo de una tubería de transporte de semillas en el método de acuerdo con la invención,
- la figura 23 es un diagrama de bloques conceptual esquemático de un sistema de ajuste de sensibilidad utilizado en los sensores de semillas de acuerdo con la invención,
- la figura 24 ilustra la disposición de conectividad de una realización del sistema de ajuste de sensibilidad utilizado en los sensores de semillas de acuerdo con la invención, y
- la figura 25 es un diagrama de flujo que muestra las etapas principales de la operación del sistema de ajuste de sensibilidad utilizado en los sensores de semillas de acuerdo con la invención.

En las figuras 1 a 4, una máquina de siembra neumática 100 y sus partes se ilustran esquemáticamente en diferentes vistas. La máquina de siembra neumática 100 es arrastrada por un medio de tracción apropiado, tal como un motor de tracción 111. Una unidad de control y supervisión de siembra 130 de la máquina de siembra neumática 100 está montada en el motor de tracción 111, en donde un dispositivo de posicionamiento GPS 131 está conectado a dicha unidad 130, siendo necesario el dispositivo de posicionamiento GPS 131 para el control espacial de la distribución de la cantidad deseada de las semillas. Generalmente, las máquinas de siembra neumática 100 no tienen fuente de alimentación eléctrica propia ni accionamiento hidráulico, por lo tanto, esas unidades están conectadas al motor de tracción 111 a través de líneas eléctricas e hidráulicas 109. Las máquinas de siembra neumática 100 tienen al menos un depósito de semillas 101. Las semillas 102 son transportadas desde dicho depósito de semillas 101 a través de un sistema de alimentación hasta una tubería de aire 105 conectada a un ventilador 104, en donde las semillas se transportan desde dicha tubería de aire 105 hasta al menos un cabezal de distribución 120 a través de al menos una tubería central 121. La corriente de aire uniforme responsable de transportar las semillas 102 es proporcionada por el ventilador 104. En las tuberías de transporte de semillas de la máquina de siembra neumática 100, el cabezal de distribución 120 proporciona la distribución uniforme de las semillas, a la salida 122 a la que están conectadas las tuberías de transporte de semillas 123. Estas tuberías de transporte de semillas 123 transportan las semillas 102 a la reja de arado 106 al final de la tubería de transporte de semillas. Adyacente a la reja de arado 106, se dispone una pluralidad de discos de surco 107 para hacer surcos de semillas en la tierra que ya ha sido preparada por los discos de montaje en terreno 110. La reja de arado 106 funciona para colocar las semillas 102 en surcos de semillas de la tierra. En general, el sistema de distribución 103 está controlado eléctricamente por una unidad de control y supervisión de siembra 130 que controla la cantidad de semillas que se van a distribuir proporcionalmente a la velocidad del o de acuerdo con el dispositivo de posicionamiento GPS 131.

Los sensores de recuento de semillas 200 están interpuestos en las tuberías de transporte de semillas 123, cerca del cabezal de distribución 120. Mediante el uso de un sensor de semillas 200 adaptado para el recuento de semillas, el número de semillas distribuidas 102 se puede contar de forma consecutiva durante la siembra. Alojar los sensores de semillas 200 en las máquinas de siembra neumática 100 es una práctica común, ya que los sensores están sujetos a daños físicos en la menor medida en esos lugares. En las tuberías de transporte de semillas 123 de las máquinas de siembra neumática 100, cuando tiene lugar una distribución de dosis alta, las semillas 102 se mueven adyacentes entre sí, en la mayoría de los casos contactando entre sí.

Las figuras 5 a 8 ilustran el sensor de semillas de acuerdo con la invención y sus diversas partes en diferentes vistas en una realización preferente del sensor. El sensor de semillas 200 comprende una cámara de detección 210 que permite que las semillas pasen a través de ella, teniendo dicha cámara de detección 210 un eje central 211 que se extiende sustancialmente en la misma dirección que la dirección de flujo de las semillas. Dentro del alojamiento 204 pero fuera de la cámara de detección 210, se dispone una pluralidad de fuentes de luz 240 en un plano P que se extiende sustancialmente en perpendicular a dicho eje central 211 de la cámara de detección 210. Las fuentes de luz 240 están dispuestas equidistantemente a distancias predeterminadas entre sí. También dentro del alojamiento 204 pero fuera de la cámara de detección 210, en oposición a las fuentes de luz 240, se dispone una pluralidad de detectores de luz 250 dentro del mismo plano P que las fuentes de luz 240. Los detectores de luz también están dispuestos equidistantemente, a distancias predeterminadas entre sí. El número de detectores de luz 250 es igual al número de fuentes de luz 240. El sensor de semillas 200 comprende además una unidad de procesamiento de señal 502 (figura 7b) para controlar la operación de las fuentes de luz 240 y para procesar las señales de los detectores de luz 250. Las fuentes de luz 240 y los detectores de luz 250 están dispuestos en dicho plano común P de modo que sean capaces de escanear sustancialmente toda la sección transversal de dicha cámara de detección 210, siendo dicha sección transversal sustancialmente perpendicular a la dirección del flujo de las semillas.

Una característica novedosa del sensor de recuento de semillas 200 de acuerdo con la invención es que la interferencia entre los detectores de luz 250, que tiene un efecto adverso en la detección de semillas 102 que se mueven en paralelo y muy cerca unas de otras, se reduce porque el ángulo de iluminación de los haces de luz 263 de las fuentes de luz 240 y el ángulo de aspecto de los detectores de luz se reducen por medio de máscaras ópticas 230. Las máscaras ópticas 230 son unidades no transparentes dispuestas delante de las fuentes de luz 240 y los detectores de luz 250, respectivamente, y que contienen canales paralelos 231. El diámetro de los canales 231 que se abren en la cámara de detección es menor que el de las lentes ópticas 241 y 251 de las fuentes de luz 240 y los detectores de luz 250, respectivamente, dispuestos delante de los canales 231. Las lentes ópticas 241, 251 están incrustadas en las

máscaras ópticas 230 y se ajustan firmemente al extremo externo de los canales 231. El número de canales 231 formados en las máscaras ópticas 230 es el mismo para las fuentes de luz 240 y los detectores de luz 250, con la limitación de que dentro de las máscaras ópticas 230, los canales 231 están separados por una partición hecha de un material que no es transparente para la luz de las fuentes de luz 241. Las particiones están hechas preferentemente de un material negro. La longitud mínima de los canales 231 está dimensionada de modo que sustancialmente toda la cantidad de luz incidente recibida por un detector de luz 250 sea emitida por una fuente de luz 240 dispuesta directamente en oposición al mismo.

En el sensor de semillas 200 de acuerdo con la invención, las fuentes de luz adyacentes 240 y los detectores de luz adyacentes 250 están dispuestos a una distancia predeterminada entre sí de modo que la cámara de detección 210 carezca sustancialmente de área ciega con respecto a la detección de semillas.

Tal y como se muestra en la figura 7a, los módulos electrónicos necesarios del sensor de semillas 200, incluida una circuitería receptora 501, una circuitería 301 del controlador de iluminación, una fuente de alimentación 304 y una unidad de procesamiento de señal 502, están todos dispuestos en un alojamiento de plástico 204 que protege los componentes electrónicos del agua, polvo y luz solar durante el uso en exteriores. Dentro del alojamiento 204 hay un elemento de sujeción 205 para los componentes ópticos, siendo dicho elemento de sujeción 205 una pieza de plástico que define la zona de detección. Este elemento de sujeción 205 sujeta los componentes ópticos necesarios para la detección, incluidas las fuentes de luz 240, los detectores de luz 250 y la máscara óptica 230, y también las ventanas 220 para proteger los componentes mencionados anteriormente, estando hechas preferentemente dichas ventanas 220 de un material transparente. Para unir el sensor de semillas a las tuberías de transporte de semillas asociadas 123, se forma una leva en el elemento de sujeción 205 y se aplica con indentaciones liberables 206 formadas en los adaptadores de tubería 202, que se pueden insertar en el sensor de semillas 200 en sus extremos aguas arriba y aguas abajo. Debido al adaptador de tubería 202, el sensor de semillas se puede limpiar fácilmente cuando haya cogido polvo, mientras que la capacidad de reemplazo del adaptador de tubería 202 también permite conectar el sensor de semillas a las tuberías de transporte de semillas 123 de diferente tamaño. La conexión estanca al aire entre los adaptadores de tubería 202 y el elemento de sujeción 205 es proporcionada por un anillo de estanqueidad 203 que impide que el aire presurizado retroceda desde el interior del sensor de semillas 200. El sensor de semillas 200 está provisto preferentemente de un LED indicador de estado 207 para indicar fallos, de acuerdo con lo cual el usuario puede verificar la correcta operación del sensor de semillas en el acto. El LED indicador de estado 207 puede, por ejemplo, advertir del problema de polvo del sensor de semillas 200.

Las figuras 9 a 11 ilustran, en vistas diferentes, la dispersión de luz dentro del sensor de semillas de acuerdo con la invención cuando se utiliza una máscara óptica 230 y cuando no se utiliza máscara óptica. Por motivos de simplicidad, en las figuras 10 y 11 solo se muestran una fuente de luz 240 y tres detectores de luz 250. Estas figuras muestran claramente un haz de luz 260 emitido por la lente óptica 241 de la fuente de luz 240 a través de la máscara óptica 230 y detectado por el detector de luz 250a dispuesto directamente en oposición a las fuentes de luz 240 y también por sus detectores de luz adyacentes 250b, 250c (figura 10). La figura 10 también ilustra que, en caso de utilizar la máscara óptica 230, la zona de detección 265 de los detectores de luz 255a a 255c es más estrecha que la de la zona de detección 264 producida sin utilizar una máscara óptica. Debido a la zona de detección más estrecha 265, la interferencia entre los detectores de luz adyacentes 250a-250c disminuye sustancialmente y se elimina prácticamente.

Durante la operación, las máscaras ópticas 230 permiten reducir la interferencia entre las fuentes de luz 240 y los detectores de luz 250 dispuestos en oposición entre sí dentro del alojamiento 204a debido al espacio limitado del canal 231, este canal 231 no permite que una porción del haz de luz 263 emitido por la lente óptica 241 de una fuente de luz 240 pase a través de la máscara óptica 230, mientras que una porción del haz de luz 263 que entra en el canal 231 se refleja desde la pared interna del canal 231 y después de la reflexión la intensidad de estos haces de luz disminuye, por lo tanto, una cantidad insignificante de luz es recibida por los detectores de luz adyacentes al detector de luz dispuestos directamente en oposición a una fuente de luz particular 240. Esto significa que solo el haz de luz 260, es decir, una porción del haz de luz emitido originalmente 263 que se estrecha por la máscara óptica 230, llega a los detectores de luz 250. Asimismo, la máscara óptica 230 también reduce el ángulo de orientación de los detectores de luz 250 ya que los canales 230 proporcionan un ángulo de orientación más estrecho (una denominada "visión de túnel") también para los detectores de luz 250.

La operación de los sensores de semillas de acuerdo con la invención se explica claramente mediante la realización mostrada en la figura 12, en donde se muestra una semilla que se mueve cerca de una de las fuentes de luz 240 y una semilla 280 que se mueve cerca de uno de los detectores de luz 254. La sombra 272 de la semilla 270 que se mueve delante de la fuente de luz 240 se proyecta sustancialmente solo al detector de luz 252, mientras que la sombra 282 de la semilla 280 que se mueve delante del detector de luz 254 se proyecta sustancialmente solo al detector de luz 254. Dentro del campo de visión del detector de luz 253, prácticamente no se produce sombra. El número de sombras es 2, el número de semillas es 2, por lo tanto, el número de semillas se puede determinar con exactitud a partir del número de sombras.

Por el contrario, si se examina la misma situación sin el uso de la máscara óptica 233, entonces lo que se experimenta es que la sombra 271 de la semilla 270 se mueve antes de que la fuente de luz 240 se proyecte al detector de luz 255, que está justo en oposición a la semilla 270, así como al detector de luz adyacente 256 y en parte al detector de luz

adicional 257. Sin embargo, la sombra 281 de la semilla 280 que se mueve ante el detector 257 se proyecta solo al detector de luz 257, lo que significa que se proyecta una sombra común en los tres detectores de luz 255-257. En este caso, el número de sombras es 1, el número de semillas es 2, por lo tanto, a partir de una sola sombra amplia, el número de semillas no puede determinarse con exactitud.

5 Tal y como se ilustra en la figura 12, si no se ha utilizado la máscara óptica 230, entonces, en caso de que una semilla 280 siga a la otra semilla 270 a una pequeña distancia, entonces la sombra de la primera semilla 270 en desplazamiento generaría una señal en cada uno de los tres detectores de luz 255-257, la siguiente semilla 280 no generaría una señal adicional al entrar en la zona de evaluación 264 delante de los detectores de luz 255-257, por lo tanto, las sombras de las dos semillas 270, 280 no se separarían, lo que significa que el número de semillas no puede determinarse sin ambigüedades a partir del número de sombras. Sin embargo, al utilizar la máscara óptica 230 en el sensor de semillas 200 de acuerdo con la invención, si una semilla 280 y otra semilla 270 llegan con una pequeña distancia entre ellas, la semilla 270 que llega primero no producirá una sombra en el detector de luz 250 después de haber salido de la zona de regulación restringida 265, de este modo, la siguiente semilla 280, que llega más tarde, generará una nueva señal en el detector de luz 250, por lo tanto, las sombras de las dos semillas se separarán entre sí y, de este modo, el número de semillas que pasan a través del sensor de semillas 200 se puede determinar con exactitud a partir del número de sombras. De acuerdo con la invención, esas señales generadas para los circuitos receptores 501 por las semillas que se mueven en paralelo una tras otra con una pequeña distancia entre ellas se pueden separar entre sí de una manera más definida.

En la figura 13 se muestra un diagrama de conectividad de circuito ejemplar de una realización preferente del circuito receptor utilizado en el sensor de semillas de acuerdo con la invención y en la figura 14 se ilustra el diagrama de bloques funcional del receptor óptico del sensor de semillas de acuerdo con la invención. El circuito receptor 501 está conectado a una unidad de procesamiento de señal 502 a través de múltiples canales de entrada, en donde los algoritmos de la lógica de procesamiento de señal para la determinación del número de semillas se aplican mediante un *software* que se ejecuta en la unidad de procesamiento de señal 503, tal como un microcontrolador.

Durante la operación, el circuito receptor 501 funciona para convertir las señales luminosas 500 detectadas por los detectores luminosos 251 en señales eléctricas analógicas, correspondiéndose dichas señales de luz con los cambios en la intensidad luminosa como resultado de las sombras de las semillas, por ejemplo, las sombras de las semillas 270 y 280 mostradas en la figura 12, y luego amplificar las señales eléctricas y convertirlas en señales digitales 503. La conversión del flujo de luz en señal eléctrica se lleva a cabo mediante un fototransistor PT1, que emite intensidad de corriente proporcionalmente a la intensidad de la luz incidente. La intensidad de corriente del fototransistor PT1 está habitualmente en el intervalo de  $\mu\text{A}$ . Una resistencia R6 conectada en serie con el fototransistor PT1 convierte la señal de corriente analógica en una señal de tensión analógica y amplifica aún más esa señal al intervalo de mV. El diagrama de tiempo 500 representa los cambios de la tensión U1 medidos en la resistencia R6 cuando las semillas pasan a través del sensor de semillas. Tal y como se puede ver en el diagrama, el nivel de tensión en el punto de operación como resultado de la corriente de luz en el punto de operación disminuye temporalmente debido al efecto de sombreado de las semillas. La señal analógica U1 está conectada a la entrada de un circuito de digitalización mediante acoplamiento de CA a través de un condensador C2. La importancia de esta solución es que el nivel de excitación es independiente de la tensión U1 en el punto de operación. Al controlar la tensión base del transistor T1, incluso una caída de tensión de unos pocos mV puede provocar la excitación en la salida digital del circuito receptor 501. De este modo, se puede lograr una detección de semillas sustancialmente sensible que permite incluso la detección de semillas muy pequeñas que se mueven a alta velocidad. En la realización del sensor de semillas de acuerdo con la invención que se muestra en la figura 8b, el sensor de semillas 200 comprende seis pares de fuentes de luz y detectores de luz, en donde las señales de cada uno de los seis detectores de luz (por ejemplo, fototransistores) tienen su circuito receptor 501 dedicado. De este modo, toda la zona de detección del sensor de semillas 200 se divide en seis zonas de detección sustancialmente separadas. Cada uno de los detectores de luz 250 (por ejemplo, fototransistores) proporciona una señal digital en un canal de entrada digital 503, indicado por SIGn (n=1, 2, 3, ...) a través de su propio circuito receptor 501 para la unidad de procesamiento de señal 502. Los canales de entrada digital que forman las salidas del circuito receptor 501 están conectados a las entradas de interrupción controladas por borde 504 de la unidad de procesamiento de señal 502 (por ejemplo, microcontrolador), en donde dichas entradas 504 generan una interrupción en los respectivos circuitos de la unidad de procesamiento de señal 502 tanto para los bordes delanteros como para los bordes traseros. Esta solución tiene la ventaja de que no es necesario realizar un sondeo continuo de las entradas, mientras que un cambio en el estado lógico de una cualquiera de las entradas se puede detectar inmediatamente y el estado de las entradas o los cambios en el estado de las mismas se pueden guardar en un dispositivo de almacenamiento de datos.

A continuación, se describirá el método para detectar el bloqueo de las tuberías de transporte de semillas de acuerdo con la invención. El método de acuerdo con la invención puede aplicarse en aquellos sistemas de siembra en los que los sensores de semillas se utilizan simultáneamente y los sensores de semillas comprenden múltiples fuentes de luz y múltiples detectores de luz dispuestos en oposición a las fuentes de luz de una forma que cada uno de los detectores de luz detecte sustancialmente la luz de una sola fuente de luz dispuesta justo en oposición a la misma. En estos sensores, la cámara de detección carece de espacio inactivo. Además, un sensor de semillas dedicado está asociado a cada tubería de transporte de semillas. Tal y como se ha descrito en detalle anteriormente, los sensores de semillas de acuerdo con la presente invención permiten la determinación precisa del número de semillas, lo que es un punto

clave para la correcta operación del método de la invención.

A continuación, se explicará el concepto del método de procesamiento de señal de acuerdo con la invención con referencia a la figura 15 en la que se representan los diagramas de tiempo de las señales digitales ejemplares 610 generadas por semillas que se mueven una tras otra a través del sensor de semillas 200. En el instante de tiempo  $t_0$ , definido como un estado inicial, no hay ninguna señal en ninguna de las entradas digitales 503. Tal y como se puede ver en la figura 15, cada cambio en la señal 603 (es decir, borde delantero o borde trasero) genera una interrupción en la unidad de procesamiento de señal 102, seguida de una operación de muestreo. El estado real (0 o 1) de los canales de entrada digital 503 también se puede identificar en los tiempos de muestreo 602. La primera etapa del procesamiento de las señales digitales SIG1-SIG6 que llegan a las entradas de la unidad de procesamiento de señales 502 es la división temporal del flujo de señales en secciones más cortas, es decir, bloques 601. Con un bloque 601, esos cambios de señal 603 están asociados preferentemente, estando en relación lógica entre sí. Una solución obvia para tal asociación es que el principio y el final de un bloque 601 están definidos por el estado inactivo 600 (el 0 lógico en la figura 15) de todos los canales de entrada digital 503. El flujo de señal que se muestra en la figura 15 se puede dividir en dos bloques 601, incluyendo el primer bloque 601 todos los cambios de señal 603 dentro del período  $[t_1, t_4]$ , mientras que el segundo bloque 601 incluye los cambios de señal 603 dentro del período  $[t_5, t_{10}]$ . Los dos bloques 601 están separados por un intervalo de tiempo inactivo 600 definido por el período  $[t_4, t_5]$ . Como aquí se utilizan señales digitales, el contenido de información de las señales de los canales de entrada digital 503 es proporcionado por los nuevos estados después de que la señal cambie 603 (bordes delanteros o traseros) por un lado, y el tiempo de la señal cambie 603, por otro lado. En consecuencia, los datos almacenados por la unidad de procesamiento de señal 502 comprenden los estados lógicos de los canales de entrada digital 503 representados por números binarios que consisten en bits, y las marcas de tiempo relativas de los cambios de señal 603. Como el procesamiento de señal se lleva a cabo para cada bloque 601, los instantes de tiempo de los bordes delantero y trasero, es decir, los cambios de señal 603 se almacenan relativamente al comienzo del bloque 601 dado con el fin de facilitar los cálculos y ahorrar memoria. En el procesamiento de señales de acuerdo con la invención, cuando las semillas se mueven a través del sensor de semillas una tras otra, es decir, cuando una de las semillas ya ha cruzado el haz de luz 260 antes de que otra semilla llegue a este haz de luz 260 (ver figura 12), los cambios de señal producidos por las semillas se separan en el tiempo y en este caso las diferentes semillas se pueden identificar fácilmente.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, las formas de señal que aparecen en los canales de entrada digital 503 pueden superponerse. Dado que los haces de luz 260 emitidos a través de la máscara óptica 230 de las fuentes de luz 240 no son completamente paralelos entre sí, incluso con enmascaramiento, es imposible evitar una ligera interferencia entre los canales de entrada digital 503, que es insignificante en la mayoría de los casos, es decir, una fuente de luz 240 dada ilumina no solo el detector de luz 250 que está directamente en oposición a ella, sino que hasta cierto punto, también a sus detectores de luz vecinos. Se observa que incluso si los volúmenes de espacio de detección que pertenecen a las salidas de los detectores de luz 250, que están asociados a los canales de entrada digital 503, fueran completamente inconexos (es decir, si no hubiera interferencia alguna), el número de semillas que se mueven simultáneamente a través del sensor no se podría determinar ni siquiera para un tipo particular de semilla (para una semilla de tamaño particular) únicamente a partir del número de cambios de señal 603 que aparecen en los canales de entrada digital 503 respectivos. El objetivo del procesamiento de la señal lógica de acuerdo con la invención es examinar las ondas de señal de los canales en bloque, en donde para la determinación del número de semillas que permanecen al mismo tiempo dentro de la zona de iluminación de un haz de luz dado, se pueden distinguir los siguientes casos básicos:

a) El primer caso es en el que, en función de las ondas de señal, el bloque 601 se divide además en dos o más regiones (separación espacial). Las regiones separadas (o segmentos) representan diferentes semillas. Si fuese necesario, estas regiones pueden examinarse más a fondo independientemente de las otras regiones. La figura 16 ilustra un ejemplo de cómo un bloque 601 está dividido en regiones, en donde la separación espacial de dos regiones 621 puede llevarse a cabo debido al estado inactivo 600 del tercer canal 611.

b) El segundo caso se basa en que las semillas pueden considerarse cuerpos convexos con buena aproximación. En un aspecto práctico, cuando las señales de los canales de entrada digital 503 se examinan a lo largo del tiempo (de acuerdo con las señales físicas de los canales de entrada digital 503), se puede reconocer una disminución sustancial y luego un aumento sustancial en las señales. Tal y como se muestra en el ejemplo de la figura 18, en los canales que comienzan desde el canal 611 adyacente al canal 615 y en los canales que comienzan desde el canal 616, se puede observar un aumento en las longitudes de señal en la región 623 con respecto a la longitud de señal del canal 615. Como la convexidad de las semillas no se cumple estrictamente en todos los casos, se especifican valores de umbral para el grado de disminución y el grado de aumento posterior de la longitud de la señal.

c) En el tercer caso, existe una diferencia de tiempo sustancial entre las llegadas de las semillas al haz de luz 260 con respecto a las longitudes de señal generadas por las diferentes semillas. Por consiguiente, la superposición de las señales de los canales que pertenecen a diferentes semillas y el desplazamiento entre las diferentes señales pueden examinarse más fácilmente en la práctica en función del ritmo de superposición de las señales en cuestión. Este caso se ilustra claramente en la figura 17, en donde, por ejemplo, el valor de umbral se configura en 50 %, y para un ritmo de superposición por debajo de este valor de umbral, las señales dentro del bloque 601 pueden considerarse generadas por diferentes semillas de acuerdo con la superposición 613 detectada en la región 622 entre los dos canales respectivos.

d) En el cuarto caso, los cambios de señal en los canales 601 en cada uno de los bloques también transportan información útil. La figura 19 muestra un ejemplo para este cuarto caso, en donde dos semillas se mueven una tras otra prácticamente en contacto, lo que se refleja en las señales continuas de los canales 624. Por el contrario, en los canales 617 y 618, la señal está inactiva durante un tiempo y luego aparece de nuevo. A partir del número de cambios de señal, se puede concluir que al menos dos semillas han producido señales dentro del bloque 601.

El objetivo del método de acuerdo con la invención es indicar el bloqueo de cualquier tubería de transporte de semillas 123 de la máquina de siembra neumática 100 mostrada en la figura 1 en poco tiempo. Generalmente se produce un bloqueo al final de una tubería de transporte de semillas en la reja de arado 106, porque en ese lugar los fragmentos de tierra u otros residuos pueden meterse en la reja de arado, lo que luego puede restringir (bloqueo parcial) o incluso cerrar completamente (bloqueo total) la trayectoria del aire y las semillas 102. En caso de bloqueo parcial o total de la tubería de transporte de semillas 123, se puede observar una disminución considerable en la velocidad del aire junto con una disminución generalmente leve en el número de semillas, por lo tanto, el método de acuerdo con la presente invención, a diferencia de las soluciones convencionales, detecta una disminución en el caudal del aire, en lugar de disminuir la cantidad esperada de semillas, y determina el bloqueo en función de esta información. El método para determinar el bloqueo se basa en que en el flujo de aire uniforme proporcionado por el ventilador 104 en el sensor de semillas 200, la velocidad de las semillas puede considerarse constante, determinándose dicha velocidad por la unidad de procesamiento de señal 502. Las longitudes de señal de una semilla se definen como el ancho de un impulso electrónico que es proporcional al período de tiempo durante el cual una semilla en movimiento bloquea la luz incidente de un detector de luz. Los períodos en los que las semillas se mueven a través del sensor de semillas se calculan mediante la unidad de procesamiento de señal 502 a partir de las señales de salida de los detectores de luz. La salida de los sensores de semillas 200 se envía y procesa a través de una unidad central de procesamiento 140 de la máquina de siembra. La unidad de procesamiento electrónico 140 está conectada a través de un cable de comunicación 201 a los sensores de semillas 200, que están preferentemente conectados en serie. La unidad central de procesamiento 140 está dispuesta preferentemente debajo del cabezal de distribución 120 a lo largo de la tubería central 121 porque, por razones prácticas, los cables de comunicación 201 de los sensores de semillas 200 se pueden conducir con gran seguridad en ese lugar. En el método de acuerdo con la invención, para reconocer la caída del caudal de aire, que es un fenómeno común en una situación de bloqueo, la disminución en las longitudes de señal medidas por la unidad de procesamiento de señal 502 tiene que ser examinada. Es importante tener en cuenta que un punto clave de la operación es que la longitud de la señal analizada se obtiene generalmente de las señales producidas por las semillas no superpuestas que pasan por separado a través del sensor de semillas 200, dado que este tipo de muestreo tiene una influencia significativa en la sensibilidad de la determinación de bloqueo. Por lo tanto, el hecho del bloqueo puede establecerse a partir del cambio en la longitud de señal promedio de una semilla (denominada longitud de señal de semilla) porque la longitud de señal de semilla cambia de manera inversamente proporcional con respecto al mayor grado de disminución en el caudal de aire. Los cambios bastante significativos en la longitud de señal de semilla permiten el reconocimiento definitivo del bloqueo que es insensible al número variable de semillas distribuidas por la máquina de siembra neumática 100. Desde que se produjo un bloqueo, las longitudes de señal de semilla comienzan a aumentar de inmediato, este método tiene la ventaja adicional de que dentro de un período muy corto (incluso en unos pocos segundos) se puede establecer la formación o el término de una obstrucción. El reconocimiento del bloqueo en función del cambio en la longitud de la señal de la semilla se ha hecho adaptativo, por lo que la máquina de siembra es capaz de adaptarse continuamente a un ritmo de distribución muy variable o incluso a un ritmo de distribución variable dependiente del área controlado por el dispositivo de posicionamiento GPS 131. Como resultado, es suficiente con configurar la sensibilidad del reconocimiento de bloqueo una vez, al comienzo del proceso de siembra. La al menos una unidad de control electrónico 140 montada en cada uno de los cabezales de distribución recoge los datos de los sensores de semillas, permitiendo de ese modo calcular y analizar todos los datos que pertenecen a un cabezal de distribución 120 dado.

La detección de bloqueo adaptativo se basa en que una longitud de señal de referencia adaptativa está asociada a cada sensor de semilla 200, aproximándose siempre dicha longitud de señal de referencia adaptativa a la longitud de señal promedio real si no hay bloqueo de ninguna tubería de transporte de semillas, de lo contrario (es decir, en la detección de bloqueo) su valor permanece sin cambios. Para ajustar la sensibilidad de la detección de bloqueo adaptativo, se utiliza un factor multiplicador mayor que 1. Por ejemplo, si un bloqueo debe indicarse solo con una desviación sustancial de la longitud de señal de referencia, el valor del factor de sensibilidad debe aumentarse en consecuencia. Es importante que al comienzo de la siembra, es decir, cuando las semillas comienzan a fluir, el valor de longitud de señal de referencia inicial debe configurarse adecuadamente, de lo contrario, la indicación de bloqueo no funcionará con la fiabilidad requerida.

Las etapas de determinación de la longitud de señal de referencia inicial aparecen ilustradas en la figura 20. Después de comenzar el proceso de siembra, en la etapa 1001, la longitud de señal promedio inicial se determina para cada sensor de semillas que pertenece al mismo cabezal de distribución, y luego, en la etapa 1002, se determina el valor medio de las longitudes promedio de las señales iniciales almacenadas para cada sensor de semillas. Este valor medio se utiliza entonces como una longitud de señal de referencia global para cada sensor de semillas. En la etapa 1003, se obtiene un límite superior para las longitudes de señal promedio de los sensores de semillas que pertenecen al mismo cabezal de distribución multiplicando la longitud de señal de referencia global con un factor de sensibilidad que tiene un valor mayor que 1. Las etapas 1001 a 1003 se llevan a cabo para cada sensor de semillas que pertenece al mismo cabezal de distribución.

5 Cuando la longitud de señal de referencia inicial está disponible para cada sensor de semillas, las etapas que se muestran en la figura 21 se llevan a cabo repetidamente a intervalos de tiempo predefinidos  $\Delta T$  que definen períodos de medición posteriores. Durante este proceso, la etapa de sondeo de cada sensor de semillas (es decir, recuperar su longitud de señal promedio; etapa 1001), la etapa de determinar la longitud de señal de referencia común (etapa 1002) y la etapa de obtener el límite superior para la longitud de señal (etapa 1003) se suceden llevando a cabo las etapas adicionales para cada sensor de semillas por separado.

10 En la etapa 1004a se verifica si la tubería de transporte de semillas asociada a un sensor de semillas dado está en un estado bloqueado y, si lo está, entonces, en la etapa 1004b, se determina si la longitud de señal promedio del sensor de semillas particular sobrepasa el límite superior almacenado. Si la longitud de señal promedio del sensor de semillas sobrepasa el límite superior almacenado determinado para el cabezal de distribución, entonces, en la etapa 1005, el bloqueo seguirá indicándose (es decir, se mantiene el estado bloqueado del sensor de semillas), de lo contrario, en la etapa 1006 se indica que ya no hay bloqueo, y en la etapa 1007, se almacenará la longitud de señal de referencia determinada actualmente y el valor de límite superior correspondiente.

15 Si en la etapa 1004a se determina que en la tubería de transporte de semillas que pertenece al sensor de semillas no hay bloqueo, entonces en la etapa 1004c se determina si la longitud de señal promedio del sensor de semillas dado sobrepasa el valor de límite superior calculado actualmente. Si la longitud de señal promedio del sensor de semillas sobrepasa el límite superior calculado actualmente determinado para el cabezal de distribución, entonces en la etapa 1005, se indicará el bloqueo (y el estado del sensor de semillas cambia al estado bloqueado), de lo contrario, en la etapa 1006 se indica que sigue sin haber bloqueo (y se mantiene el estado no bloqueado del sensor de semillas), y en la etapa 1007 se almacenará la longitud de señal de referencia calculada actualmente y su valor de límite superior correspondiente.

20 Debido al almacenamiento de la longitud de señal de referencia calculada actualmente en la etapa 1007 (es decir, sobrescribiendo la longitud de señal de referencia determinada en el período anterior), el valor de la longitud de señal de referencia se aproxima de manera adaptativa a la longitud de señal promedio medida en cada período de medición para cada sensor de semillas. En caso de detectar un bloqueo, sin embargo, la longitud de señal de referencia común realmente determinada y su valor de límite superior correspondiente no se almacenan, por lo tanto, en el próximo período de medición, se tomará el valor de límite superior previamente almacenado para la comparación de la longitud de señal promedio de los sensores de semillas con el valor de límite superior. De ese modo, se garantiza que, en caso de bloqueo de una tubería de transporte de semillas perteneciente a un sensor de semillas dado, la longitud de señal significativamente aumentada del sensor de semillas dado no distorsiona la longitud de señal de referencia común (media) de todos los sensores de semillas que pertenecen al cabezal de distribución.

25 El uso del método de acuerdo con la invención se describe a continuación con referencia a la figura 22. En el diagrama ejemplar que se muestra en esta figura, se ilustran diferentes longitudes de señal asociadas a un sensor de semillas dado en ciertos períodos de medición. En el diagrama, el eje horizontal indica el tiempo (t), y el eje vertical indica las longitudes de señal 1009. Las longitudes de señal de referencia están representadas por la curva 1011, la curva 1010 representa las longitudes de señal de límite superior, y la curva 1012 representa las longitudes promedio (medidas) del sensor de semillas particular.

30 En el diagrama se puede ver que en el instante de tiempo T1 se ha formado un bloqueo cuando la curva 1012 que representa las longitudes de señal promedio cruza la curva 1010, lo que significa que la longitud de señal promedio sobrepasa el valor de límite superior definido por la multiplicación de la longitud real de la señal de referencia y el factor de sensibilidad. El bloqueo permanece hasta el instante de tiempo T2 cuando la curva 1012 vuelve por debajo de la curva 1010 que representa las longitudes de señal de límite superior definidas por la multiplicación de las longitudes de señal de referencia y el factor de sensibilidad. La figura 22 también ilustra claramente que cuando no hay bloqueo (es decir, antes del instante de tiempo T1 y después del instante de tiempo T2), las longitudes de señal de referencia (es decir, los puntos de la curva 1011) se aproximan adaptativamente a las longitudes de señal promedio del sensor dado (es decir, los puntos de la curva 1012), mientras que dentro del período de bloqueo entre T1 y T2, tanto las longitudes de señal de referencia (representadas por la curva 1011) como las respectivas longitudes de señal de límite superior (representadas por la curva 1010) permanecen sin cambios.

35 Para la operación continua y correcta del sensor de semillas de acuerdo con la presente invención durante el uso, es esencialmente necesario compensar continuamente las propiedades ópticas de deterioro progresivo de los sensores de semillas, que provoca el polvo y los agentes granuladores depositados en las ventanas que protegen las fuentes de luz y los detectores de luz de los sensores de semillas. Una posible solución es que la sensibilidad de los sensores de semillas se regule automáticamente según las circunstancias dadas, y en caso de problemas de polvo en exceso, se proporciona una señal de alarma para indicar la necesidad de limpieza. Tal y como se muestra en las figuras 23 y 24, en el sensor de semillas de acuerdo con la invención, un filtro de paso bajo 702 está conectado a la salida PWM 701 de la unidad de procesamiento de señal 502, a la salida desde la cual está conectado un circuito excitador 704 para controlar la fuente de luz 240. La corriente de salida del detector de luz 250 (por ejemplo, fototransistor) que detecta la luz de la fuente de luz 240 se retroalimenta a la entrada del convertidor analógico-digital (ADC, por sus siglas en inglés) de la unidad de procesamiento de señal 502 a través de una retroalimentación 706 conectada a un

divisor de tensión 705.

El circuito anterior se utiliza para aumentar la intensidad luminosa de las fuentes de luz 240 durante el uso con el fin de compensar la sensibilidad reducida. Este tipo de regulación adaptativa de la intensidad luminosa, que se puede aplicar principalmente en sensores de semillas de emisión de luz continua del tipo optogate, es adecuado para compensar cualquier disminución en la sensibilidad resultante del problema del polvo del sensor de semillas. El objetivo de esta regulación es mantener la iluminación de los detectores de luz (por ejemplo, fototransistores en el presente caso), es decir, la intensidad luminosa detectada por los receptores ópticos en un nivel deseado. Como la corriente de salida de los fototransistores es una función de la intensidad luminosa incidente, la variable de control (y también la señal de retroalimentación 706 en sí) es la corriente del fototransistor, que debe mantenerse en un punto de funcionamiento estable. La compensación de sensibilidad del sensor de semillas se realiza mediante un programa informático que se ejecuta en la unidad de procesamiento de señal 502. Tal y como se muestra en la figura 24, la señal de comando generada por la unidad de procesamiento de señal 502 es una señal 701 modulada por ancho de pulso (PWM) que tiene una frecuencia constante, cuya señal permite modificar la intensidad luminosa en pequeños pasos dentro de un amplio intervalo ajustando el factor de utilización. A continuación, se genera una señal 709 de control de CC a partir de la señal PWM por medio de un filtro de paso bajo 702, en donde el valor de la señal de control DC es proporcional al factor de utilización de la señal PWM 701. Esta señal de control se transforma mediante una fase 703 de amplificador de ganancia constante en un intervalo de señal correspondiente a la siguiente fase que excita directamente las fuentes de luz (LED) en el presente caso. Por motivos de simplicidad, el circuito que se muestra en la figura 24 contiene solo un LED y un fototransistor. La señal PWM 701 generada por la unidad de procesamiento de señal 502 es filtrada por un filtro RC pasivo de dos fases, en concreto, un filtro de paso bajo 702, cuya frecuencia de corte es inferior a la frecuencia base de la señal PWM 701, de este modo, la señal analógica de control de CC 709 utilizada en la salida del filtro de paso bajo 702 está conectada a las entradas  $U_1$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  de una fase 703 de amplificador no inversor, que además de la amplificación, también excita la entrada del circuito excitador 704. La tensión de entrada del circuito excitador 704 y la resistencia base  $R_5+R_6$  del transistor definen la corriente del colector del transistor y también la corriente de la fuente de luz  $D_1$  conectada en serie con el mismo. La unidad de procesamiento de señal 502 utilizada para la regulación de la intensidad luminosa mide la tensión en la resistencia de medición  $R_{10}$  conectada en serie con el fototransistor por medio de un convertidor A/C (ADC), en donde la tensión medida es proporcional a la corriente del fototransistor y por consiguiente, también a la intensidad de la luz incidente.

Las etapas principales de la compensación de sensibilidad llevadas a cabo por la unidad de procesamiento de señal 502 se muestran en la figura 25. La compensación de sensibilidad se realiza preferentemente durante el giro de la máquina de siembra al final del terreno. De este modo, la reducción de la sensibilidad resultante del problema del polvo de las ventanas dispuestas en el sensor de semillas puede compensarse sustancialmente durante la siembra entre dos trayectos. En consecuencia, la unidad de control inicia el ciclo de regulación en la etapa 1100 si no detecta semillas durante un período determinado. Si este fuera el caso, luego, en la etapa 1101, la unidad de procesamiento de señal 502 mide la corriente del punto de trabajo del(de los) fototransistor(es) y luego en la etapa 1102 verifica si el valor de corriente está dentro del intervalo deseado. Si es así, no es necesario modificar la intensidad luminosa y el ciclo de regulación termina. Sin embargo, si en la etapa 1103 se determina que la corriente del(de los) fototransistor(es) está fuera del intervalo deseado, luego, en las etapas 1104 y 1105, la intensidad luminosa se corregirá en dirección positiva o negativa, respectivamente. Después del ajuste de la intensidad luminosa, en la etapa 1106 hay un período de retención predeterminado entre el ajuste de la intensidad luminosa y la siguiente medición de la corriente del punto de trabajo del(de los) fototransistor(es). Este período de espera permite que la próxima medición proporcione un valor de intensidad de corriente constante. Adicionalmente, en la etapa 1107, la unidad de procesamiento de señal 502 monitoriza en cada ciclo si en el tiempo medio el flujo de semillas ha comenzado en el sensor y suspende la regulación de la intensidad luminosa inmediatamente cuando se reinicia la siembra. Debido a la regulación basada en *software* de la intensidad luminosa, el sensor de semillas es capaz de determinar si el sensor de semillas tiene problemas de polvo. Esto se determina de tal forma que si no puede detectar una corriente de luz adecuada en los fototransistores, incluso a una intensidad luminosa máxima, entonces significa que ya no se puede regular más, lo que significa un problema de polvo en exceso con una alta probabilidad. Este caso se indica preferentemente cambiando el estado de una luz LED.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sensor de recuento de semillas (200) para máquinas de siembra neumática, comprendiendo dicho sensor:

- 5 - una cámara de detección (210) dentro de un alojamiento (204), permitiendo dicha cámara de detección que las semillas pasen a través del sensor y teniendo un eje central (211) que se extiende en la dirección de flujo de las semillas (102);
- una pluralidad de fuentes de luz (240) dispuestas dentro del alojamiento (204), fuera de la cámara de detección (210), a distancias predeterminadas entre sí, estando dichas fuentes de luz en un plano (P) que se extiende
- 10 sustancialmente en perpendicular a dicho eje central del sensor,
- una pluralidad de detectores de luz (250) dispuestos dentro del alojamiento (204), fuera de la cámara de detección (210) a distancias predeterminadas entre sí, estando dichos detectores de luz en el mismo plano (P) que las fuentes de luz,
- en donde dichas fuentes de luz y dichos detectores de luz están dispuestos en dicho plano (P) de modo que
- 15 puedan escanear sustancialmente toda la sección transversal de dicha cámara de detección (210),
- una unidad de procesamiento de señal (502) para controlar la operación de las fuentes de luz (240) y para procesar las señales electrónicas producidas por los detectores de luz (250), y
- en donde el sensor comprende además máscaras ópticas (230) dispuestas delante de las fuentes de luz (240) y los detectores de luz (250), respectivamente, y hechas de un material no transparente,
- 20 caracterizado por que
- el número de detectores de luz es igual al número de fuentes de luz,
- cada una de dichas máscaras ópticas tiene una pluralidad de canales paralelos (231) que se abren en la cámara de detección (210), en donde el número de los canales es igual al menos al número de fuentes de luz o los
- 25 detectores de luz, en donde los canales tienen un diámetro más pequeño que el de las lentes ópticas (241, 251) de las fuentes de luz y los detectores de luz, y en donde las lentes ópticas de las fuentes de luz y los detectores de luz se ajustan estrechamente a los extremos exteriores de los canales,
- en donde las fuentes de luz (240) están separadas entre sí por particiones no transparentes, y
- en donde la longitud mínima de los canales (231) está dimensionada de modo que sustancialmente toda la
- 30 cantidad de luz incidente recibida por un detector de luz (250) sea emitida por una fuente de luz (240) dispuesta directamente en oposición al mismo.

2. El sensor de recuento de semillas de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las fuentes de luz (240) son LED y los detectores de luz (250) son fotodetectores.

35 3. El sensor de recuento de semillas de acuerdo con la reivindicación 2, en donde los LED y los fotodetectores operan en el intervalo infrarrojo.

40 4. El sensor de recuento de semillas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde las máscaras ópticas (230) están hechas de caucho o plástico.

5. El sensor de recuento de semillas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde además comprende un circuito de control para regular la intensidad luminosa de las fuentes de luz (240) en función de la intensidad luminosa detectada por los detectores de luz (250).

45 6. Un método para detectar el bloqueo de una tubería de transporte de semillas de una máquina de siembra que tiene una unidad central de procesamiento, comprendiendo el método la etapa de

- proporcionar una máquina de siembra con una pluralidad de sensores de recuento de semillas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5,
- 50 comprendiendo el método además las siguientes etapas:

- durante un período de siembra, medir continuamente las longitudes de señal electrónica de las semillas por medio de dichos sensores de recuento de semillas, definiéndose la longitud de señal de semilla como un impulso electrónico cuyo ancho es proporcional al período de tiempo durante el cual una semilla en movimiento
- 55 bloquea la luz incidente de un detector de luz de un sensor de recuento de semillas,
- y

a intervalos predeterminados se llevan a cabo las siguientes etapas:

- 
- 60 a) en cada sensor de recuento de semillas, determinar (1001) una longitud de señal de semilla promedio para el período dado por medio de la unidad de procesamiento de señal del sensor de recuento de semillas,
- b) enviar dichas longitudes de señal de semilla promedio desde las unidades de procesamiento de señal de los sensores de recuento de semillas hasta la unidad central de procesamiento de la máquina de
- 65 siembra,

- 5 c) en la unidad central de procesamiento, determinar (1002) la media de las longitudes de señal promedio sobre todos los sensores de recuento de semillas para el período dado, produciendo de ese modo una longitud de señal de referencia común para todos los sensores de recuento de semillas con respecto al período dado,
- 5 d) obtener (1003) una longitud de señal de límite superior mayor que la longitud de señal de referencia multiplicando la longitud de señal de referencia con un factor de sensibilidad que tiene un valor mayor que 1, y
- 10 - para cada sensor de recuento de semillas, se llevan a cabo las siguientes etapas en la unidad central de procesamiento de la máquina de siembra:
- determinar si el sensor de recuento de semillas está en un estado bloqueado (1004a), y
  - 15 - si el sensor de recuento de semillas está en un estado bloqueado, entonces
    - si la longitud de señal promedio es mayor que la longitud de señal de límite superior previamente almacenada (1004b), el estado bloqueado se mantiene y el valor de límite superior previamente almacenado se utilizará como la longitud de señal de límite superior en el período dado (1005),
    - 20 - de lo contrario, el estado del sensor de recuento de semillas cambia a un estado no bloqueado (1006) y se almacena la longitud de señal de límite superior determinada actualmente y su longitud de señal de referencia correspondiente (1007),
  - si el sensor de recuento de semillas está en un estado no bloqueado, entonces
  - 25 - si la longitud de señal promedio es mayor que la longitud de señal de límite superior obtenida actualmente (1004c), el estado del sensor de semillas cambia al estado bloqueado (1005),
  - de lo contrario, se mantiene el estado no bloqueado del sensor de semillas (1006) y se almacena la longitud de señal de límite superior determinada actualmente y su longitud de señal de referencia correspondiente
  - 30 (1007).

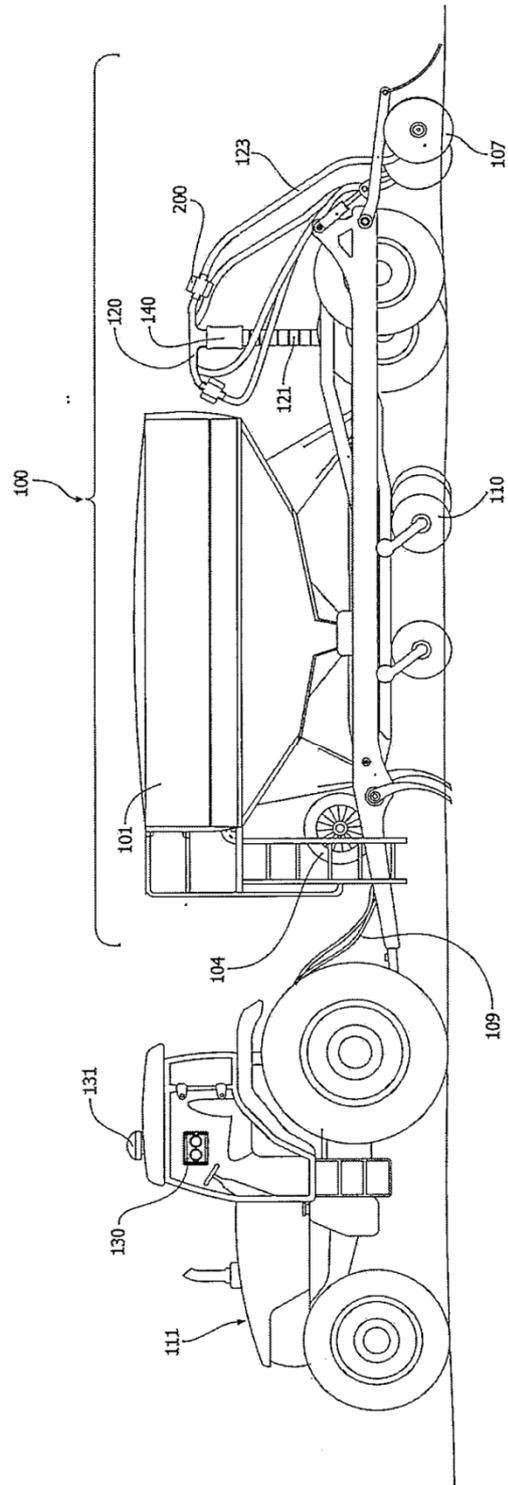


Fig.1

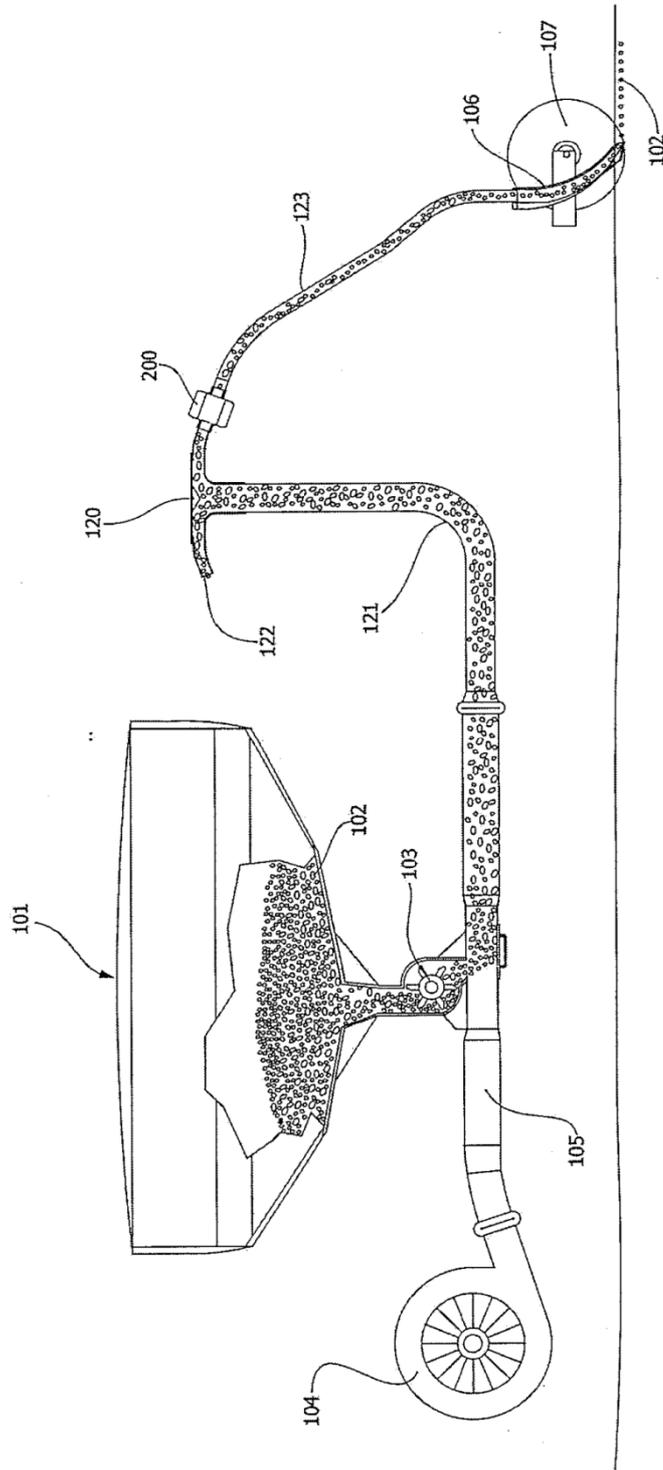


Fig.2

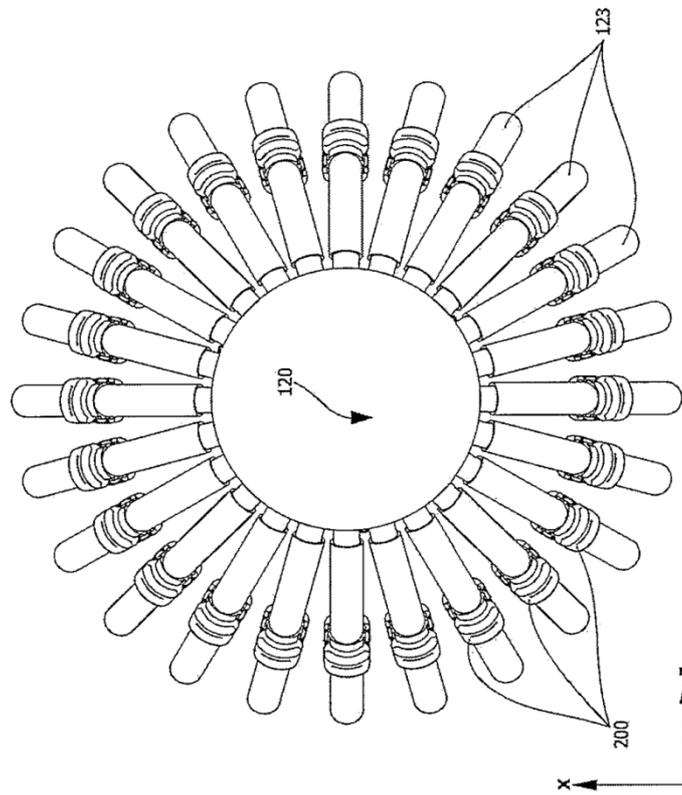
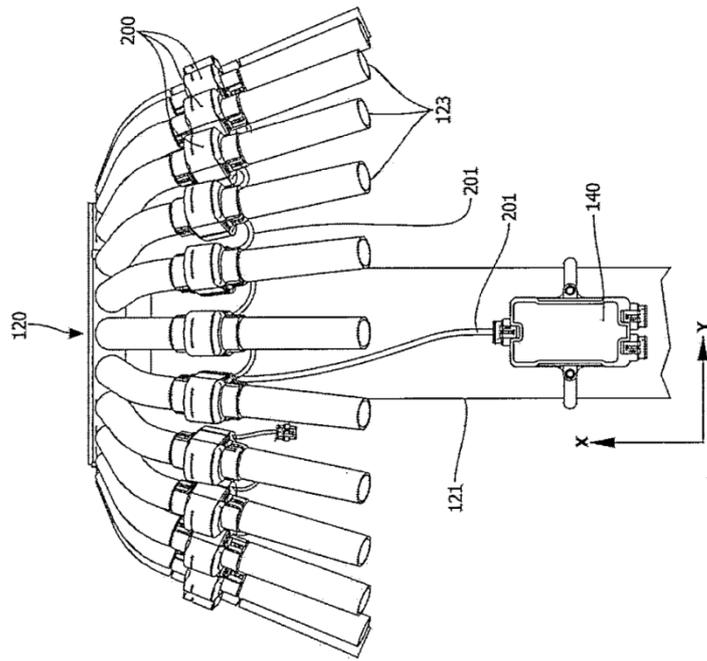
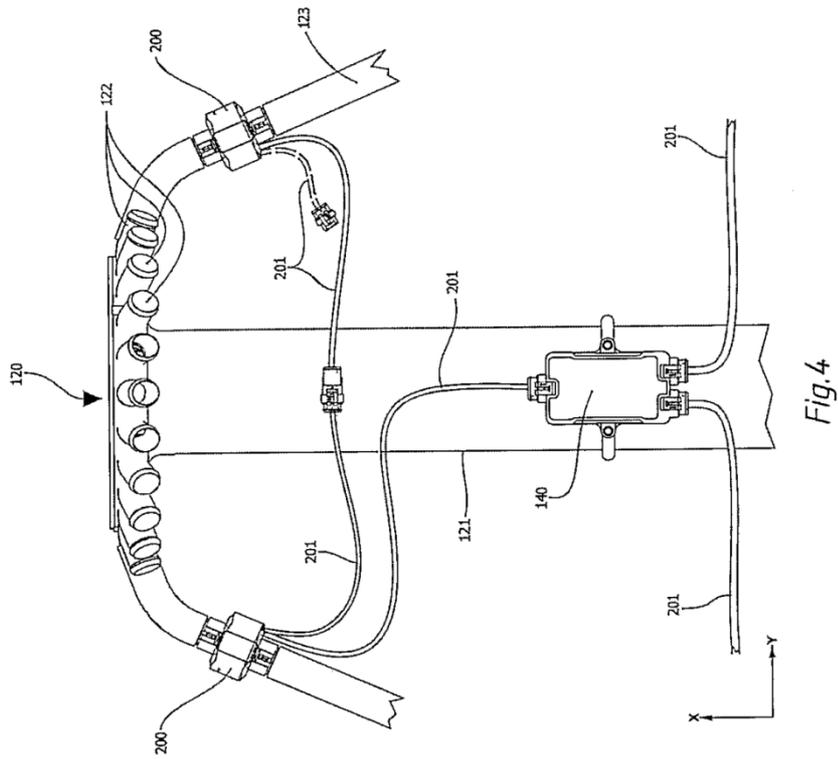
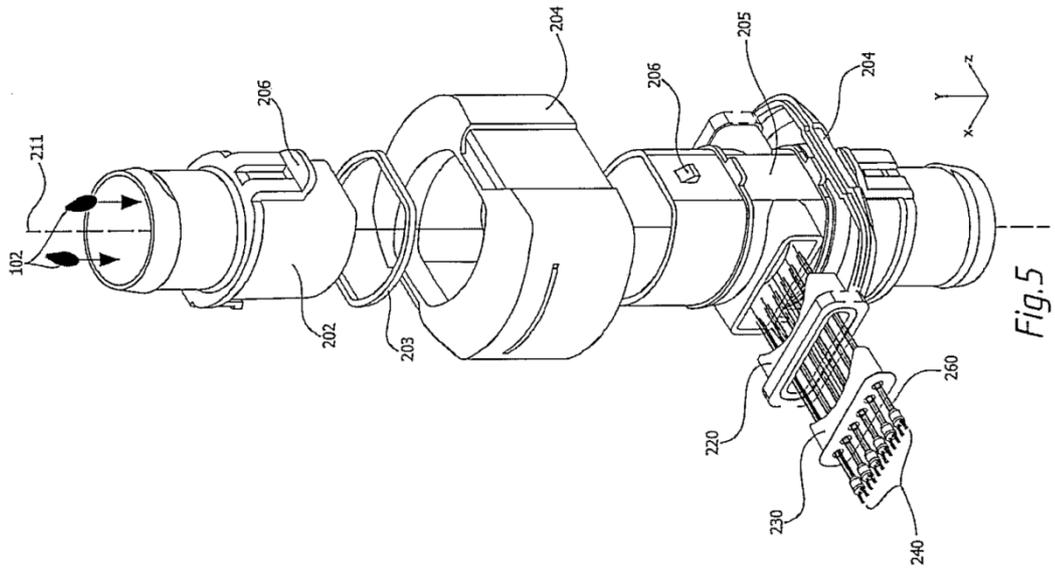


Fig.3



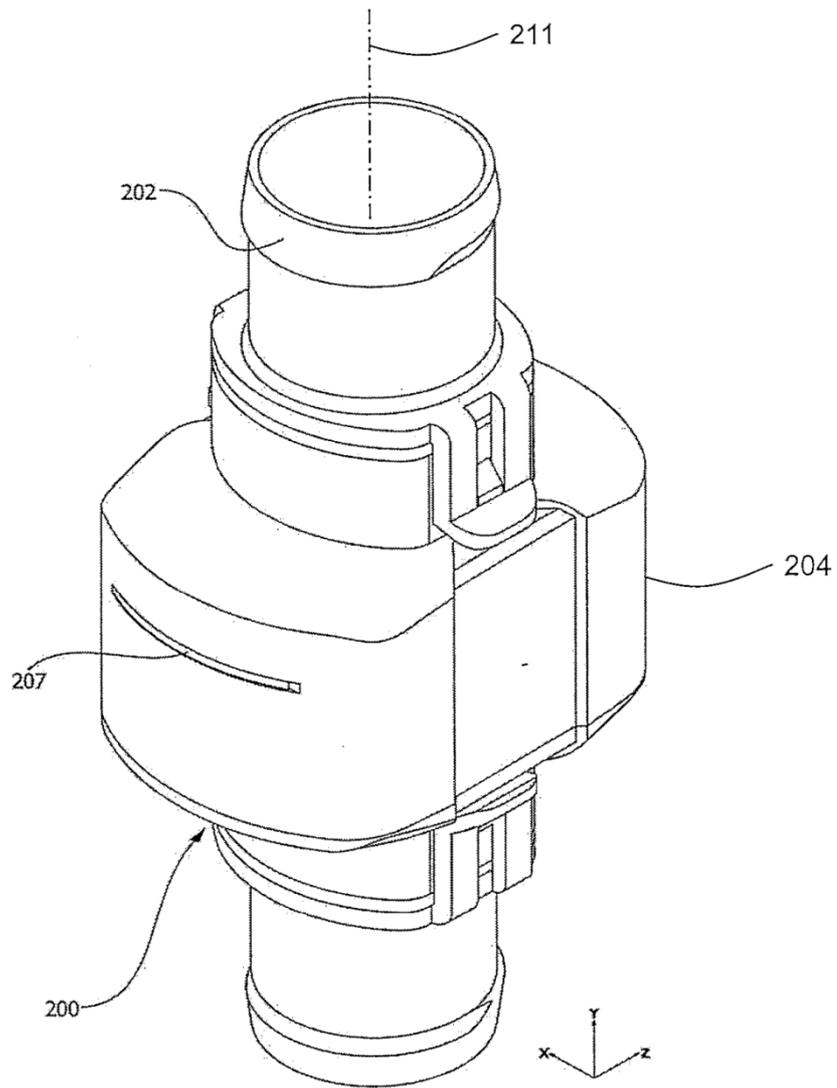
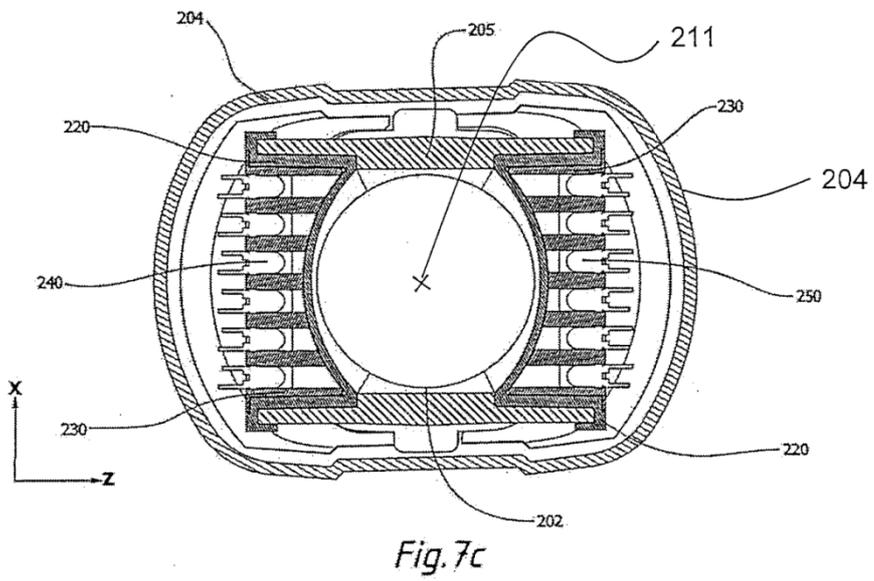
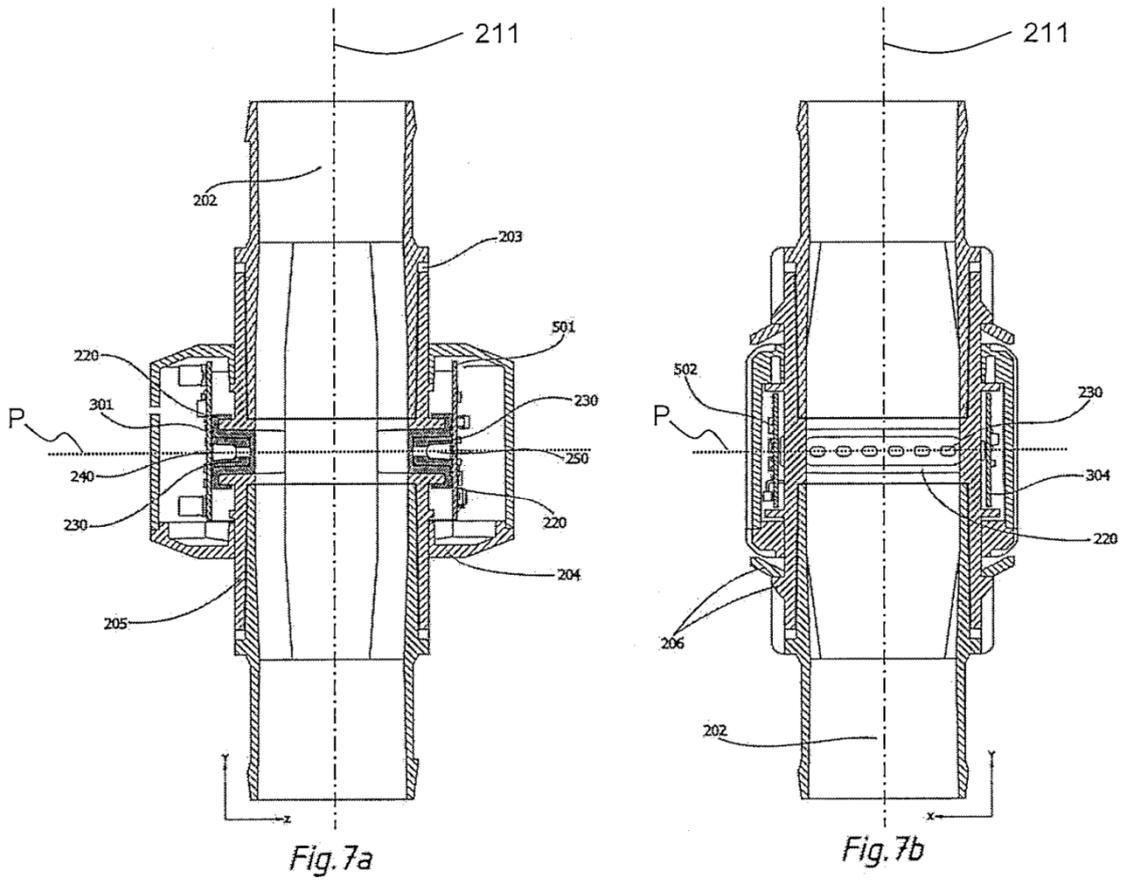


Fig.6



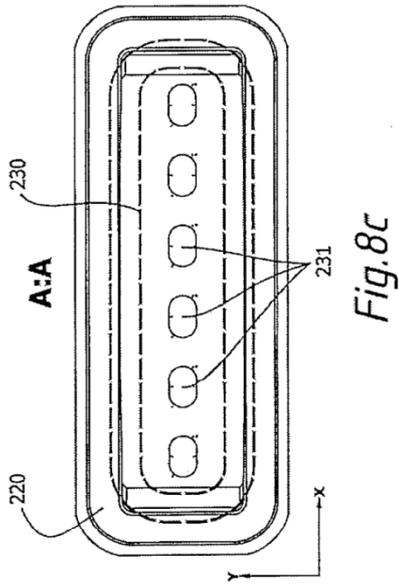


Fig. 8c

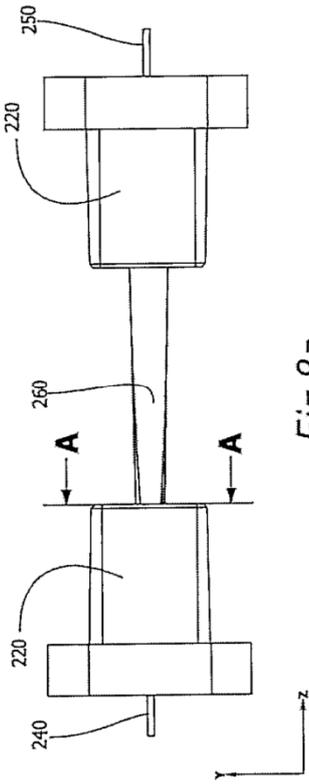


Fig. 8a

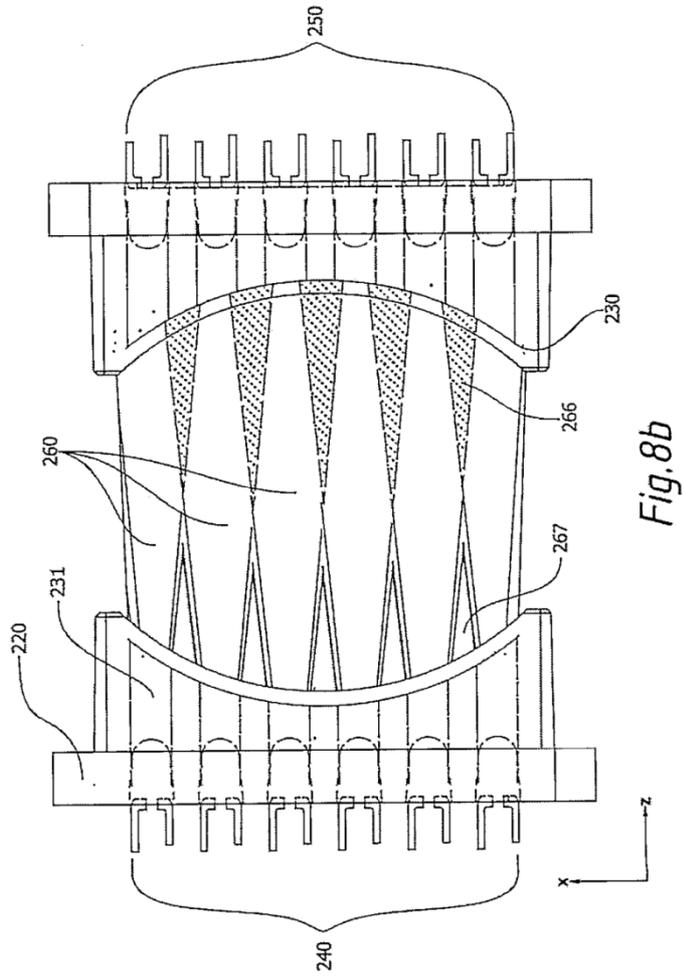


Fig. 8b

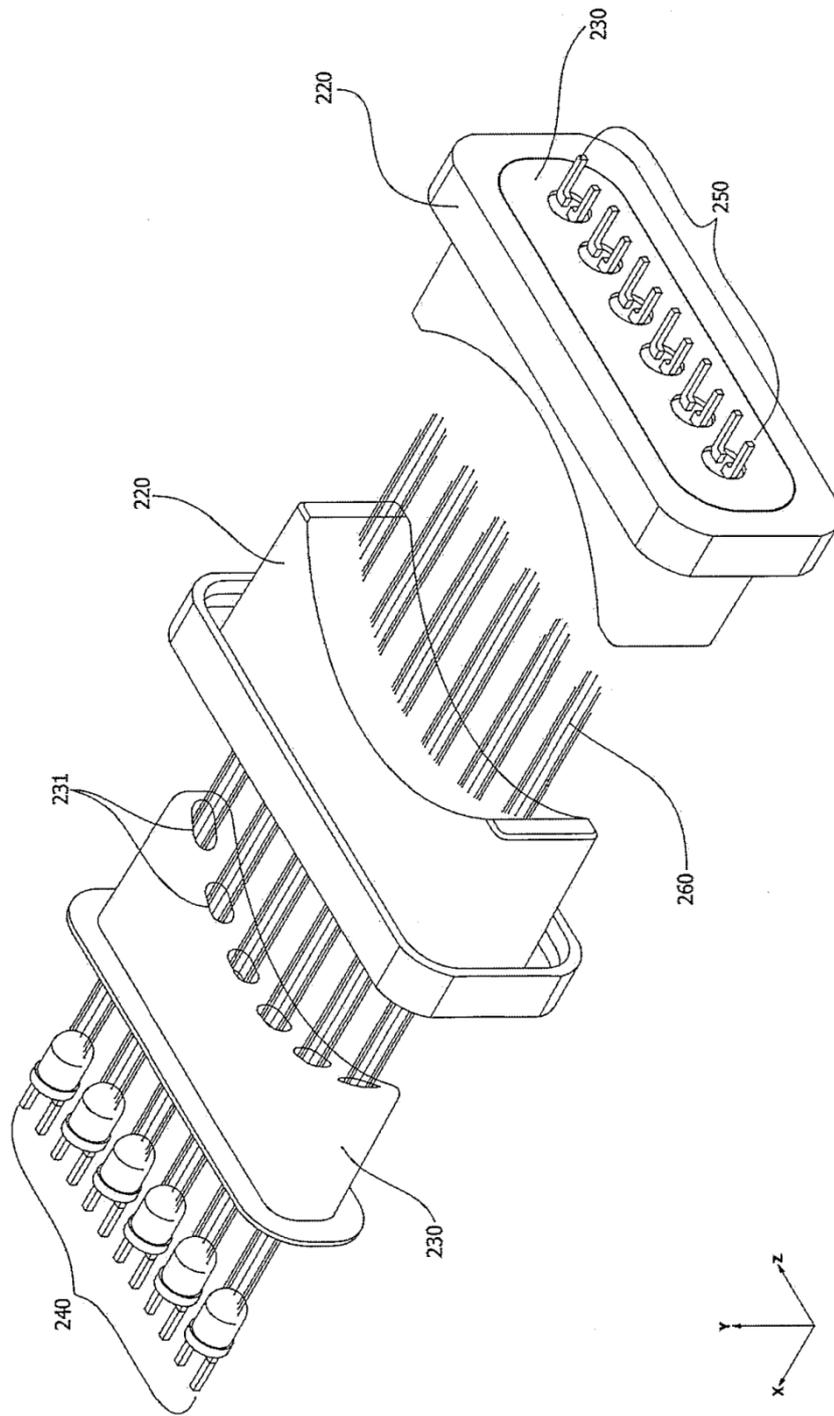


Fig. 8d

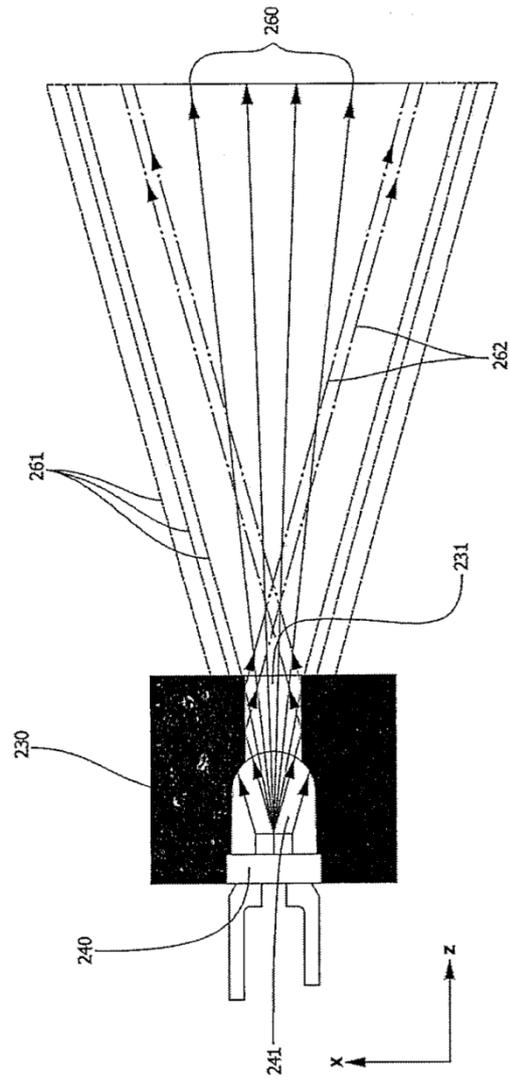


Fig. 9

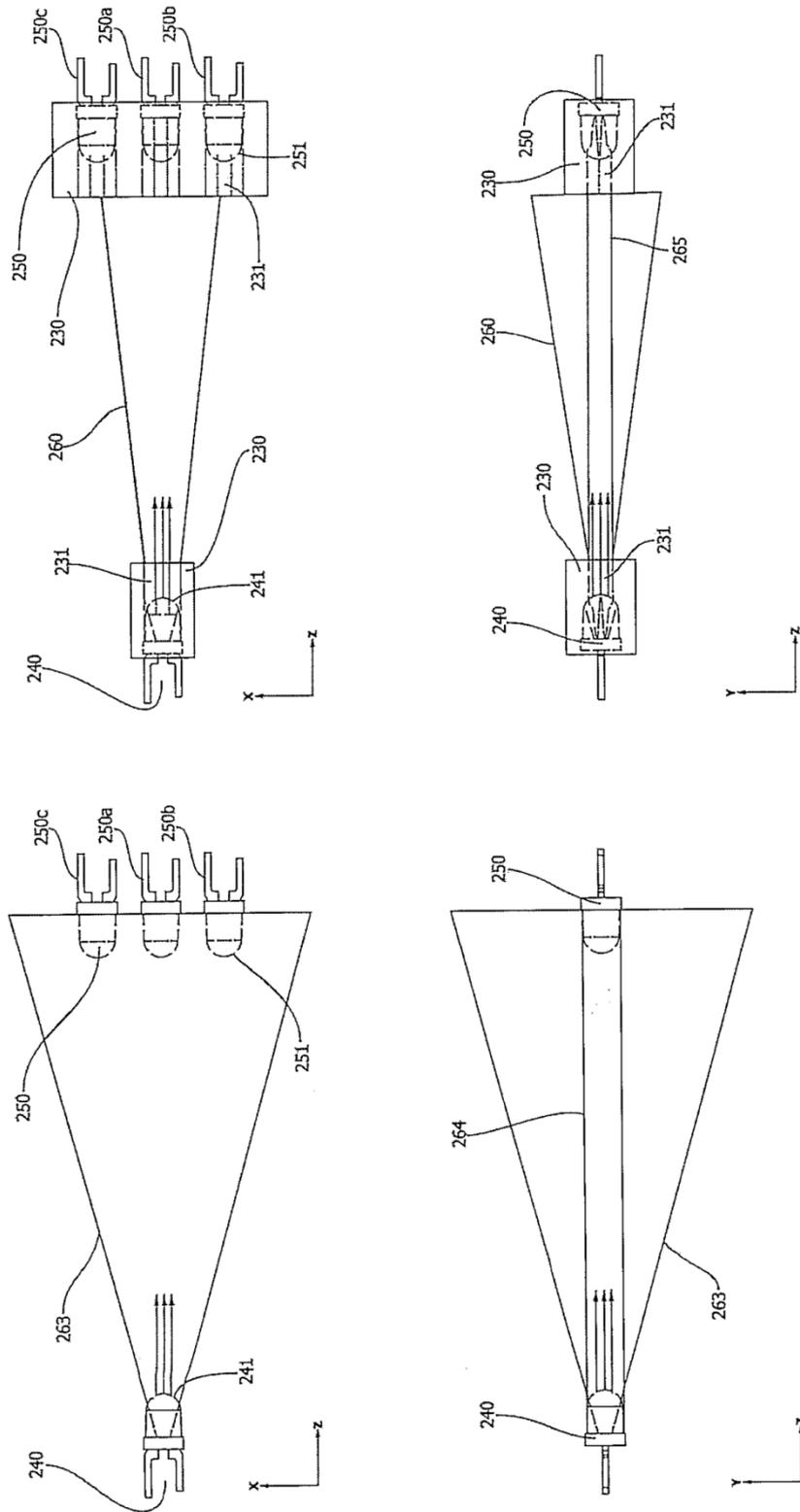


Fig.10

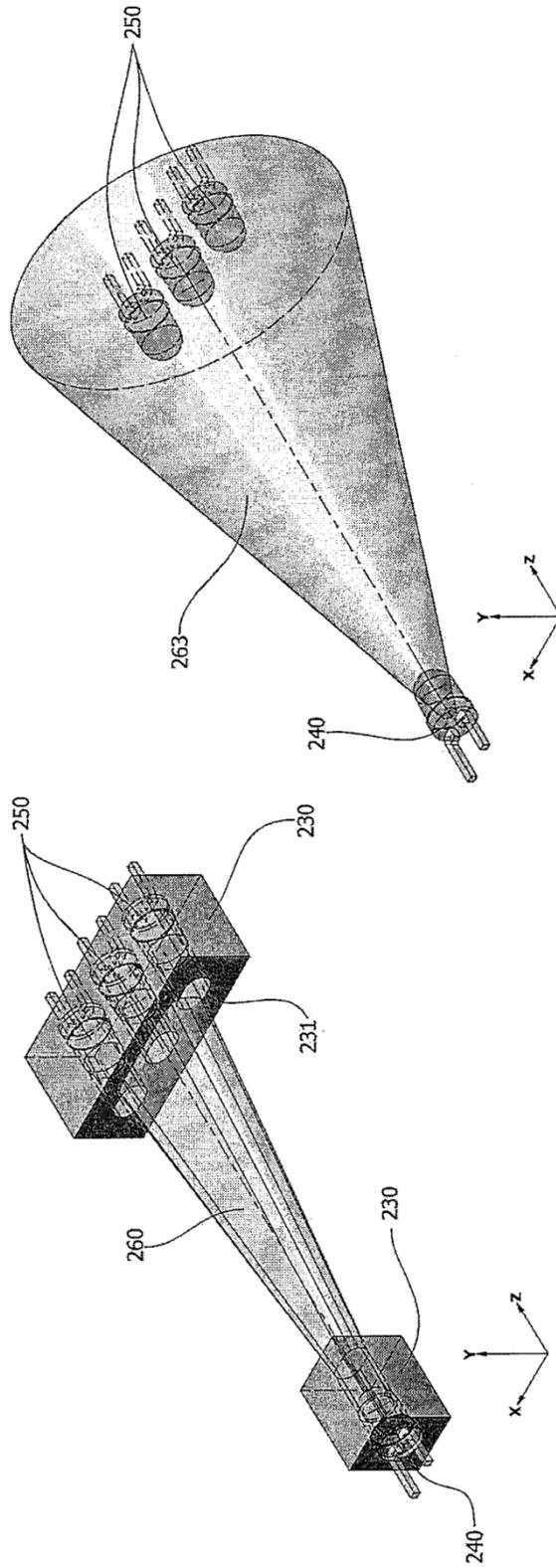


Fig.11

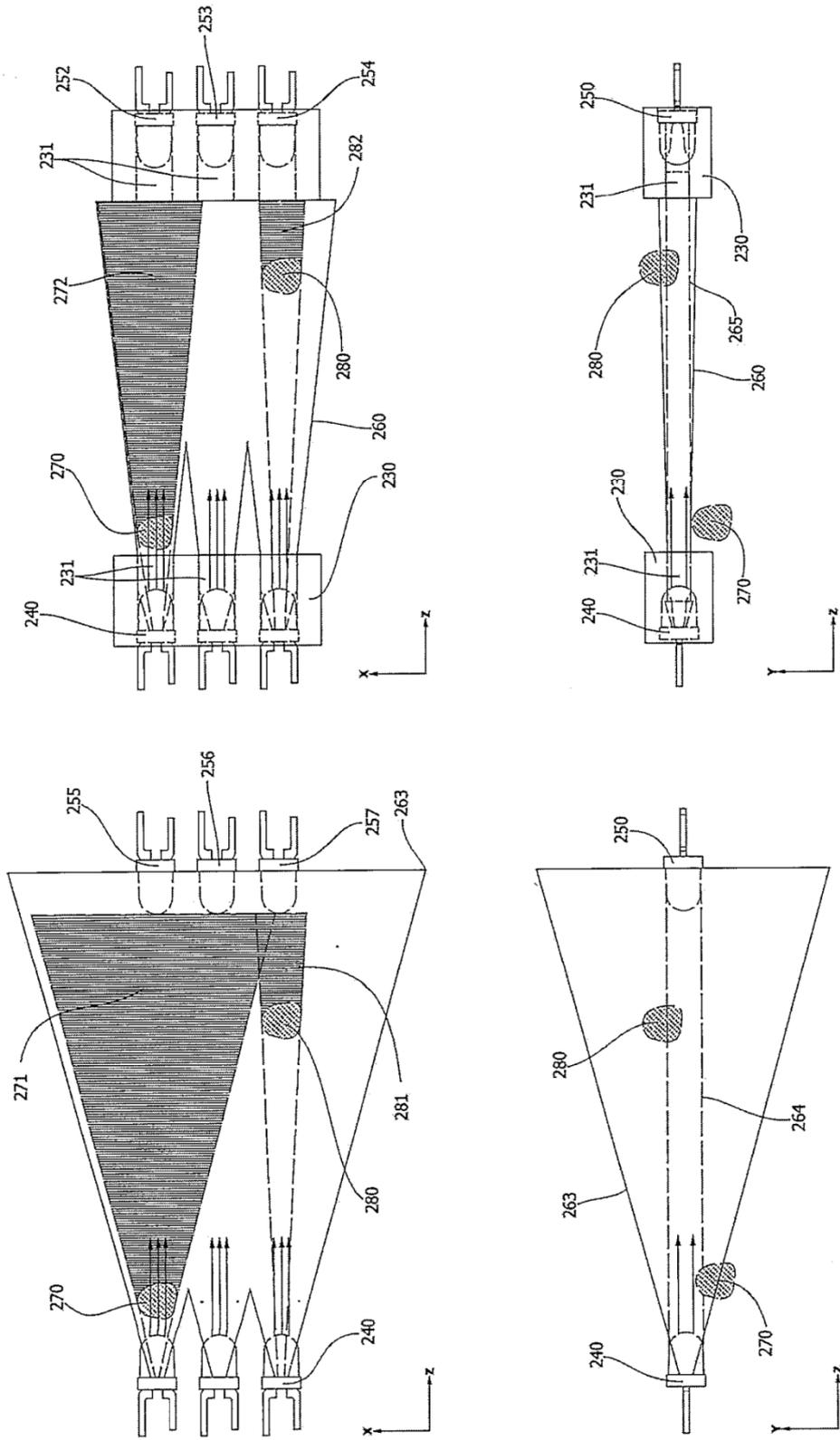


Fig.12

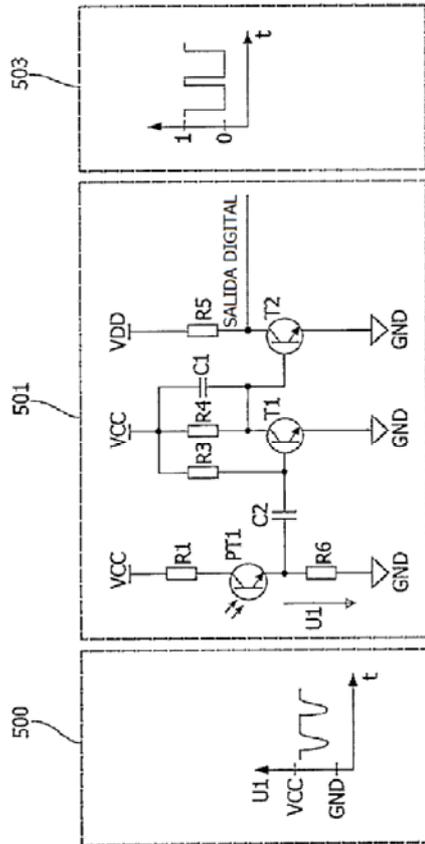


Fig. 13

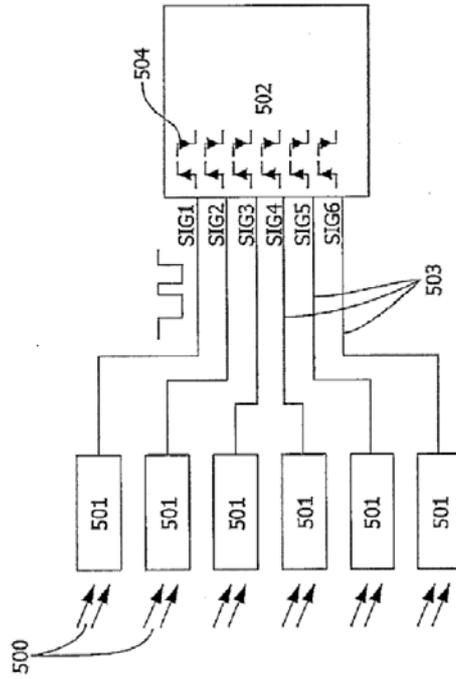


Fig. 14

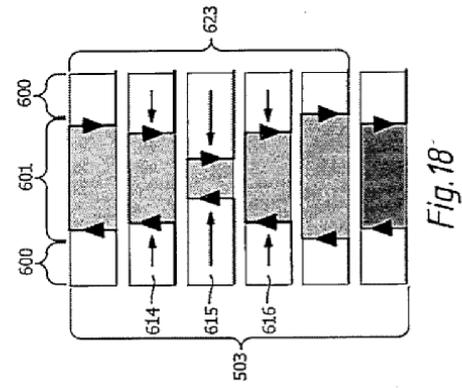


Fig. 18

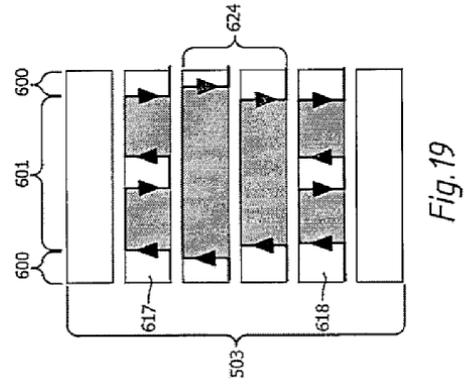


Fig. 19

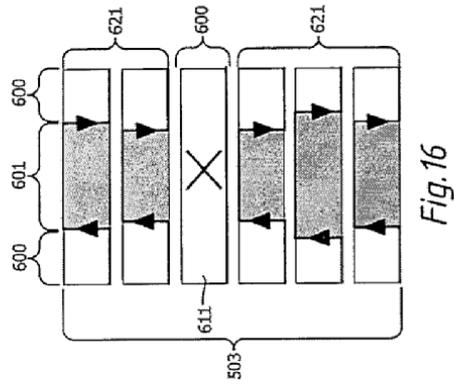


Fig. 16

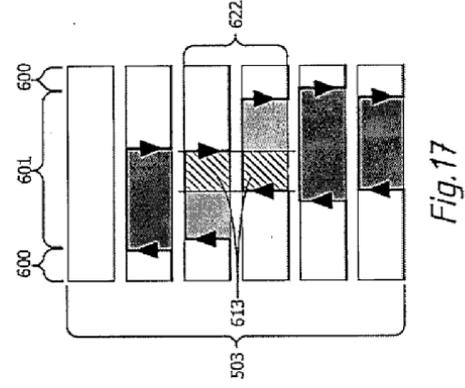


Fig. 17

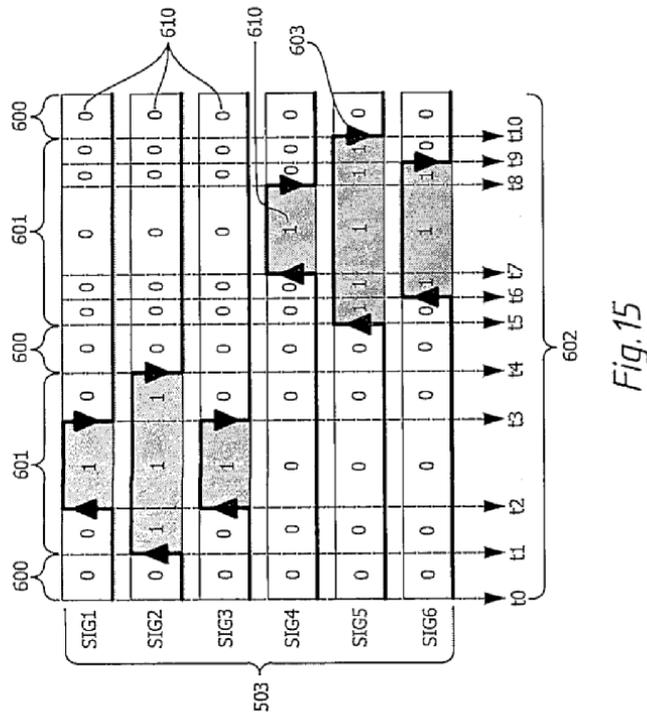
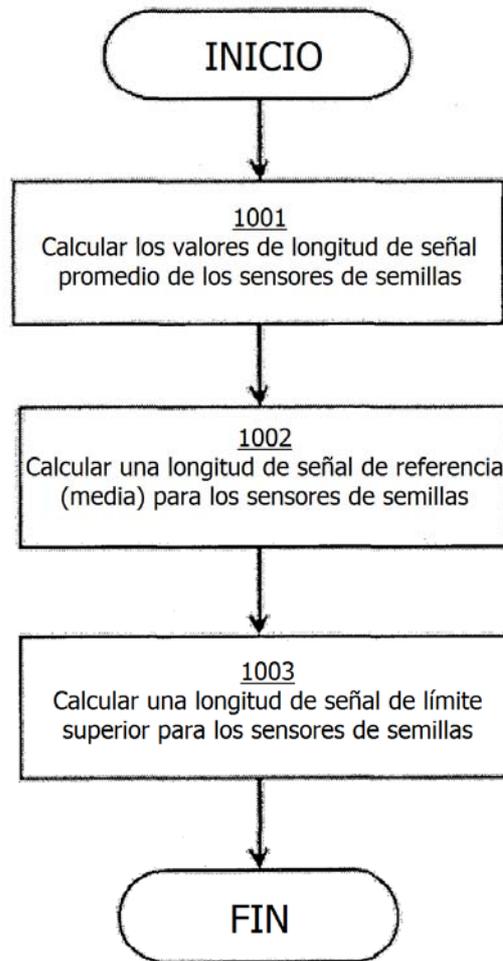


Fig. 15



*Fig.20*

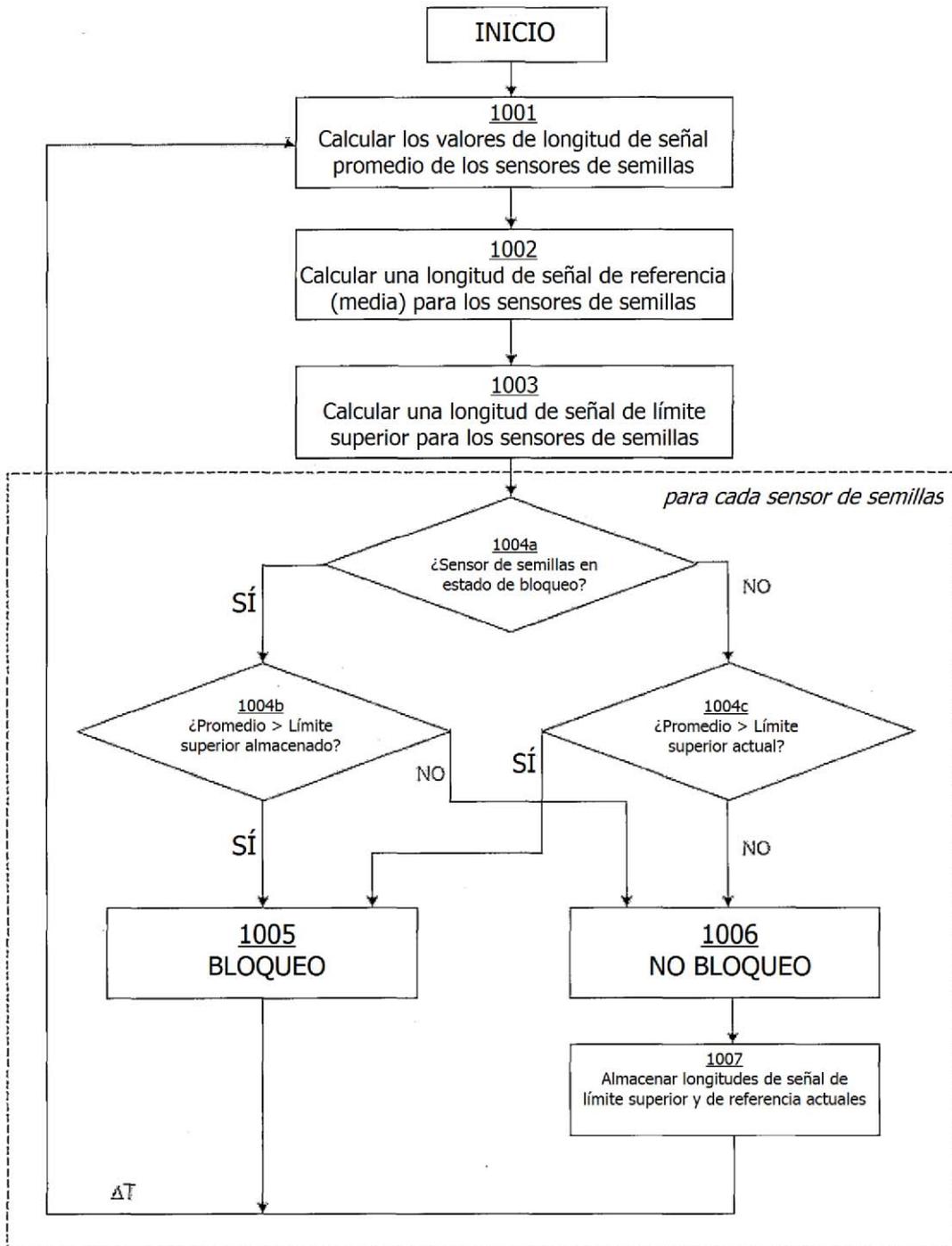


FIG. 21

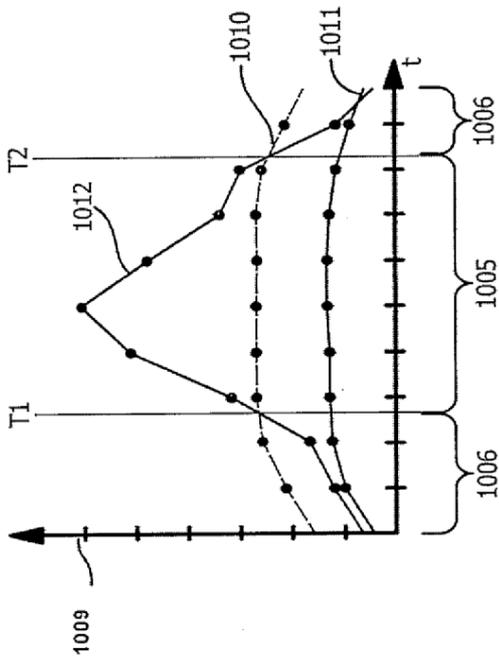


Fig. 22

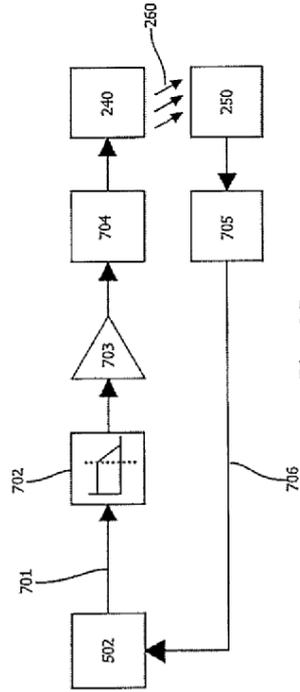


Fig. 23

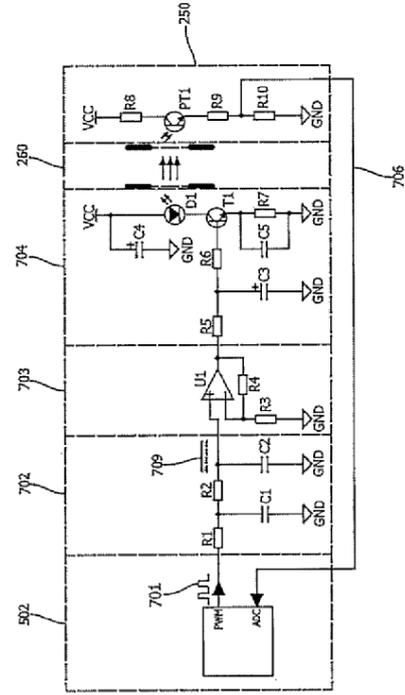


Fig. 24

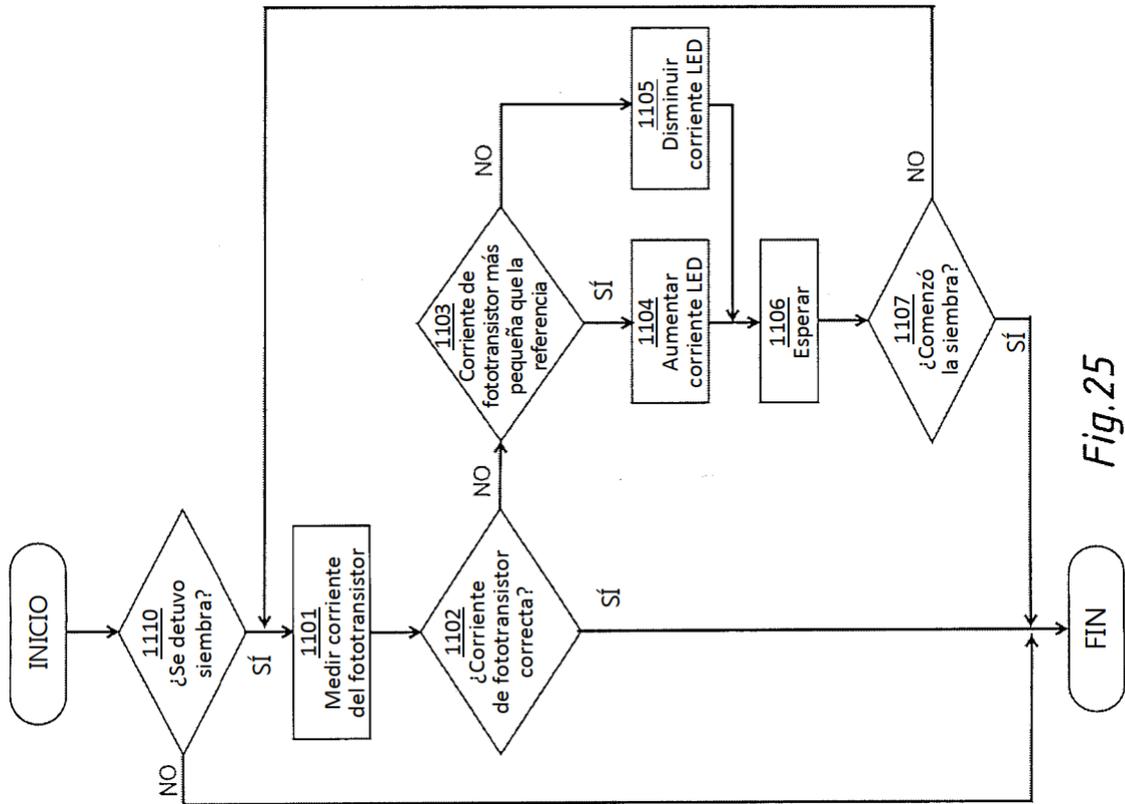


Fig. 25