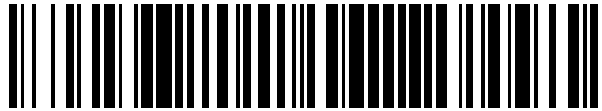


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 529 437**

51 Int. Cl.:

**B07C 5/02** (2006.01)

**B07C 5/36** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.02.2012 E 12703426 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.11.2014 EP 2598257**

54 Título: **Aparato y método de clasificación**

30 Prioridad:

**28.04.2011 CH 723112011**

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

**20.02.2015**

73 Titular/es:

**QUALYSENSE AG (100.0%)  
Überlandstrasse 129  
8600 Dübendorf, CH**

72 Inventor/es:

**DELL'ENDICE, FRANCESCO y  
D'ALCINI, PAOLO**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 529 437 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Aparato y método de clasificación.

## 5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención es un aparato y un método en tiempo real, no invasivo y no destructivo de análisis y clasificación de partículas con propiedades analíticas diferentes, tales como semillas, granos, pepitas, alubias, píldoras, partículas de plástico, partículas minerales o muchos otros materiales granulares en dos o más categorías de calidad. Una categoría de calidad incluye partículas con propiedades analíticas similares, que pueden ser propiedades físicas, propiedades químicas, propiedades bioquímicas o el grado de contaminación con agentes contaminantes o con agentes infecciosos. Las partículas pueden ser de origen natural, como en el caso de las semillas, granos o pepitas, o de cualquier otro origen.

## 15 ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

En el Estado de la técnica anterior se han sugerido muchos sistemas para clasificar el material granular de acuerdo con criterios diversos como pueden ser el tamaño, la forma, el color, la presencia o ausencia de determinados materiales o las propiedades orgánicas, como el grado de humedad, la densidad o el contenido proteico. A tal efecto, el sistema transporta las partículas a lo largo de un dispositivo de medición que toma imágenes de las partículas y/o mide las propiedades espectrales de las partículas en las regiones de rayos infrarrojos, luz visible o luz UV del espectro electromagnético.

Se han sugerido diversas formas de transportar las partículas por el dispositivo de medición. En especial se han sugerido una serie de disposiciones en donde las partículas descienden por una canaleta inclinada o son transportadas con una cinta transportadora hasta el área de medición, que las partículas atraviesan en caída libre. Las partículas se clasifican desviando las partículas seleccionadas hacia un contenedor independiente por medio de una corriente de aire disparada desde una boquilla de aire comprimido. Los ejemplos incluyen las patentes US 6,078,018, US 6,013,887 y US 4,699,273. Cada uno de estos documentos presenta un aparato acorde al definido en el preámbulo de la reivindicación 1 y un método acorde al definido en el preámbulo de la reivindicación 14. En estas disposiciones, el proceso de tratamiento de las partículas durante la clasificación no está controlado y por tanto, es difícil sincronizar correctamente el paso de medición y el paso de clasificación, lo cual podría provocar que la corriente de aire no acertara a desviar las partículas que deberían desviarse o que desviara las partículas erróneas. Otra de las desventajas de estos sistemas es que la orientación y la trayectoria exacta de las partículas durante el paso de medición son indeterminadas. Es más, estos sistemas son muy poco flexibles con respecto a las condiciones de medición. Solo a modo de ejemplo: una vez se ha escogido un sistema determinado, el mismo fijará la velocidad a la que las partículas pasan por el área de medición y por tanto el tiempo de integración máximo del detector. Esto no ayuda si hay que cambiar la propiedad analítica que debe determinarse, ya que si las propiedades analíticas son distintas, puede que también se necesiten tiempos de integración del detector distintos. Otra desventaja es que estos sistemas normalmente clasifican las partículas en dos categorías de calidad, y las modificaciones para clasificar en más de dos clases de calidad son difíciles de implementar o incluso imposibles.

La patente US 7,417,203 presenta un dispositivo de clasificación en el que las partículas son transportadas a lo largo del área de medición en el interior de un tambor rotativo que cuenta en su interior con un gran número de bolsillos. El tambor rota a una velocidad tal que las partículas se acumulan solo en los bolsillos gracias a la fuerza centrífuga. Estos bolsillos están perforados. Un detector mide una de las propiedades de las partículas a través de estas perforaciones y clasifica las partículas en diferentes contenedores mediante impulsos de aire. Una desventaja de un sistema como este es que el rango de velocidades de rotación posibles (velocidades angulares) del tambor rotativo está muy limitado. Si la velocidad de rotación es demasiado baja, las partículas podrían no quedar lo suficientemente sujetas en los bolsillos durante el proceso de medición y clasificación. Por otro lado, si la velocidad de rotación es demasiado elevada, se corre el riesgo de sobrellenar los bolsillos con diversas partículas.

La patente US 5,956,413 presenta un aparato que sirve para evaluar de forma simultánea una pluralidad de granos de cereales mediante imágenes de vídeo. Los granos pasan por delante de una cámara de vídeo transportados en una cinta transportadora vibratoria con una pluralidad de ranuras transversales. Los granos de cereal se reparten por estas ranuras con ayuda de una segunda cinta transportadora. Y para separar los granos de las diferentes ranuras se sugiere cubrir las ranuras de la primera cinta con una tercera cinta con ranuras similares alineadas con las ranuras de la primera cinta, de modo que se formen canales cilíndricos entre las dos cintas. A continuación se utiliza una fuente de aire comprimido para soplar los granos de los canales seleccionados y hacerlos pasar a un contenedor independiente. Una desventaja de este sistema es que todos los granos del canal seleccionado se hacen pasar al mismo contenedor; es decir, no es posible seleccionar los granos de forma individualizada.

La patente WO 2006/054154 presenta diferentes realizaciones de aparatos para clasificar partículas minerales mediante el uso de la espectroscopia de reflectancia. En una de las realizaciones, las partículas se colocan sobre la cinta transportadora con ranuras longitudinales y se hacen pasar por un espectrómetro de reflectancia. Las

partículas minerales se clasifican a partir de la información espectral obtenida con el espectrómetro, y las partículas identificadas individualmente pueden extraerse de la cinta transportadora mediante un único miniciclón neumático. Debido a que solo existe una única forma de extraer las partículas individuales de la cinta, el aparato solo es adecuado para extraer una cantidad relativamente reducida de partículas de interés de una gran muestra de partículas. Por tanto, un aparato como este no es adecuado para clasificar partículas en diferentes categorías de calidad de tamaños similares.

Las máquinas sembradoras se conocen por dispensar semillas individuales con ayuda de un tambor con perforaciones al cual se le aplica succión, de forma que el tambor puede hacer salir las semillas por medio del vacío generado. Hay ejemplos de máquinas como esta en las patentes US 4,026,437, DE 101 40 773, EP 0 598 636, US 5,501,366 y EP 1 704 762. En estas máquinas, el tambor extrae las semillas de un contenedor o tolva de recogida y dichas semillas son transportadas sobre la superficie externa del tambor hasta que se desprenden de la superficie en el área de soltado, desde la cual se depositan en el suelo. El desprendimiento se realiza bloqueando el vacío mediante métodos mecánicos pasivos en el interior del tambor, posiblemente en combinación con un raspador en la parte exterior del tambor. Estos dispositivos solo actúan como mecanismos de posicionamiento y no realizan absolutamente ningún tipo de análisis o clasificación. Por norma general se instalan en máquinas agrícolas como tractores de granja, que avanzan a velocidades bajas para permitir que las semillas se distribuyan adecuadamente en el suelo.

Martin *et al.*, *Development of a single kernel wheat characterizing system*, Transactions of the ASAE, vol. 36, pág. 1399-1404 (1993) presentan un método para introducir granos de uno en uno en un dispositivo aplastador posterior mediante un tambor rotativo. El tambor posee una ranura interna en espiral que transporta el grano hasta una ranura en forma de U ubicada en uno de los extremos del tambor. La ranura en forma de U tiene seis agujeros de captación para mantener los granos en su interior por acción del vacío. Los granos que se mantienen de esta forma se transportan hasta una ranura de interceptación, donde son soltados y caen al dispositivo aplastador. El tambor rota a una velocidad baja de 30 rpm. La capacidad de transporte es de unos dos granos por segundo. No se realiza clasificación alguna. El diseño mecánico evita que el sistema escale hasta mayores velocidades y por tanto no es adecuado para aplicaciones de clasificación rápida.

La patente US-A-5,040,353 presenta un aparato que sirve para extraer y reciclar mercancía, como píldoras, de embalajes blíster defectuosos. Después del llenado y antes del sellado de los embalajes blíster, estos pasan por una estación de detección. La mercancía se extrae de los embalajes blíster defectuosos mediante boquillas de *aire venturi* y se recicla en la tobera de la máquina de embalaje blíster.

## RESUMEN DE LA INVENCION

El objetivo de la presente invención es ofrecer un aparato de clasificación que permita clasificar de forma rápida y fiable partículas individuales en categorías de calidad de propiedades analíticas similares, las cuales se puedan modificar fácilmente para permitir una clasificación en más de dos categorías de calidad, y que ofrece mayor flexibilidad a la hora de elegir el caudal de partículas y los parámetros de medición.

Este objetivo se alcanza con un aparato acorde con la reivindicación 1.

La presente invención también está relacionada con un método de clasificación acorde a lo descrito en la reivindicación 14.

Otras realizaciones de la invención se dictan en las reivindicaciones dependientes.

La invención ofrece un aparato para clasificar partículas en categorías de calidad, incluyendo:  
 un dispositivo de medición para determinar como mínimo una propiedad analítica de dichas partículas;  
 un dispositivo de transporte para transportar las partículas por el dispositivo de medición; y  
 un dispositivo de clasificación acoplado operativamente a dicho dispositivo de medición para clasificar las partículas en como mínimo dos categorías de calidad basadas en dicha propiedad analítica.

Para conseguir que el transporte de las partículas por el dispositivo de medición se realice de forma eficiente, rápida y bien definida, el dispositivo de transporte incluye una superficie de transporte con una pluralidad de perforaciones configurada para moverse en una dirección de transporte. Además, el dispositivo de transporte también incluye una bomba para aplicar una diferencia de presión a dichas perforaciones en por lo menos un área seleccionada de la superficie de transporte, para que así las partículas colocadas sobre dicho dispositivo de transporte sean aspiradas hacia dichas perforaciones y sean transportadas sobre dicha superficie de transporte en la dirección de transporte a través del dispositivo de medición y hacia el dispositivo de clasificación.

De este modo, las partículas serán transportadas sobre una primera cara de la superficie de transporte en ubicaciones bien definidas por las perforaciones, las cuales suelen ser más pequeñas que la menor de las partículas para así evitar que las partículas pasen por las perforaciones. Preferiblemente, la bomba es una bomba de succión

que genera un vacío inferior a la presión ambiental en un espacio confinado por la cara opuesta (segunda cara) de la superficie de transporte para así aspirar las partículas por acción del vacío. Sin embargo, también cabe la posibilidad de que la bomba aplique una sobrepresión en un espacio confinado por la primera cara para así generar una corriente de aire por las perforaciones de la primera cara y hacia la segunda cara de la superficie de transporte, lo cual producirá aspiración de una forma equivalente a si se aplicara vacío a la segunda cara.

El dispositivo de medición puede incluir uno a más espectrómetros, espectrómetros de formación de imágenes, cámaras, espectrómetros de masas, filtros acústicos sintonizables, etc. para analizar las propiedades analíticas de partículas como granos, alubias o semillas. El presente aparato podría evaluar simultáneamente una o varias propiedades analíticas midiendo las propiedades espectrales (es decir, la dependencia de determinadas propiedades ópticas como la reflectancia o la transmisión de longitud de onda) de las partículas investigadas. Los tipos de partículas que pueden clasificarse con un aparato y método de este tipo incluyen (no exclusivamente) partículas agrícolas como granos, alubias, semillas o granos de cereales como el trigo, la cebada, la avena, el arroz, el maíz o el sorgo, o soja, cacao, café y muchos otros. Los tipos de propiedades analíticas que pueden evaluarse son (no exclusivamente) propiedades químicas o bioquímicas, el grado de contaminación con agentes contaminantes y/o con agentes infecciosos y/o con otros agentes patógenos, y/o propiedades geométricas y sensoriales tales como el tamaño, la forma y el color. En particular, las propiedades bioquímicas deben entenderse como propiedades que reflejan la estructura, la composición y las reacciones químicas de sustancias en organismos vivos. Las propiedades bioquímicas incluyen (no exclusivamente) el contenido proteico, el contenido de aceites, el contenido de azúcar y/o aminoácidos, el contenido de humedad, el contenido de polisacáridos, en especial el contenido de almidón o de gluten, el contenido de grasa o aceite o el contenido en marcadores bioquímicos o químicos específicos, p. ej., marcadores de la degradación química, tal como se conocen generalmente en el estado de la técnica. Los agentes contaminantes o infecciosos incluyen químicos y microorganismos nocivos que pueden enfermar al consumidor e incluyen (no exclusivamente) fungicidas, herbicidas, insecticidas, agentes patógenos, bacterias y hongos.

En la primera realización preferente, el dispositivo de transporte incluye una cinta transportadora sin fin con perforaciones (cinta transportadora) a modo de superficie móvil. Preferiblemente, el dispositivo de transporte también incluye una caja con el fondo abierto y cubierto por dicha cinta transportadora. La caja se conecta a la bomba para generar vacío en ella. De esta forma se puede aplicar vacío en un área bien definida de la cinta transportadora y hacerlo de manera muy sencilla. La caja puede albergar por lo menos una parte del dispositivo de medición y/o de dicho dispositivo de clasificación. A modo de ejemplo, la caja puede albergar una o más fuentes de energía como fuentes de luz o de sonido para analizar las partículas, uno o más detectores para recibir la energía que se transmite y/o refleja o dispersa de las partículas, y/o uno o más actuadores tales como boquillas de expulsión neumáticas para expulsar selectivamente las partículas de las perforaciones en puntos definidos.

En otra realización preferente, el dispositivo de transporte incluye un tambor o rueda rotativos de transporte con una superficie circunferencial o una superficie generada que define dicha superficie móvil. Preferiblemente, el tambor se conecta a la bomba para generar vacío en su interior. En particular, la bomba puede conectarse al interior del tambor a través de un eje central hueco del tambor. Como mínimo una parte de dicho dispositivo de medición y/o de dicho dispositivo de clasificación puede ubicarse dentro de dicho tambor.

En todas las realizaciones es preferible que las perforaciones estén dispuestas en una pluralidad de hileras paralelas que se extienden en la dirección de transporte. De esta forma es posible hacer pasar simultáneamente una pluralidad de partículas por puntos bien definidos de dicho dispositivo de medición. Es preferible que la distancia lateral entre las hileras sea algo superior a la mayor distancia (media) de las partículas, para así evitar que las partículas se superpongan. Las perforaciones de las hileras adyacentes pueden ordenarse en la misma posición en la dirección de transporte, de modo que las perforaciones formen una cuadrícula rectangular sobre la superficie de transporte, o pueden ordenarse en diferentes posiciones en la dirección de transporte, de modo que formen una cuadrícula oblicua o incluso una disposición irregular.

El aparato puede completarse con un dispositivo de alimentación para recibir una gran cantidad de dichas partículas, para individualizar dichas partículas y para alimentar dichas partículas individualizadas a dicho dispositivo de transporte. En una realización preferente, el dispositivo de alimentación incluye una cinta de alimentación sin fin configurada para recibir dichas partículas desde algún dispositivo de almacenamiento como una tobera, posiblemente acoplado a un dispositivo de individualización como una plataforma vibratoria, y para transportar dichas partículas en la dirección de transporte hasta dicha superficie de transporte para permitir que dichas partículas sean aspiradas hacia las perforaciones de la superficie de transporte. Preferiblemente, la cinta de alimentación se mueve en la dirección de transporte a una velocidad inferior (aunque bastante similar) a la velocidad de la superficie de transporte, preferiblemente a un 50-100 %, en particular a un 70-90 % de la velocidad de la superficie de transporte, para así optimizar la aspiración y minimizar la aceleración de las partículas en la dirección de transporte cuando las partículas son aspiradas hacia la superficie de transporte. Esto permite a la superficie de transporte moverse a una velocidad superior que cuando no hay cinta de alimentación. La cinta de alimentación puede tener una superficie exterior con una pluralidad de ranuras paralelas extendidas en la dirección de transporte. La distancia lateral de las ranuras se corresponde con una distancia lateral entre las perforaciones de la superficie

de transporte, de modo que las partículas se posicionen mejor debajo de las perforaciones. En algunas realizaciones, la cinta de alimentación también puede estar perforada de forma similar a la superficie de transporte, aplicando también una diferencia de presión a la cinta de alimentación. En tal caso es preferible que la diferencia de presión aplicada a la cinta de alimentación sea cero o mucho menor que la diferencia de presión aplicada a la superficie de transporte en ese área donde la cinta de alimentación se solapa con la superficie de transporte para aspirar las partículas desde la cinta de alimentación hacia la superficie de transporte.

Para transportar las partículas que no han sido aspiradas hacia dicha superficie de transporte de vuelta a dicho dispositivo de alimentación puede proporcionarse un conducto de recirculación. El conductor de recirculación puede acoplarse a la misma bomba que genera la diferencia de presión de la superficie de transporte.

En las realizaciones preferentes, el análisis de las partículas se realiza con medios ópticos, y dicho dispositivo de medición incluye por lo menos una fuente de luz y como mínimo un detector de luz. Por el término «luz» debe entenderse «que abarca todos los tipos de radiación electromagnética, desde la región de los rayos infrarrojos hasta el extremo de los rayos ultravioleta (UV) o incluso la región de los rayos X del espectro electromagnético». La fuente de luz y el detector de luz pueden disponerse en lados distintos de la superficie de transporte, de modo que la luz pase a través de dichas perforaciones, y el detector de luz puede disponerse para recibir la luz transmitida a través de las partículas que pasan por el dispositivo de medición sobre dicha superficie de transporte. En otras realizaciones, la fuente de luz y el detector de luz pueden disponerse en el mismo lado de la superficie de transporte (preferiblemente en el lado por el que se transportan las partículas); el detector se dispone para recibir la luz reflejada por las partículas que pasan por el dispositivo de medición sobre dicha superficie de transporte. Para aumentar el caudal de partículas que pasa por el aparato, el dispositivo de medición puede incluir una pluralidad de detectores de luz dispuestos transversalmente a la dirección de transporte, de modo que permitan realizar mediciones simultáneas de las propiedades analíticas de las partículas que pasan por el dispositivo de medición en diferentes puntos transversales.

El detector de luz puede incluir por lo menos un espectrómetro configurado para registrar los espectros de luz que recibe de las partículas que pasan por el dispositivo de medición. Después, estos espectros pueden analizarse para calcular propiedades analíticas de los espectros. En algunas realizaciones, el detector de luz puede incluir un espectrómetro de formación de imágenes configurado para grabar espectros resueltos espacialmente de las partículas que pasan por el dispositivo de medición en diferentes puntos transversales. De esta forma no solo se pueden analizar las propiedades espectrales sino calcular también propiedades geométricas como el tamaño o la forma. En otras realizaciones, el detector de luz puede incluir una cámara, en particular una cámara lineal o una cámara con dos sensores de imagen bidimensional. Esto permite analizar el tamaño y/o la forma con independencia de las otras propiedades.

La clasificación puede realizarse de diversas formas distintas, incluyendo tipos de clasificadores neumáticos, piezoeléctricos, mecánicos y otros. Por ejemplo, el dispositivo clasificador puede incluir por lo menos una boquilla de expulsión neumática acoplada operativamente a dicho dispositivo de medición para generar un chorro de aire con el cual expulsar de la superficie de transporte de forma selectiva las partículas que pasan por delante de dicha boquilla de expulsión. En tal caso, es preferible que la boquilla de expulsión se coloque en el lado de la superficie de transporte opuesto al lado sobre el cual se transportan las partículas, de modo que se genere un chorro de aire a través de dichas perforaciones. Esto permite una expulsión muy bien definida de las partículas individuales seleccionadas.

El método de clasificación de partículas en categorías de calidad con la presente invención incluye:  
 el transporte de partículas por un dispositivo de medición;  
 la determinación de por lo menos una propiedad analítica de dichas partículas por parte de dicho dispositivo de medición; y  
 la clasificación de las partículas en como mínimo dos categorías de calidad basadas en dicha propiedad analítica.

De acuerdo con la invención, las partículas son transportadas sobre una superficie de transporte que tiene una pluralidad de perforaciones y se desplaza en una dirección de transporte. Las partículas alimentadas a dicho dispositivo de transporte son aspiradas hacia dichas perforaciones y transportadas sobre dicha superficie de transporte por el dispositivo de medición.

La propiedad analítica puede determinarse con una o más mediciones ópticas (incluidas mediciones con rayos X), una medición acústica y una medición con espectrómetro de masas. Si la medición es óptica, las partículas podrían iluminarse desde un lado de la superficie de transporte, y la luz transmitida a través de dichas perforaciones podría ser detectada desde el lado opuesto de la superficie de transporte. Como alternativa, las partículas podrían ser iluminadas desde un lado de la superficie de transporte, y la luz reflejada o dispersada desde las partículas que pasan por el dispositivo de medición sobre dicha superficie de transporte podría ser detectada en el mismo lado de la superficie de transporte. Como se explica arriba, es posible medir de forma simultánea las propiedades analíticas de una pluralidad de partículas pasando por el dispositivo de medición. Como se explica arriba, el paso de

determinar por lo menos una propiedad analítica puede incluir la grabación de espectros de luz recibidos desde las partículas que pasan por el dispositivo de medición, en particular, espectros de luz resueltos espacialmente recibidos desde una pluralidad de partículas pasando a la vez por el dispositivo de medición. El paso de clasificación puede incluir la generación de un chorro de aire para extraer las partículas de forma selectiva de la superficie de transporte.

5 En tal caso, dicho chorro de aire preferiblemente pasa a través de dichas perforaciones para extraer las partículas de la superficie de transporte. Como se explica arriba, las partículas que no han sido aspiradas hacia la superficie de transporte pueden hacerse recircular desde dicha superficie de transporte de vuelta hacia el dispositivo de alimentación.

## 10 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS PLANOS

Los planos que figuran a continuación describen las realizaciones preferentes de la invención y se adjuntan con el propósito de ilustrar las realizaciones preferentes de la invención, no con el fin de limitar la invención. En los planos, la

- 15 fig. 1 muestra un aparato de clasificación de acuerdo con la primera realización de la presente invención;  
 fig. 2 muestra el aparato de clasificación de la fig. 1 visto desde la izquierda en estado parcialmente abierto;  
 20 fig. 3 muestra el aparato de clasificación de la fig. 1 visto desde la derecha en estado parcialmente abierto;  
 fig. 4 muestra una vista despiezada del aparato de clasificación de la fig. 1 en la que algunos componentes han sido omitidos para mejor visibilidad;  
 fig. 5 muestra una vista esquemática de la acción del vacío sobre la cinta transportadora del aparato de la fig. 1;  
 25 fig. 6 muestra una vista esquemática de la aspiración de las partículas hacia las perforaciones de la cinta transportadora en el aparato de la fig. 1;  
 fig. 7 muestra una vista esquemática de la acción de soltar las partículas seleccionadas de la cinta transportadora del aparato de la fig. 1;  
 fig. 8 muestra una vista esquemática de una primera disposición a modo de ejemplo de una fuente de luz y un detector para realizar mediciones en el modo de reflexión;  
 30 fig. 9 muestra una vista esquemática de una segunda disposición a modo de ejemplo de una fuente de luz y un detector para realizar mediciones en el modo de reflexión;  
 fig. 10 muestra una vista esquemática de múltiples mediciones en el modo de reflexión con múltiples fibras;  
 35 fig. 11 muestra un boceto de una disposición de una fuente de luz y un detector para realizar mediciones en el modo de transmisión;  
 fig. 12 muestra un boceto de dos posibles alineamientos distintos de fibras de iluminación y detección en una disposición para realizar mediciones en el modo de transmisión;  
 fig. 13 muestra un boceto de una disposición de múltiples subunidades para realizar múltiples mediciones en el modo de transmisión;  
 40 fig. 14 muestra un boceto de una disposición alternativa de múltiples subunidades para realizar múltiples mediciones en el modo de transmisión usando fibra óptica multibifurcada;  
 fig. 15 muestra un boceto que ilustra el principio de funcionamiento de un espectrómetro de formación de imágenes;  
 45 fig. 16 muestra un boceto que ilustra el uso de un espectrómetro de formación de imágenes con múltiples fibras;  
 fig. 17 muestra un boceto que ilustra la detección simultánea de una pluralidad de partículas por parte de un espectrómetro de formación de imágenes;  
 fig. 18 muestra un aparato de clasificación de acuerdo con la segunda realización de la presente invención;  
 50 fig. 19 muestra un esquema que ilustra una distribución del contenido proteico determinado con el aparato de la fig. 1;  
 fig. 20 muestra un esquema que ilustra la variación del contenido proteico con el transcurso del tiempo;  
 fig. 21 muestra un esquema que ilustra la distribución del contenido de almidón determinado con el aparato de la fig. 1; y  
 55 fig. 22 muestra un boceto que ilustra la orientación preferida adoptada por las semillas durante el transporte sobre la superficie de transporte.

## DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES PREFERENTES

### 60 *Primera realización*

Las figuras 1-4 ilustran un aparato de clasificación de acuerdo con la primera realización de la presente invención. El aparato incluye una unidad de alimentación 100, una unidad de aceleración 200, una unidad de transporte 300, una  
 65 unidad de medición 400 y una unidad de clasificación 500. Estas unidades son controladas por una unidad de

control común (no se muestra).

La unidad de alimentación 100 incluye una tobera 110 montada sobre una plataforma vibratoria. La tobera hace las veces de depósito y de unidad de distribución. La tobera se llena con partículas, y la plataforma vibratoria, que se activa o bien de forma manual o bien de forma automática, se configura de tal modo que el número de partículas que entran a la tobera se corresponda aproximadamente con el número de partículas que salen de la tobera para ser analizadas y clasificadas durante un intervalo de tiempo definido. Las partículas se desprenden de la unidad de alimentación 100 y pasan a la unidad de aceleración 200.

La unidad de aceleración 200 incluye una primera cinta transportadora 210 guiada por rodillos 211 con ejes 212, soportados por cojinetes 213 y accionados por un motor 220 a través de correas de transmisión 221, 222. La cinta transportadora 210 tiene una pluralidad de ranuras longitudinales en su superficie exterior, que se ilustran con más detalle en la figura 6. En el presente ejemplo, estas ranuras están formadas por nervaduras longitudinales 214 cuya distancia lateral determina el ancho de las ranuras y se corresponde aproximadamente con las dimensiones laterales de las partículas que deben ser analizadas y clasificadas. La cinta transportadora 210 está colocada debajo de la salida de la unidad de alimentación 100. Su función es recibir las partículas de la unidad de alimentación 100, alinear las partículas individualmente de una en una en una pluralidad de hileras y acelerar las partículas en la dirección de transporte hacia la unidad de transporte 300.

La unidad de transporte 300 incluye una segunda cinta transportadora 310 con diversas filas longitudinales paralelas de perforaciones (mediante agujeros) 314, que se muestran con más detalle en las figuras 5-7. La unidad de transporte 300 también incluye una caja de vacío 320 con el fondo abierto. Este fondo de la caja de vacío 320 se cierra mediante la cinta transportadora 310. La caja 320 se acopla a una bomba de aire 130 a través de un tubo de vacío 140 (ver fig. 3) para crear una presión reducida con relación a la presión ambiental dentro de la caja 320. Cuando la bomba de aire 130 se activa, la cinta transportadora 130 es aspirada adicionalmente y presionada contra la pared del extremo inferior de la caja de vacío 320 con una fuerza de vacío  $F_v$ , debido a lo cual se crea un sellamiento mejorado para evitar pérdidas de aire. Esto se ilustra de forma esquemática en la fig. 5. Ahora el aire se succiona hacia el interior de la caja de vacío 320 solo a través de las perforaciones 314 en el área de la cinta transportadora 310 que cierra el fondo de la caja de vacío. De este modo se genera una acción de succión en estas perforaciones suficiente para aspirar y retener las partículas que haya cerca de las perforaciones 314.

Los lados laterales de la unidad de transporte 300 están cubiertos por recubrimientos laterales 301, los cuales han sido eliminados en las figuras 2 y 3 con el fin de permitir ver dentro de la unidad de transporte. En estas figuras también se ha eliminado una de las paredes laterales de la caja de vacío.

La segunda cinta transportadora 310 está colocada a una determinada distancia vertical  $h$  sobre la primera cinta transportadora 210 y hacia abajo en la dirección de transporte, de forma que las dos cintas solo se solapan parcialmente en la dirección de transporte. La distancia  $h$  se escoge de tal forma que, por un lado, las partículas tengan suficiente espacio para pasar entre las dos cintas, y por el otro, las partículas de la primera cinta transportadora 210 sean aspiradas y elevadas hasta las perforaciones de la segunda cinta transportadora 310. Ahora, el vacío dentro de la caja de vacío 320 sujeta con firmeza una única partícula en cada perforación 314 en el exterior de la segunda cinta transportadora 310.

Para garantizar que las partículas no interfieren unas con las otras, se escoge un tamaño de los huecos entre las perforaciones 314 mayor que la más larga de las dimensiones lineales de las partículas. Por otro lado, la distancia del hueco debería escogerse tan pequeña como fuera posible para conseguir una capacidad de transporte y/o medición elevada sin aumentar la velocidad de la cinta de forma innecesaria. El diámetro de las perforaciones 314 debería ser inferior a la menor de las dimensiones lineales de las partículas para evitar que las partículas puedan pasar a través de los agujeros e introducirse en la caja de vacío 320.

Opcionalmente también puede utilizarse un sistema de vacío para la primera cinta transportadora 210 en el área en la que la segunda cinta transportadora recibe las partículas de la unidad de alimentación 100 para mejorar la individualización de las partículas. En la primera cinta transportadora 210 no debería haber activo ningún vacío en el área que se solapa con la segunda cinta transportadora 310 con el fin de evitar interferencias con la aspiración de las partículas hacia las perforaciones de la segunda cinta transportadora 310.

La velocidad lineal de la primera cinta transportadora 210 debería ajustarse de tal forma que las partículas que van sobre esta cinta transportadora se aceleren hasta una velocidad suficiente para permitir que la segunda cinta transportadora 310 las recoja con facilidad. Esta aceleración previa de las partículas por parte de la primera cinta transportadora 210 permite usar una mayor velocidad en la segunda cinta transportadora 310 o, dicho de otra forma, consigue una mayor capacidad de transporte. La velocidad óptima de la primera cinta transportadora 210 será muy parecida a la velocidad de la segunda cinta transportadora 310. De hecho, si la velocidad de la primera cinta transportadora 210 fuera muy inferior a la velocidad de la segunda cinta transportadora 310, las partículas tendrían que acelerarse casi de forma instantánea para que la segunda cinta transportadora 310 pudiera recogerlas, lo cual podría causar que las partículas se cayeran de la segunda cinta transportadora 310 o que fueran recogidas con un

menor nivel de eficiencia a velocidades elevadas.

De esta forma, la unidad de transporte 300 recoge las partículas una por una y las transporta hacia la unidad de medición 400. Las partículas que salen de la unidad de aceleración 200 sin haber sido recogidas por la unidad de transporte 300 caen en el conducto de recirculación 120 y la bomba 130 las transporta de vuelta a la tobera 110.

Por norma general, la unidad de medición 400 incluye por lo menos una fuente de energía para exponer las partículas que se están investigando a la radiación electromagnética o a ondas sónicas, y por lo menos un detector dispuesto para recibir la radiación electromagnética o las ondas sónicas de las partículas que se están investigando. En las figuras 1-4, la fuente de energía solo está representada de forma muy esquemática por los extremos de una matriz lineal de fibras ópticas, cada una de las cuales termina sobre una hilera longitudinal de perforaciones de la cinta transportadora 310. Estas fibras juntas representan un sistema de iluminación genérico 410. El detector está simbolizado por la correspondiente matriz de fibras ópticas para recibir la luz que emiten las partículas sujetas a estas perforaciones. Juntos representan un sistema de detección genérico 420.

En una realización preferente, el sistema de iluminación ilumina la partícula con radiación electromagnética (a la que en adelante nos referiremos como «luz»), y el sistema de detección 420 detecta la radiación una vez que esta ha interactuado con la partícula. Con el fin de aumentar la cantidad de señal detectada pueden utilizarse sistemas de enfoque, formación de imágenes o guiado, tales como p. ej. lentes, espejos, fibras ópticas o combinaciones de estos elementos, para concentrar la radiación fuente en la partícula y para recoger la señal emitida, reflejada, dispersada o transmitida por la partícula hacia el detector. Estos elementos no aparecen en el plano porque son de sobra conocidos en el estado de la técnica óptica referida.

La unidad de medición 400 puede proporcionar mediciones multivariante para evaluar algunas características específicas de la partícula, como su composición bioquímica u otras propiedades analíticas. En una realización preferente se obtiene una medición multivariante midiendo la composición espectral de la luz después de que haya interactuado con la partícula que se está estudiando.

La unidad de control recibe señales de la unidad de medición 400 y a partir de estas señales determina la categoría de calidad a la que pertenece cada una de las partículas y envía señales de control asociadas a la unidad de clasificación 500.

La unidad de clasificación 500 incluye un sistema de expulsión 510 con boquillas de expulsión 511 acopladas a válvulas de expulsión neumáticas 512 y un colector 520 con una pluralidad de recipientes, uno por cada categoría de calidad. En aras de la simplicidad, en las figuras 1-4 se han eliminado todos los tubos flexibles neumáticos. Para cada categoría de calidad menos una hay un grupo de boquillas de expulsión 511 con válvulas asociadas 512. Por ejemplo, si las partículas deben clasificarse en tres categorías de calidad, solo se utilizan dos grupos de boquillas de expulsión 511. Las boquillas de expulsión 511 crean una corriente de aire a través de las perforaciones seleccionadas de la segunda cinta transportadora 310. Esta corriente de aire supera la fuerza de succión creada por el vacío, de modo que cualquier partícula que estuviera sujeta a esas perforaciones se desprende de la perforación y es recogida en el recipiente que pertenece a su categoría de calidad. La clasificación en la tercera categoría de calidad se obtiene automáticamente cuando las partículas que todavía no han sido expulsadas por ninguna boquilla de expulsión llegan al extremo de la caja de vacío 320, ya que estas partículas se desprenderán de la segunda cinta transportadora 310 debido a que en esa área ya no hay succión. Aquí se pueden utilizar medios de expulsión pasiva adicionales tales como un raspador o cualquier otro medio que permita eliminar mecánicamente de la segunda cinta transportadora 310 cualquier partícula restante.

En lugar de boquillas de expulsión 511, para eliminar las partículas de forma selectiva de la segunda cinta transportadora puede utilizarse cualquier otro medio, como dispositivos piezoeléctricos, dispositivos magnéticos, aletas móviles o cualquier otro medio que una unidad de control pueda activar y controlar.

El resultado del proceso de clasificación es recoger las partículas en lotes homogéneos partiendo de un lote inicial heterogéneo.

Después de la unidad de clasificación, una unidad de limpieza opcional puede eliminar de la unidad de transporte 300 cualquier tipo de material residual no deseado, como polvo o partículas pequeñas, antes de recoger otras partículas de la unidad de aceleración 200. Esta unidad de limpieza puede ser pasiva o activa.

La unidad de control se utiliza (a) para controlar el movimiento de las partes mecánicas, (b) para controlar la bomba de vacío, (c) para activar los medios de expulsión, (d) para controlar la unidad de medición para la adquisición de datos, (e) para procesar las señales registradas y recuperar cualquier información de calibración, y (f) para supervisar el funcionamiento general del dispositivo de clasificación. La unidad de control puede incluir un ordenador de uso general, p. ej. un ordenador portátil estándar, que ejecutará el software dedicado para procesar las señales registradas y calcular las señales de control con fines de expulsión partiendo de las señales registradas.



*Consideraciones sobre la detección*

Para proporcionar una iluminación de banda ancha para el rango de las longitudes de onda consideradas para la medición multivariante puede utilizarse cualquier fuente de luz adecuada. Las fuentes de luz preferidas son aquellas que pueden ofrecer luz a lo ancho de toda la respuesta espectral utilizada para la medición multivariante, aunque como alternativa pueden combinarse varias fuentes de luz con bandas más estrechas. Ejemplos de tales fuentes de luz pueden ser, aunque no exclusivamente, lámparas halógenas, lámparas halógenas de wolframio, lámparas de xenón, lámparas de neón, lámparas de mercurio y lámparas LED. En una realización preferente se utiliza una lámpara halógena de wolframio como la HL-200 de la empresa Ocean Optics Inc. (Ocean Optics Inc., 830 Douglas Ave., Dunedin, FL 34698, EE. UU.), que genera una luz en el rango entre los 360 y los 2000 nanómetros. Esta fuente se utiliza en combinación con una fibra óptica para guiar la luz de iluminación hacia la muestra.

Se registra la señal multivariante procedente de la partícula iluminada. A este fin, el detector puede dedicarse a la medición espectroscópica, es decir, a la medición de la intensidad de la luz con respecto a la longitud de onda. Un experto en la materia sabe que se puede utilizar cualquier aparato capaz de extraer la información espectral de la señal detectada. Asociando un filtro a un detector se puede realizar una medición directa de la intensidad de la luz en un rango de longitud de onda específico. Los ejemplos de tales filtros incluyen, aunque no exclusivamente, filtros de color absorbentes, espejos dicróicos y filtros sintonizables acústico-ópticos. Si se desea una medición multivariante más completa, se pueden registrar espectros continuos con un rango espectral adaptado. Esto puede hacerse, por ejemplo, con un único detector, p. ej. un fotodiodo, emparejado con una cavidad óptica de grosor controlable, a menudo conocida como espectrometría de transformada de Fourier. Esto también puede hacerse asociando un detector compuesto por diversas subunidades o píxeles y un elemento dispersivo como un prisma o una rejilla de difracción, que separe espacialmente las diferentes longitudes de onda que componen la señal hacia los píxeles del detector, a menudo conocido como espectrógrafo de dispersión. Además, un espectrógrafo de dispersión puede utilizar una única hilera de píxeles para proporcionar un espectro, pero también puede supervisar diversos espectros usando una conjugación de imágenes y una matriz bidimensional de píxeles. La última configuración suele llamarse un «espectrómetro de formación de imágenes».

La fuente y el detector pueden colocarse en el mismo lado o en lados opuestos de la segunda cinta transportadora 310. En adelante, nos referiremos a la luz recibida desde una partícula en la dirección que se encuentra en el espacio medio opuesto a la dirección de iluminación como «luz reflejada», sin importar si ha sido reflejada por reflexión directa o difusa, por fluorescencia, etc. Nos referiremos a luz recibida de la muestra en el espacio medio que contiene la dirección de la iluminación como «luz transmitida», sin importar si se ha transmitido directamente o si ha sido dispersada. Estas definiciones de la luz reflejada y transmitida tienen por objeto tomar en consideración la reflectancia difusa y la transmitancia que pueden detectarse en varios ángulos alrededor de la partícula. Por tanto, las dos configuraciones principales tenidas en cuenta aquí pueden llamarse configuraciones «modo de reflexión» y «modo de transmisión». En una configuración «modo de reflexión», tanto la fuente como el detector se encuentran en el mismo lado de la segunda cinta transportadora 310 con el fin de recoger las radiaciones emitidas, dispersadas y reflejadas por la partícula hacia atrás con respecto a la dirección de propagación de la iluminación. En una configuración «modo de transmisión», la fuente se encuentra a un lado de la segunda cinta transportadora 310, mientras el detector se encuentra en el otro lado de la segunda cinta transportadora 310. Las radiaciones emitidas, dispersadas y transmitidas por la partícula se detectan hacia delante con respecto a la dirección de propagación de la iluminación.

Las figuras 8-17 ilustran las posibles disposiciones de la fuente de luz y el detector en tales configuraciones.

La figura 8 muestra una configuración «modo de reflexión» en la que la luz reflejada por la partícula K que se está investigando se detecta a un ángulo con el eje de iluminación. Una primera fibra 412 conectada a la fuente de luz termina en un extremo de fibra 413 que está apuntando hacia la partícula K. Una segunda fibra 412' conectada al detector termina en una terminación de fibra 413' que está apuntando hacia la partícula K, de modo que los respectivos campos de visión de las dos fibras sobre la partícula se solapan; la segunda fibra está orientada hacia un ángulo distinto de cero con respecto a la primera fibra. Esta configuración es especialmente adecuada para recoger la luz que se refleja de forma difusa.

La figura 9 ilustra una disposición en la que se utiliza una única fibra para iluminar y detectar. La fibra se bifurca en un combinador/separador 430: una de las partes de la fibra se conecta a una fuente de luz 411 y la otra parte se conecta a un detector 421. En una configuración alternativa se pueden utilizar dos fibras independientes que terminan una al lado de la otra en lugar de una fibra bifurcada.

La figura 10 ilustra cómo se pueden realizar múltiples mediciones con varias fibras desde una única fuente/unidad de detección 440.

La figura 11 ilustra una configuración «modo de transmisión» en la que la luz se transmite desde una fuente de luz 411 a través de la partícula K y a través de la perforación de la cinta transportadora, es recogida por una unidad de enfoque 422 y es transmitida a través de una fibra 412' a un detector 412.

La figura 12 ilustra parcialmente (a) una configuración «modo de transmisión» en la que la fibra utilizada para la iluminación y la fibra utilizada para la detección se disponen de forma coaxial. En la parte (b) se ilustra una configuración alternativa en la que estas dos fibras se disponen en un ángulo  $\alpha$ . La segunda disposición es especialmente adecuada para detectar luz dispersada de forma difusa.

5 La figura 13 ilustra que la iluminación puede realizarse mediante diversas fuentes de luz independientes 411, las cuales, juntas, forman un sistema de iluminación 410, y que la detección puede realizarse mediante diversos detectores independientes 421, los cuales, juntos, forman un sistema de detección 420. Como se ilustra en la figura 14, en una configuración alternativa, una única fuente de luz puede iluminar una pluralidad de partículas K a través de un haz de fibras o a través de un separador 430, de manera que forma una pluralidad de sub-fuentes 414. Como alternativa se puede crear un área de iluminación continua que cubra el área en la cual se detectan las partículas.

10 Las figuras 15-17 ilustran el uso de un espectrómetro de formación de imágenes 450. El espectrómetro de formación de imágenes 450 incluye una hendidura de entrada 451, una matriz 2D 453 de píxeles fotosensibles y una unidad óptica 452 que incluye la combinación de un elemento dispersivo y un sistema de formación de imágenes. La composición espectral de la luz cuando entra por la hendidura se registra en una dirección de la matriz (simbolizada por la longitud de onda  $\lambda$ ), mientras la otra dirección corresponde a la imagen de la hendidura de entrada.

15 Con tal disposición, las mediciones espectrales multipunto pueden realizarse con un solo detector de espectro para cada punto de interés, o puede usarse un espectrómetro de formación de imágenes para mediciones espectrales multipunto con un único dispositivo espectroscópico. También puede utilizarse un espectrómetro de formación de imágenes para recopilar información espacial de las partículas. Esta información, combinada con la información espectral registrada, permite recoger diversos puntos de medición para cada partícula.

20 Las mediciones multipunto pueden realizarse con un espectrómetro de formación de imágenes emparejado con un haz de fibras de recolección (fig. 16). Las fibras 412' para recoger la luz de la muestra están montadas en un haz lineal y presentadas en la hendidura de entrada del espectrómetro de formación de imágenes. Cada fibra se refleja en la matriz 2D de detectores en una posición determinada a lo largo de una dirección. La otra dirección se utiliza para registrar el espectro de luz. Por tanto, el espectrómetro de formación de imágenes ofrece una medición de la composición espectral de la luz correspondiente a la salida de cada fibra.

25 La medición mediante imágenes puede realizarse con un espectrómetro de formación de imágenes emparejado con un sistema de formación de imágenes ópticas externo (fig. 17). Este sistema de formación de imágenes ópticas 454 proporciona una conjugación de imágenes entre la hendidura de entrada del espectrómetro de formación de imágenes y una línea de detección en la superficie de la unidad de muestreo. Las partículas llevadas por la unidad de muestreo se mueven en dirección perpendicular con respecto a esta línea de detección. Mientras las partículas pasan a través de la línea de detección, el espectrómetro de formación de imágenes va tomando una sucesión de imágenes espectrales. Esta técnica, comúnmente conocida como formación de imágenes mediante escaneo por líneas, permite reconstruir una imagen espectral de la partícula, es decir, una imagen morfológica de las partículas con respecto a su contenido espectral.

30 Con independencia del tipo de iluminación y detección utilizado, la unidad de control utiliza los valores registrados por el detector para calcular por lo menos una propiedad analítica de cada partícula. La unidad de control utiliza las propiedades medidas para tomar una decisión sobre a qué categoría de calidad pertenece cada partícula.

35 *Segunda realización*

40 En la figura 18 se ilustra una segunda realización de la presente invención. Los componentes, que son los mismos que en la primera realización, llevan los mismos números de referencia y no se vuelven a describir. En la segunda realización se utiliza una rueda 330 con una superficie generada perforada en lugar de una segunda cinta transportadora 310. La alimentación se lleva a cabo mediante una plataforma vibratoria 230 en lugar de con la primera cinta transportadora 210. Sin embargo, es igual de posible utilizar la rueda 330 en combinación con la primera cinta transportadora 210 que utilizar la segunda cinta transportadora 310 en combinación con la plataforma vibratoria 230.

45 Ambos lados de la rueda 330 están sellados, y con una bomba de vacío se genera un vacío en el interior de la rueda, p. ej., tal como se describe en la patente US 4,026,437. Esta configuración crea una succión de aire a través de las perforaciones en la superficie generada de la rueda, lo suficientemente fuerte para atrapar las partículas y sujetarlas con firmeza en esa posición. Las partículas, organizadas en hileras y aceleradas por la plataforma vibratoria 230, llegan a la rueda rotativa 330. Las perforaciones en la superficie de la rueda 330 pueden disponerse en hileras paralelas, aunque también es posible configurarlas de otras maneras. Debido a la succión del aire y debido al reducido tamaño de las perforaciones, cada perforación de la rueda captura una partícula por vez y la mantiene en esa posición mientras la rueda gira. La orientación de las partículas tal como aparece en la figura 18 no se corresponde necesariamente con la orientación real; las partículas se muestran solo de forma esquemática para ilustrar cómo se realizan el transporte y la clasificación. En algunas realizaciones, un medio de posicionamiento (no

se muestra), como una placa con forma de peine o un flujo de aire o cualquier otro medio, puede ayudar al posicionamiento del grano y evita que más de un grano quede atrapado en cada perforación.

5 Una rueda interior fija 331 dispuesta de forma concéntrica en el interior de la rueda 330 soporta partes de la unidad de medición 400 (aquí simbolizada por la fuente de luz) y del sistema de expulsión 510. Las partículas se clasifican en tres recipientes 521, 522, 523. Una espumadera 524 garantiza que todas las partículas restantes que no han llegado a los recipientes 521 o 522 lleguen al recipiente 523.

10 En la presente realización solo hay que someter a vacío el espacio entre la rueda exterior 330 y la rueda interior 331. Sin embargo, es igual de posible someter a vacío todo el interior de la rueda y montar las partes de las unidades de medición y clasificación dentro de la rueda 330 en cualquier otra estructura que no sea la rueda interior 331.

15 Mientras que en el presente ejemplo el eje rotacional de la rueda 330 está orientado en horizontal, el eje rotacional puede orientarse de cualquier forma en el espacio tridimensional. Para mover la rueda se utiliza un motor adecuado o cualquier otro tipo de mecanismo que genere rotación.

A la segunda realización se le aplican las mismas consideraciones sobre la unidad de medición, la unidad de clasificación y la unidad de control que a la primera realización.

## 20 *Otras realizaciones*

En otras realizaciones alternativas, las partículas pueden acelerarse con un sistema de conducción en el que dichas partículas se transportan con una corriente de aire. Un experto en la materia sabe que como unidad de aceleración se puede utilizar cualquier aparato capaz de acelerar, transportar e individualizar partículas a velocidades elevadas.

### 25 *Ejemplo 1: Proteínas en el trigo*

30 El contenido proteico es uno de los principales parámetros de calidad a la hora de procesar trigo. En el estado de la técnica anterior, el contenido proteico normalmente se determina tomando una muestra de entre 3 y 5 dl y analizándola mediante espectroscopia del infrarrojo cercano (NIRS, por sus siglas en inglés). El resultado es un contenido proteico medio de los granos de la muestra. Si se utiliza una sub-muestra para determinar el contenido proteico de todo un lote, se pueden producir considerables errores de muestreo. Los errores pueden reducirse analizando granos individuales, y el valor total del lote se sabrá cuando los granos se procesen posteriormente.

35 Se sabe que el contenido proteico de los granos de trigo varía de forma notoria de campo a campo, de variedad cultivada a variedad cultivada e incluso dentro de la misma muestra de una planta de trigo. En la literatura es de sobras sabido que la diferencia en el contenido proteico de dos granos puede llegar a ser de varios puntos porcentuales.

40 Se tomaron tres muestras de aproximadamente 3 dl de un lote de grano de 10 kg. Cada una de las muestras se midió con un analizador de granos enteros mediante NIR según el estado de la técnica anterior. Los resultados fueron: un contenido proteico del 12,3 %, 12,4 % y 13,1 % respectivamente. La variación de estos resultados es una consecuencia de la heterogeneidad de la distribución del lote y significa que las diferentes partes del lote tienen un contenido proteico distinto.

45 Después de esto se analizó y clasificó el lote grano por grano con un dispositivo acorde a la primera realización de la presente invención. El número total N de granos fue de 186 282. La distribución medida del contenido proteico P [%] en los granos se muestra en la figura 19. La concentración media fue de P = 12,6 %.

50 Al representar en el tiempo (t /a.u.) las mediciones de granos individuales (P[%]), como en la figura 20, puede verse que el lote se compone de distintos grupos de granos. Esto podría deberse a una modificación física, p. ej. la segregación durante el transporte. También podría ser que el lote de 10 kg se haya formado combinando lotes de grano de diferentes variedades, diferentes campos, etc. El grano es heterogéneo, y el lote tiene una considerable heterogeneidad de la distribución, lo que significa que la concentración proteica difiere, en un nivel medio, en distintos lugares del lote. Esto fue lo que se observó al analizar el lote con el analizador NIR. Las mediciones realizadas a las submuestras llevan asociados errores de muestreo debidos a la heterogeneidad entre los granos individuales. Analizando todos los granos individualmente se eliminan los errores de muestreo.

60 Para la clasificación se utilizaron umbrales del 10,0 % y del 13,0 % de proteína. Todos los granos con un contenido proteico inferior al 10 % se clasificaron en la categoría 1, los granos con un contenido proteico superior al 10 % pero inferior al 13 % se clasificaron en la categoría 2 y los granos con un contenido proteico superior al 13 % se clasificaron en la categoría 3. La tabla 1 detalla la distribución de los granos en las tres categorías y el contenido proteico medio de cada categoría.

65

	Contenido proteico [%]	N.º de granos	% del total de granos
<b>Categoría 1</b>	9,7	1218	0,7
<b>Categoría 2</b>	12,0	122 242	65,6
<b>Categoría 3</b>	13,7	62 822	33,7
<b>Media de todos los granos</b>	12,6	186 282	100

Tabla 1: Distribución de los granos en las categorías 1, 2 y 3 después de la clasificación. Los umbrales se fijaron en el 10 % y el 13 %.

5 El contenido proteico medio es diferente en cada una de las tres categorías y un tercio del lote tiene un contenido proteico muy elevado, por lo que puede utilizarse para productos de mayor valor.

10 De esta forma se pueden analizar y clasificar grano a grano lotes de trigo o un flujo continuo de trigo, hacerse una imagen clara de la heterogeneidad de los granos, eliminar errores de muestreo y clasificar los granos en categorías con propiedades bioquímicas distintas, que después pueden utilizarse para fines diversos, como la preparación de pasta, cerveza de trigo y pan.

15 *Ejemplo 2: Infestación de insectos en los cereales*

La contaminación por hongos y las infestaciones de insectos pueden resultar caras debido a la degradación posterior a la cosecha del grano almacenado y al riesgo de que el grano baje de categoría. El análisis y clasificación de los cereales grano a grano puede eliminar los granos infestados y garantizar la estabilidad de almacenamiento del cereal y una calidad consistente del mismo. En este ejemplo se demuestra cómo un lote de maíz puede limpiarse de granos infectados utilizando la presente invención. La infestación de insectos y hongos de los lotes de cereales almacenados puede hacer bajar de forma considerable el valor del lote debido a las pérdidas posteriores a la cosecha o a una bajada de categoría. Lo más probable es que una infestación se distribuya de forma no homogénea por el lote y por tanto existe un riesgo elevado de no detectarla.

25 Se mezcló un lote de maíz (aproximadamente 1 kg) con garantía de no estar infestado con 100 granos con garantía de estar infestados con gorgojos del maíz. Antes de comenzar el procesamiento se aseguró que los granos se mezclaran bien. Después de esto se analizaron y clasificaron los granos uno por uno utilizando la presente invención (en total 2866 granos). Un algoritmo de clasificación clasificó los granos según la infestación. Los granos identificados como infestados se eliminaron durante el proceso de clasificación. Las dos fracciones de granos resultantes se componían de granos infestados y granos no infestados. La tabla 2 muestra los resultados de la clasificación.

Referencia		Clasificación	
		No infestados	Infestados
	No infestados	2677	89
	Infestados	2	98

35 Tabla 2: Resultado de la clasificación tras clasificar 2866 granos de maíz según la infestación de insectos. Se sabía que había 100 granos infestados. De estos, 98 granos se reconocieron como infestados y dos no se identificaron. 2766 granos no estaban infestados, 89 de estos granos se identificaron como infestados.

40 Casi todos los granos infestados se identificaron y eliminaron del lote, gracias a lo cual se redujo la posibilidad de degradación posterior a la cosecha y de bajada de categoría con las consiguientes pérdidas económicas que esto conlleva.

45 *Ejemplo 3: Aumento del contenido de almidón en los cereales a través del cultivo*

El maíz es una cosecha importante para la fabricación de biocombustible. Cuando el almidón fermenta se convierte en etanol, el cual se utiliza como biocombustible. Escoger las semillas en función de su contenido en almidón puede mejorar la eficiencia del cultivo para así crear variedades de alto rendimiento. El grano de maíz debe analizarse en transmisión para conseguir resultados fiables del contenido total de aceite. Las mediciones en transmisión solo pueden llevarse a cabo con tiempos de integración prolongados. En este ejemplo se demuestra cómo la presente invención puede utilizarse para determinar el contenido de almidón del maíz y seleccionar una fracción del total de granos para después seguir trabajando con ella.

50 Las semillas de maíz pueden utilizarse para producir biocombustible, para lo cual debe fermentarse el almidón hasta convertirse en etanol y usarse como biocombustible. Las variedades de maíz utilizadas para la producción de biocombustible son el resultado de unos prolongados y complejos programas de cultivo. Escoger las semillas con un

elevado contenido en almidón puede llegar a mejorar la eficiencia de los programas de cultivo. El contenido de almidón en los granos puede variar aproximadamente desde el 30 % hasta el 70 %. Por tanto, analizar los granos de maíz de forma individual de una forma no destructiva puede ayudar a segregar los granos con mayor contenido de almidón, que son los mejores para la producción de biocombustible.

5 Se analizó un lote de 1 kg de granos de maíz para determinar el contenido de almidón y se clasificó de acuerdo a dicho contenido. El umbral se fijó en el 60 %. En esta aplicación el caudal no era importante, por lo que los granos se analizaron en el modo de transmisión, que requiere tiempos de integración superiores a los del modo de reflexión. La presente invención ha sido diseñada para poder funcionar con amplios rangos de tiempos de integración.

10 La figura 21 muestra la distribución de los granos (número de granos  $N$ ) en el lote. La distribución del contenido de almidón  $S$  [%] sigue una distribución normal.

15 Los granos con un contenido de almidón superior al 60 % se seleccionaron para seguir trabajando con ellos posteriormente. En este ejemplo se ha utilizado el contenido de almidón, pero también se puede analizar y clasificar según otras propiedades que no están directamente relacionadas con la composición.

*Otras consideraciones*

20 La figura 22 ilustra unas partículas con una forma por lo general oblonga elipsoidal u ovoide, con un eje polar  $a$  largo y unos ejes ecuatoriales  $b$  y  $c$  cortos, mientras están siendo transportadas por una cinta transportadora perforada 310. Aquí,  $a > b$  y  $a > c$ , mientras  $b$  y  $c$  son por lo general de magnitud similar. Muchas partículas agrícolas, en especial los granos y las semillas, tienen una forma que se asemeja mucho a esta forma elipsoidal general. Varios experimentos han descubierto que tales partículas por lo general adoptan una orientación sobre las perforaciones 314 similar a la orientación que se muestra en la figura 22, es decir, el eje largo se orienta por lo general en perpendicular a la superficie de transporte. Así, el dispositivo de transporte actúa para transportar las partículas no solo en ubicaciones bien definidas (definidas por las ubicaciones de las perforaciones 314), sino también para inducir una orientación bien definida de las partículas.

30 De este modo, las partículas pasan a través del dispositivo de medición con una orientación bien definida, con su eje largo en perpendicular a la superficie de transporte. Esto es especialmente ventajoso si el tamaño o la forma de las partículas deben determinarse como una propiedad analítica. En particular, el análisis de los datos para determinar el tamaño o la forma de las partículas a partir de imágenes registradas por una cámara se simplifica mucho si se conoce la orientación de las partículas. En algunas realizaciones podría utilizarse una cámara lineal con un sensor que define una hilera de píxeles, con dicha hilera en paralelo al eje largo de las partículas (es decir, en perpendicular a la superficie de transporte). Así se podría determinar el tamaño de las partículas simplemente contando el número de píxeles que contienen información gráfica de las partículas.

40

LISTA DE LOS SIGNOS DE REFERENCIA

100	Unidad de alimentación
101	Semilla
110	Tobera
120	Conducto de retorno
130	Bomba de aire
140	Tubo de vacío
200	Unidad de aceleración
201	Recubrimiento lateral
210	Cinta
211	Rodillo
212	Eje
213	Cojinete
214	Nervadura
220	Motor
221	Correa de transmisión
222	Correa de transmisión
230	Plataforma vibratoria
300	Unidad de transporte
301	Recubrimiento lateral
310	Cinta
311	Rodillo
312	Eje
313	Cojinete
314	Perforación
320	Caja de vacío
400	Unidad de medición
410	Sistema de iluminación
411	Fuente de energía
412, 412'	Fibra óptica
413, 413'	Terminación de fibra
420	Sistema de detección
421	Detector
422	Unidad de enfoque
430	Combinador/separador
440	Fuente de luz/unidad de detección
450	Espectrómetro de formación de imágenes
451	Hendidura de entrada
452	Unidad óptica
453	Detector de matriz
500	Unidad de clasificación y recogida
510	Sistema de expulsión
511	Boquilla de expulsión
520	Colector
521, 522, 523	Recipientes
524	Espumadera
$F_v$	Fuerza de vacío
K	Partícula
P	Contenido proteico
S	Contenido de almidón
N	Número
t	Tiempo
$\lambda$	Longitud de onda
y	Dimensión lateral

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para clasificar partículas en categorías de calidad, incluyendo:  
 5 un dispositivo de medición (400) para determinar como mínimo una propiedad analítica de dichas partículas;  
 un dispositivo de transporte (300) para transportar las partículas por el dispositivo de medición; y  
 un dispositivo de clasificación (500) acoplado operativamente a dicho dispositivo de medición (400) para clasificar las partículas en como mínimo dos categorías de calidad basadas en dicha propiedad analítica,  
 10 **caracterizado porque** el dispositivo de transporte (300) incluye una superficie de transporte con una pluralidad de perforaciones (314) configurada para moverse en una dirección de transporte, y porque el dispositivo de transporte también incluye una bomba (130) para aplicar una diferencia de presión a dichas perforaciones para que así las partículas alimentadas a dicho dispositivo de transporte sean aspiradas hacia dichas perforaciones y sean transportadas sobre dicha superficie de transporte en la  
 15 dirección de transporte a través del dispositivo de medición (400) hacia el dispositivo de clasificación (500).
2. El aparato de la reivindicación 1, en donde el dispositivo de transporte incluye una cinta transportadora sin fin (310) definiendo dicha superficie móvil.
3. El aparato de la reivindicación 2, que incluye una caja (320) con el fondo abierto y cubierto por dicha cinta transportadora (310). La caja se conecta a dicha bomba (130) para aplicar un vacío a dicha caja (320).
4. El aparato de la reivindicación 3, en donde por lo menos parte de dicho dispositivo de medición (400) y/o de dicho dispositivo de clasificación (500) está dispuesta dentro de dicha caja.
5. El aparato de la reivindicación 1, en donde el dispositivo de transporte incluye un tambor rotativo (330) con una superficie circunferencial que define dicha superficie móvil.
6. El aparato de la reivindicación 5, en donde el tambor está conectado a la bomba (130) para aplicar un vacío a dicho tambor (330).
7. El aparato de la reivindicación 5 o 6, en donde por lo menos parte de dicho dispositivo de medición (400) y/o de dicho dispositivo de clasificación (500) está dispuesta dentro de dicho tambor (330).
8. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las perforaciones (314) están dispuestas en una pluralidad de hileras paralelas que se extienden en la dirección de transporte.
9. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho dispositivo de medición (400) incluye por lo menos una fuente de luz (411) y por lo menos un detector de luz (421).
10. El aparato de la reivindicación 9, en donde la fuente de luz (411) y el detector de luz (421) están dispuestos en lados distintos de la superficie de transporte, de modo que la luz pasa a través de dichas perforaciones (314), y el detector de luz (421) está dispuesto para recibir la luz transmitida a través de las partículas que pasan por el dispositivo de medición (400) sobre dicha superficie de transporte.
11. El aparato de la reivindicación 9 o 10, en donde el dispositivo de medición (400) incluye una pluralidad de detectores de luz (421) dispuestos a lo largo de una dirección transversal que se extiende en transversal a la dirección de transporte, de modo que permiten realizar mediciones simultáneas de las propiedades analíticas de las partículas que pasan por el dispositivo de medición (400) en diferentes puntos transversales.
12. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones de la 13 a la 16, en donde dicho detector de luz (412) incluye por lo menos un espectrómetro configurado para registrar los espectros de luz que recibe de las partículas que pasan por el dispositivo de medición.
13. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de clasificación incluye por lo menos una boquilla de expulsión neumática (511) acoplada operativamente a dicho dispositivo de medición (400) para generar un chorro de aire para soplar de forma selectiva las partículas que pasan por delante de dicha boquilla de expulsión (511) y expulsarlas así de la superficie de transporte, en donde el dispositivo de transporte está configurado para aspirar las partículas hacia las perforaciones (314) en un primer lado de dicha superficie de transporte, y en donde dicha boquilla de expulsión (511) está colocada en un segundo lado opuesto de la superficie de transporte para así generar un chorro de aire a través de dichas perforaciones (314).
14. Un método para clasificar partículas en categorías de calidad, incluyendo:  
 65 el transporte de partículas por un dispositivo de medición (400);

la determinación de por lo menos una propiedad analítica de dichas partículas por parte de dicho dispositivo de medición (400); y

la clasificación de las partículas en como mínimo dos categorías de calidad basadas en dicha propiedad analítica,

5           **caracterizado porque** las partículas son transportadas por una superficie de transporte con una pluralidad de perforaciones (314) que se desplaza en una dirección de transporte, y porque las partículas alimentadas a dicho dispositivo de transporte son aspiradas hacia dichas perforaciones (314) y transportadas sobre dicha superficie de transporte en la dirección de transporte a través del dispositivo de medición (400).

10           15. El método de la reivindicación 14, en donde el paso para determinar por lo menos una propiedad analítica incluye el registro de los espectros de luz que se reciben de las partículas que pasan por el dispositivo de medición (400).

15



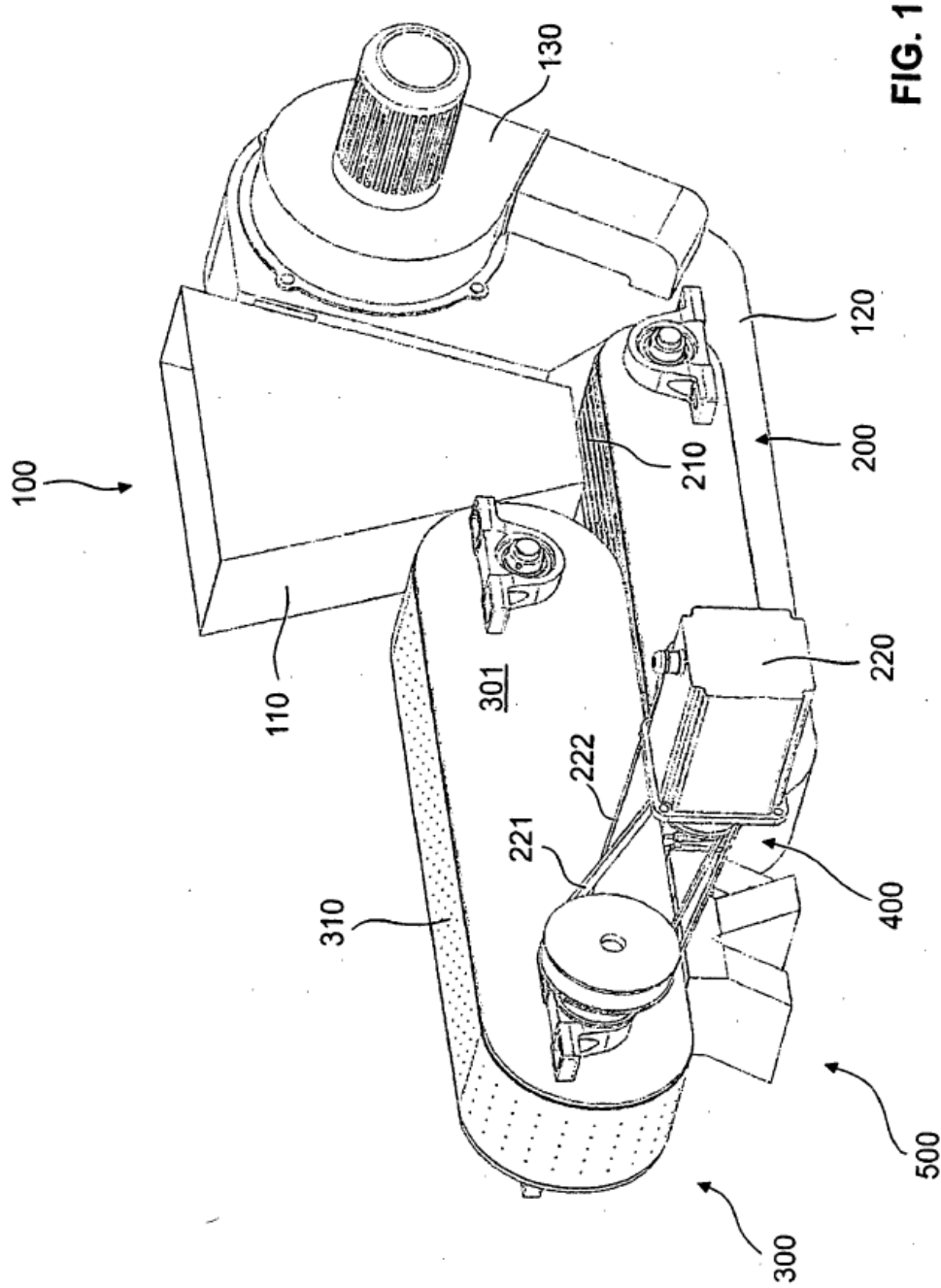


FIG. 1

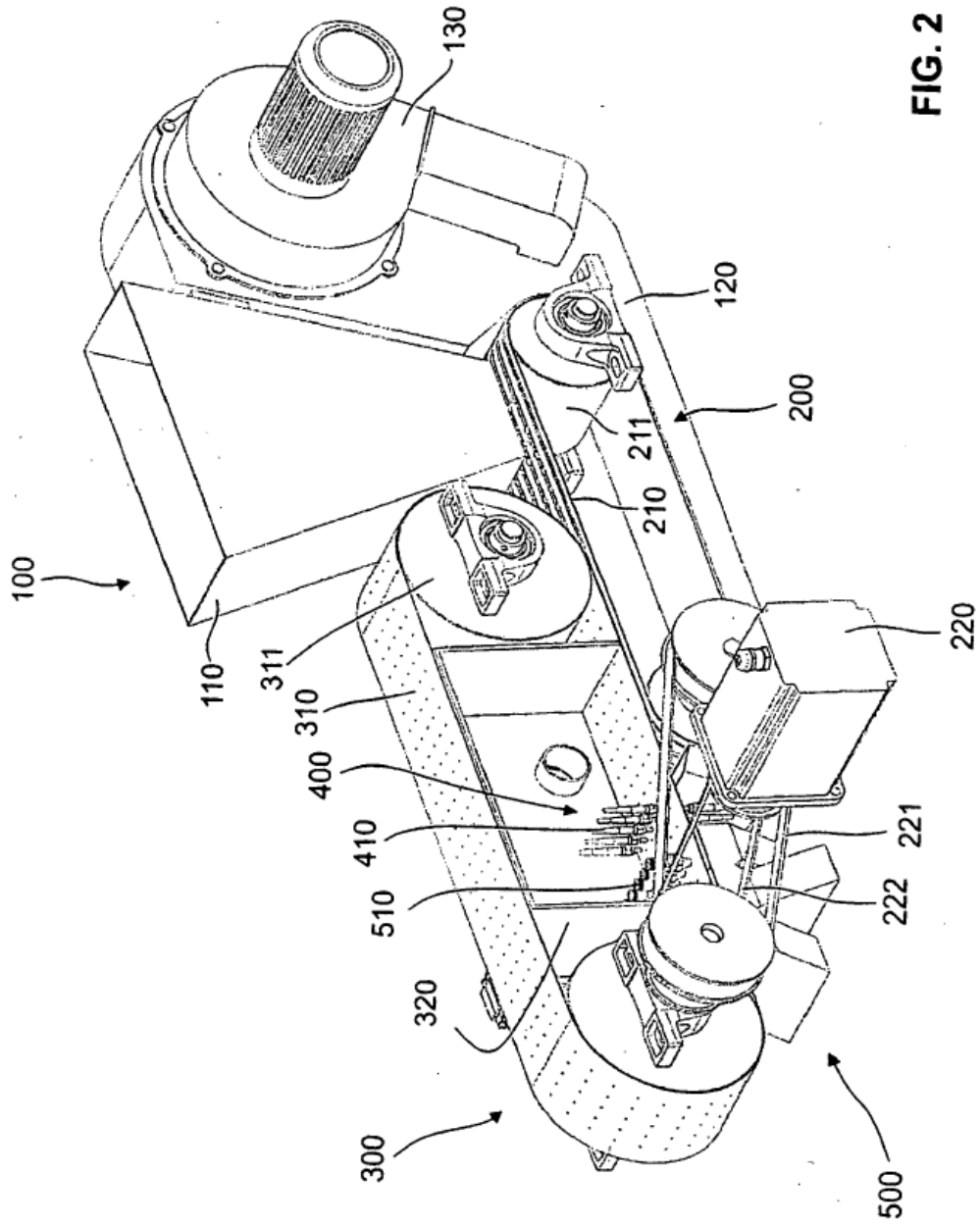


FIG. 2

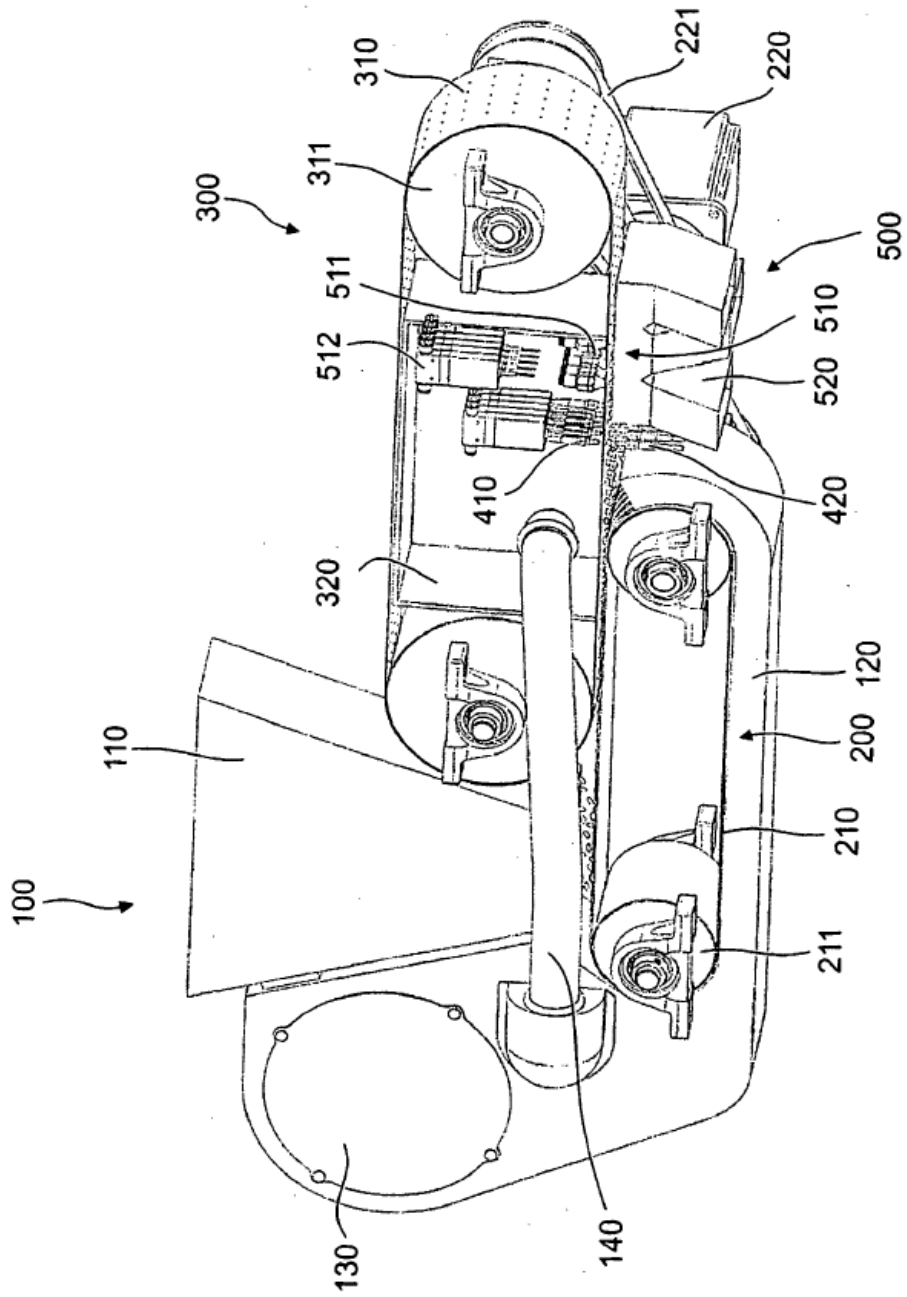


FIG. 3

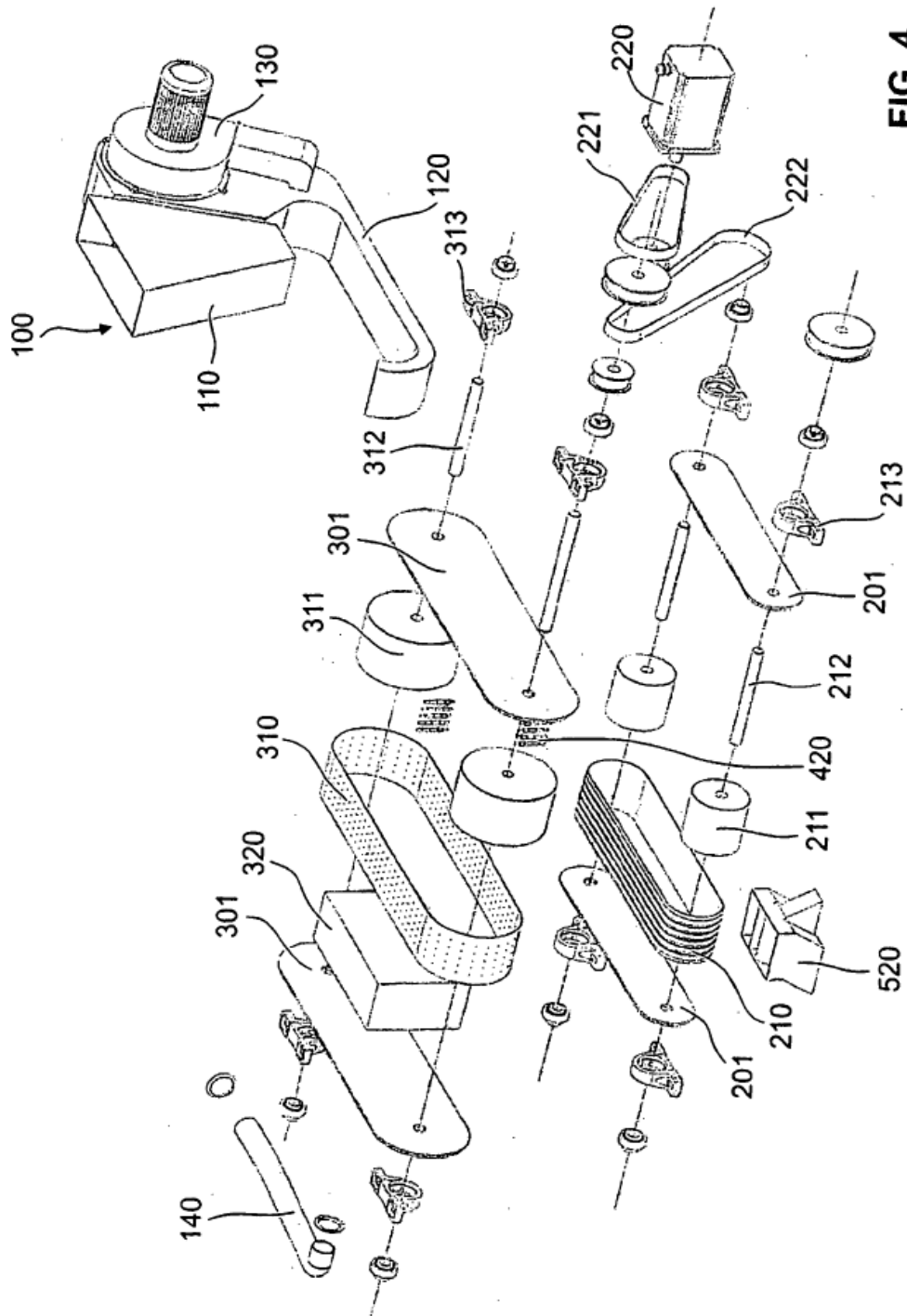
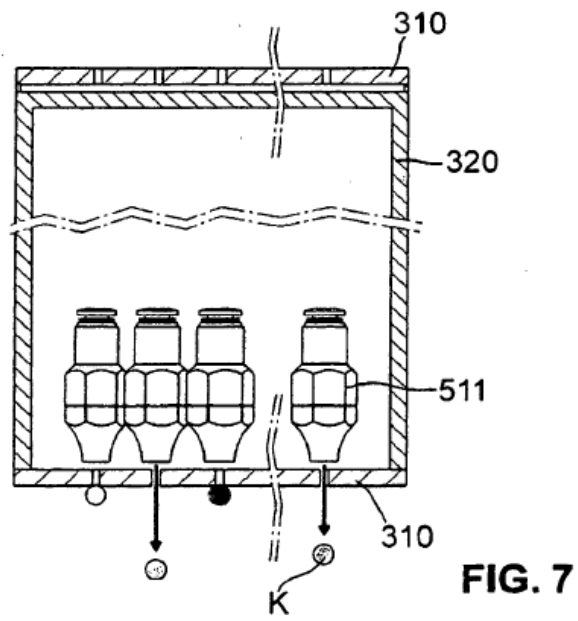
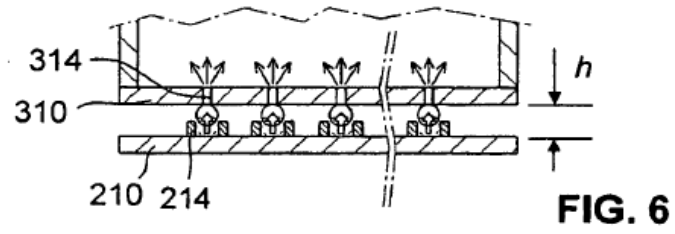
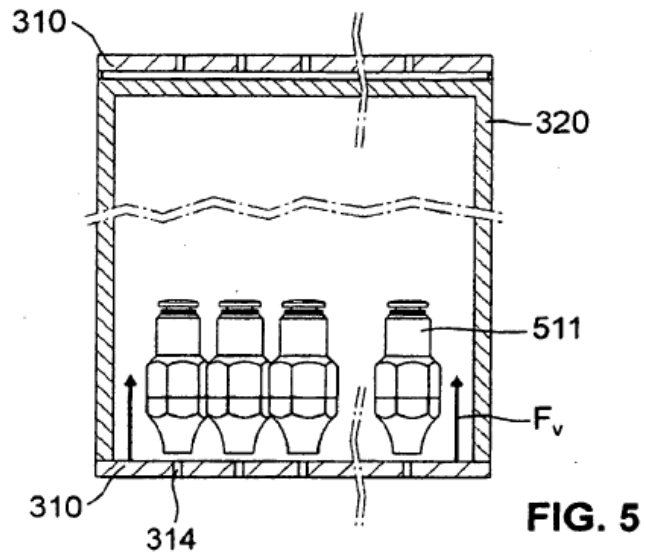


FIG. 4



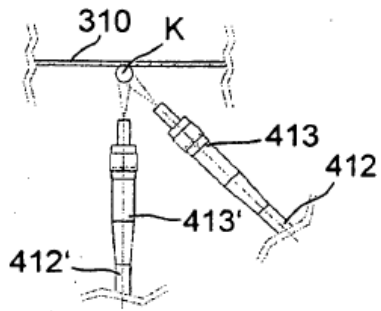


FIG. 8

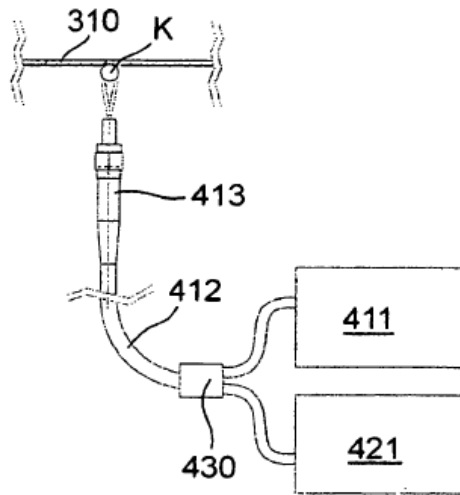


FIG. 9

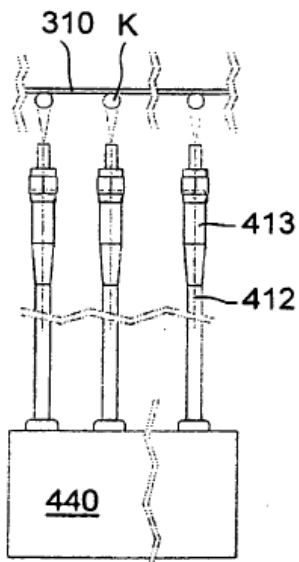


FIG. 10

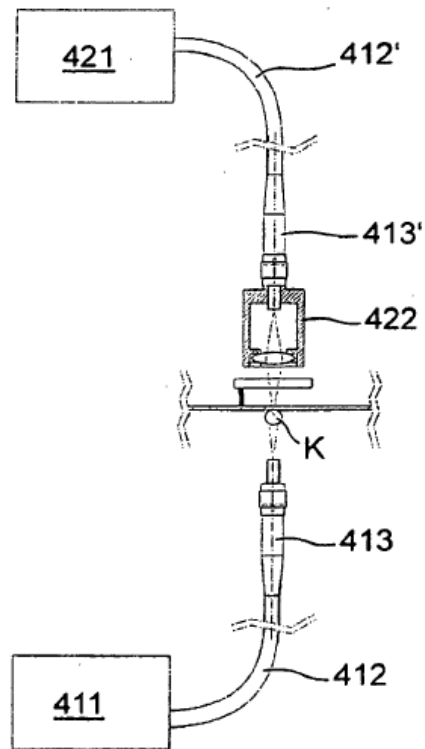


FIG. 11

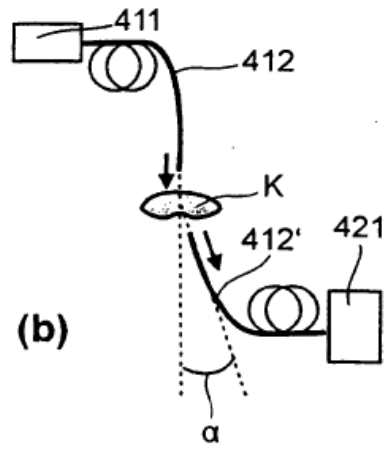
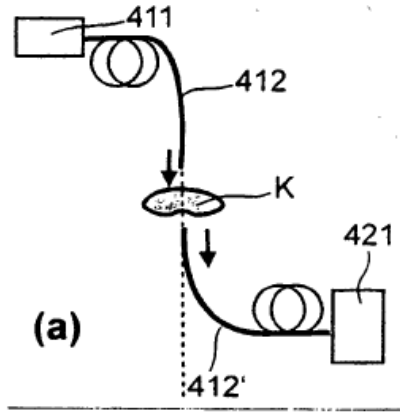


FIG. 12

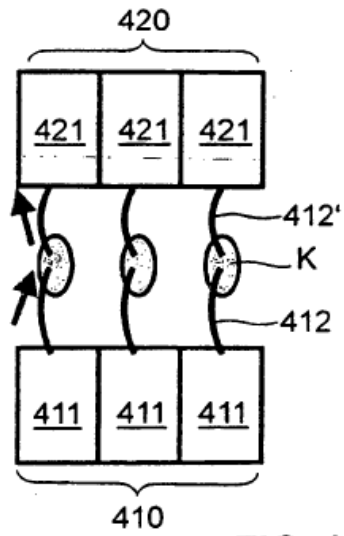


FIG. 13

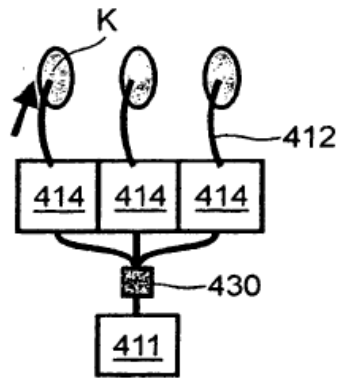


FIG. 14

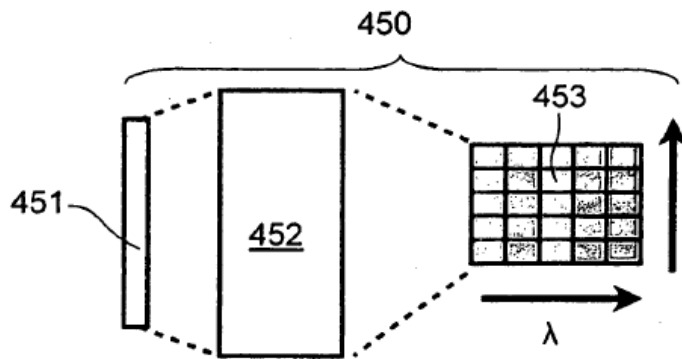


FIG. 15

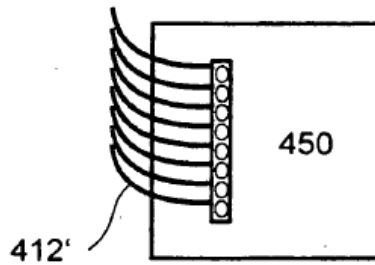


FIG. 16

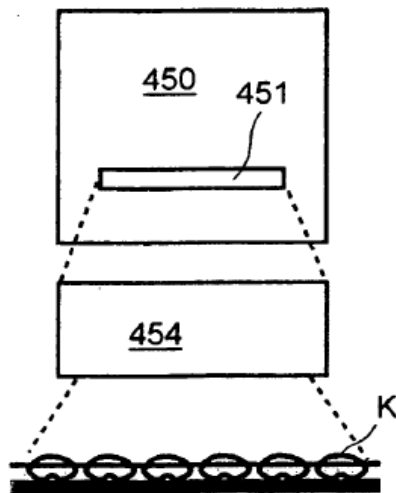


FIG. 17



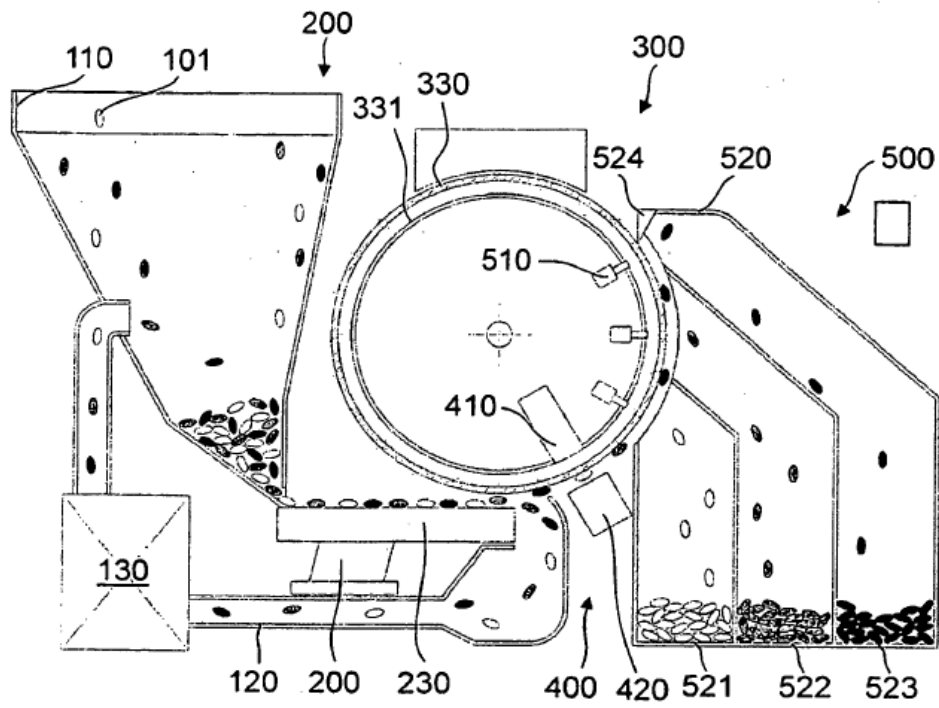


FIG. 18

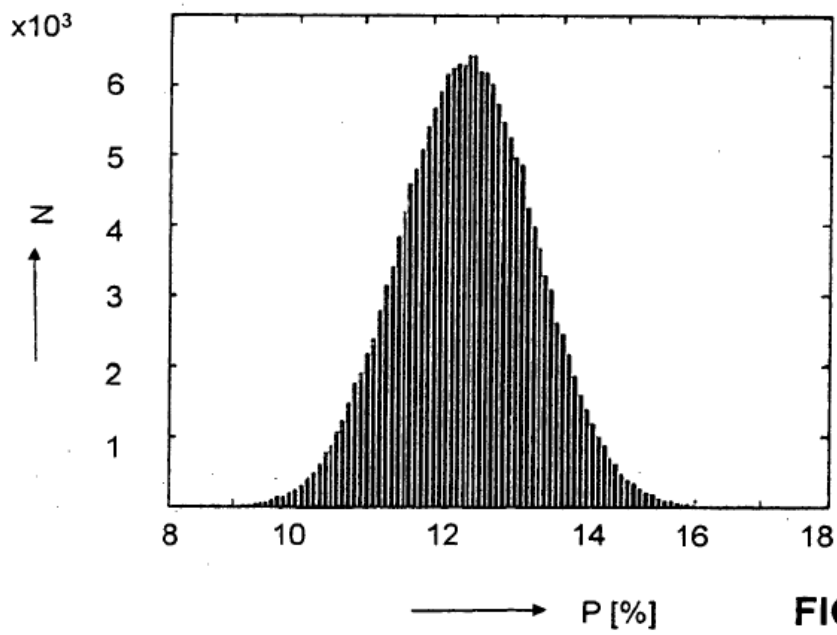


FIG. 19

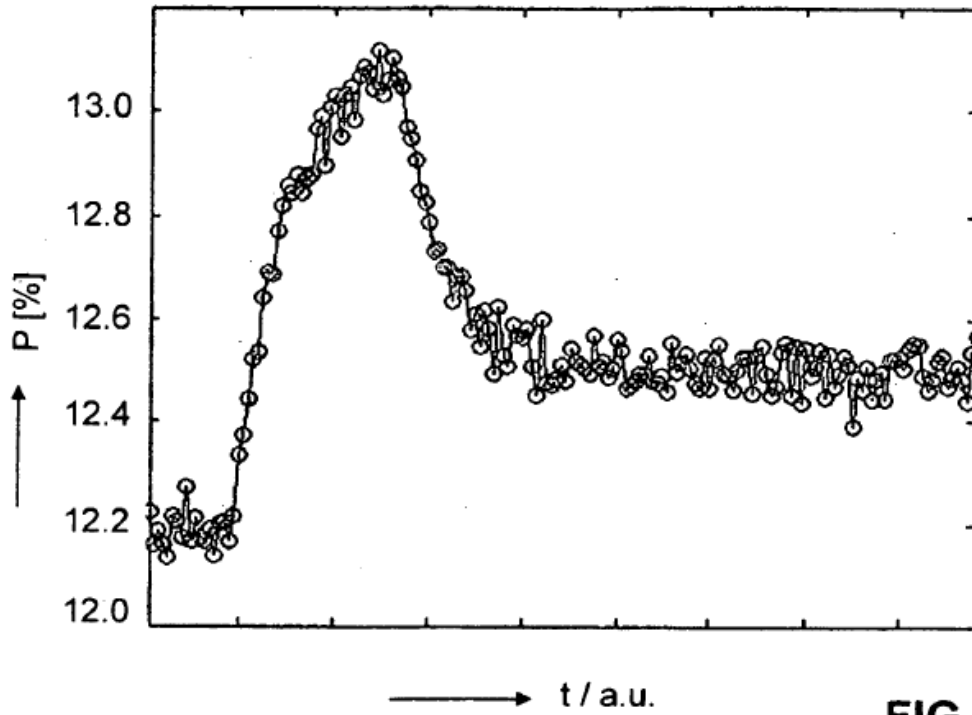


FIG. 20

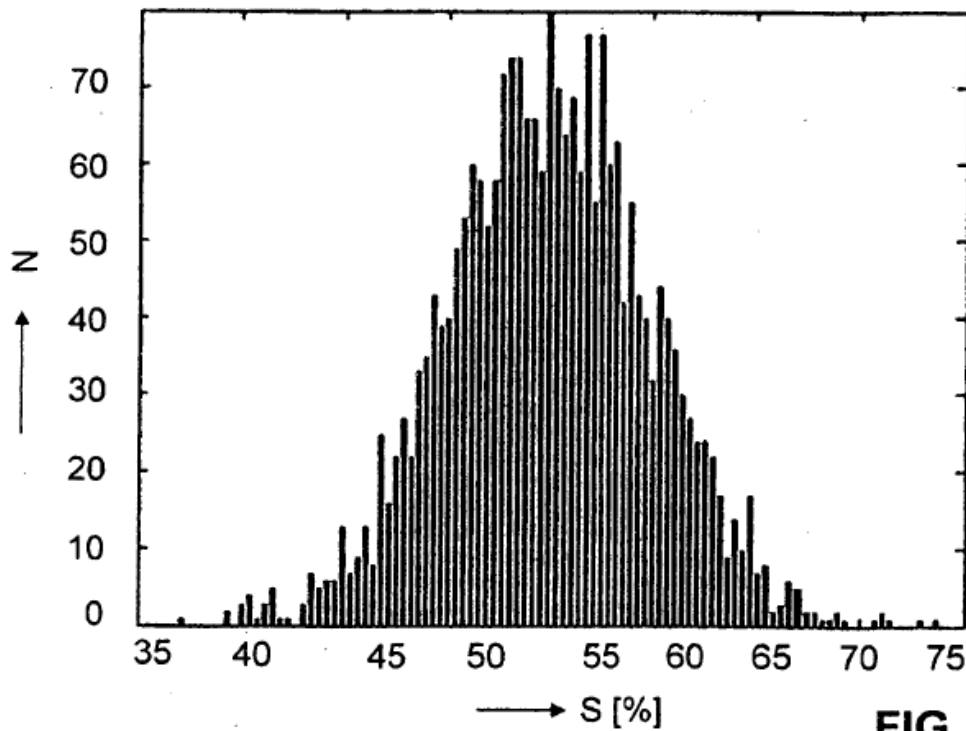
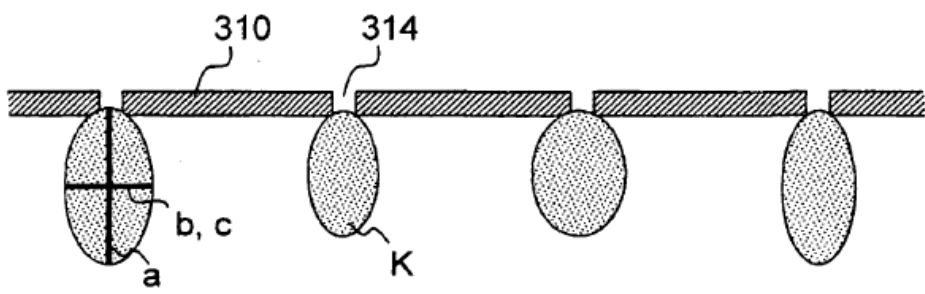


FIG. 21



**FIG. 22**