

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 986**

21 Número de solicitud: 201990088

51 Int. Cl.:

**G01F 23/284** (2006.01)

**G01S 13/34** (2006.01)

**G01S 13/88** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

**24.05.2018**

30 Prioridad:

**24.05.2018 WO PCT/RU2018/050056**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**09.03.2020**

71 Solicitantes:

**JOINT STOCK COMPANY (100.0%)  
44-30 Puzakova str.  
300057 Tula RU**

72 Inventor/es:

**LIBERMAN, Aleksandr Vladimirovich;  
TARNOVSKII, Andrei Valerievich y  
LICHKOV, Gennadii Gennadievich**

74 Agente/Representante:

**FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás**

54 Título: **INDICADOR DE NIVEL POR RADAR PARA MEDIR EL VOLUMENDE PRODUCTOS A GRANEL EN TANQUES**

57 Resumen:

Indicador de nivel por radar para medir el volumen de productos a granel en tanques que comprende un sensor de nivel, una antena primaria, un módulo de microondas, un módulo de software, un convertidor de interfaz y una unidad de control, y que comprende además al menos dos antenas complementarias con módulos de microondas; dos conmutadores que están estructuralmente unidos con la antena primaria y el módulo de microondas para dar un módulo de transceptor de múltiples canales (TRM) que tiene una salida de señal conectada al sensor de nivel, y una salida de monitorización conectada a la entrada de la unidad de control, estando una entrada de control y una entrada de selección de número de canal del MRP de múltiples canales conectadas a salidas respectivas de la unidad de control.

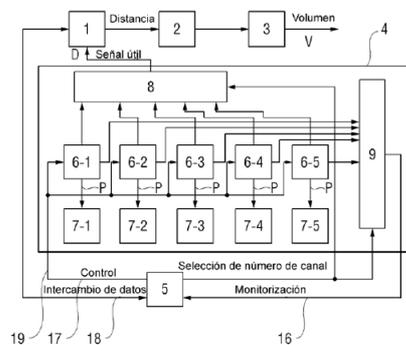


FIG. 1

**DESCRIPCIÓN**

**INDICADOR DE NIVEL POR RADAR PARA MEDIR EL VOLUMEN  
DE PRODUCTOS A GRANEL EN TANQUES**

**Campo técnico**

La presente invención se refiere a la monitorización y la medición del volumen de  
5 productos a granel en tanques y puede usarse en industrias química, minera, de construcción  
y en empresas en las que se usan tanques llenos con materiales a granel.

**Antecedentes de la invención**

La patente RU 2575185 C2 (publicada el 27 de enero de 2014) divulga un método  
para medir el nivel de materiales a granel en tanques y un indicador de nivel por radar para  
10 implementar el método. La antena del indicador de nivel por radar comprende una antena de  
microcinta impresa con exploración eléctrica del patrón de radiación en el interior del tanque.  
La antena está fijada en la posición requerida, con respecto a la cual se controla el patrón de  
radiación mediante direccionamiento de fase de la señal de sondeo excitada mediante  
diferentes conjuntos de elementos radiantes. La desventaja de este método de control del  
15 patrón de antena es que la ganancia de antena disminuye al aumentar el ángulo de  
desviación del patrón de radiación con respecto a la normal con respecto al plano en el que  
están dispuestos los elementos radiantes. Este fenómeno puede conducir a una completa  
pérdida de la señal reflejada cuando coinciden varios factores adversos, por ejemplo la  
necesidad de trabajar con un ángulo de desviación grande del patrón de radiación (tanques  
20 de gran diámetro y baja altura) y el uso de un producto de baja reflectividad tal como  
cemento o grano seco.

La técnica anterior más estrechamente relacionada con la invención es un indicador  
de nivel por radar sin contacto que comprende un sensor de nivel con una antena de  
transceptor independiente en combinación con su aparato de orientación basado en un  
25 accionamiento mecánico montado en una brida de conexión (véase, por ejemplo, el  
documento US 2013/0269414 A1, publicado el 17 de octubre de 2013).

Un sensor del indicador de nivel por radar junto con el aparato de orientación está

montado en el techo de tanque. El sensor se monta sujetando con pernos una brida del aparato de orientación sobre la brida coincidente de la tubería de tanque. Por tanto, la brida del aparato de orientación está conectada de manera rígida a la brida de tubería. Una antena de transceptor independiente del indicador de nivel por radar está albergada en el tanque interior y acoplada al sensor a través del aparato de orientación. El ángulo de la antena dentro del tanque se hace variar de manera remota usando un accionamiento mecánico del aparato de orientación. La necesidad de mediciones a diferentes ángulos de inclinación de la antena se debe a la forma específica de la superficie de masa a granel dentro del tanque. El nivel real del material a granel puede variar significativamente en diferentes puntos en la superficie, especialmente en los puntos de carga y descarga. Por tanto, para aumentar la precisión de mediciones del volumen de producto en el tanque, deben realizarse mediciones de nivel en diferentes puntos en la superficie.

El método mecánico de hacer variar el ángulo de inclinación de antena en el tanque interior presenta problemas significativos cuando se realizan mediciones en tanques con productos a granel. En las condiciones de alto contenido en polvo inherentes en los tanques con productos a granel, la presencia de un accionamiento mecánico reduce sustancialmente la fiabilidad del aparato de orientación y la precisión de ajuste de la antena a la posición requerida.

Las mediciones realizadas mediante el método de radar en la superficie de materiales a granel tienen sus propios detalles específicos en comparación con productos líquidos. Esto está asociado con el hecho de que la superficie de producto a granel no es uniforme y en algunos casos puede tener una estructura irregular, por tanto, no hay ninguna reflexión a modo de espejo de la señal emitida por la antena, y algunas veces la señal puede perderse parcial o completamente. En este caso, una variación en la posición de antena puede contribuir a la aparición de una señal útil. También debe observarse que unidades de accionamiento mecánico que funcionan en entorno con polvo requieren mantenimiento regular, aumentando así los gastos de funcionamiento del indicador de nivel

por radar en su conjunto.

### **SUMARIO DE LA INVENCION**

El objetivo de la presente invención es proporcionar un indicador de nivel por radar para medir el volumen de productos a granel en tanques, lo cual garantizará una fiabilidad y precisión superiores de mediciones del volumen de un producto en el tanque sin requerir que el personal operativo realice mantenimiento durante el funcionamiento.

El objetivo se logra mediante un indicador de nivel por radar que comprende un sensor de nivel, una antena primaria, un módulo de microondas, un módulo de software, un convertidor de interfaz y una unidad de control, y que comprende además al menos dos antenas complementarias con módulos de microondas; dos conmutadores que están estructuralmente unidos con la antena primaria y el módulo de microondas para dar un módulo de transceptor de múltiples canales (TRM) que tiene una salida de señal conectada al sensor de nivel, y una salida de monitorización conectada a la entrada de la unidad de control, estando una entrada de control y una entrada de selección de número de canal del MRP de múltiples canales conectadas a salidas respectivas de la unidad de control.

Preferiblemente, el módulo de transceptor de múltiples canales (TRM) comprende cinco antenas, cinco módulos de microondas y dos conmutadores.

Preferiblemente, todas las antenas están encerradas en el alojamiento TRM de múltiples canales, y el lado de radiación de las antenas está orientado hacia la superficie que está estudiándose.

Preferiblemente, las antenas complementarias están equidistantes desde el centro del TRM y separadas la misma distancia a lo largo de la circunferencia.

Preferiblemente, todas las antenas forman un conjunto de radiadores de microcinta y una lente de enfoque está montada debajo de cada uno de los radiadores de microcinta.

Preferiblemente, las antenas complementarias están montadas a un determinado ángulo fijo con respecto a las paredes de tanque, y la posición del patrón de radiación de la antena primaria dispuesta en el centro se dirige en paralelo a las paredes de tanque.

Preferiblemente, los módulos de microondas están dispuestos por encima de las lentes de enfoque a una distancia fija desde las mismas.

Preferiblemente, el módulo de microondas y la lente de enfoque forman una estructura solidaria.

5 Preferiblemente, el módulo de microondas se fabrica en forma de una placa de circuito impreso que implementa un conjunto de circuitos del módulo y el conjunto de radiadores de microcinta, que forman, junto con la lente de enfoque, una antena.

Preferiblemente, los conmutadores están albergados en el alojamiento del TRM de cinco canales y montados en una placa de circuito impreso independiente.

10 El TRM de múltiples canales permite una variación rápida, sin medios mecánicos, de la posición de patrón de radiación del indicador de nivel por radar dentro del volumen que está estudiándose según un algoritmo especificado, proporcionando así las ventajas tales como rendimiento mejorado del instrumento debido a una fiabilidad y precisión aumentadas de mediciones del volumen de materiales a granel en tanques, sin requerir mantenimiento  
15 por parte del personal operativo durante el funcionamiento.

### **Breve descripción de los dibujos**

La invención se explica adicionalmente en la descripción de la realización preferida con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

20 la figura 1 es un diagrama estructural de un indicador de nivel por radar con un TRM de múltiples canales que tiene cinco canales en la realización representada;

la figura 2 es una vista lateral externa de un TRM de múltiples canales que tiene cinco canales;

la figura 3 es una vista desde abajo externa de un TRM de múltiples canales que tiene cinco canales;

25 la figura 4 es una vista externa de un tanque con un sensor de nivel montado en el mismo.

### Descripción de la realización preferida

Un indicador de nivel por radar para medir el volumen de productos a granel en tanques comprende un sensor 1 de nivel (figura 1), un módulo 2 de software acoplado al sensor 1, un convertidor 3 de interfaz conectado a la salida del módulo 2 de software. Un módulo 4 de transceptor de múltiples canales (TRM) y una unidad 5 de control están conectados al sensor 1 de nivel.

El TRM 4 de múltiples canales comprende cinco módulos 6-1, 6-2, 6-3, 6-4, 6-5 de microondas, cinco antenas 7-1, 7-2, 7-3, 7-4, 7-5 conectadas a los módulos 6 de microondas respectivos, y dos conmutadores 8 y 9. Cada módulo 6 de microondas comprende una placa de circuito impreso compuesta por un material de microondas dispuesto en capas. Un conjunto de radiadores de microcinta está dispuesto sobre el lado externo de la placa de circuito impreso orientado hacia una lente 10 de enfoque (figura 2) y forma, junto con la lente 10 de enfoque, una antena 7. Dos conmutadores 8 y 9 están dispuestos sobre una placa 11 de circuito impreso albergada en el TRM 4 de múltiples canales.

El TRM 4 de múltiples canales está encerrado en un alojamiento de metal en forma de un cilindro 12 de lado abierto que tiene una pantalla 13 protectora en forma de una placa redonda fabricada de material radiotransparente. Antenas complementarias están dispuestas a una distancia  $R$  (figura 3) desde el centro del TRM 4 y separadas la misma distancia a lo largo de la circunferencia a un ángulo de  $90^\circ$  y adicionalmente a un ángulo  $\alpha$  (figura 4) con respecto a una pared 14 de tanque.

El ángulo  $\alpha$  determina la posición del patrón de radiación de cuatro antenas 7-2, 7-3, 7-4, 7-5 complementarias con respecto a la pared del tanque 14 y se calcula basándose en los datos geométricos del tanque particular.

El indicador de nivel por radar funciona de la siguiente manera.

El sensor 1 de nivel montado en el techo del tanque 14 genera, en colaboración con la unidad 5 de control y el TRM 4 de múltiples canales, una señal de sondeo que se emite alternativamente por una de las cinco antenas 7-1, 7-2, 7-3, 7-4, 7-5 en la dirección a la

superficie del material 15 a granel. La señal reflejada desde la superficie del material 15 a granel vuelve al sensor 1 de nivel. Se hace variar la frecuencia de la señal de sondeo de una manera lineal a lo largo de un periodo de tiempo especificado. La señal de sondeo es una señal de modulación de frecuencia de onda continua (FMCW). La interacción de la señal de sondeo y la reflejada en uno de los mezcladores de los módulos 6-1, 6-2, 6-3, 6-4, 6-5 de microondas produce una señal de distancia D cuya frecuencia porta información sobre la distancia hasta la superficie del material 15 a granel y depende de la desviación de frecuencia y la duración y velocidad de propagación de la señal de sondeo. El mezclador es una unidad convencional del módulo de microondas.

10 El método para determinar la distancia con la señal de FMCW (modulación de frecuencia de onda continua) no es el objeto de la invención, se describe en detalle en numerosas fuentes, por ejemplo, en la edición electrónica de Radar Technology Encyclopedia de D.K. Barton y S.A. Leonov, Artech House (ISBN 0-89006-893-3), págs. 11, 332, y en el sitio web del solicitante [www.limaco.ru](http://www.limaco.ru).

15 Tras un procesamiento apropiado de la señal de distancia D en el sensor 1 de nivel, se envía el valor de distancia calculado al módulo 2 de software, en el que el volumen del material 15 a granel se determina basándose en los parámetros físicos introducidos del depósito 14. El volumen calculado V del material 15 a granel se transmite a través del convertidor 3 de interfaz a un ordenador, controlador, etc., para su procesamiento y presentación adicionales. El convertidor 3 de interfaz está diseñado para acoplarse a un puerto convencional, por ejemplo USB, RS-232, de un dispositivo que recibe datos a partir del indicador de nivel por radar con interfaz RS-485 del sensor 1 de nivel. Por ejemplo, el convertidor 3 de interfaz puede ser un convertidor UPort 1150I fabricado por Moxa ([www.moxa.com](http://www.moxa.com)).

25 La posición del patrón de radiación del TRM 4 de múltiples canales se hace variar activando alternativamente uno de los cinco canales: módulo 6-1, 6-2, 6-3, 6-4, 6-5 de microondas - antena 7-1, 7-2, 7-3, 7-4, 7-5. El número de canal se selecciona mediante una

orden apropiada enviada a los conmutadores 8 y 9 desde la unidad 5 de control. El conmutador 8 se usa para seleccionar la señal de distancia D del canal deseado, y el conmutador 9 se usa para seleccionar el canal de monitorización respectivo para suministrar a la unidad 5 de control una señal cuya frecuencia está proporcionalmente relacionada con la frecuencia actual de la señal de sondeo P del módulo 6 de microondas particular. El circuito 16 de monitorización, el circuito 17 de control y el bus 18 de intercambio de datos están diseñados para generar la señal de sondeo P con frecuencia que se hace variar de manera lineal. La frecuencia de la señal de sondeo P generada en cada canal se controla a través de un circuito 19 de control que conecta la unidad 5 de control a todos los módulos 6-1, 6-2, 6-3, 6-4, 6-5 de microondas al mismo tiempo.

La estructura anterior del TRM 4 de múltiples canales determina el número fijo, igual a cinco, de posiciones angulares de patrones de radiación de las antenas 7-2, 7-3, 7-4, 7-5 en el interior del tanque 14. El patrón de radiación de la antena 7-1 primaria (central) es paralelo a las paredes del tanque 14. Los patrones de radiación de las otras cuatro antenas 7-2, 7-3, 7-4, 7-5 complementarias se dirigen a un ángulo fijo  $\alpha$ , cuyo valor está determinado por las dimensiones geométricas y la forma del tanque 14, por ejemplo el diámetro, las coordenadas de la línea de transición de la parte cilíndrica del tanque a una cónica (figura 4).

El algoritmo para determinar el volumen de materiales a granel basándose en mediciones de nivel en cinco puntos diferentes garantiza datos más fiables en comparación con el método convencional de un único canal. El uso de una frecuencia de funcionamiento de aproximadamente 130 GHz permite diseñar un módulo 4 de transceptor de pequeño tamaño con un patrón de radiación estrecho de las antenas 7. A la luz de esto y también debido a la ausencia de cualquier parte mecánicamente móvil, puede medirse el volumen de productos a granel en tanques de manera precisa y fiable incluso en condiciones con polvo.

Cálculos y experimentos condujeron a la conclusión de que aumentar el número de antenas complementarias por encima de cuatro complicaría el hardware del indicador de

nivel, aumentaría su tamaño y coste, pero sin ningún efecto significativo sobre sus características técnicas, es decir, sin potenciar el efecto técnico logrado. Por otro lado, reducir el número de antenas complementarias altera significativamente la fiabilidad de las mediciones del volumen de productos a granel en tanques, es decir la realización con cuatro antenas complementarias a una única antena primaria es óptima en cuanto a la razón de efecto técnico logrado/coste de indicador de nivel por radar.

### **Aplicabilidad industrial**

El presente indicador de nivel por radar para medir el volumen de productos a granel en tanques puede usarse en industrias química, minera, de construcción y en las empresas que funcionan con tanques que se llenan con materiales a granel. Pruebas del indicador de nivel han confirmado su eficacia y ventajas con respecto a los indicadores de nivel existentes.

## REIVINDICACIONES

1. Indicador de nivel por radar para medir el volumen de productos a granel en tanques, que comprende un sensor de nivel, una antena primaria, un módulo de microondas, un módulo de software, un convertidor de interfaz y una unidad de control, caracterizado porque el indicador de nivel por radar comprende al menos dos antenas complementarias con módulos de microondas; dos conmutadores que están estructuralmente unidos con la antena primaria y el módulo de microondas para dar un módulo de transceptor de múltiples canales (TRM) que tiene una salida de señal conectada al sensor de nivel, y una salida de monitorización conectada a la entrada de la unidad de control, estando una entrada de control y una entrada de selección de número de canal del MRP de múltiples canales conectadas a salidas respectivas de la unidad de control.

2. Indicador de nivel por radar según la reivindicación 1, caracterizado porque el TRM de múltiples canales comprende cinco antenas, cinco módulos de microondas y dos conmutadores.

3. Indicador de nivel por radar según la reivindicación 2, caracterizado porque todas las antenas están encerradas en el alojamiento de TRM de múltiples canales y el lado de radiación de las antenas está orientado hacia la superficie que está estudiándose.

4. Indicador de nivel por radar según la reivindicación 3, caracterizado porque las antenas complementarias están equidistantes desde el centro del TRM y separadas la misma distancia a lo largo de la circunferencia.

5. Indicador de nivel por radar según la reivindicación 3, caracterizado porque todas las antenas están formadas como un conjunto de radiadores de microcinta y una lente de enfoque está montada debajo de cada uno de los radiadores de microcinta.

6. Indicador de nivel por radar según la reivindicación 3, caracterizado porque las antenas complementarias están montadas a un determinado ángulo fijo con respecto a paredes del tanque, y radiación de la antena primaria dispuesta en el centro se dirige en paralelo a las paredes de tanque.

5

7. Indicador de nivel por radar según la reivindicación 5, caracterizado porque los módulos de microondas están dispuestos por encima de las lentes de enfoque a una distancia fija desde las mismas.

10

8. Indicador de nivel por radar según la reivindicación 7, caracterizado porque el módulo de microondas y la lente de enfoque forman una estructura solidaria.

15

9. Indicador de nivel por radar según la reivindicación 7, caracterizado porque el módulo de microondas se fabrica en forma de una placa de circuito impreso que implementa un conjunto de circuitos del módulo y el conjunto de radiadores de microcinta, que forman, junto con la lente de enfoque, una antena.

20

10. Indicador de nivel por radar según la reivindicación 2, caracterizado porque los conmutadores están albergados en el alojamiento del TRM de cinco canales y montados en una placa de circuito impreso independiente.

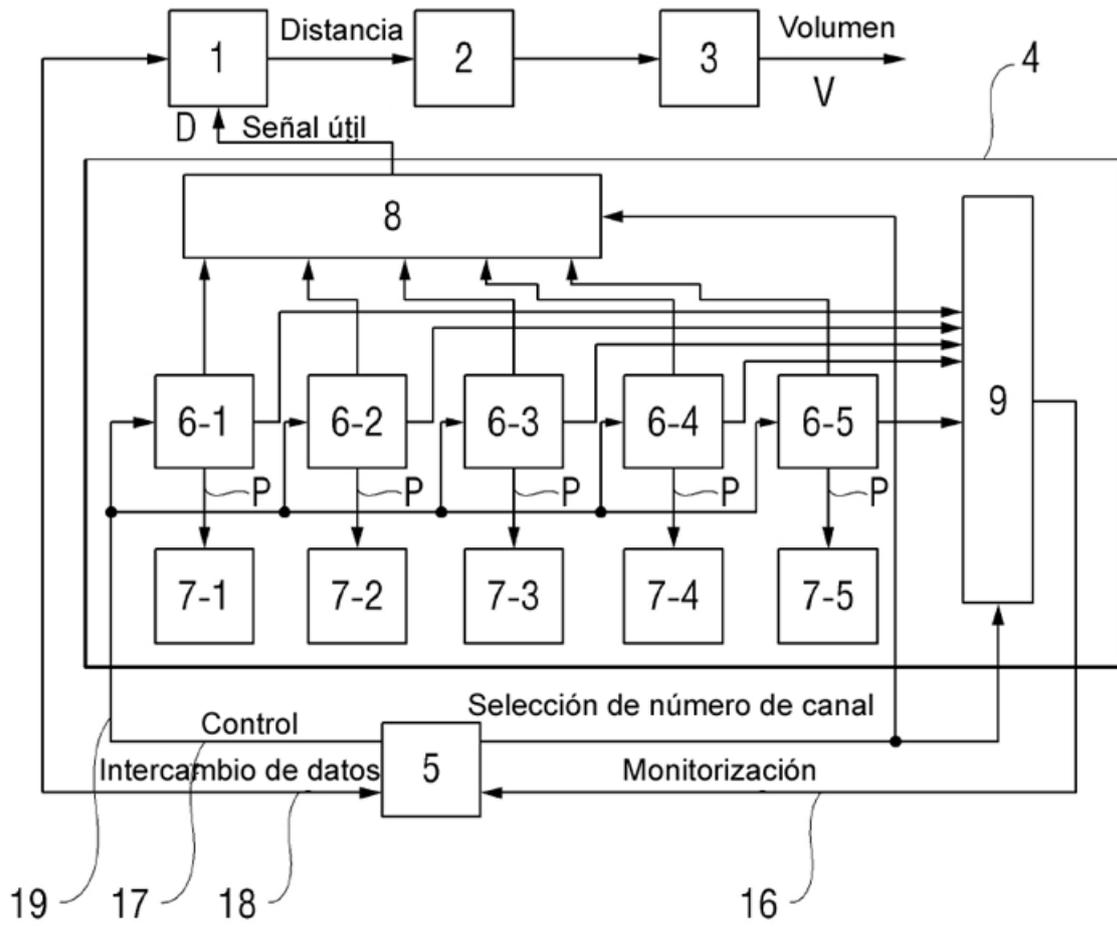


FIG. 1

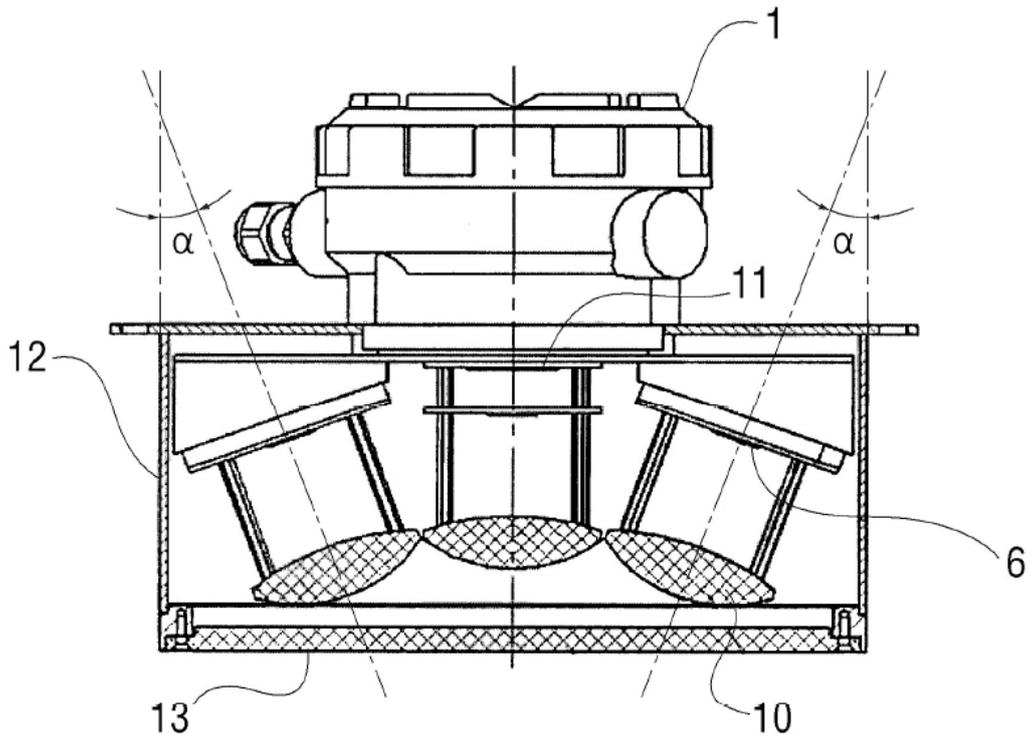


FIG. 2

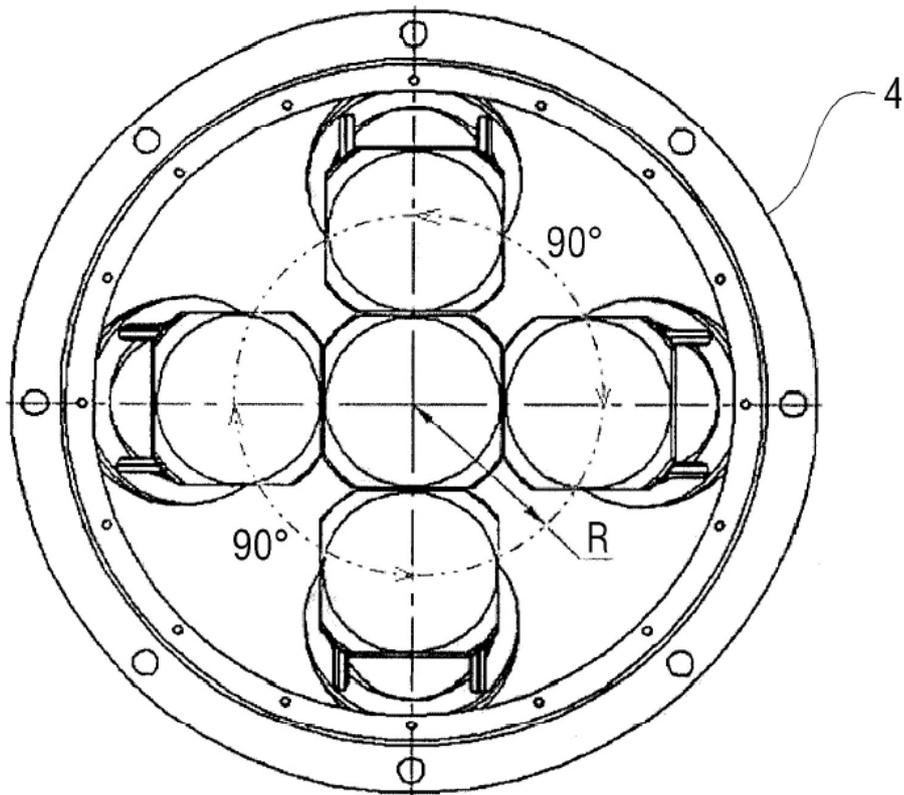


FIG. 3

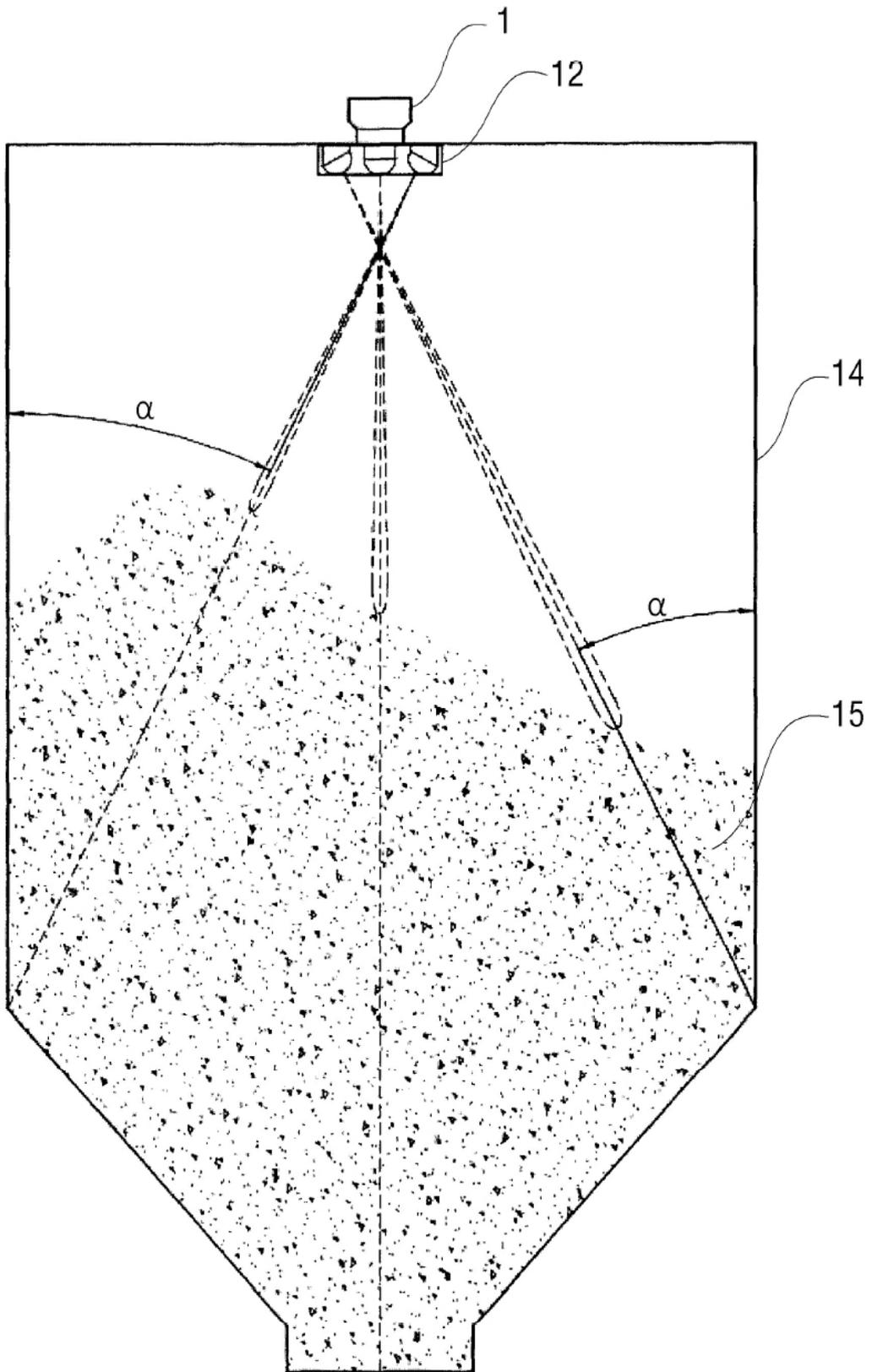


FIG. 4