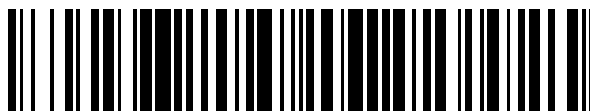


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 125**

51 Int. Cl.:

A23L 3/01 (2006.01)
A23L 3/54 (2006.01)
A23B 4/01 (2006.01)
A23B 7/01 (2006.01)
A23B 9/04 (2006.01)
F26B 15/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.11.2013** **PCT/CA2013/050880**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2014** **WO14075193**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2013** **E 13854802 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.06.2018** **EP 2920533**

54 Título: **Aparato y método para deshidratación usando radiación por microondas**

30 Prioridad:

16.11.2012 US 201261727563 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.10.2018

73 Titular/es:

NUWAVE RESEARCH INC. (100.0%)
4060 McConnell Drive
Burnaby BC V5A 3A8, CA

72 Inventor/es:

STROMOTICH, TERUMI;
BURGENER, PAUL y
STROMOTICH, GREG

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 688 125 T3

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

DESCRIPCIÓN

Aparato y método para deshidratación usando radiación por microondas

- 5 La presente divulgación se refiere a un aparato y métodos para deshidratación por microondas, y en particular a la deshidratación por microondas de materiales orgánicos y biológicos sensibles a la temperatura.

La deshidratación de diversos materiales por exposición a radiación por microondas a presiones atmosféricas reducidas se ha estudiado bien. Véase, por ejemplo, M. Zhang et al, "Trends in Microwave Related Drying of Fruits and Vegetables", Trends in Food Science & Technology, 17 (2006), 524-534. En general, una reducción en la presión atmosférica reduce tanto el punto de cocción del agua como el contenido de oxígeno de la atmósfera. Los procesos de deshidratación por microondas de vacío, VMD, pueden por tanto permitir que ocurra la deshidratación en la ausencia o reducción de oxígeno, y sin exponer el material que se deshidrata a temperaturas significativamente elevadas, produciendo así productos secados que pueden tener mejores cualidades físicas, organolépticas y/o químicas en comparación con productos secados obtenidos usando otros procesos de deshidratación conocidos como convección de aire caliente o secado por congelación. Los procesos VMD pueden ser también relativamente rápidos y ahorrar energía en comparación con muchos otros procesos de deshidratación. Los materiales sensibles a la temperatura y/u oxígeno del tipo que se conocen como dispuestos a secarse por VMD incluyen, pero sin limitarse a, productos alimentarios como frutas, verduras, bayas, hierbas, carnes, pescado, marisco, productos lácteos, comidas preparadas, semillas, granos, raíces y tubérculos, así como una gran variedad de productos de pienso agrícolas, productos farmacéuticos y nutracéuticos, suplementos dietéticos, compuestos orgánicos sintéticos y similares.

Tal como se conoce bien, la VMD puede llevarse a cabo como un lote o proceso continuo, y un aparato VMD típico comprenderá al menos una cámara de vacío (en la que un material de entrada se deshidrata en un producto final), una fuente de radiación por microondas, y equipo de detección asociado (por ejemplo, detectores infrarrojos) y equipo de control (por ejemplo, un controlador lógico programable, "PLC") para supervisar el estado del producto durante el procedimiento de deshidratación y hacer ajustes deseados o necesarios. Por ejemplo, tal supervisión puede incluir supervisar la temperatura superficial del material (como usando detección de infrarrojos) o textura superficial (por ejemplo, arrugas). En procesos VMD continuos, el aparato comprenderá además normalmente medios de entrada y salida como cámara estancas que permiten que el material de entrada y el producto final entren y salgan de la cámara de vacío, respectivamente, sin alterar el nivel de vacío, y un medio de transporte (por ejemplo, una cinta transportadora convencional) para transportar el material por la cámara de vacío entre los extremos de entrada y salida.

Se ha establecido generalmente en relación con procesos VMD conocidos que una resistencia de campo de microondas mayor tendrá un efector superior (medido sobre todo el ciclo de secado) al incrementar el índice de deshidratación que un vacío más profundo. Un enfoque primario de la ingeniería de proceso y aparato VMD del estado actual de la técnica ha sido por consiguiente maximizar la intensidad de radiación por microondas que puede aplicarse al material que se seca.

Al mantener los objetivos generales de maximizar la intensidad de campo de microondas controlando a la vez la ganancia de temperatura del material que se seca, los emisores de microondas (por ejemplo, magnetrones) de los aparatos VMD actuales se ubican normalmente fuera del vacío, o la cámara de irradiación donde pueden operarse en condiciones atmosféricas (y protegerse de las condiciones dentro de la cámara). La radiación por microondas generada por los emisores entra en la cámara de vacío a través de una o más ventanas transparentes a las microondas normalmente tras transportarse mediante una o más guías de onda. Diversas guías de onda de microondas se conocen en la técnica. Las guías de onda dieléctricas sin gas incluyen tipos de micro línea conductora, coaxial y línea conductora. Sin embargo, tales guías de onda dieléctricas convierten algo de su energía en calor (es decir, son "disipativas"), y normalmente provocan que los campos de microondas se establezcan en las superficies exteriores de la guía de onda. Para la mayoría de aplicaciones de microondas, esto termina en la radiación por microondas interactuando con cualquier cosa que esté cerca de la guía de onda dieléctrica. Por estos motivos, las guías de onda usadas para transportar microondas desde el emisor a la cámara de irradiación también se mantienen generalmente fuera de la cámara. Tal colocación sirve para reducir la aparición de ondas estancadas de alta tensión provocadas por reflexión de microondas, que pueden conducir a la formación de arco eléctrico dentro de la guía de onda. Por tanto, en aparatos y métodos de deshidratación por microondas conocidos, el material a deshidratar se somete generalmente a radiación por microondas en la región de campo lejano.

En general, tal como se conoce en la técnica, la densidad de potencia en la región de campo lejano electromagnética se reduce como el cuadrado de la distancia desde la fuente. Sin embargo, dentro de la región de campo cercano (es decir, una distancia que está dentro de aproximadamente una longitud de onda de la radiación electromagnética, pero posiblemente extendiéndose lejos como para incluir una zona de transición que termina dentro de aproximadamente dos longitudes de onda), unos campos electromagnéticos muy altos que no disminuyen como el cuadrado de la distancia pueden ocurrir. Esto permite desarrollar resistencias de campo relativamente altas dentro de la región de campo cercano.

Existe una necesidad de un aparato mejorado y/o un método para deshidratar materiales, tales como productos alimentarios y similares, usando radiación por microondas que supera al menos una de las deficiencias conocidas en la técnica.

5 El documento EP-A1-1935485, en el que se basa la porción precaracterizadora de la reivindicación 1, divulga un vaso de reacción para un sistema de calentamiento de microondas en el que el vaso de reacción a montar en una guía de onda de microondas se proporciona con una manera de ajustar su impedancia para permitir la coincidencia de carga entre la cámara de reacción y la guía de onda.

10 El artículo "A 2450-MHz Slab-Loaded Direct Contact Applicator with Choke" de Gideon Kantor et al, IIE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. MTT-28, No. 12, diciembre de 1980, p1418-1422, divulga un aplicador de diatermia de microondas de contacto directo que incluye dos losas de Teflón en la guía de onda y un obturador de microondas alrededor de la rendija del aplicador para lograr excitación de modo TEM en la rendija dando patrones de calentamiento que son más uniformes.

15 En un aspecto, la invención proporciona un aparato y método mejorado para vaporizar una sustancia dieléctrica vaporizable desde un material usando aplicación de radiación electromagnética en el intervalo de campo cercano como se define en las reivindicaciones 1 y 14. En un ejemplo, la sustancia es agua y el aparato y método comprende la aplicación de radiación por microondas al material. El material puede ser material orgánico o inorgánico, incluyendo frutas y verduras o extractos de las mismas. En una realización preferente, la irradiación se realiza en condiciones de vacío.

20 En otro aspecto, la invención proporciona un sistema que comprende una pluralidad de aparatos descritos en el documento, y en el que el material se trata secuencialmente en las mismas condiciones de irradiación o diferentes.

25 **Breve descripción de los dibujos**

Para un entendimiento más completo de la naturaleza y ventajas de la materia objeto divulgada, así como el modo preferente de uso de la misma, se debería hacer referencia a la siguiente descripción detallada, leída junto con los dibujos adjuntos. En los siguientes dibujos, los mismos números de referencia indican partes o etapas iguales o similares.

35 La figura 1 es una vista en perspectiva lateral de un aparato de deshidratación por microondas según una realización de la materia objeto divulgada.

La figura 2a es una vista en perspectiva lateral de la realización de la figura 1 sin una unidad de alimentación de entrada o una unidad de alimentación de salida.

40 La figura 2b es una vista en perspectiva frontal de la realización de la figura 2a.

La figura 3 es una vista en perspectiva del conjunto de bandeja transportadora de la realización de la figura 1.

La figura 4 es una vista en perspectiva de la pluralidad de fuentes de microondas de la realización de la figura 1.

45 La figura 5 es una vista en perspectiva ampliada de una única fuente de microondas de la realización de la figura 1.

50 La figura 6 es una vista en perspectiva ampliada de un único conjunto de guía de onda dieléctrica sin gas según una realización alternativa de la materia objeto divulgada.

La figura 7 es una vista en perspectiva ampliada de un único conjunto de guía de onda dieléctrica sin gas según una realización alternativa adicional de la materia objeto divulgada.

55 La figura 8 es una vista en perspectiva ampliada de un único conjunto de guía de onda dieléctrica sin gas según una realización alternativa adicional de la materia objeto divulgada.

La figura 9 es una vista en perspectiva ampliada de un único conjunto de guía de onda dieléctrica sin gas según una realización alternativa adicional de la materia objeto divulgada.

60 **Descripción detallada de una realización específica**

A través de la descripción que sigue y los dibujos, en los que las partes similares y correspondientes se identifican por los mismos números de referencia, los detalles específicos se exponen para proporcionar un entendimiento más completo de la materia objeto actualmente divulgada para los expertos en la materia. Sin embargo, los elementos bien conocidos pueden no mostrarse o describirse en detalle para evitar oscurecer innecesariamente la divulgación. Por consiguiente, la descripción y los dibujos han de considerarse en un sentido ilustrativo en vez de restrictivo.

En la presente descripción, se hará referencia a los términos "cámara de irradiación" y "cámara de vacío". El término "cámara de irradiación" se entenderá como comprendiendo una cámara en la que la radiación electromagnética, preferentemente microondas, se aplican a un material para realizar deshidratación o retirada de un componente vaporizable del material. En casos donde tal irradiación se realiza bajo un vacío, el término "cámara de vacío" puede usarse para referirse a la cámara de irradiación. En algunas realizaciones, la cámara de irradiación puede presurizarse a una presión mayor que la presión atmosférica. En otras realizaciones, no se aplica presión ni vacío a la cámara de irradiación. Como se analiza a continuación adicionalmente, debido a la manera en que la energía electromagnética se transmite al material a tratar, muy poca filtración, si es que ocurre, de radiación electromagnética escapa del material. En consecuencia, la cámara de irradiación no requeriría ninguna protección o similar, en cuyo caso el término "cámara de irradiación" se entenderá como "zona de irradiación" o "región de irradiación" ya que un cerramiento discreto no sería necesario. Por tanto, tal y como se usa en el presente documento, el término "cámara" no implica necesariamente un cerramiento completo.

La siguiente descripción se dirige principalmente a la retirada de agua, o deshidratación, de un material de alimentación dado. Tal deshidratación se realiza preferentemente usando radiación electromagnética, preferentemente radiación por microondas. Como se apreciará por un experto en la materia, el aparato y método descritos aquí pueden usarse para retirar cualquier sustancia vaporizable.

Además, aunque la presente descripción se dirige principalmente a la retirada de una sustancia vaporizable, el aparato y método de la invención también pueden usarse para simplemente calentar un material y/o esterilizar el mismo. Por ejemplo, En un aspecto, un material que contiene agua, tal como madera y similares, puede procesarse con el aparato o método de la invención para calentar pero no vaporizar el agua contenida en su interior. En tal caso, el material que se trata puede someterse a una presión mayor que la presión atmosférica, por lo que la vaporización de agua se inhibe o evita. La temperatura del material puede entonces elevarse a la temperatura de esterilización deseada, que puede mantenerse durante un periodo de tiempo deseado.

En un aspecto, como se describe en la presente divulgación, la invención proporciona un aparato y método que utiliza una guía de onda dieléctrica sin gas, para suministrar radiación por microondas con el fin de deshidratar materiales (en particular materiales orgánicos, tal como materiales orgánicos y biológicos sensibles a la temperatura, incluyendo frutas y verduras). En un aspecto, la invención comprende el suministro de campo cercano de radiación por microondas a los materiales a deshidratar. Esto se facilita por el uso de una o más guías de onda, que permiten confinar la radiación por microondas a la guía de onda y el espacio circundante hasta el punto de uso, donde el material que se deshidrata se coloca en o dentro de la región de campo cercano circundante. Sin limitarse a ninguna teoría particular, se cree que la exposición a radiación por microondas en tal proximidad termina en un acoplamiento evanescente de la radiación electromagnética emitida por la guía de onda (actuando como una fuente) y el material (actuando como un receptor).

Al colocar el material a deshidratar dentro de un campo cercano de una guía de onda dieléctrica, un campo de alta potencia puede llevarse a la superficie de la guía de onda dieléctrica y usarse para envolver el material en niveles de campo altos sin experimentar una reflexión o transmisión significativa de la radiación por microondas dentro de una cámara de irradiación, como ocurriría cuando un haz de microondas en espacio libre (es decir, radiación de campo lejano) golpea el material de deshidratación que ha alcanzado un estado de bajo contenido de humedad y se vuelve un mal absorbente de la radiación por microondas. Tal como se conoce en la técnica, cuando el contenido de humedad de un material disminuye, generalmente se vuelve menos disipativo, haciendo que sea cada vez más difícil disipar suficiente potencia a través del material y se vuelve necesario rodear el material con un campo de alta resistencia. Al irradiar el material dentro de una región de campo cercano, el campo electromagnético puede concentrarse en o cerca de la superficie de la guía de onda y dentro del material a deshidratar. Por el contrario, en una guía de onda llena de gas que se transmite a través de espacio libre, el campo eléctrico necesita incrementarse para pasar más corriente a través de la impedancia del material a deshidratar, y el incremento en tensión puede conducir a formación de arco eléctrico.

En los aparatos y procesos VMD del estado de la técnica actual, un vacío y condiciones de vapor de agua dentro de la cámara de vacío pueden crear preocupaciones de ionización de microondas. La formación de arco eléctrico puede ocurrir cuando las microondas transitan a la cámara de vacío, y/o desde reflexiones y efectos de borde dentro de la cámara, provocando establecer campos de alta tensión e ionizar el vapor de agua en la cámara (y terminando en arcos de ruptura o descarga que pueden dañar el aparato y/o el material a deshidratar). Por el contrario, la guía de onda dieléctrica sin gas según un aspecto de la presente divulgación acopla la radiación por microondas al material en el campo cercano, de manera que el material actúa similar a un defecto disipativo en la superficie de la guía de onda, evitando así la generación de condiciones de campo lejano de alta tensión. Limitar al menos parte de la radiación por microondas a una operación de espacio no libre en la guía de onda reduce así la ionización y ruptura.

Con guías de onda con una constante dieléctrica alta, las microondas se contienen mayormente dentro del material dieléctrico. Cuando se desea tener las microondas dirigidas a una superficie adyacente al material a deshidratar, una transición a un material de constante dieléctrica menor puede usarse o el material dieléctrico puede adelgazarse. Esto proporciona flexibilidad de diseño sin crear campos de microondas de alta potencia que se propagan por el espacio libre de la cámara de vacío. Para mejorar más las elecciones de diseño, unos patrones altamente

conductores o metálicos pueden aplicarse en o dentro del material dieléctrico, permitiendo así que las microondas viajen dentro del dieléctrico y los conductores.

Como se ha dicho antes, las ondas de guía de la invención permiten que las microondas viajen a lo largo de ellas hasta que se disipan en un material disipativo. Esta característica proporciona un mecanismo para suministrar potencia de microondas directamente al material a deshidratar, es decir, dentro de la región de campo cercano, y no solo para reflejar aleatoriamente las superficies en una cámara de irradiación, como ocurriría cuando un haz de espacio libre de radiación por microondas se usa para irradiar un área particular en la cámara. En una realización, el material a deshidratar se separa en la guía de onda (o, por ejemplo, en una cinta transportadora que se ha configurado como una guía de onda dieléctrica). En dicha realización, la radiación por microondas continúa a lo largo de la guía de onda hasta que alcanza el material. En otra realización, el material puede proporcionarse en una cinta transportadora y la guía de onda puede incluir huecos, o unos espacios vacíos pueden estar presentes entre una serie de elementos de guía de onda individuales en un único aparato, que se dimensionan para permitir que continúe el acoplamiento de campo cercano con elementos de guía de onda adyacentes.

En algunas realizaciones, una guía de onda dieléctrica sin gas puede comprender un líquido, sólido o semi-sólido, o una suspensión. El uso de un material dieléctrico "fluido" como una guía de onda proporciona no solo una guía de onda para contención de microondas, sino también un mecanismo para cambiar las propiedades del dieléctrico en una condición de flujo continuo o detenido. Esto permite suministrar enfriamiento o calentamiento al material dieléctrico y, mediante conducción y radiación, también al material a deshidratar. Además del cambio de temperatura, las propiedades dieléctricas de la guía de onda pueden alterarse cambiando las propiedades del fluido y, haciendo que fluya a través de válvulas apropiadas, permitiendo que las propiedades dieléctricas coincidan más de cerca con las condiciones requeridas para proporcionar las condiciones necesarias para acoplar potencia al material de deshidratación cuando cambian sus propiedades de absorción electromagnética. Las propiedades dieléctricas de la guía de onda pueden alterarse mediante el cambio de composición química, adición o retirada de partículas suspendidas tal como partículas de metal y carbono, coloides, materiales fundidos, geles y lechadas, y similares. En algunas realizaciones, las propiedades dieléctricas cambiantes del material a calentar y deshidratar pueden utilizarse por sí mismas en el cálculo y/o control de los materiales y propiedades de guía de onda dieléctricas. Adicionalmente, al alterar las propiedades dieléctricas de la guía de onda dieléctrica sin gas, la longitud de onda de las microondas puede alterarse para acoplarse mejor al material a deshidratar, y para hacer coincidir la carga de material con la salida del generador de microondas sin requerir ajuste de la frecuencia operativa. Esto permite utilizar fuentes de microondas de magnetron de alta potencia y bajo coste en lugar de fuentes de microondas de coste mayor y frecuencia variable.

una guía de onda dieléctrica sin gas según un aspecto de la presente invención puede moldearse para actuar no solo como una guía de onda, sino también como una lente de microondas. Unas lentes de refracción pueden formarse de maneras conocidas para los expertos en la materia para concentrar radiación por microondas en una ubicación o plano determinado. Estas lentes pueden ser superficies sólidas como lentes ópticas cóncavas y convexas o pueden proporcionar enfoque mediante lentes moldeadas de Fresnel. Un patrón de material conductor también puede aplicarse a o insertarse en, el material dieléctrico para formar lentes. Estas técnicas limitan las microondas a materiales dieléctricos que evitan o reducen el desarrollo de altas tensiones de espacio libre y formación de arco eléctrico en un entorno de vacío.

En otras realizaciones adicionales, una guía de onda dieléctrica sin gas puede comprender capas múltiples de materiales dieléctricos para afectar a las propiedades dieléctricas y de guía de onda. Unas capas alternas de materiales conductores y materiales dieléctricos también pueden usarse. Normalmente, la atmósfera reducida o vacío dentro de un aparato VMD proporciona una alta diferencia de potencial entre el espacio libre y la guía de onda dieléctrica, que tiende a ayudar en la contención de la radiación de microondas dentro del material de guía de onda dieléctrica. Sin embargo, si la guía de onda necesita pasar cerca de alguna ubicación donde la potencia pasaría a otro componente, entonces una capa de material puede añadirse a la guía de onda para proporcionar un índice de refracción o propiedad de reflexión diferente.

De manera similar, las guías de onda dieléctricas sin gas con diferentes propiedades de pérdida en diferentes ubicaciones pueden usarse. Tales guías de onda permiten que la radiación por microondas actúe como un mecanismo para calentar el material de guía de onda y proporcionar calentamiento conductivo y de radiación del material de deshidratación cuando descansa en o cerca de la guía de onda dieléctrica. Unos susceptores pueden utilizarse en calentamiento de microondas de espacio libre, pero esto requiere una fabricación más compleja y es sensible a la estabilidad mecánica del susceptor cerca del material. La absorción de microondas por susceptores también depende de la trayectoria de microondas dentro de una cámara y la forma del susceptor respecto al plano de la microonda. Cuando unos agitadores e incluso diferentes formas y carga de material de deshidratación están presentes en una cámara, la distribución de microondas internas cambia. Con una guía de onda dieléctrica que incorpora un material dieléctrico disipativo, la radiación por microondas se suministra y coincide con la guía de onda cuando la guía de onda limita la radiación por microondas a una trayectoria definida. La potencia promedia puede disminuir debido a una pérdida en el material de deshidratación, pero las características de onda permanecen iguales cuando la onda viaja a lo largo de la guía de onda dieléctrica. Esta característica también permite la incorporación de terminación apropiada de la guía de onda por lo que ningún reflejo ni onda estancada se genera en

la guía de onda, lo que es importante al evitar que unos nodos de alta tensión se desarrollen en espacio libre que puede conducir a la formación de arco eléctrico dentro de un entorno de vacío.

Una guía de onda dieléctrica sin gas puede comprender además diferentes características de superficie. Unos patrones de bordes afilados como puntas estrechas, triángulos, rebordes, etc., pueden añadirse a la superficie de la guía de onda y así cambiar las intensidades de campo local. Unos bordes o puntas afiladas pueden aumentar la resistencia de campo dentro de una distancia muy corta y que pueden ser beneficiosos al intentar crear un campo fuerte en materiales de deshidratación pequeños como una única baya en un transportador. El uso de la guía de onda dieléctrica en el campo cercano permite el diseño de la superficie, que ayuda a suministrar la potencia de microondas al material sin afectar a la vez a la creación de puntos de descarga de alta tensión. El diseño de campo cercano sería de no propagación en espacio libre.

En otros aspectos de la materia objeto divulgada actualmente, la radiación electromagnética (por ejemplo, microondas) se acopla de forma evanescente al material a calentar o deshidratar, y la magnitud de la radiación electromagnética no acoplada dentro del aparato se detecta usando antenas tal como cuernos, guías de onda ranuradas, parches y líneas de conducción para recoger las microondas sin absorber que han pasado por el material a deshidratar. Las antenas suministran un circuito de microondas que detecta fase o intensidad y envía una tensión al controlador usando principios como se enseña en, por ejemplo, las patentes de Estados Unidos con n.º 1.781.296 y 1.961.416. Los dispositivos comerciales como Hydronix Hydro-Probe™ pueden utilizarse como un sensor de humedad de microondas autocontenido y usarse para cuantificar el valor dieléctrico actual del material a acoplar. En combinación con los resultados de un sensor térmico, el nivel de humedad actual del material puede así determinarse. Esta información a su vez puede usarse para controlar la potencia, fase, propiedad dieléctrica y/o frecuencia del emisor de microondas, y/o el nivel de vacío en la cámara de vacío, de manera que maximiza la eficacia de vaporización y minimiza el riesgo de desbordamiento térmico, carbonización o aplicación de exceso de radiación y daños en el material a deshidratar. Una pluralidad de tales sensores y emisores pueden emplearse a lo largo de una trayectoria por la que viaja el material a deshidratar mediante el aparato, y la aplicación de energía y temperatura puede controlarse así a través del proceso de deshidratación. Tales configuraciones permiten enviar las mediciones dieléctricas y mediciones térmicas del producto cuando se transporta a través del aparato hasta un controlador lógico programable, o PLC, y terminan en la utilización del perfil dieléctrico del material a deshidratar en el control del proceso de deshidratación.

Es bien sabido que el contenido de humedad cambiará la constante dieléctrica y que la medición del contenido dieléctrico de un producto a deshidratar puede usarse para determinar el progreso de la deshidratación. Sin embargo, para que el control de la potencia de microondas mantenga una temperatura interna del material a deshidratar, es necesario predeterminedir las constantes dieléctricas del producto a procesar antes de entrar en el aparato VMD. Esto requiere mediciones del producto a niveles variables de deshidratación para crear un conjunto de datos de calibración que se envía al PLC de control u ordenadores para que estos mantengan la presión de vacío y la potencia de microondas aplicada y/o la frecuencia en los niveles deseados para cada fase del proceso de deshidratación. El procesamiento óptimo requiere datos específicos de producto ya que las mediciones dieléctricas también se ven afectadas por otros factores físicos y químicos, tal como el contenido de sal, el tamaño de las partículas y la densidad de empaquetado. El enfoque descrito en relación con algunas realizaciones de la materia objeto actualmente divulgada en este caso se diferencia de los intentos anteriores de usar constante dieléctrica para medir humedad en que la constante dieléctrica del actual material a procesar se pre-mide de la misma forma que entrará en el aparato VMD, de manera que la medición VMD de la constante dieléctrica se calibrará al estado actual de deshidratación.

En realizaciones donde los emisores de microondas internas se incorporan a lo largo de la superficie usada para transportar el material a deshidratar, unas capacidades de detección y control son especialmente importantes. La capacidad de determinar, con por ejemplo circuitería incrustada, las características dieléctricas del material cuando pasa sobre un emisor permite que las microondas emitidas se ajusten en una operación optimizada para esa parte particular de material en ese lugar y momento particular. Una agrupación de emisores con circuitería de detección y control puede entonces adaptarse a cualquier pieza de material cuando pasa por cada elemento emisor de la agrupación. En una realización preferente, la circuitería de detección puede incorporarse en los emisores y usar señales derivadas desde un reflejo parcial de las microondas usándose para calentar el material a deshidratar. El uso de emisores de estado sólido de baja potencia en una agrupación de paneles de cientos de emisores proporciona así una cobertura completa del material a deshidratar y puede aún suministrar la misma potencia total de módulos únicos de generadores de potencia más alta. El uso de guías de onda dieléctricas pequeñas y lentes protegerá así los emisores y circuitería que operan dentro del vaso de vacío, mientras se suministran microondas a todas las superficies transportadoras.

En otros modos de realización adicionales, si se desea deshidratar materiales son aprovecharse del punto de ebullición más bajo que se proporciona por condiciones atmosféricas reducidas, unos gases sin oxígeno pueden utilizarse para proporcionar una atmósfera que no es oxidante, permitiendo así deshidratar materiales sensibles al oxígeno a presiones atmosféricas y por encima. El uso de una guía de onda dieléctrica sin gas (y cualquier sustrato, tal como lentes, etc.) aún es ventajoso cuando se utiliza en condiciones de no vacío donde la atmósfera existente podría de lo contrario ionizar y conducir a formación de arco eléctrico.

Las Figuras adjuntas aquí ilustran una realización de un aparato de deshidratación de microondas de la invención, que comprende una única cámara de vacío con un suministro continuo de material a deshidratar. En la realización ilustrada, el aparato incluye guías de onda, como se describe en el presente documento, para dirigir radiación de microondas hacia materiales a deshidratar. Aunque las figuras ilustran una realización preferente de la invención que comprende un aparato y método que utilizan un medio de transporte (como una cinta transportadora) para tratar material en un proceso continuo, se apreciará que la invención también puede practicarse en un formato por lotes. Además, aunque la realización ilustrada ilustra una cámara de irradiación, se entenderá que múltiples cámaras pueden también proporcionarse en otras realizaciones. Tales múltiples cámaras no necesitan ser cámaras de vacío. Otras diversas realizaciones serían aparentes para expertos en la materia a la vista de la enseñanza de la presente divulgación.

Un aparato de deshidratación según una realización de la invención se ilustra generalmente en 10 en la figura 1. El aparato 10 comprende una unidad de procesamiento 12 en la que un material a deshidratar puede deshidratarse por exposición a radiación por microondas para producir un producto deshidratado. El aparato de deshidratación 10 incluye una unidad de alimentación de entrada 14 y una unidad de alimentación de salida 16 para permitir la entrada de materiales en bruto en la unidad de procesamiento 12 a través de la válvula de entrada 18, y la salida de materiales deshidratados desde la unidad de procesamiento 12 a través de la válvula de salida 20. La unidad de alimentación de entrada 14 y la unidad de alimentación de salida 16 pueden ser de cualquier diseño o construcción conocida como se conocería en la técnica de manipulación de material. En una realización preferente, la unidad de procesamiento 12 comprende una cámara de irradiación que se mantiene en una condición de vacío. En dicha realización, la unidad de alimentación de entrada 14 y la unidad de alimentación de salida 16 se entenderían como adaptadas para mantener una condición atmosférica deseada (por ejemplo, vacío) dentro de la unidad de procesamiento 12 del aparato 10. Unos soportes de brida 22 se proporcionan en cada extremo de la unidad de procesamiento 12 para la conexión sellada con la unidad de alimentación de entrada 14 y la unidad de alimentación de salida 16, y para montarse en un armazón de soporte (no mostrado).

La unidad de alimentación de entrada 14 y la unidad de alimentación de salida 16 se ilustran en la figura 1 como una serie de válvulas separadas por cámaras estancas, pero la selección e implementación de otros tipos de unidades de alimentación de entrada y salida convencionales que son capaces de mantener un diferencial de presión dentro de la unidad de procesamiento 12 mientras se permite la entrada y salida de materiales y productos estaría dentro de la habilidad ordinaria de los expertos en la materia. En la realización ilustrada, una única unidad de procesamiento 12 se sujeta entre la unidad de alimentación de entrada 14 y la unidad de alimentación de salida 16; sin embargo, se debe entender que, en otras realizaciones, una pluralidad de unidades de procesamiento 12 pueden acoplarse juntas en una disposición de extremo a extremo, bien directamente mediante soportes de brida 22 o mediante una o más unidades de alimentación de entrada 14 y/o unidades de alimentación de salida 16 intermedias. En dicha realización, el material a tratar estaría por tanto sometido a una serie de tratamientos de deshidratación donde se considere necesario. Como se entenderá, la necesidad de las unidades de procesamiento 12 adicionales dependería, por ejemplo, de la naturaleza del material a deshidratar. Es decir, algunos materiales pueden requerir más deshidratación que otros. También se debe entender que, en otras realizaciones, la longitud de la unidad de procesamiento 12 puede variar para someter el material a cualquier tiempo de exposición de microondas deseado.

En la realización ilustrada, la unidad de procesamiento 12 comprende una cámara de vacío 24, al menos una fuente de microondas 26, y al menos un puerto 28 configurado para conectarse a un generador de vacío convencional (no mostrado) y para retirar humedad de la cámara de vacío 24. En la realización de la figura 1, diez fuentes de microondas 26 y tres puertos 28 se ilustran. Sin embargo, se entenderá que cualquier número de fuentes de microondas 26 o puertos 28 pueden proporcionarse y que tales números dependerían, por ejemplo, de la longitud de la unidad de procesamiento 12.

En realizaciones de la invención donde se aplica un vacío, tal vacío puede generarse por cualquier medio conocido como con una bomba y condensador convencionales, tal como se muestra en 37 en la figura 2b. Tal como se conoce en la técnica, condensar el agua dentro de la cámara de vacío, colocando el condensador dentro de la cámara de vacío/irradiación, aumenta la eficacia del vacío. Sin embargo, esto también presenta dos problemas, concretamente, (i) el agua condensada puede absorber las microondas en la cámara y así disminuir el campo de microondas eficaz dentro de la cámara y (ii) unas ubicaciones de formación de arco eléctrico pueden crearse en los bordes del condensador. Según realizaciones de la invención, el condensador puede ubicarse fuera de la cámara de vacío o dentro. Si se ubica fuera de la cámara, y tiene así cualquier condensación de agua externamente a la cámara, los anteriores problemas se aliviarían. Sin embargo, incluso si el condensador 37 se ubica dentro de la cámara, por los motivos antes analizados, los problemas antes mencionados se mitigarían ya que la invención implica la aplicación de microondas en el intervalo de campo cercano. Es decir, las microondas aplicadas se absorberían principalmente por el material a deshidratar y, por lo tanto, una cantidad mínima de radiación estaría disponible para la absorción por el agua condensada. A pesar de todo, para mitigar más contra tal absorción de microondas, una protección o pantalla de radiación adecuada (es decir, microondas), no mostrada, puede proporcionarse en una ubicación sobre el condensador y una piscina de agua condensada (no mostrada), y bajo las guías de onda 42. De esta manera, incluso en caso de escape de algo de radiación por microondas tras aplicarse al material, tales ondas escapadas no podrían alcanzar el condensador o la piscina de agua condensada.

En otras realizaciones de la invención, una protección o pantalla 32 de radiación (es decir, microondas) puede proporcionarse a una distancia sobre el transportador 46. Tal pantalla 32 sirve para contener el reflejo de cualquier radiación escapada. Sin embargo, se entenderá que una pantalla como se muestra en 32, aunque tiene ciertas ventajas (es decir, contener las microondas), también puede terminar en ciertos efectos perjudiciales si no se gestiona. Por ejemplo, la concentración de microondas dentro de la región justo sobre el transportador puede terminar en la formación de zonas calientes, que a su vez podría terminar quemando el material a deshidratar.

Colocar el condensador 37 dentro de la cámara de vacío 24 pero fuera del vaso de contención de microondas 30 (para aislar el condensador de la radiación por microondas) mejora la condensación y reducción en la carga de vacío del aparato 10. En diversos aparatos VMD conocidos en la técnica, los condensadores se contienen dentro de la cámara de vacío pero no se proporciona aislar el agua condensada frente a otra exposición a microondas. Como resultado, los aparatos VMD conocidos permiten reciclar el agua del condensador en vapor y luego condensarla de nuevo. Este proceso de revaporización y recondensación disminuye la eficacia del aparato VMD. Por el contrario, de acuerdo con una realización de la presente invención, al emplear un vaso de contención de microondas 30 para aislar el condensador de la radiación por microondas mientras se permite que el condensador esté en proximidad cercana al evento de vaporización, se mejora la eficacia. En otras realizaciones, el vapor de humedad puede retirarse a través de la incorporación de ionómeros (como membranas Nation™ fabricadas por PermaPure™) dentro de la cámara de vacío 24 para combinarse iónicamente con humedad y permitir transferir el vapor directamente a tubos que conducen al condensador sin afectar a la presión de vacío.

Como se ve mejor en las figuras 4 y 5, en una realización de la invención, cada fuente de microondas 26 comprende un emisor de microondas 38 acoplado, por al menos una transición dieléctrica convencional 40, a al menos una guía de onda dieléctrica sin gas 42 y un sustrato, preferentemente un sustrato dieléctrico, 44. El sustrato 44 comprendería preferentemente una lente o aplicador de microondas. Las dimensiones de la lente 44 pueden calcularse basándose en los valores U (permitividad del medio relativa al aire) y Er (constante dieléctrica del medio relativa al aire) del material dieléctrico desde el que la guía de onda 42 y la lente 44 se construyen. Por ejemplo, basándose en los valores U y Er de la guía de onda 42 y lente 44 y usando fórmulas conocidas, como se enseña en el documento US 8.299.408, un experto en la materia sería capaz de construir una guía de onda 42 que soporta cualquier modo de transmisión electromagnético deseado (es decir, microonda), así como un sustrato (lente) 44 que dispersa radiación por microondas. El documento US 1.031.908 también enseña la fabricación de lentes dieléctricas y antenas.

El aparato mostrado en las figuras también incluye un transportador 46, en el que el material a deshidratar se transporta por la unidad de procesamiento 12. El transportador 46 puede construirse de forma similar de un material dieléctrico, y se dimensiona (en relación con sus valores U y Er) de manera que la radiación electromagnética no puede propagarse por el transportador 46 en regiones donde el transportador 46 no está en proximidad cercana a una lente 44. Por tanto, cada fuente de microondas 26 proporciona una zona definida para suministrar energía de microondas al material a deshidratar. En una realización preferente, la radiación por microondas se suministra al material en la región de campo cercano. Como se apreciará por un experto en la materia, en tal región, el acoplamiento evanescente de la energía de microondas al material a deshidratar ocurre.

En una realización, el propio transportador 46 puede comprender la lente antes mencionada. Es decir, la cinta transportadora 46 puede comprender un material dieléctrico que permite que actúe como el sustrato o lente 44 antes mencionados. En tal caso, se entenderá que una lente 44 separada no se necesitaría para el aparato. Unos materiales adecuados para la cinta 46, particularmente para actuar como una lente, incluirían polietileno de alta densidad (HDPE).

Al menos un sensor de RF 48 y un sensor térmico 50 se proporcionan en el aparato de la invención. En una realización preferente, al menos un sensor de RF 48 y al menos un sensor térmico 50 se proporcionan en proximidad cercana a cada zona de acoplamiento de campo cercano. Las lecturas de los sensores 48 y 50 se devuelven a un PLC (no mostrado) programado para el control adecuado de la salida de generadores de microondas 26 y/o el generador de vacío convencional. Los sensores de RF y térmicos pueden ser cualquier sensor como se conoce en la técnica.

En la realización ilustrada, la guía de onda dieléctrica 42 comprende una antena ranurada 52 (véase la figura 5). La disposición de ranuras 54 se selecciona para proporcionar incluso transmisión de radiación desde la guía de onda 42 al sustrato, o lente o aplicador, 44. El tamaño, ubicación y distribución de ranuras 54 puede, en consecuencia, determinarse según los valores U y Er del material dieléctrico a utilizar, y por la frecuencia de la radiación electromagnética a transmitir.

La relación entre la intensidad de radiación por microondas generada por cualquier generador de microondas 26 determinado y la radiación por microondas detectada por un sensor de RF 48 correspondiente se utiliza, junto con las propiedades térmicas actuales del material a deshidratar (como se detecta, por ejemplo, por un sensor térmico 50 correspondiente), para calcular el nivel de humedad actual del producto a deshidratar, así como el riesgo relativo de desbordamiento térmico.

Unos bucles eléctricamente pequeños, aquellos cuya longitud de conductor total es pequeña (normalmente 1/10 de la longitud de onda en espacio libre) en comparación con la longitud de onda en espacio libre, son las antenas de recepción más frecuentes usadas como sondas con mediciones de resistencia de campo. Cuando un bucle eléctricamente pequeño se usa como una antena de recepción, la tensión desarrollada en sus terminales de circuito abierto V es proporcional al componente de la densidad B de flujo magnético incidente normal al plano del bucle: $V = \omega j N A B$, en el que el campo incidente se asume como uniforme sobre el área del bucle. Esta simple relación entre V y B hace útil el bucle pequeño como una sonda para medir la densidad de flujo magnético, donde: N = número de vueltas y A = área del bucle

10 Los bucles pequeños se construyen de cable coaxial con el conductor interno de vuelta al principio y unido a la protección exterior que permite fabricar sondas baratas de forma barata y ubicarse fácilmente en áreas de interés. La tensión desde la sonda se rectifica por un diodo y se mide con un medidor de tensión o se usa como una entrada de tensión de PLC.

15 Durante el funcionamiento en un aparato VMD según la realización ilustrada, un sensor, una vez instalado en la ubicación deseada, necesita calibrarse midiendo la salida de tensión sin producto a deshidratar presente en ajustes variables de potencia de microondas. Después el material a deshidratar se coloca bajo el sensor, normalmente parando la cinta transportadora, y las tensiones se miden en los mismos ajustes de potencia usados en la determinación de la respuesta de sensor sin material a deshidratar presente. Esto proporciona un conjunto de datos
20 que se corresponde con potencia suministrada y efectos dieléctricos del material a deshidratar. Al combinar esta calibración con el conjunto de datos anteriormente desarrollado desde mediciones del material a deshidratar y su constante dieléctrica en diferentes niveles de humedad, un algoritmo de control puede así suministrar potencia al material a deshidratar sin superar el requisito de calentamiento dieléctrico interno para un nivel deseado de humedad dentro del material en una fase particular del proceso de deshidratación. Para proporcionar una tensión adecuada
25 con fines de control, un pequeño nivel de potencia de exceso es necesario para permitir que la sonda detecte un nivel de microondas sobre el material a deshidratar. Sin embargo, al operar dentro del campo cercano de la guía de onda dieléctrica o sustrato, el campo de microondas sería en general evanescente y no se propagaría en el espacio libre y conduciría a preocupaciones de alta tensión desde ondas reflejadas dentro de la cámara de vacío.

30 Un algoritmo dentro del PLC usa las entradas desde los diversos sensores proporcionados en el aparato y controla el generador de microondas 26 para generar una cantidad apropiada de radiación por microondas, calculada para asegurar la conversión de la misma en energía latente de vaporización, y para asegurar que el material a deshidratar se deshidrata en condiciones deseadas. Los sensores que transmiten información al PLC incluirían normalmente sensores de campo, incluyendo sensores para medir intensidad de campo y/o frecuencia de onda, y sensores de
35 temperatura o calidad adaptados para medir parámetros del material. Por ejemplo, algunos ejemplos de los últimos sensores incluyen dispositivos de fibra óptica, como la sonda Ocean Optics OptoTemp 2000™, que no se ve afectada por microondas para mediciones de punto y contacto, o un sensor de infrarrojos (IR) como el sensor de temperatura Omega Infrared™ modelo OS35-3-MA-100C-24V, que proporcionaría una medición de temperatura sin contacto y medición de humedad del material usando una sonda de medición de microondas dieléctricas como la Hydronix Hydro-Probe II™. Ya que algo de energía de microondas puede absorberse por el sustrato (o lente) 44, la
40 guía de onda 42 y/o transportador 46, la energía total generada por el generador de microondas 26 no se transmite directamente al material a deshidratar.

45 Cuando el material a deshidratar pierde humedad, su valor dieléctrico disminuye en general, y el material se vuelve menos eficaz al transferir energía de microondas directamente a la energía de vaporización. La materia objeto actualmente divulgada también proporciona por tanto el uso de energía térmica acumulada en el material a secar, la guía de onda 42, el sustrato 44 y el transportador 46 para calentar el agua contenida dentro del material a secar de manera controlada y medida. Este enfoque permite que un experto en la materia controle la intensidad de energía suministrada al material a deshidratar mediante el sustrato 44 y/o el transportador 46, así como la velocidad a la que
50 se mueve el transportador 46, en una o más unidades de procesamiento 12 de manera que más o menos de las microondas generadas se aplican directamente a la vaporización o indirectamente (por transferencia térmica) a la vaporización.

Este enfoque también permite el control de la presión de vapor dentro de las unidades de procesamiento de
55 microondas 12 de manera que se permite que ocurra la vaporización a baja temperatura cuando el valor dieléctrico del material disminuye y progresa la deshidratación, y tiene los beneficios añadidos de mayor eficacia energética mientras se proporciona una reducción del riesgo de sobrecarga térmica del material a deshidratar. Como resultado, la formación de arco eléctrico (que puede terminar en eventos de carbonización en el material a deshidratar) se evita o reduce, y unos productos finales con cualidades físicas, organolépticas y/o químicas superiores pueden
60 producirse.

El índice de progreso a través de cada unidad de procesamiento 12 puede regularse por el algoritmo que opera dentro del PLC para asegurar que una reducción adecuada de humedad se logra antes de retirar el material de la unidad de alimentación de salida 16 final. Además, el índice de progreso desde las unidades de procesamiento 12
65 aisladas puede usarse para controlar el índice de vaporización en diferentes niveles de humedad de los productos a deshidratar. Ya que cada unidad de procesamiento 12 puede fabricarse con diferentes sustratos 44, transportadores

46 y guías de onda 42, el PLC puede además controlar el progreso de deshidratación para coincidir mejor con el proceso de deshidratación óptimo actual del material.

Las figuras 6 a 9 ilustran conjuntos de guía de onda alternativos según realizaciones de la materia objeto divulgada.

Variaciones y características adicionales

Se conoce que el secado por microondas al vacío (VMD) experimenta severos problemas con la formación de arco eléctrico y con calentamiento no uniforme del material a deshidratar. La formación de arco eléctrico surge de nodos de alta tensión que se desarrollan desde interferencia constructiva y destructiva de microondas, lo que crea grandes diferencias de tensión que conducen a ionización y formación de arco eléctrico. Otra razón para la formación de arco eléctrico se debe a estructuras resonantes que de nuevo desarrollan alta tensión e ionización. Las atmósferas a baja presión reducen la tensión necesaria para que ocurra la ionización, lo que aumenta el riesgo de ionización y formación de arco eléctrico. El diseño óptimo para transmisión de microondas eliminaría interferencia de ondas y retiraría estructuras resonantes. Operaría a altas presiones.

Otro problema en la deshidratación por microondas es el calentamiento no uniforme del material a deshidratar. Esto surge de diferentes áreas superficiales y espesores del material, lo que conduce a diferentes índices de difusión de agua desde dentro del material que alcanza la superficie y cambia a vapor. La energía debe suministrarse para proporcionar el calor requerido de vaporización a la humedad para permitir que cambie de estado. Esta energía puede suministrarse por convección, conducción o radiación. Las microondas son una forma de calentamiento por radiación. Sin embargo, para proporcionar calor al agua, las microondas deben absorberse y disiparse como calor en el material. Las físicas de disipación de microondas son bien conocidas, con tal disipación comprendiendo principalmente calentamiento dieléctrico (vibración de estructuras moleculares y atómicas) y calentamiento conductivo (calentamiento resistivo). Lograr el calentamiento por microondas depende de hacer que las microondas interactúen con el material a secar. Como se entenderá, las propiedades físicas y químicas del material afectarán a la manera en que se disipan las microondas. Por ejemplo, el material puede ser demasiado pequeño para interactuar significativamente con las microondas aplicadas o el material puede solo absorber parcialmente las microondas, es decir, el material puede reflejar o refractar las microondas. Además, el material puede tener propiedades que terminan en la conducción de las microondas, lo que puede crear campos magnéticos que protegen el material contra absorción adicional de microondas, o el material puede ser altamente absorbente para microondas, conduciendo a grandes flujos de corriente y sobrecalentamiento. Las combinaciones adicionales de tamaño, composición, frecuencia de microondas y el campo de microondas conducen a dificultades al proporcionar una cantidad de energía controlada y consistente que se disipa en el material a deshidratar.

En la presente divulgación, se enseña que los problemas experimentados con los presentes procesos VMD pueden superarse cambiando la manera en que las microondas se contienen y dirigen dentro del entorno de vacío. Actualmente, las microondas se contienen en guías de onda metálicas huecas y cámaras y se dirigen al material a deshidratar por materiales metálicos o altamente conductores de diversas formas geométricas de cuernos y ranuras y aberturas que permiten que las microondas viajen por el espacio libre o una ventana transparente a microondas en el material a deshidratar. Esto permite que las microondas desarrollen patrones de interferencia y condiciones resonantes que conducen a las dificultades antes descritas de formación de arco eléctrico y control de temperatura inconsistente en el material a deshidratar. Se ha establecido que si las microondas se contienen en una guía de onda, como una guía de onda dieléctrica sin gas, Mediante el uso de material dieléctrico que contiene las microondas, el efecto es uno de eliminar que ocurran recursos e interferencias dentro de la cámara de vacío. Como las atmósferas de alta presión reducen los problemas de ionización, un medio dieléctrico sin gas reduce los problemas de ionización. Las guías de onda dieléctricas contienen las microondas que permiten que las estructuras se usen que minimizan o contienen interferencias ya que el dieléctrico sin gas es una configuración estable que no varía el patrón de microondas aparte de en amplitud, con las cantidades cambiantes o propiedades físicas o químicas del material a deshidratar. La contención de los campos de microondas por la guía de onda dieléctrica retira reflejos y resonancias experimentadas cuando las microondas pueden reflejarse en superficies en la cámara de vacío. El uso de material dieléctrico sin gas puede combinarse con guías de onda llenas de gas o protección conductiva para permitir que la contención de microondas no interactúe con otros componentes cuando el material dieléctrico está cerca de otros objetos. Una característica de guías de onda dieléctricas es que las microondas en el campo cercano están presentes en la superficie y se extienden en espacio libre alrededor de la guía de onda dieléctrica. Este ha sido el principal problema en el pasado con el uso de guías de onda dieléctricas de microondas porque no interactúan con material que está dentro del campo cercano (normalmente menos de dos longitudes de onda de distancia). El uso de material de protección o una guía de onda metálica cuando el dieléctrico se debe ubicar cerca de otras estructuras elimina ese problema. Sin embargo, la superficie de campo cercano y onda de espacio libre combinadas permiten llevar las microondas al material a deshidratar sin permitir que se propaguen en el espacio libre de la cámara. El material a calentar o deshidratar cuando está dentro del campo cercano de la guía interactuará con las microondas y disipará la onda como calor. Eso significa que la guía de onda dieléctrica ha suministrado las microondas al material sin que ocurran problemas de alta tensión o reflejos y resonancia. Las guías de onda dieléctricas pueden fabricarse que permiten que todas las prácticas de guía de onda normales bien entendidas se utilicen. Unos divisores de potencia, acopladores, flexiones, Tubos en T y antenas pueden utilizarse.

Las líneas conductoras, coaxiales, guías cepilladoras, metálicas o dieléctricas hacen todas uso de propiedades dieléctricas para contener y utilizar microondas en estructuras y guías de onda de microondas llenas de no gas. Tal y como se enseña en el presente documento, estas mismas metodologías conocidas pueden ahora aplicarse a VMD ya que las propiedades dieléctricas permiten transiciones desde un uso de material dieléctrico y configuración a otro sin generar ionización en la atmósfera de vacío y pueden suministrar energía de microondas al material a deshidratar siempre y cuando el material esté dentro del campo cercano del material dieléctrico sin gas. Diferentes materiales dieléctricos pueden usarse para cambiar la longitud de onda de las microondas a una frecuencia particular tal que componentes de diferente tamaño del material a deshidratar podrán acoplarse con la frecuencia de microondas por que sus dimensiones permitirán que las ondas interactúen mejor en lugar de reflejarse o solo entrar parcialmente, lo que ocurriría con un gran cambio en longitud de onda. La capacidad para cambiar la interacción de partículas de diferente tamaño mediante el cambio de propiedades dieléctricas reduce la complejidad y coste de cambiar frecuencias para permitir acoplarse con partículas de tamaños variables del material a deshidratar.

El uso de guías de onda, como guías de onda dieléctricas, permite que las microondas se dirijan a las estructuras mecánicas y componentes dentro de la cámara de deshidratación, también mencionada aquí como la cámara de irradiación o, donde se usa un vacío, una cámara de vacío. Preferentemente, las guías de onda se fabrican de materiales que son compatibles con alimentos o cumplen otros requisitos regulados. Tales materiales incluyen Teflon™, polipropileno, polietileno, HDPE u otros plásticos o líquidos dirigidos. Estos materiales pueden usarse también para las paredes que forman la cámara de irradiación o la cinta transportadora. Además, las guías de onda se fabrican con dimensiones que se ajustan para permitir la propagación de microondas dentro del material cuando actúa como una guía de onda dieléctrica. De esta manera, las microondas pueden dirigirse a través del sistema y en la estructura mecánica y componentes que están en contacto con el material a deshidratar sin ninguna microonda propagada en el espacio libre de campo lejano de la cámara. Al usar los materiales de guía de onda y dimensiones antes mencionados, es posible usar superficies dentro de la cámara que de lo contrario conducirían a interrupciones (detención del viaje de las microondas en espacio libre que no pueden continuar o propagarse dentro), ya que las regiones de campo cercano de las microondas aún permitirán que ocurra el calentamiento del material a deshidratar.

En otras realizaciones, el aparato puede estar provisto de diversos puntos de concentración para aumentar localmente la resistencia de campo de microondas. Los puntos de concentración pueden formarse proporcionando pequeños puntos o bultos en las superficies de la cámara de irradiación, incluyendo las paredes de la cámara de irradiación, la cinta transportadora o las lentes. Tales puntos de concentración mejoran el efecto de calentamiento en materiales a deshidratar que tienen características de absorción bajas. Los puntos de concentración no permitirían que un campo de microondas se propague al espacio libre pero concentrarán la superficie y región de campo cercano en áreas de potencia más alta. Este tipo de interacción se menciona como interacciones de onda evanescente. La interacción de onda evanescente puede generarse en guías de onda llenas de gas, pero el uso de un material dieléctrico sin gas permite acoplar y modificar significativamente mejor la longitud de onda de lo que puede lograrse con aberturas variables en guías de onda llenas de gas.

En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, se proporciona un aparato de secado por microondas al vacío en el que los emisores de microondas están fuera de la cámara de vacío y la guía de onda dieléctrica llena de gas tiene material dieléctrico sólido que sobresale en la cámara de vacío y así reduce el reflejo en las interfaces.

En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, el aparato de la invención incluye al menos un medio de medición del campo de microondas en un punto o puntos predeterminados. Tales medios de medición del campo de microondas pueden comprender uno o más detectores, que pueden usarse para medir la resistencia de campo de microondas y permiten la modificación manual o automática del comportamiento de los generadores de microondas para controlar la energía de microondas suministrada a la cámara de irradiación. Por ejemplo, la potencia generada puede limitarse a un porcentaje de microondas que supera lo que puede absorberse por el material a deshidratar y el material dieléctrico dentro de la cámara.

En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, el aparato de la invención incluye un medio de generación y/o detección de microondas. Tales medios pueden comprender uno o más detectores proporcionados por la anchura y/o longitud de la cámara de irradiación para controlar mejor o conseguir uniformidad de transferencia de energía.

En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, una o más de las guías de onda dieléctricas puede proporcionarse con un medio de refrigeración para disipar cualquier calor generado. Por ejemplo, la guía de onda puede enfriarse por un refrigerante circulante alrededor de su exterior o en su interior. De esta manera, la guía de onda puede mantenerse a una temperatura determinada para evitar cambios dependientes de la temperatura de propiedades mecánicas o eléctricas de la guía de onda.

En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, la guía de onda se dispone para terminar en el acoplamiento de las microondas al sustrato o lente en la que el material a deshidratar está en proximidad cercana o en contacto. De esta manera, las microondas viajan por el sustrato y se acoplan con el material a deshidratar. La geometría y propiedades químicas del sustrato, preferentemente un sustrato dieléctrico, tienden a extenderse y

nivelar el campo de microondas así como actuar como una carga para absorber el exceso de microondas e inhibir resonancia y reflejos. El calor generado dentro de la guía de onda dieléctrica y/o sustrato puede transferirse al material a deshidratar.

- 5 En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, el sustrato 44 puede omitirse y, en su lugar, la cinta transportadora 46 puede adaptarse para realizar la función antes descrita. Es decir, la cinta transportadora puede comprender un material dieléctrico y así permitir que funcione de igual manera que el sustrato dieléctrico antes descrito. En un ejemplo, como se trató con anterioridad, la cinta transportadora puede fabricarse de un material como HDPE, que tiene propiedades dieléctricas. En otro aspecto, la propia cinta puede funcionar como la
- 10 guía de onda. Por ejemplo, la cinta puede ser de un espesor suficiente para permitir que la radiación electromagnética desde los generadores viaje a lo largo de ella hasta que se absorbe por el material. Se debe entender que, según la invención, el material se sometería a irradiación de campo cercano, terminando en acoplamiento evanescente de la radiación con el material. Alternativamente, el transportador puede simplemente permitir la penetración de microondas a su través, lo que a su vez terminaría en la irradiación del material a deshidratar. En otras realizaciones, un contenedor, cesto o placa puede usarse en lugar de la cinta transportadora. Generalmente, cualquier dispositivo puede usarse para mover el material a deshidratar desde el sistema de alimentación al sistema de descarga, cuya geometría y propiedades químicas aumentan el acoplamiento de microondas al material a deshidratar o la distribución de microondas por el material a deshidratar.
- 15
- 20 En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, la medición de la magnitud de radiación magnética no acoplada dentro del aparato puede detectarse y usarse para cuantificar el valor de corriente eléctrica del material a acoplar. Tal medición puede usarse para interpretar el valor de corriente eléctrica del material cuando se deshidrata. De esta manera, la intensidad o frecuencia de microondas puede modificarse para limitar el porcentaje de microondas que supera lo que puede absorberse en el material y que no se genere.
- 25
- En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, el valor dieléctrico del material a deshidratar puede usarse para modificar la presión de vacío, en casos donde se usa un proceso VMD. Como se entenderá, modificar la presión de vacío permitiría cambios en la temperatura de vaporización. Por tanto, la temperatura a la que el material se somete durante la deshidratación puede ajustarse para reducir los efectos perjudiciales del calor
- 30 en compuestos sensibles al calor dentro del material a secar. Por ejemplo, en el caso de materiales que son altamente sensibles a daños por calor, la presión dentro de la cámara de irradiación puede descender, reduciendo así el requisito para un calor mayor dentro de la cámara. Los compuestos sensibles al calor dentro de materiales a deshidratar pueden incluir, pero sin limitarse a, antioxidantes, pigmentos, vitaminas y proteínas y enzimas, así como otras moléculas desde las que unas propiedades nutracéuticas y/u organolépticas se derivan.
- 35
- En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, las lentes y/o guías de onda pueden moldearse basándose en propiedades de refracción y/o transmisión deseadas, para ajustar la distribución de microondas como se desee.
- 40
- En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, los generadores de microondas pueden suministrarse independientemente a la cámara de vacío y pueden controlarse en fase para entrelazar las guías de onda generadas.
- 45
- En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, un número de unidades de procesamiento 10 pueden conectarse en serie. De esta manera, cada unidad de procesamiento puede ajustarse con diferentes parámetros operativos, tal como presión, frecuencia o resistencia de campo de microondas, velocidad de viaje a su través, etc. Por ejemplo, el material a deshidratar puede someterse a diferentes presiones de vacío para controlar la temperatura de vaporización en diferentes fases cuando los valores dieléctricos del material cambian en el curso del proceso de deshidratación. En tal ejemplo, el material puede someterse a una presión menor (es decir, vacío más profundo) cuando el valor dieléctrico disminuye, y/o el porcentaje de microondas que supera lo que puede absorberse en el material puede variar. La reducción en temperatura de vaporización termina en una reducción del daño térmico realizado al material a deshidratar durante el curso del proceso de deshidratación.
- 50
- En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, el material a deshidratar puede comprender
- 55 frutas, verduras, zumos de fruta, zumos vegetales, granos precocidos, cultivos bacterianos, vacunas, enzimas, aislados de proteínas, hidrocoloides, fármacos inyectables, fármacos farmacéuticos, antibióticos, anticuerpos, carnes, pescado, marisco, leche, quesos, aislados de proteína de suero, yogures, extractos de fruta, extractos vegetales, extractos de carne o cualquier combinación de los mismos.
- 60
- En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, unos gases sin oxígeno pueden utilizarse para proporcionar una atmósfera que no es oxidante, en un caso donde el material a deshidratar incluye materiales sensibles al oxígeno.
- 65
- La presente descripción hasta ahora ha descrito la deshidratación de materiales por la retirada de agua. Sin embargo, se debe entender que, en otras realizaciones, la presente divulgación puede adaptarse para retirar otros constituyentes vaporizables, como disolventes orgánicos o inorgánicos, o provocar un cambio químico como

polimerización de una resina.

5 En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, diferentes propiedades de pérdida y diferentes características superficiales en diferentes ubicaciones pueden usarse. Unos patrones de bordes afilados como puntas estrechas, triángulos, rebordes, y bultos pueden añadirse a la superficie de la guía de onda o sustrato y así cambiar las intensidades de campo local.

10 En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, unos sensores y emisores dentro del vaso pueden emplearse a lo largo de una trayectoria junto o a lo largo de la superficie usada para transportar el material a deshidratar, por lo que una agrupación de emisores con circuitería de detección y control entonces se adaptaría a cualquier pieza de material a deshidratar cuando pasa por cada elemento de la agrupación.

15 En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, la guía de onda dieléctrica o sustrato es un dieléctrico fluido que permite que las propiedades dieléctricas cambien para maximizar la intensidad de radiación por microondas que puede aplicarse con seguridad al material a deshidratar.

En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, se proporciona un método para deshidratar un material que comprende las etapas de:

20 a. introducir una cantidad de un material a deshidratar en un mecanismo de alimentación de una primera unidad de procesamiento;

25 b. reducir la presión dentro del mecanismo de alimentación a una presión menor que la atmosférica para coincidir con la de una cámara de vacío adyacente;

30 c. transferir el material a deshidratar desde el mecanismo de alimentación a la cámara de vacío donde se lleva en contacto o proximidad cercana con un sustrato que se excita por una pluralidad de fuentes de microondas, de manera que el exceso de microondas se limita y la corriente de microondas puede accionarse y desactivarse por fase y/o el nivel de potencia o frecuencia puede modularse de manera que las corrientes de microondas se entrelazan dentro del sustrato, y el material a deshidratar absorbe el mayor porcentaje de microondas, y tal que el calor absorbido dentro del sustrato puede transferirse al material a deshidratar, y que la detección del exceso de microondas termina en un PLC que efectúa que la fuente de microondas cambie la cantidad o frecuencia de las microondas o las propiedades dieléctricas de la guía de onda o sustrato;

35 d. retirar el vapor resultante de suministrar suficiente energía para vaporizar humedad del material a deshidratar y fuera del vaso de contención de microondas por una diferencia en presión de vacío;

40 e. regular la presión del vaso de vacío por el PLC de manera que la bomba de vacío, el condensador y las fuentes de microondas aseguran que la temperatura de vaporización está a un nivel optimizado para el valor dieléctrico actual del material a deshidratar;

f. cuando el material a deshidratar se transporta desde el mecanismo de alimentación al mecanismo de descarga, responder mediante el PLC a valores dieléctricos del material a deshidratar;

45 g. transferir el material a deshidratar al mecanismo de descarga de la primera unidad de procesamiento, donde el material se aísla de la presión del vaso anterior; y

50 h. someter el material a deshidratar a la presión de vacío que existe en la siguiente unidad de procesamiento, y repetir las etapas c a g cuando el material de deshidratación progresa por cada unidad de procesamiento posterior del deshidratador y que un segundo lote de una cantidad definida de materiales entra en la máquina como se describe en la etapa a, en el que la reducción de presión de unidad de procesamiento a unidad de procesamiento corresponde al parámetro óptimo para disminuir la temperatura de vaporización del perfil de secado dieléctrico del material.

55 En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, se proporciona un método para deshidratar un material en un VMD que comprende una única unidad de procesamiento, comprendiendo el método las etapas de:

60 a. introducir el material a deshidratar en un mecanismo de alimentación;

b. reducir la presión dentro del mecanismo de alimentación a una presión menor que la atmosférica para coincidir con la de un vaso de vacío adyacente;

65 c. transferir el material a deshidratar desde el sistema de alimentación al vaso de vacío donde se lleva en contacto o proximidad cercana con el sustrato que se excita por una pluralidad de fuentes de microondas, de manera que el exceso de microondas se limita y la corriente de microondas puede accionarse y desactivarse por

fase y/o el nivel de potencia o frecuencia de manera que las corrientes de microondas se entrelazan dentro del sustrato, y el material a deshidratar absorbe el mayor porcentaje de microondas, y tal que el calor absorbido dentro del sustrato puede transferirse al material a deshidratar, y que la detección del exceso de microondas termina en un PLC que efectúa que la fuente de microondas cambie la cantidad o frecuencia de las microondas;

d. retirar el vapor resultante de suministrar suficiente energía para vaporizar humedad en el material a deshidratar y fuera del vaso de contención de microondas por una diferencia en presión de vacío;

e. regular la presión del vaso de vacío por el PLC de manera que la bomba de vacío, el condensador y las fuentes de microondas aseguran que la temperatura de vaporización está a un nivel óptimo para el valor dieléctrico actual del material a deshidratar;

f. responder mediante control PLC cuando el material a deshidratar se deshidrata a cambios en valores dieléctricos del material a deshidratar modificando la presión operativa de los vasos de vacío y/o la cantidad de frecuencia de microondas generadas para reducir la temperatura del material a deshidratar cuando su valor dieléctrico disminuye hasta tal punto que el valor dieléctrico corresponde al del nivel de humedad objetivo del material; y

g. retirar el material deshidratado a través de un mecanismo de descarga.

En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, se proporciona un método como se ha descrito antes en el presente documento, en el que la reducción de presión de unidad de procesamiento a unidad de procesamiento corresponde aproximadamente a la del parámetro óptimo para disminuir la temperatura de vaporización del material a deshidratar, cuando el dieléctrico disminuye durante el curso de la deshidratación del material a deshidratar al nivel de humedad deseado.

En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, se proporciona un método como se ha descrito antes en el presente documento, en el que el material a deshidratar comprende o se elige de entre frutas, verduras, zumos de fruta, zumos vegetales, granos precocidos, cultivos bacterianos, vacunas, enzimas, aislados de proteínas, hidrocoloides, fármacos inyectables, fármacos farmacéuticos, antibióticos, anticuerpos, carnes, pescado, marisco, leche, quesos, aislados de proteína de suero, yogures, extractos de fruta, extractos vegetales, extractos de carne o cualquier combinación de los mismos.

En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, se proporciona un método como se ha descrito antes en el presente documento, en el que el material a deshidratar es fresco y/o congelado.

En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, se proporciona un método como se ha descrito antes en el presente documento, en el que el material a deshidratar se encapsula en un hidrocoloide.

En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, se proporciona un método como se ha descrito antes en el presente documento, en el que las reducciones en presión varían de 1, 3 Pa a 13 kPa (0, 01 a 100 Torr), más preferentemente desde 13 Pa a 4 kPa (0, 1 a 30 Torr), o menores que o iguales a 101 kPa (760 Torr). Como se ha descrito anteriormente, proporcionar un vacío dentro de la cámara de irradiación se prefiere para reducir la temperatura de vaporización del agua u otra sustancia que se retira del material. La ventaja principal ofrecida por tales presiones reducidas es la reducción en cualquier daño a materiales sensibles al calor o componentes dentro de los materiales. Sin embargo, como se entenderá, en algunas realizaciones, un vacío puede no ser necesario dentro de la cámara de irradiación.

En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, se proporciona un método como se ha descrito antes en el presente documento, en el que las reducciones en presión son menores que o iguales a 101 kPa (760 Torr).

En una realización adicional de la materia objeto divulgada actualmente, se proporciona un método como se ha descrito antes en el presente documento, en el que el método se realiza en condiciones de no vacío, es decir bajo una presión mayor que o igual a 101 kPa (760 Torr o 1 atmósfera).

Aunque la invención se ha descrito con referencia a ciertas realizaciones específicas, diversas modificaciones dentro del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas serán aparentes para los expertos en la materia. Cualquier ejemplo proporcionado en este documento se incluye únicamente con el fin de ilustrar la invención. Los dibujos proporcionados aquí tienen solo el fin de ilustrar diversos aspectos de la invención y no pretenden dibujarse a escala.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (10) para vaporizar una sustancia dieléctrica vaporizable desde un material, la sustancia dieléctrica vaporizable estando sometida a vaporización tras la exposición a energía de microondas, el aparato (10) comprendiendo:
una cámara de procesamiento (24);
uno o más generadores de microondas (26) para generar microondas con energía de microondas; y,
una o más guías de onda (42) adaptadas para confinar la energía de microondas a tales una o más guías de onda (42) y área circundante, y para dirigir en campo cercano la energía de microondas generada al material;
caracterizado por que:
las una o más guías de onda (42) son guías de onda dieléctricas sin gas (42) adaptadas para dirigir la energía de microondas generada al material por acoplamiento evanescente de la energía de microondas al material.
2. El aparato (10) de la reivindicación 1, en el que las una o más guías de onda dieléctricas sin gas (42) están compuestas de un material sólido, semi-sólido o líquido.
3. El aparato (10) de la reivindicación 1 o 2, que comprende además uno o más puntos de concentración de campo, para concentrar la energía de microondas en ubicaciones discretas.
4. El aparato (10) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el aparato (10) comprende además un medio para crear un vacío dentro de la cámara de procesamiento (24), en el que el medio para crear un vacío se controla manualmente o automáticamente.
5. El aparato (10) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además medios para supervisar la energía de microondas (48) dentro de la cámara de procesamiento (24), en el que los medios (48) para supervisar la energía de microondas se controlan manualmente o automáticamente.
6. El aparato (10) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además medios para ajustar la resistencia de campo de energía de microondas, en el que los medios para ajustar la resistencia de campo de energía de microondas se controlan manualmente o automáticamente.
7. El aparato (10) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que las una o más guías de onda (42) comprenden además lentes (44) para transmitir la energía de microondas desde las guías de onda (42) al material.
8. El aparato (10) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende además medios (50) para supervisar la temperatura superficial del material.
9. El aparato (10) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el aparato (10) comprende una pluralidad de generadores de onda (26) y guías de onda (42), la pluralidad de generadores de onda (26) y guías de onda (42) adaptándose preferentemente para suministrar diferentes resistencias de campo de microondas y/o frecuencias de onda al material.
10. El aparato (10) de la reivindicación 9, en el que la pluralidad de guías de onda (42) se disponen linealmente y en el que el aparato (10) incluye además un transportador (46) para transportar el material para exposición por cada una de dichas guías de onda (42).
11. El aparato (10) de la reivindicación 10, en el que las guías de onda (42) se disponen por debajo del transportador (46).
12. El aparato (10) de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 11, en el que el transportador (46) comprende un material dieléctrico.
13. Un sistema para vaporizar una sustancia dieléctrica vaporizable desde un material, estando la sustancia dieléctrica vaporizable sometida a vaporización tras recibir energía de microondas, comprendiendo el sistema dos o más de los aparatos (10) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 dispuestos en serie, en el que los aparatos (10) de la serie se adaptan preferentemente para suministrar energía de microondas de una resistencia de campo y/o frecuencia diferente.
14. Un método para vaporizar una sustancia dieléctrica vaporizable desde un material, la sustancia dieléctrica vaporizable estando sometida a vaporización tras la exposición a energía de microondas, comprendiendo el método:
proporcionar un material en bruto que contiene la sustancia dieléctrica vaporizable;
introducir el material en bruto en una cámara de procesamiento (24);
ajustar la presión dentro de la cámara de procesamiento (24), en el que dicha presión se supervisa y/o controla manualmente o automáticamente;

calentar el material en bruto con energía de microondas en el intervalo de campo cercano de al menos una guía de onda dieléctrica sin gas (42) acoplado de forma evanescente energía de microonda de microondas que pasan por y se confinan dentro de la al menos una guía de onda (42) con el material, la energía de microondas siendo suficiente para calentar y vaporizar la sustancia, terminando así en un material tratado en el que una porción de la sustancia se ha extraído del material en bruto; y, retirar el material tratado de la cámara de procesamiento (24).

15. Un método para calentar uniformemente un material con energía de microondas, comprendiendo el método:

proporcionar un material en bruto, tal como uno o más de frutas, verduras, zumos de fruta, zumos vegetales, granos precocidos, cultivos bacterianos, vacunas, enzimas, aislados de proteínas, hidrocoloides, fármacos inyectables, fármacos farmacéuticos, antibióticos, anticuerpos, carnes, pescado, marisco, leche, quesos, aislados de proteína de suero, yogures, extractos de fruta, extractos vegetales o extractos de carne; introducir el material en bruto en una cámara de procesamiento (24); calentar el material en bruto con energía de microondas en el intervalo de campo cercano de al menos una guía de onda dieléctrica sin gas (42) acoplado de forma evanescente energía de microonda de microondas que pasan por y se confinan dentro de la al menos una guía de onda (42) con el material, la energía de microondas siendo suficiente para calentar el material en bruto, terminando por tanto en un material calentado; y, retirar el material calentado de la cámara de procesamiento (24).

16. El aparato (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, el sistema de acuerdo con la reivindicación 13 o el método de acuerdo con la reivindicación 14, en el que la sustancia dieléctrica vaporizable es agua y/o en el que el material es uno o más de frutas, verduras, zumos de fruta, zumos vegetales, granos precocidos, cultivos bacterianos, vacunas, enzimas, aislados de proteínas, hidrocoloides, fármacos inyectables, fármacos farmacéuticos, antibióticos, anticuerpos, carnes, pescado, marisco, leche, quesos, aislados de proteína de suero, yogures, extractos de fruta, extractos vegetales y extractos de carne.

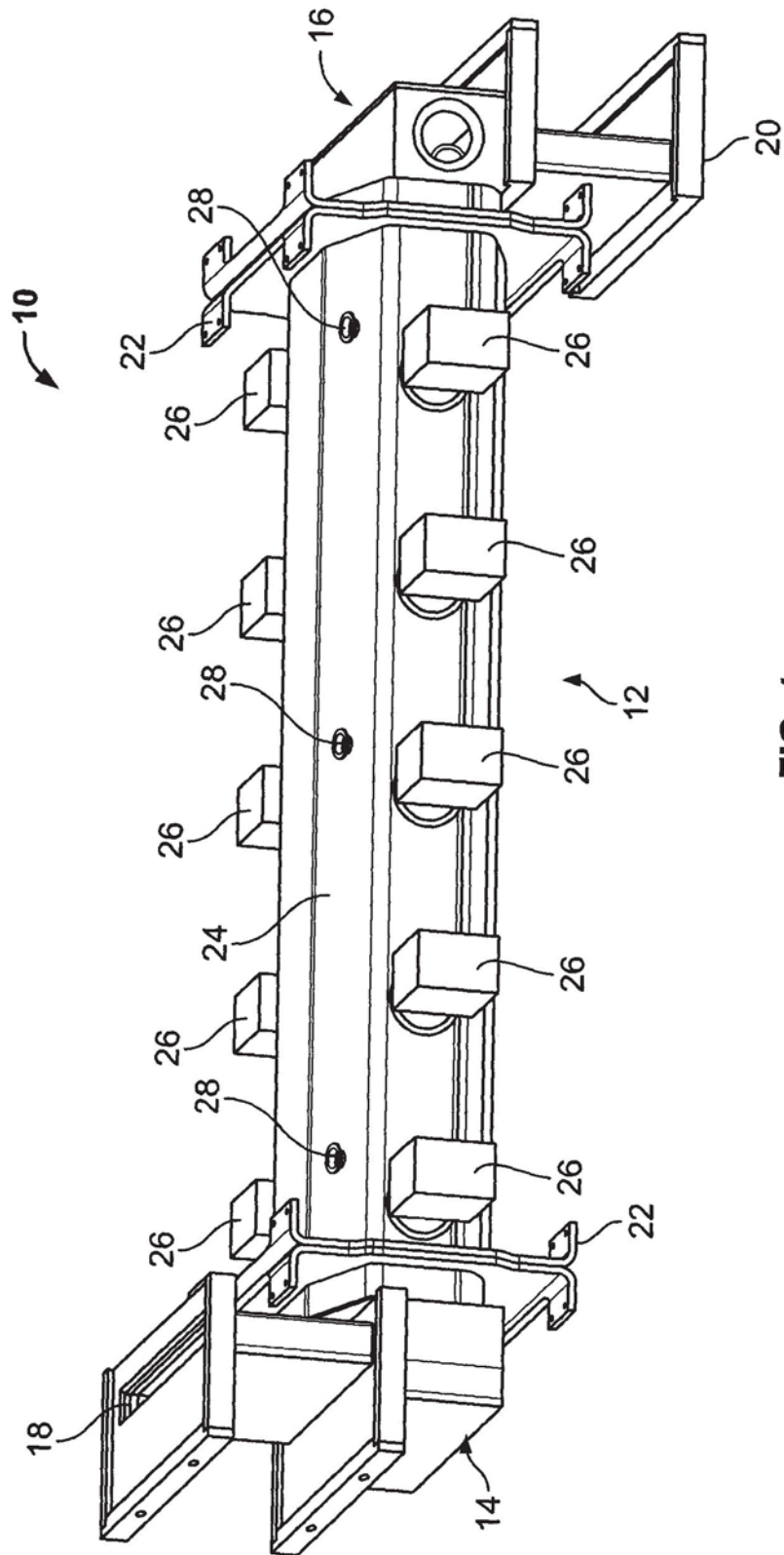


FIG. 1

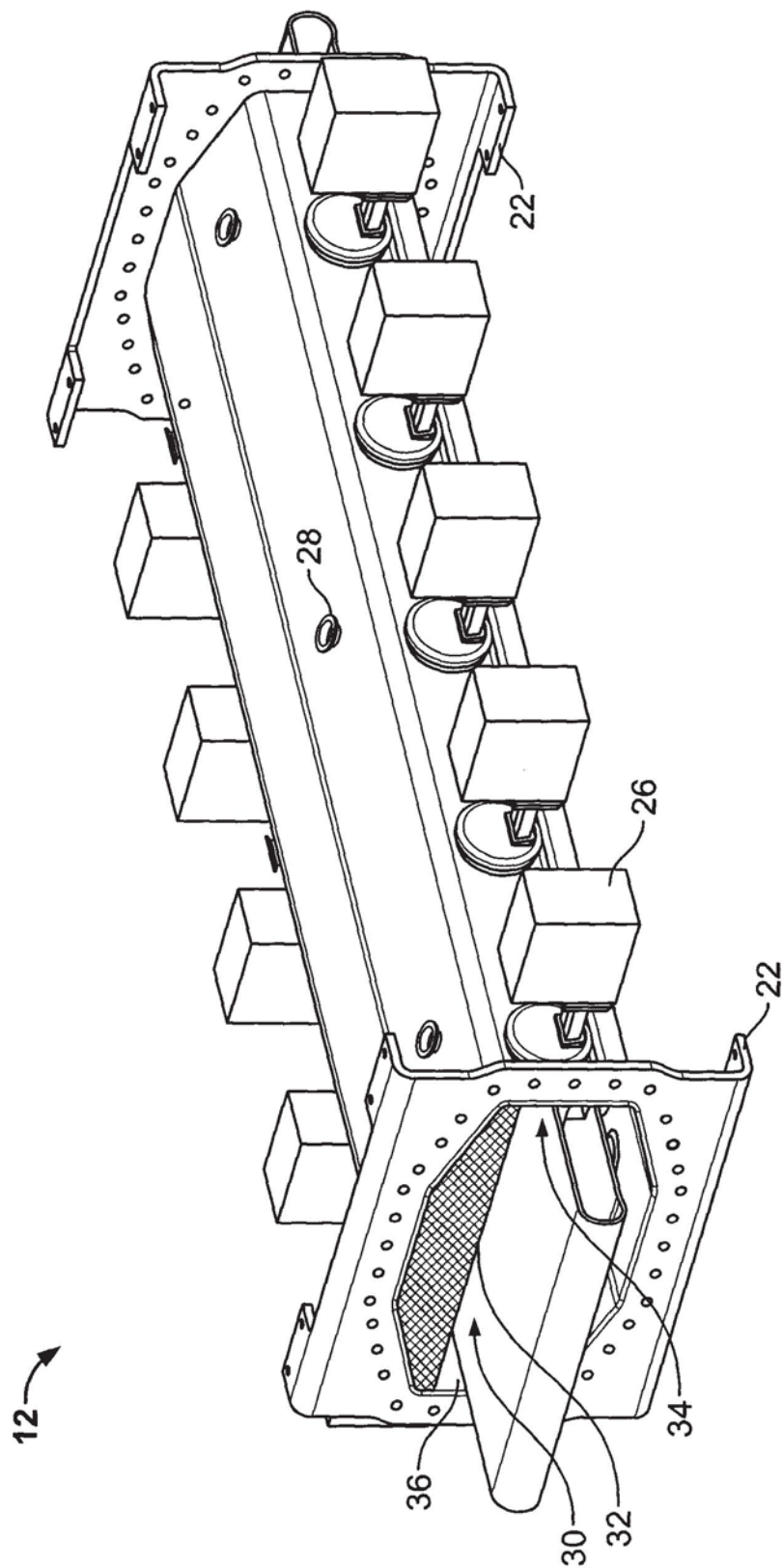
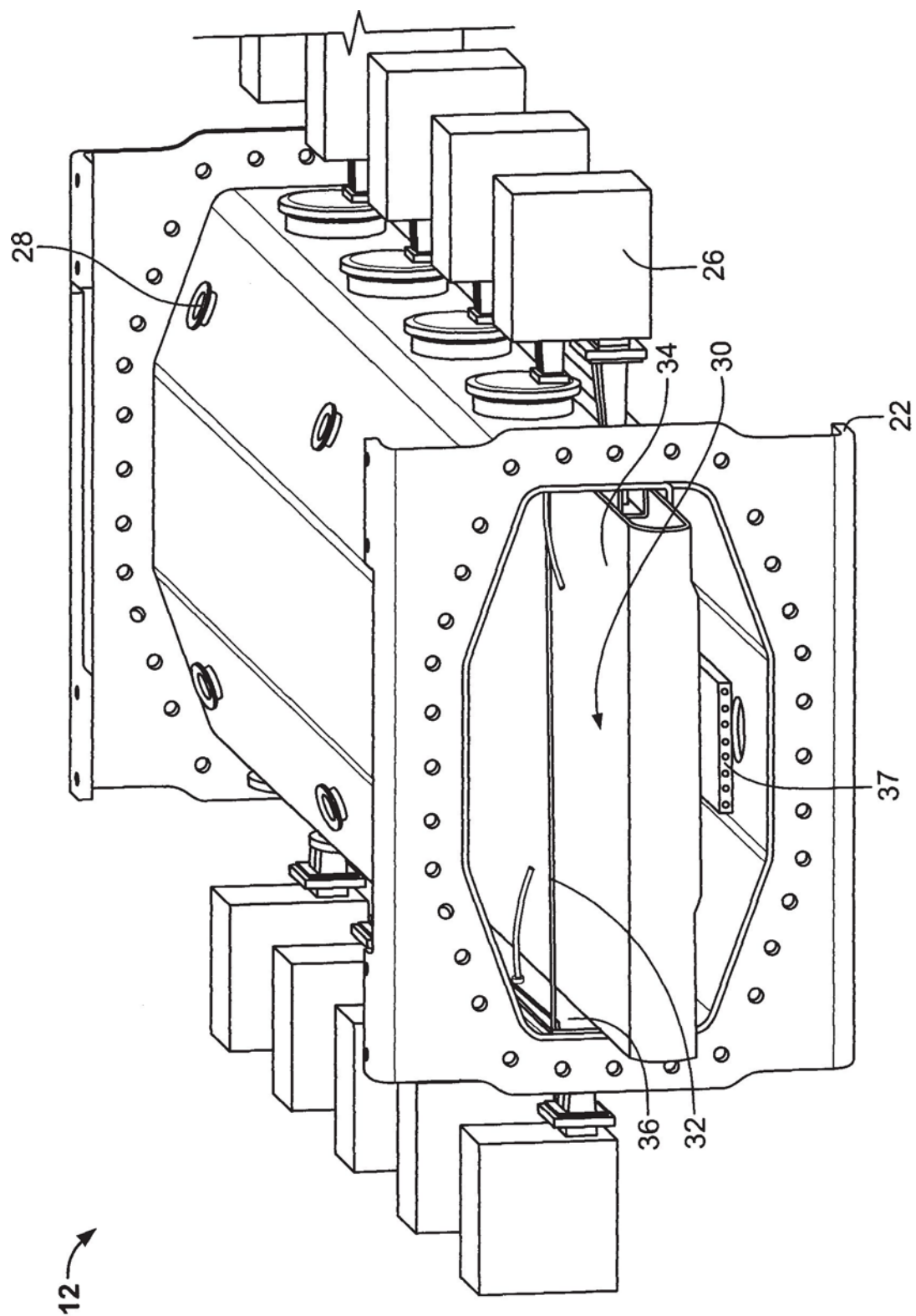


FIG. 2a



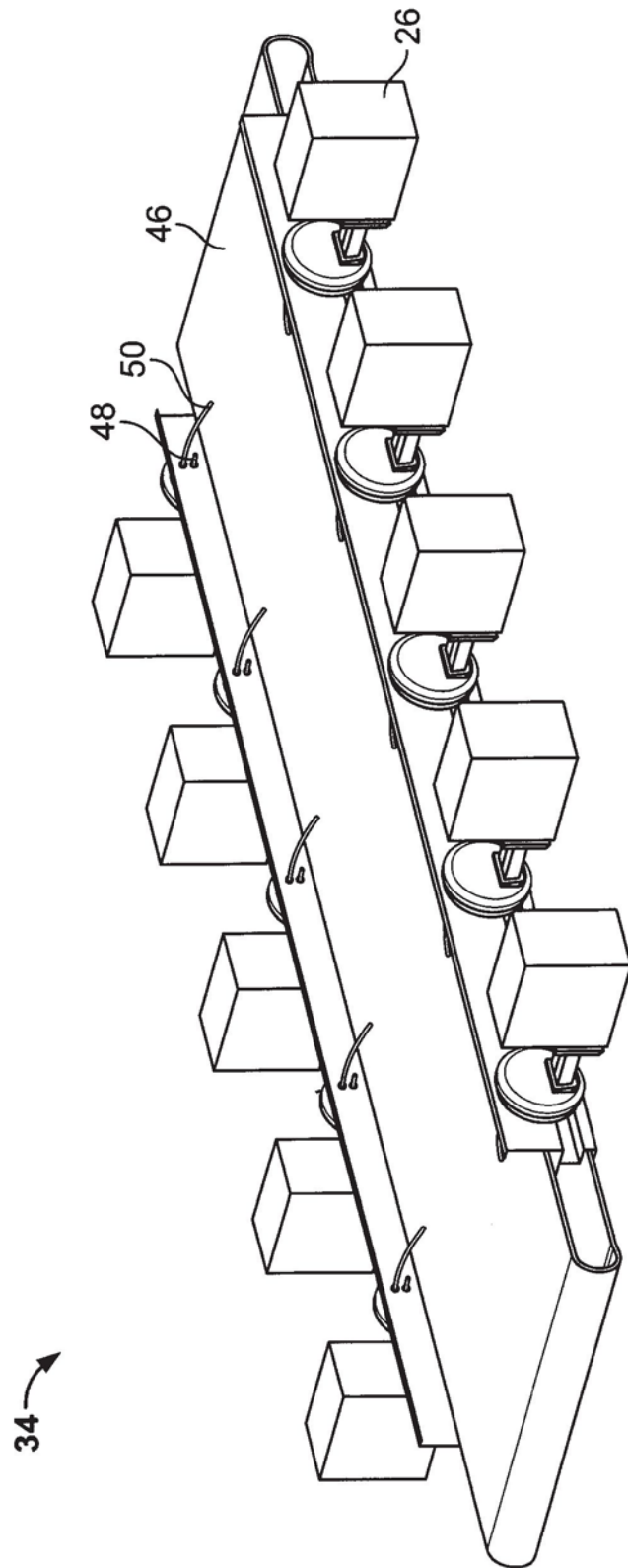


FIG. 3

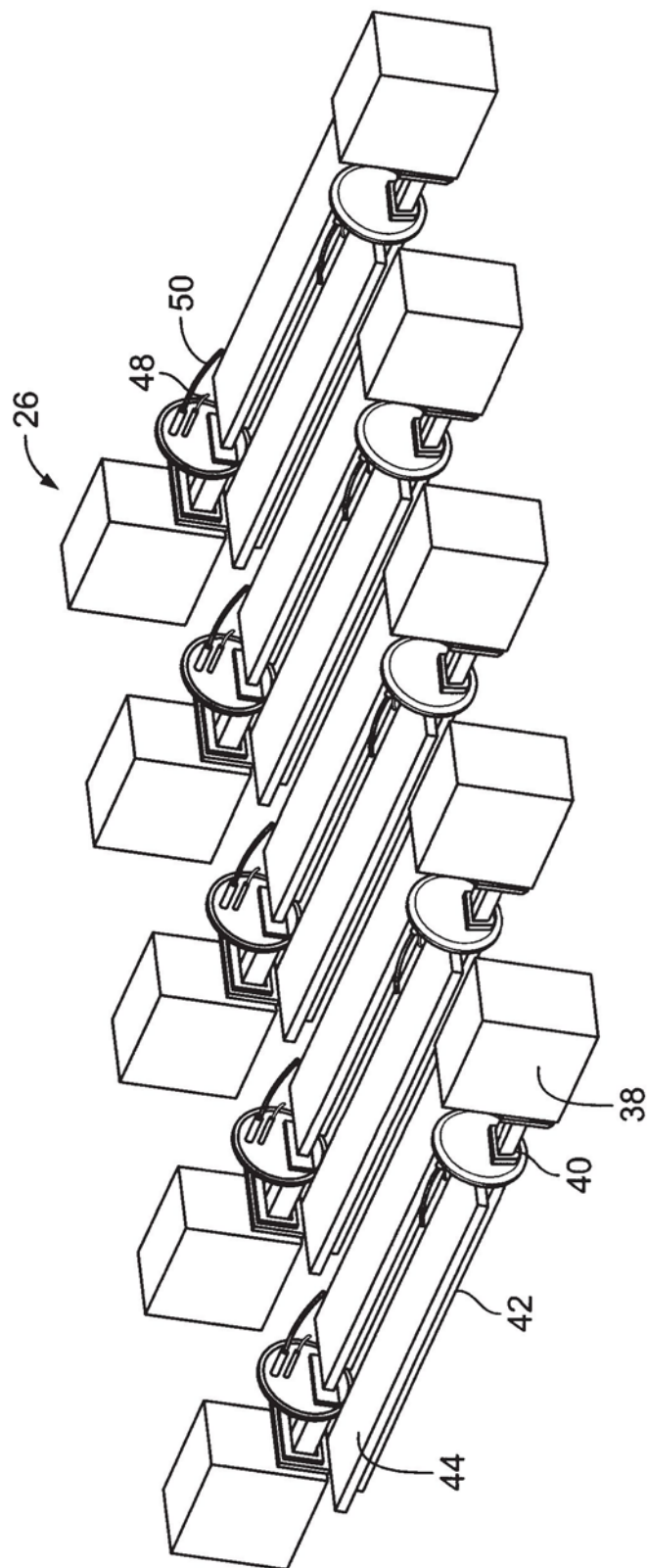


FIG. 4

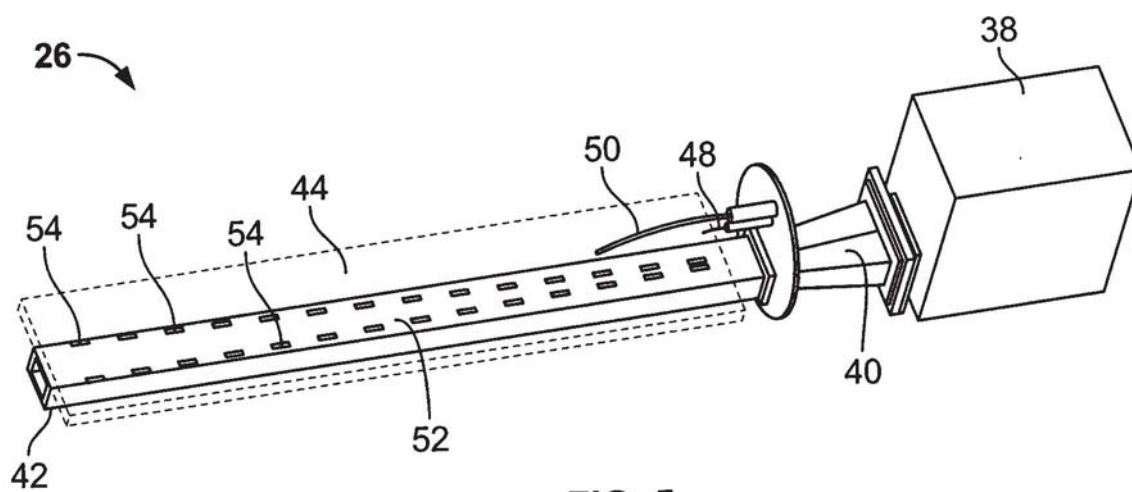


FIG. 5

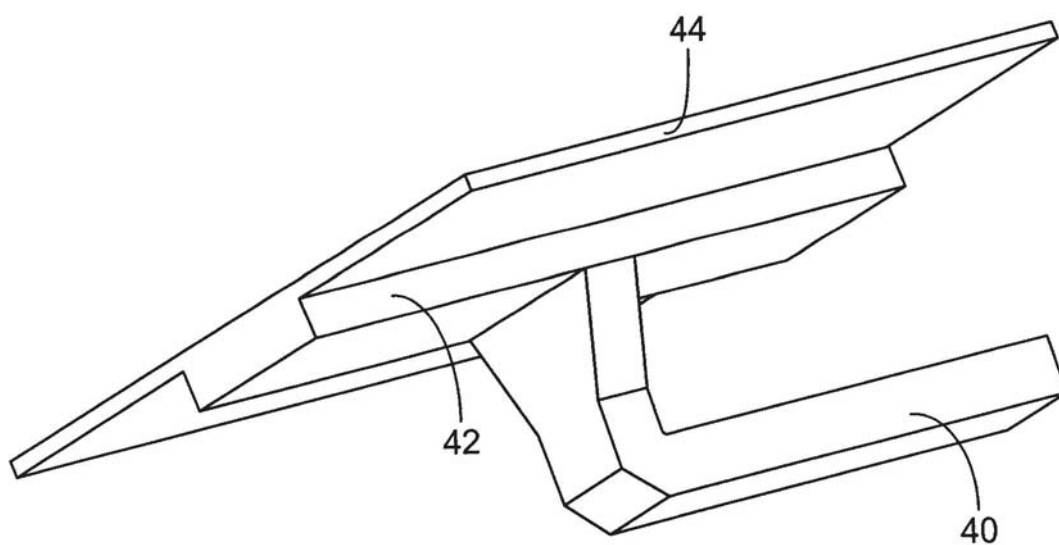


FIG. 6

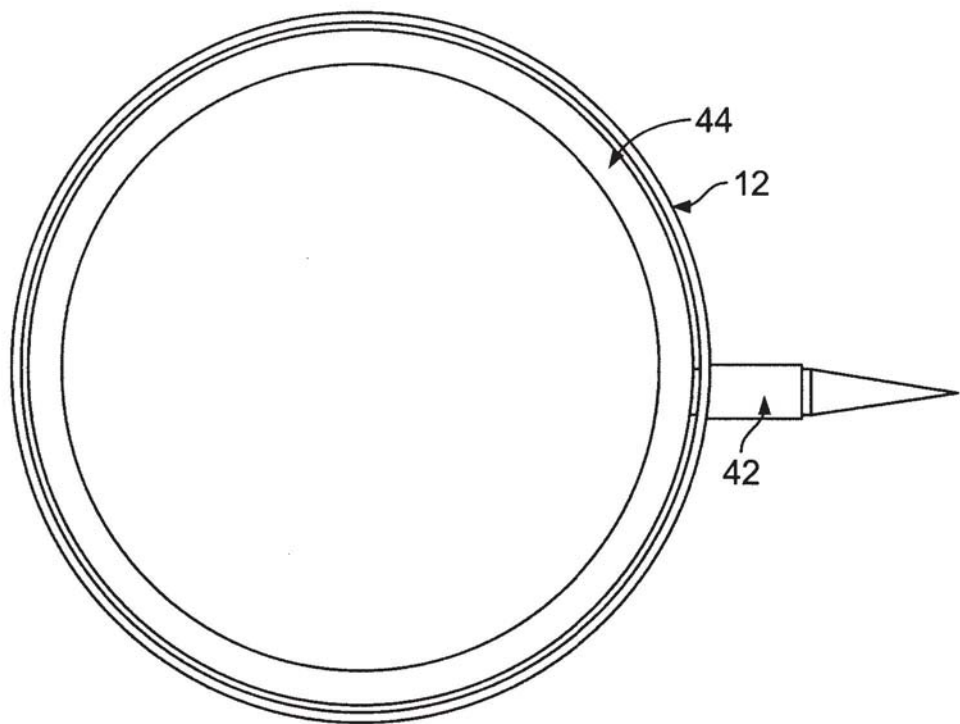


FIG. 7

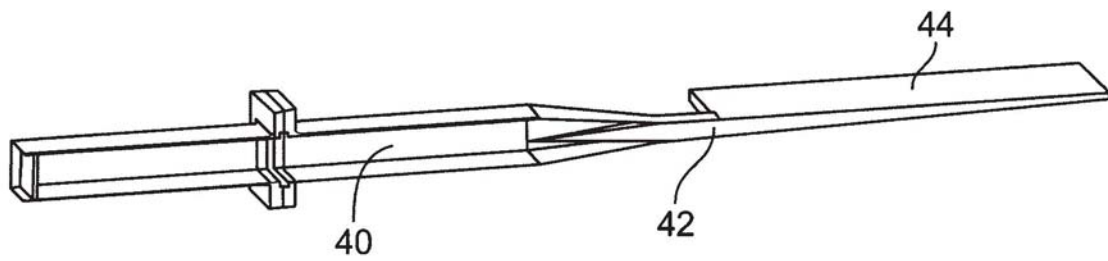


FIG. 8

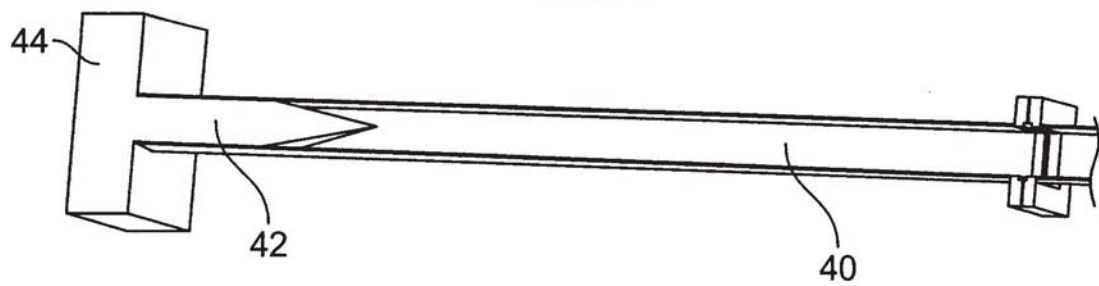


FIG. 9