

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 611 161**

51 Int. Cl.:

H01F 7/02 (2006.01)

F25B 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.10.2008 PCT/US2008/078788**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.04.2009 WO09046325**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.10.2008 E 08834830 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.12.2016 EP 2195815**

54 Título: **Dispositivo de imán permanente**

30 Prioridad:

04.10.2007 US 997687 P

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

05.05.2017

73 Titular/es:

**HUSSMANN CORPORATION (100.0%)
12999 ST. CHARLES ROCK ROAD
BRIDGETON, MO 63044-2483, US**

72 Inventor/es:

**ZHANG, MING y
MADIREDDI, SSHA**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 611 161 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

Dispositivo de imán permanente

5 Datos de aplicación relacionados

Esta solicitud es una solicitud en fase nacional de la Solicitud de Patente Internacional n.º PCT/US08/78788, presentada el 3 de octubre de 2008, que reivindica prioridad de la Solicitud Provisional de los Estados Unidos n.º 60/997.687 presentada el 4 de octubre de 2007.

10

Antecedentes

La presente invención se refiere a un conjunto de imán y, más particularmente, a un conjunto de imán permanente para crear un cambio periódico en el campo magnético. El conjunto de imán permanente podría utilizarse, por ejemplo, en un dispositivo de refrigeración magnético.

15

Los dispositivos de refrigeración magnéticos incluyen por lo general imanes y material magnetocalórico. Los imanes se mueven normalmente de forma alternativa con respecto al material magnetocalórico de tal manera que el material magnetocalórico experimenta un campo magnético creciente cuando los imanes se acercan, calentando el material magnetocalórico y un campo magnético decreciente cuando los imanes se alejan, enfriando el material magnetocalórico. Normalmente, se hace pasar un fluido de transferencia de calor a través del material magnetocalórico para absorber el calor del material magnetocalórico cuando el campo magnético aumenta y el fluido de transferencia de calor se dirige a un intercambiador de calor que libera el calor a la atmósfera. A continuación, el fluido de transferencia de calor se hace pasar a través del material magnetocalórico para suministrar calor al material magnetocalórico cuando el campo magnético disminuye y el fluido de transferencia de calor se dirige a otro intercambiador de calor para eliminar calor del aire que circula en un espacio enfriado.

20

25

El documento US2005/241912 describe un conjunto de imán permanente que se adapta para proporcionar un campo magnético a través de un hueco en forma de arco que puede utilizarse para proporcionar un campo magnético variable en el tiempo a una región anular para su uso en un refrigerador magnético.

30

El documento DE 10 94 358 B divulga una disposición de imán de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Sumario

35

En un aspecto, la invención proporciona una disposición de imán para crear un campo magnético. La disposición de imán incluye un primer imán que tiene una primera superficie que define un primer polo y una segunda superficie que define un segundo polo opuesto al primer polo y un segundo imán que tiene una tercera superficie que define un tercer polo y una cuarta superficie que define un cuarto polo opuesto al tercer polo. La segunda superficie tiene una densidad de flujo magnético más alta que la primera superficie. La tercera superficie tiene una densidad de flujo magnético más alta que la cuarta superficie. El segundo imán se separa del primer imán para definir un primer hueco entre la segunda superficie y la tercera superficie. Las líneas de campo magnético del campo magnético se extienden de la primera superficie a la segunda superficie, de la segunda superficie a la tercera superficie a través del primer hueco y de la tercera superficie a la cuarta superficie. Un tercer imán se separa del segundo imán y tiene una quinta superficie que define un quinto polo y una sexta superficie que define un sexto polo opuesto al quinto polo. La sexta superficie tiene una densidad de flujo magnético más alta que la quinta superficie y las líneas de campo magnético se extienden de la cuarta superficie hasta la quinta superficie y de la quinta superficie a la sexta superficie. Un cuarto imán se separa del tercer imán y tiene una séptima superficie que define un séptimo polo y una octava superficie que define un octavo polo opuesto al séptimo polo, en el que la séptima superficie tiene una densidad de flujo magnético más alta que la octava superficie, en el que el cuarto imán se separa del tercer imán para definir un segundo hueco entre la sexta superficie y la séptima superficie y en el que las líneas de campo magnético se extienden de la sexta superficie a la séptima superficie a través del segundo hueco y de la séptima superficie a la octava superficie. El campo magnético converge a través del primer imán, después se hace pasar a través del primer hueco, después se desvía a través del segundo imán, después converge a través del tercer imán, después se hace pasar a través del segundo hueco, después diverge a través del cuarto imán y después regresa del cuarto imán al primer imán. La segunda superficie es arqueada, la tercera superficie es arqueada, la sexta superficie es arqueada, la séptima superficie es arqueada y la segunda superficie, la tercera superficie, la sexta superficie y la séptima superficie comparten un centro de arco común.

40

45

50

55

También se describe aquí una disposición de imán. La disposición de imán incluye un primer imán y un segundo imán separado del primer imán para definir un primer hueco entre el primer imán y el segundo imán. El primer imán y el segundo imán crean un campo magnético que incluye líneas de campo magnético que convergen en el primer imán, se hacen pasar a través del hueco entre el primer y segundo imanes y divergen en el segundo imán.

60

También se describe aquí un imán. El imán incluye una primera superficie que define un primer polo, y una segunda superficie que define un segundo polo, estando la segunda superficie separada de la primera superficie. Un flujo

65

magnético aumenta en densidad de la primera superficie a la segunda superficie, y en el que el imán incluye una forma sustancialmente arqueada en una primera sección transversal tomada a lo largo de un primer plano e incluye una forma sustancialmente trapezoidal en una segunda sección transversal tomada a lo largo de un segundo plano sustancialmente perpendicular al primer plano.

5 Otros aspectos de la invención se harán evidentes mediante la consideración de la descripción detallada y los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

10 La Figura 1 es una vista en perspectiva de un dispositivo de refrigeración magnético de acuerdo con una realización de la invención.

15 La Figura 2 es una vista en perspectiva del dispositivo de refrigeración magnético mostrado en la Figura 1 con un yugo externo del dispositivo de refrigeración magnético retirado.

La Figura 3 es una vista en perspectiva de un yugo interno del dispositivo de refrigeración magnético de la Figura 1.

20 La Figura 4 es una vista desde arriba del yugo interno de la Figura 3.

La Figura 5 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea 5-5 de la Figura 4.

25 La Figura 6 es una vista en perspectiva del yugo externo de la Figura 1.

La Figura 7 es una vista desde arriba del yugo externo de la Figura 6.

La Figura 8 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea 8-8 de la Figura 7.

30 La Figura 9 es una vista en perspectiva de una placa de extremo del dispositivo de refrigeración magnético de la Figura 1.

La Figura 10 es una vista desde arriba de la placa de extremo de la Figura 9.

35 La Figura 11 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea 11-11 de la Figura 10.

La Figura 12 es una vista en perspectiva de un imán permanente externo del dispositivo de refrigeración magnético de la Figura 1.

40 La Figura 13 es una vista desde arriba del imán permanente externo de la Figura 12.

La Figura 14 es una vista frontal del imán permanente externo de la Figura 12.

45 La Figura 15 es una vista lateral del imán permanente externo de la Figura 12.

La Figura 16 es una vista en perspectiva de un imán permanente interno del dispositivo de refrigeración magnético de la Figura 1.

50 La Figura 17 es una vista frontal del imán permanente interno de la Figura 16.

La Figura 18 es una vista lateral del imán permanente interno de la Figura 16.

La Figura 19 es una vista desde arriba del imán permanente interno de la Figura 16.

55 La Figura 20 es una vista en perspectiva del dispositivo de refrigeración magnético de la Figura 2 que muestra vectores de campo magnético.

La Figura 21 es una vista superior en sección transversal del dispositivo de refrigeración magnético mostrado en la Figura 1, tomada a través del centro, incluyendo flechas que indican los vectores de campo magnético.

60 La Figura 22 es una vista lateral en sección transversal del dispositivo de refrigeración magnético mostrado en la Figura 1 que incluye los vectores de campo magnético.

65 La Figura 23 es un gráfico de la intensidad del campo magnético a medida que varía en 360 grados a una distancia radial fija desde el centro del dispositivo.

La Figura 24 es otra construcción del dispositivo de refrigeración magnético que incluye dos imanes permanentes.

5 La Figura 25 es otra construcción del dispositivo de refrigeración magnética que incluye seis imanes permanentes.

La Figura 26 es una vista en perspectiva del dispositivo de refrigeración magnético mostrado en la Figura 25 con un yugo externo del dispositivo de refrigeración magnético retirado.

10 La Figura 27 es otra construcción del dispositivo de refrigeración magnético que incluye doce imanes permanentes.

La Figura 28 es una vista desde arriba de los imanes individuales que constituyen los imanes permanentes interno y externo.

15 La Figura 29 es una vista en perspectiva de los imanes individuales que constituyen los imanes permanentes interno y externo.

20 La Figura 30 es una vista en perspectiva de un imán permanente externo (mostrado en la Figura 20) que muestra la dirección de los vectores de campo magnético a través del mismo.

Descripción detallada

25 Antes de que cualquier realización de la invención se explique en detalle, se debe entender que la invención no está limitada en su aplicación a los detalles de construcción ni a la disposición de componentes expuestos en la siguiente descripción o ilustrados en los siguientes dibujos. La invención es capaz de otras realizaciones y de implementarse o realizarse de diversas maneras. Además, se debe entender que la fraseología y la terminología utilizadas en la presente memoria son para fines de descripción y no deben considerarse limitantes. El uso de "incluyendo", "comprendiendo", o "teniendo" y variantes de los mismos en la presente memoria pretende abarcar los artículos enumerados a continuación y sus equivalentes, así como los artículos adicionales. A menos que se especifique o se limite de otra manera, los términos "montado", "conectado", "soportado", y "acoplado" y variaciones de los mismos se utilizan ampliamente y abarcan montajes, conexiones, soportes y acoplamientos tanto directos como indirectos. Además, "conectado" y "acoplado" no están restringidos a conexiones o acoplamientos físicos o mecánicos.

35 Las Figuras 1 y 2 ilustran un dispositivo de refrigeración magnético 10 de acuerdo con una realización de la presente invención. El dispositivo de refrigeración magnético 10 incluye un conjunto de imán 12 que tiene un yugo interno 14, un yugo externo 16 dispuesto concéntricamente fuera del yugo interno 14, una placa de extremo 18 que acopla los yugos interno y externo 14, 16, dos imanes permanentes internos 20 acoplados a El yugo interno 14 y dos imanes permanentes externos 22 acoplados al yugo externo 16. Se pueden utilizar dos placas de extremo 18, pero no se requiere ninguna. El dispositivo de refrigeración magnético 10 incluye también un conjunto de elementos magnetocalóricos que incluye cuatro elementos magnetocalóricos 24 dispuestos dentro de un espacio entre los imanes permanentes interno y externo 20, 22.

45 Mejor mostrado en las Figuras 3-5, el yugo interno 14 es un tubo cilíndrico que tiene un diámetro externo B concéntrico con un diámetro interno C y una altura D. El yugo interno 14 define un eje A. En una construcción, el diámetro externo B es de aproximadamente 60 mm, el diámetro interno C es de aproximadamente 40 mm y la altura D es aproximadamente 270 mm.

50 Mejor mostrado en las Figuras 6-8, el yugo externo 16 es un tubo cilíndrico que tiene un diámetro externo F que es concéntrico con un diámetro interno G (alrededor del eje A) y una altura H. En la construcción ilustrada, el diámetro externo F es de aproximadamente 280 mm, el diámetro interno G es de aproximadamente 250 mm y la altura H es de aproximadamente 250 mm.

55 Mejor mostrado en las Figuras 9-11, la placa de extremo 18 es un disco en forma de placa que tiene un diámetro externo J que es concéntrico con un diámetro interno K (alrededor del eje A) y un espesor L. En la construcción ilustrada, el diámetro externo J es de aproximadamente 280 mm, el diámetro interno K es de aproximadamente 60 mm y el espesor L es de aproximadamente 20 mm.

60 Mejor mostrado en las Figuras 12-15, el imán permanente externo 22 incluye una superficie interna 26, una superficie externa 32 y superficies laterales 34. La superficie interna 26 tiene una superficie central 28 y dos superficies cónicas 30 en extremos opuestos de la superficie central 28. La altura N del imán permanente externo 22, la altura P de la superficie central 28, las alturas R y S, el ángulo V, y una anchura Q de la superficie lateral 34, definen por lo general un trapecio. En la realización ilustrada, el trapecio es un trapecio isósceles. En otras realizaciones, el imán permanente externo 22 puede adoptar otras formas que convergen por lo general de la superficie externa 32 a la superficie interna 26 (vista desde una sección transversal radial tomada a lo largo de un plano que es paralelo al eje A). La superficie interna 26 se encuentra a una distancia radial T del eje central A del

arco U. En la construcción ilustrada, la altura N es de aproximadamente 250 mm, la altura P es de aproximadamente 81,56 mm, la altura R es de aproximadamente 125 mm, la altura S es de aproximadamente 40,78 mm, el ángulo V es aproximadamente 24,6 grados y la anchura Q es de aproximadamente 38,5 mm. El trapecio formado por estas dimensiones es el mismo para cualquier sección transversal radial del imán permanente externo 22 tomada a lo largo de un plano que es paralelo al eje A. La superficie interna 26 se encuentra a una distancia T de aproximadamente 87,33 mm desde el eje A, que abarca un ángulo de aproximadamente 90 grados.

Como se muestra mejor en las Figuras 28 y 29, el imán permanente externo puede estar compuesto por una pluralidad de imanes individuales 48 unidos entre sí con epoxi, pegamento u otro medio de unión de manera que los polos norte de cada uno de los imanes individuales estén adyacentes. Aunque se utilizan ciento ocho imanes individuales 48 para componer un imán entero en la construcción ilustrada, se podrían utilizar menos o más en una construcción alternativa para crear el mismo efecto. En otra construcción, se pueden utilizar sesenta imanes individuales 48 para componer un imán entero. En una construcción, cada imán individual 48 incluye efectivamente una porción de la superficie externa 32 y la superficie interna 26 del imán permanente externo; sin embargo, no es necesario que cada imán individual 48 incluya estas superficies. En otra construcción, el imán permanente externo puede estar construido como una sola pieza que tiene líneas de campo magnético no paralelas que convergen o divergen de un polo a otro. Un imán que tiene líneas de campo magnético no paralelas que convergen o divergen se denomina imán congruente y puede construirse de cualquier manera que realice este efecto, incluyendo, pero sin limitarse a, las formas descritas anteriormente.

Mejor mostrado en las Figuras 16-19, el imán permanente interno 20 incluye una superficie interna 42, una superficie externa 36 y superficies laterales 44. La superficie externa 36 tiene una superficie central 38 y dos superficies cónicas 40 en extremos opuestos de la superficie central 38. La altura W del imán permanente externo 20, la altura X de la superficie central 38, las alturas Z y AA, el ángulo AD, y una anchura Y de la superficie lateral 44, definen por lo general un trapecio. En la realización ilustrada, el trapecio es un trapecio isósceles. En otras realizaciones, el imán permanente interno 20 puede adoptar otras formas que divergen por lo general de la superficie externa 38 a la superficie interna 42, visto desde una sección transversal radial tomada a lo largo de un plano que es paralelo al eje A (Figura 22), y convergen de la superficie externa 38 a la superficie interna 42 visto desde una sección transversal tomada a lo largo de un plano que es normal al eje A (Figura 21). La superficie interna 42 se encuentra a una distancia radial AB desde el centro del arco AC. En la construcción ilustrada, la altura W es de aproximadamente 250 mm, la altura X es de aproximadamente 81,56 mm, la altura Z es de aproximadamente 125 mm, la altura AA es de aproximadamente 40,78 mm, el ángulo AC es de aproximadamente 24,6 grados y la anchura Y es de aproximadamente 38,5 mm. El trapecio formado por estas dimensiones es el mismo para cualquier sección transversal radial del imán permanente interno 20 tomada a lo largo de un plano que es paralelo al eje A. La superficie interna 42 se encuentra a una distancia AB de aproximadamente 30 mm del eje central A. La superficie interna 42 se extiende un ángulo de aproximadamente 90 grados.

Como se muestra mejor en las Figuras 28 y 29, el imán permanente interno está compuesto por una pluralidad de imanes individuales 48 unidos entre sí con epoxi, pegamento u otros medios de unión de manera que los polos norte de cada uno de los imanes individuales estén adyacentes y como tal se denomine un imán congruente. Aunque se utilizan ciento ocho imanes individuales 48 para componer un imán entero en la construcción ilustrada, se podrían utilizar menos o más en una construcción alternativa para crear el mismo efecto. En otra construcción, se pueden utilizar sesenta imanes individuales 48 para componer un imán entero. En una construcción, cada imán individual 48 incluye efectivamente una porción de la superficie externa 36 y la superficie interna 42 del imán permanente interno; sin embargo, no es necesario que cada imán individual 48 incluya estas superficies. En otra construcción, el imán permanente interno puede estar construido como una sola pieza que tiene líneas de campo magnético no paralelas que convergen o divergen de un polo a otro. Un imán que tiene líneas de campo magnético no paralelas que convergen o divergen se denomina un imán congruente y puede construirse de cualquier manera que realice este efecto, incluyendo, pero sin limitarse a, las formas descritas anteriormente.

Con referencia de nuevo a las Figuras 1 y 2, los yugos interno 14 y externo 16 se fabrican de un material magnéticamente permeable (magnéticamente blando) tal como acero 1010 o equivalente y se acoplan concéntricamente a la placa de extremo 18 alrededor del eje A. La placa de extremo se fabrica también de un material magnéticamente permeable (magnéticamente blando) tal como acero 1010 o equivalente. El diámetro externo B del yugo interno 14 es aproximadamente igual y encaja dentro del diámetro interno K de la placa de extremo 18 de manera que el extremo de uno está a ras con el extremo del otro. La altura D del yugo interno 14 es aproximadamente igual a la altura H del yugo externo 16 más el espesor L de la placa de extremo 18.

Los dos imanes permanentes internos 20 y los dos imanes permanentes externos 22 son imanes Br de alta densidad de flujo remanente tales como NdFeB (Neodimio Hierro Boro) N52 o cualquier otro imán Br de alta densidad de flujo remanente equivalente. Las superficies internas 42 de los imanes permanentes internos 20 se acoplan al diámetro externo B del yugo interno 14 y se separan equidistantemente entre sí alrededor del eje A. Las superficies exteriores 32 de los dos imanes permanentes externos 22 se acoplan al diámetro interno G del yugo externo 16 y se separan equidistantemente entre sí alrededor del eje A. Adicionalmente, cada imán permanente interno 20 está emparejado con un imán permanente externo 22 de manera que cada par de imanes permanentes internos 20 y 22 comparten el mismo eje central A y ocupan el mismo espacio angular con respecto a ese eje central

A.

En las Figuras 1 y 2 se encuentran los cuatro elementos magnetocalóricos 24 dispuestos concéntricamente entre los imanes permanentes interno 20 y externo 22 y separados equidistantemente entre sí alrededor del eje A. La altura de los elementos magnetocalóricos 24 es aproximadamente igual a la altura X de la superficie central 38 de los imanes permanentes internos 20 y la altura P de la superficie central 28 de los imanes permanentes externos 22. Los elementos magnetocalóricos 24 tienen un espesor de aproximadamente 18 mm. Cada elemento magnetocalórico 24 se configura como un arco que es concéntrico con los arcos de los imanes permanentes 20, 22 y define un ángulo que es ligeramente menor que los ángulos U, AC de los imanes permanentes 20, 22. Un entrehierro, también de aproximadamente 18 mm de profundidad en la construcción ilustrada, se sitúa entre cada elemento magnetocalórico 24. Cada elemento magnetocalórico 24 podría estar encapsulado por una cubierta fina de plástico u otro material (no mostrado) que tiene sustancialmente la misma forma que los elementos magnetocalóricos 24 mostrados en las Figuras, en las que el elemento magnetocalórico 24 se dispone dentro de la cubierta fina en forma de un polvo o perlas.

Aunque no se ilustra, los expertos en la técnica entenderán que cada elemento magnetocalórico 24 podría incluir al menos una entrada, al menos una salida, al menos una bomba y al menos una válvula y un sistema de tuberías (no mostrado) configurado para permitir que fluya un fluido a su través y proporcionar transferencia de calor entre los elementos magnetocalóricos 24 y los intercambiadores de calor caliente y frío. El intercambiador de calor caliente se puede utilizar para liberar calor a la atmósfera y el intercambiador de calor frío se puede utilizar para enfriar un espacio, tal como un refrigerador. El presente diseño del conjunto de imán 12 es ventajoso por que proporciona un amplio espacio en el que se pueden disponer tales características.

El yugo interno 14 se acopla a un dispositivo giratorio, tal como un motor (no mostrado), de manera que todo el conjunto de imán 12 gira conjuntamente como una pieza alrededor de los elementos magnetocalóricos 24 a una velocidad entre aproximadamente 0,1 y 10 giros/segundo. A medida que el motor gira, el yugo interno 14 y el yugo externo 16 comparten una velocidad angular común. Durante el giro alrededor del eje A, no hay movimiento relativo entre los imanes permanentes interno y externo 20, 22. Como alternativa, los elementos magnetocalóricos 24 podrían configurarse para girar y el conjunto de imán 12 podría configurarse para permanecer estacionario.

La Figura 20, que ilustra el concepto de imanes congruentes, muestra la dirección de flujo de los vectores de campo magnético 46 a través de los imanes permanentes interno y externo 20, 22 en una vista similar a la de la Figura 2. Cada imán individual 48 produce vectores de campo magnético que se desplazan paralelos entre sí. Sin embargo, los imanes permanentes 20, 22 en conjunto son imanes congruentes, con un campo magnético convergente o divergente que sigue la forma convergente y divergente de los imanes en su conjunto. La Figura 20 muestra que los vectores de campo magnético 46 de la presente invención no son paralelos ni viajan en una sola dirección; más bien, los vectores de campo magnético 46 se muestran en tres dimensiones para cambiar de dirección continuamente de un lado del imán a otro. Como resultado, la fuerza del campo magnético aumenta a medida que los vectores 46 convergen y se concentran cada vez más dentro del espacio.

La forma y la construcción de los imanes 20, 22 de la presente invención, con las porciones convergentes que son adyacentes a los elementos magnetocalóricos 24, concentran (y por lo tanto refuerzan) el campo magnético 46 a través de los elementos magnetocalóricos 24 dispuestos entre los imanes 20, 22. Estos vectores 46 se muestran también en la Figura 21, que es una vista superior en sección transversal que corta a través del centro del dispositivo de refrigeración magnético 10 a una altura de aproximadamente 125 mm desde una superficie interna de la placa de extremo 18, junto con la intensidad de campo magnético medida en Tesla.

Como se muestra en las Figuras 21 y 22, la disposición y la construcción de los imanes permanentes interno y externo 20, 22 y los yugos interno y externo 14, 16 producen un campo magnético significativo, tan alto como aproximadamente 2 Tesla en partes del yugo externo 16, partes de los imanes permanentes internos 20 y partes de los elementos magnetocalóricos 24 o huecos adyacentes a los imanes permanentes internos 20.

El imán permanente externo 22 converge de la superficie externa 32 a su superficie interna 26 por las superficies laterales radiales 34 y las superficies cónicas 30. El área superficial de la superficie externa 32 es mayor que el área superficial de la superficie interna 26. Por consiguiente, la densidad del campo magnético en el imán permanente externo 22 converge también, o aumenta en densidad, de la superficie externa más grande 32 a la superficie interna más pequeña 26 cuando las líneas de campo magnético se extienden de la superficie externa 32 a la superficie interna 26. Por el contrario, cuando las líneas de campo magnético se extienden de la superficie interna 26 a la superficie externa 32, la densidad del campo magnético en el imán permanente externo 22 diverge, o disminuye en densidad, de la superficie interna 26 a la superficie externa 32. La dirección de las líneas de campo depende de cuál de las superficies interna y externa 26, 32 es el polo norte y cuál es el polo sur.

El imán permanente interno 20 converge en forma de la superficie externa 36 a la superficie interna 42 por las superficies laterales radiales 44, como se observa en la Figura 21. Sin embargo, cuando se ve desde una sección transversal lateral como en la Figura 22, el imán permanente interno 20 diverge en forma de la superficie externa 36 a la superficie interna 42 por las superficies cónicas 40. El área superficial de la superficie interna 42 es mayor que el

5 área superficial de la superficie externa 36. En consecuencia, la densidad de campo en el imán permanente interno 20 diverge, o disminuye en densidad, de la superficie externa más pequeña 36 a la superficie interna más grande 42 cuando las líneas de campo magnético se extienden de la superficie externa 36 a la superficie interna 42. Inversamente, cuando las líneas de campo magnético se extienden de la superficie interna 42 a la superficie externa 36, la densidad del campo magnético en el imán permanente interno 20 converge, o aumenta en densidad, de la superficie interna 42 a la superficie externa 36. La dirección de las líneas de campo depende de cuál de las superficies interna y externa 36, 42 es el polo norte y cuál es el polo sur.

10 Las respectivas superficies laterales 34, 44 de los imanes permanentes interno y externo 20, 22 están sustancialmente alineadas. Las superficies interna y externa 42, 26 de los imanes interno y externo 20, 22 se sitúan todas concéntricamente alrededor del eje A. Mediante esta disposición, el campo magnético se hace pasar a través de un primer par de imanes permanentes interno y externo 20, 22 por lo general en una primera dirección hacia el eje A, se hace pasar a través del yugo interno 14 y del eje A, y se hace pasar a través del segundo par opuesto de imanes permanentes interno y externo 20, 22 por lo general en la primera dirección, pero lejos del eje A. Esta primera dirección general del campo magnético define los polos norte y sur con respecto a todo el conjunto magnético 12.

20 La Figura 22 muestra una vista lateral en sección transversal de los vectores de campo magnético 46 que se hacen pasar a través del dispositivo de refrigeración magnético 10. En esta vista en sección transversal, los imanes permanentes interno y externo de cada par de imanes permanentes son sustancialmente imágenes especulares entre sí alrededor de un eje que se extiende verticalmente a través del centro del elemento magnetocalórico 24. Sin embargo, el polo sur y polo norte de cada imán permanente 20, 22 alternan en la dirección de los vectores de campo magnético 46 y, por lo tanto, no son simétricos.

25 En la Figura 23 es un gráfico de la intensidad del campo magnético a medida que varía en 360 grados a una distancia radial fija del eje central A del dispositivo 10, donde esta distancia radial termina en el centro de un elemento magnetocalórico 24 (o entrehierro), partiendo de un extremo de un elemento magnetocalórico 24 que se dispone entre los imanes permanentes interno y externo 20, 22 y que se mueve primero en una dirección a través del elemento magnetocalórico 24. El eje x del gráfico es la longitud circunferencial de esta distancia radial en mm, Pero también puede interpretarse como comenzando en 0 grados (correspondiente a 0 mm) y terminando en 360 grados (correspondiente a 487 mm). La gráfica muestra dos picos y dos valles, siendo cada uno sustancialmente planos. Los picos, aproximadamente 1,46 Tesla, corresponden a la intensidad del campo magnético en el centro de los elementos magnetocalóricos 24 que se disponen entre los imanes permanentes 20 y 22. Los valles, aproximadamente cero Tesla, corresponden a la intensidad del campo magnético en los elementos magnetocalóricos 24 no dispuestos entre los imanes permanentes interno y externo 20, 22. La planitud de los picos y valles es significativa por que muestra que esta configuración de dispositivo de refrigeración magnético permite mantener una elevada intensidad de campo magnético a lo largo de la longitud circunferencial de los elementos magnetocalóricos 24 dispuestos entre los imanes permanentes 20, 22 y que se mantiene una baja intensidad de campo magnético a lo largo de la longitud circunferencial de los elementos magnetocalóricos 4 no dispuestos entre los imanes permanentes 20, 22. Esta característica de la invención es particularmente deseable en dispositivos de refrigeración magnéticos por que los materiales magnetocalóricos cambian de temperatura con campos magnéticos cambiantes, de modo que cuanto más uniformemente se distribuya el campo magnético a través del elemento magnetocalórico, más eficaz será el dispositivo de refrigeración magnético.

45 Otra característica de la presente invención que mejora el rendimiento del dispositivo de refrigeración magnético 10 es la configuración del yugo externo 16 y del material seleccionado para el mismo. Los materiales magnéticamente permeables proporcionan una trayectoria a través de la que las líneas de un campo magnético siguen fácilmente. La Figura 21 confirma esto mostrando que cuando las líneas de campo magnético salen del polo norte del imán permanente externo 22, las líneas de campo magnético viajan casi completamente a través del yugo externo 16 (a una intensidad de aproximadamente 2 Tesla) hacia el polo sur del otro imán permanente externo 22. Las líneas de campo magnético mostradas que escapan del yugo externo 16 tienen una resistencia muy baja de aproximadamente 0,2 Tesla o menos. Por lo tanto, hay muy poca fuga magnética con este diseño, lo que lo hace más eficaz.

55 Las ventajas de la construcción con imán congruente incluyen el hecho de que se requiere menos material magnético para producir un campo magnético más fuerte, es decir, la relación entre el volumen total del imán y el volumen del espacio de trabajo del campo magnético (por ejemplo, el volumen de los dos elementos magnetocalóricos 24 dispuestos entre los imanes 20, 22) es menor que en los diseños anteriores, preferentemente una relación de menos de 25. También es inferior a una construcción de imán no congruente que tiene la misma forma general, es decir, si los imanes interno y externo tuvieran líneas de campo magnético paralelas y la misma forma y dimensiones que los imanes congruentes 20, 22, la disposición de imán congruente tendría una relación más baja. Esta es otra manera de decir que se necesita menos material magnético para crear una cierta intensidad de campo magnético en un espacio de trabajo cuando los imanes son imanes congruentes, como se describe por la presente invención.

65 Además, podría utilizarse un dispositivo de refrigeración magnético que tenga cualquier número par de imanes permanentes en una configuración similar. Por ejemplo, la Figura 24 muestra una segunda construcción de un

5 dispositivo de refrigeración magnético que tiene dos imanes permanentes (uno interno y otro externo). Esta segunda construcción podría utilizarse con dos elementos magnetocalóricos. La Figura 25 muestra una tercera construcción de un dispositivo de refrigeración magnético que tiene seis imanes permanentes (tres internos y tres externos) y 6 elementos magnetocalóricos. La Figura 26 muestra una segunda vista de la tercera construcción con el yugo externo oculto a la vista. La Figura 27 muestra una cuarta construcción de un dispositivo de refrigeración magnético que tiene 12 imanes permanentes (seis internos y seis externos) y 12 elementos magnetocalóricos.

10 Además, las configuraciones de imán permanente de la presente invención no necesitan limitarse a aplicaciones en refrigeración magnética. Tales configuraciones de imán se pueden utilizar también con dispositivos de almacenamiento de datos tales como disquetes, discos de exploración y unidades flash, por ejemplo, para borrar datos de estos dispositivos o manipular los datos de otras formas.

REIVINDICACIONES

1. Una disposición de imanes para la creación de un campo magnético, que comprende:

5 un primer imán (22) que tiene una primera superficie (32) que define un primer polo y una segunda superficie (26) que define un segundo polo opuesto al primer polo, en donde la segunda superficie (26) tiene una densidad de flujo magnético más alta que la primera superficie;

10 un segundo imán (20) separado del primer imán y que tiene una tercera superficie (36) que define un tercer polo y una cuarta superficie (42) que define un cuarto polo opuesto al tercer polo, en donde la tercera superficie (36) tiene una densidad de flujo magnético más alta que la cuarta superficie (42), en donde el segundo imán está separado del primer imán para definir un primer hueco entre la segunda superficie (26) y la tercera superficie (36), y en donde las líneas de campo magnético del campo magnético se extienden de la primera superficie (32) a la segunda superficie (26), de la segunda superficie (26) a la tercera superficie (36) a través del primer hueco y de la tercera superficie (26) a la cuarta superficie (42);

15 un tercer imán (20) separado del segundo imán (20) y que tiene una quinta superficie (42) que define un quinto polo y una sexta superficie (36) que define un sexto polo opuesto al quinto polo, en donde la sexta superficie (36) tiene una densidad de flujo magnético más alta que la quinta superficie (42), y en donde las líneas de campo magnético se extienden de la cuarta superficie (42) a la quinta superficie (32) y de la quinta superficie a la sexta superficie (36);

20 un cuarto imán (22) separado del tercer imán (20) y que tiene una séptima superficie (26) que define un séptimo polo y una octava superficie (32) que define un octavo polo opuesto al séptimo polo, en donde la séptima superficie (26) tiene una densidad de flujo magnético más alta que la octava superficie (32), en donde el cuarto imán (22) está separado del tercer imán (20) para definir un segundo hueco entre la sexta superficie (36) y la séptima superficie (26), y en donde las líneas de campo magnético se extienden de la sexta superficie (36) a la séptima superficie (26) a través del segundo hueco, y de la séptima superficie (26) a la octava superficie (32);

25 en donde el campo magnético converge a través del primer imán (22), a continuación se hace pasar a través del primer hueco, después diverge a través del segundo imán (20), a continuación converge a través del tercer imán (20), a continuación se hace pasar a través del segundo hueco, después diverge a través del cuarto imán (22) y después vuelve del cuarto imán (22) al primer imán (22);

30 **caracterizada por que** la segunda superficie (26) es arqueada, la tercera superficie (36) es arqueada, la sexta superficie (26) es arqueada, la séptima superficie (26) es arqueada y por que la segunda superficie (26), la tercera superficie (36), la sexta superficie (36) y la séptima superficie (26) comparten un centro de arco común.

35 2. La disposición de imanes de la reivindicación 1, que comprende además:

un primer elemento magnéticamente permeable (14) dispuesto entre el segundo imán (20) y el tercer imán (20) para crear una trayectoria para que las líneas de campo magnético se extiendan de la cuarta superficie (42) a la quinta superficie (42) a través del primer elemento magnéticamente permeable (14); y

40 un segundo elemento magnéticamente permeable (16) dispuesto adyacente a la primera superficie (32) y a la octava superficie (32) para crear una trayectoria para que las líneas de campo magnético se extiendan de la primera superficie a la octava superficie a través del segundo elemento magnéticamente permeable (16).

45 3. La disposición de imanes de la reivindicación 1, en la que la densidad de flujo magnético en el hueco es mayor que la densidad de flujo magnético de la primera superficie (32).

4. La disposición de imanes de la reivindicación 1, en la que la densidad de flujo magnético en el segundo hueco es mayor que la densidad de flujo magnético de la octava superficie (32).

50 5. La disposición de imanes de la reivindicación 1, en la que la segunda superficie (26) tiene menos área superficial que la primera superficie (32).

6. La disposición de imanes de la reivindicación 1, que comprende además un material magnetocalórico (24) dispuesto en el primer hueco.

55 7. La disposición de imanes de la reivindicación 1, en la que el primer imán (22) está formado por una pluralidad de segmentos de imán (48), en donde al menos uno de los segmentos de imán incluye una porción de la primera superficie (32) y una porción de la segunda superficie (26), en donde cada uno de los segmentos de imán (48) incluye líneas de campo magnético paralelas y en donde el primer imán incluye líneas de campo magnético no paralelas.

60

8. La disposición de imanes de la reivindicación 2, en la que el primer elemento magnéticamente permeable (14) es un tubo cilíndrico.

65 9. La disposición de imanes de la reivindicación 2, en la que el segundo elemento magnéticamente permeable (16) es un tubo cilíndrico que tiene un diámetro mayor que el primer elemento magnéticamente permeable (14).

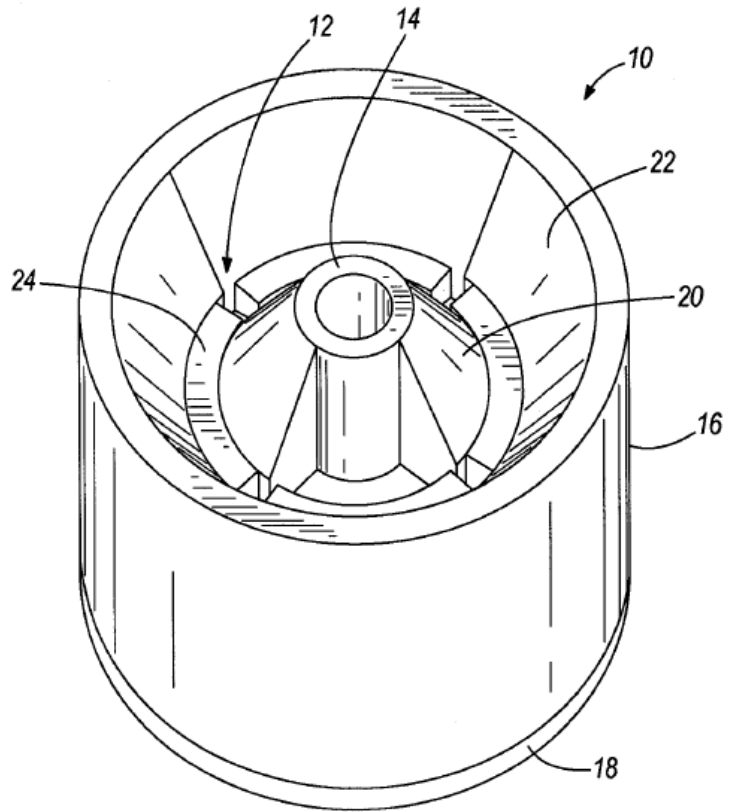


FIG. 1

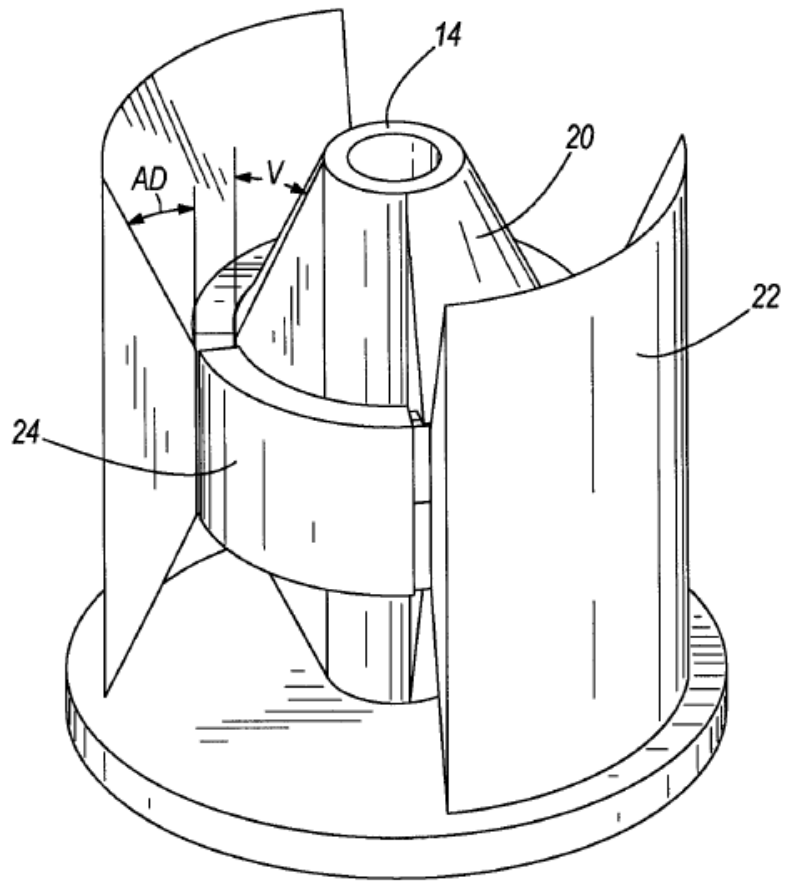


FIG. 2

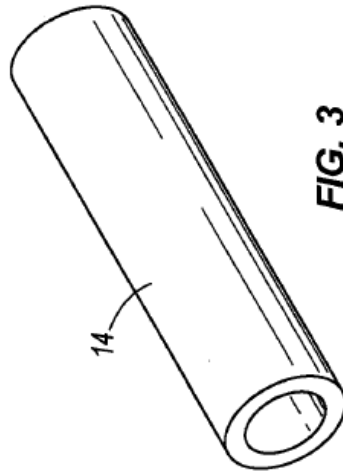


FIG. 3

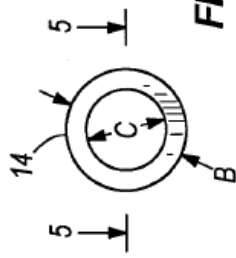


FIG. 4

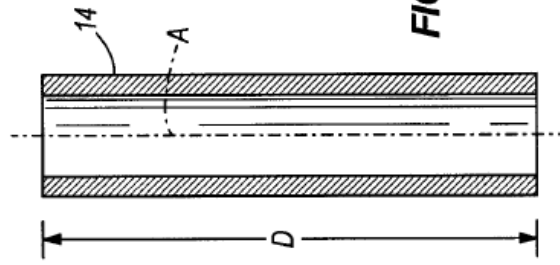


FIG. 5

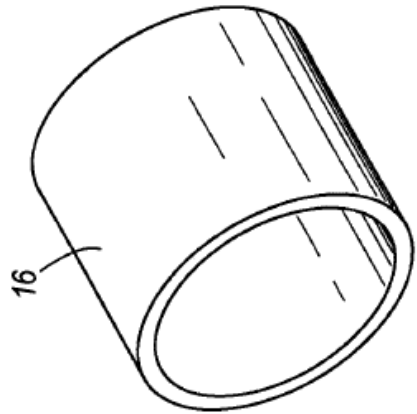


FIG. 6

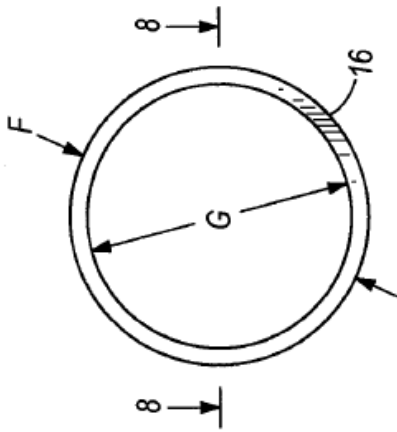


FIG. 7

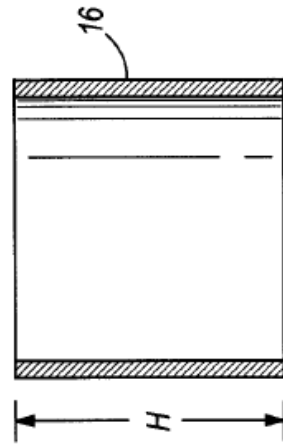


FIG. 8

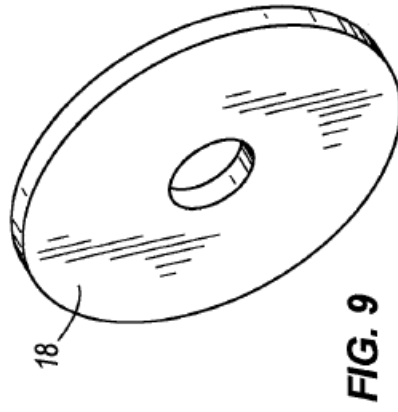


FIG. 9

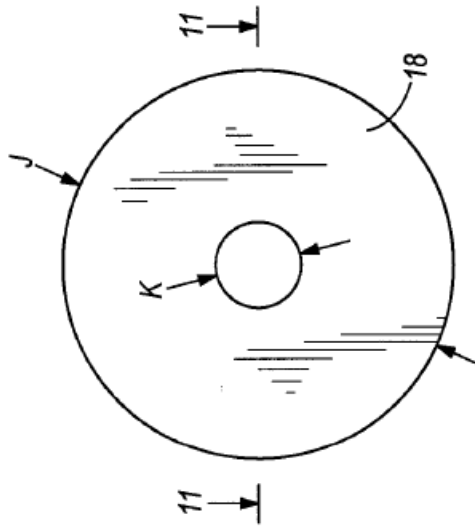


FIG. 10

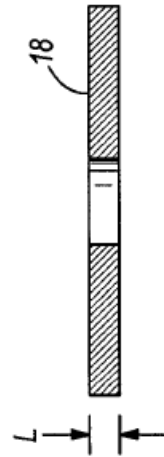


FIG. 11

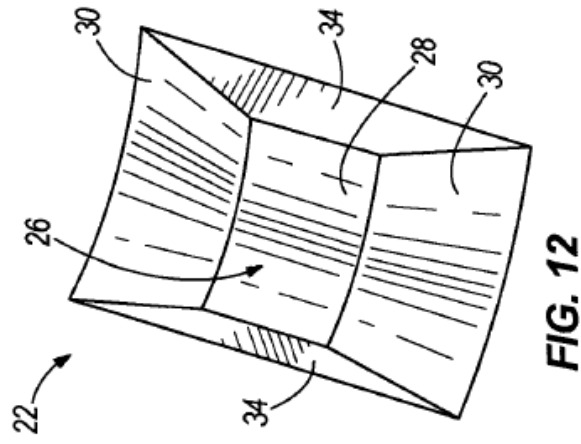


FIG. 12

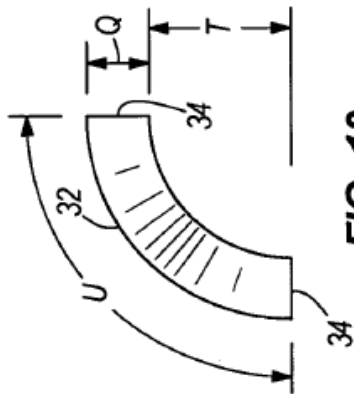


FIG. 13

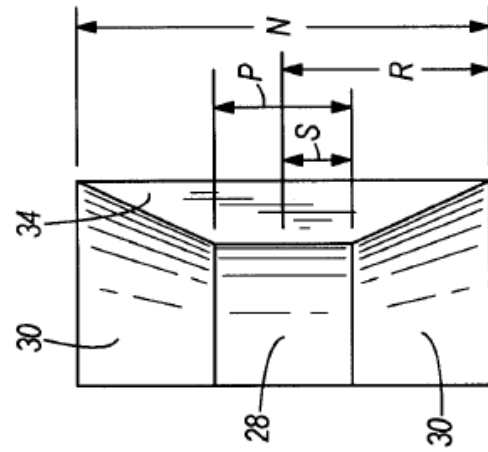


FIG. 14

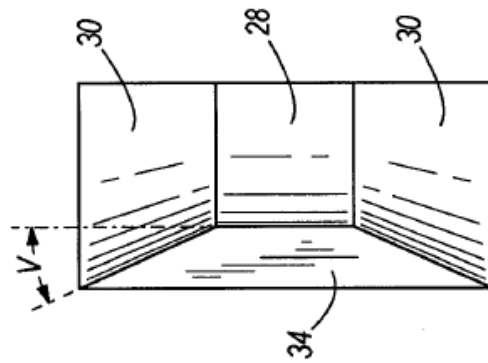


FIG. 15

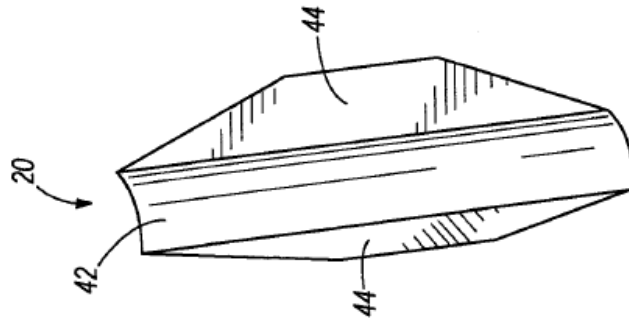


FIG. 16

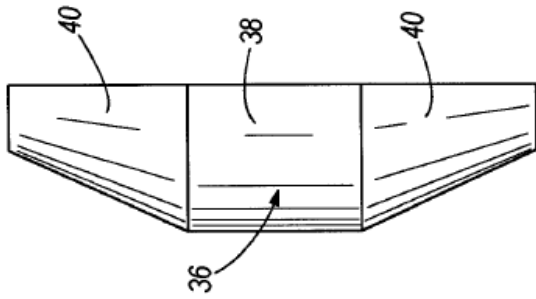


FIG. 18

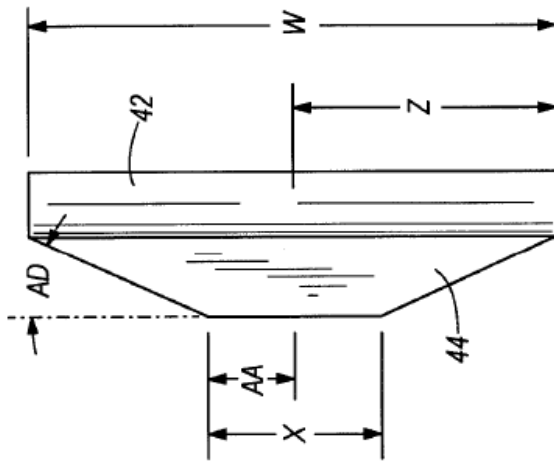


FIG. 17

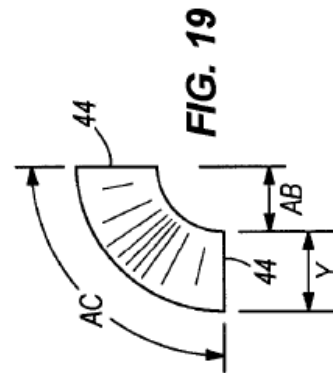


FIG. 19

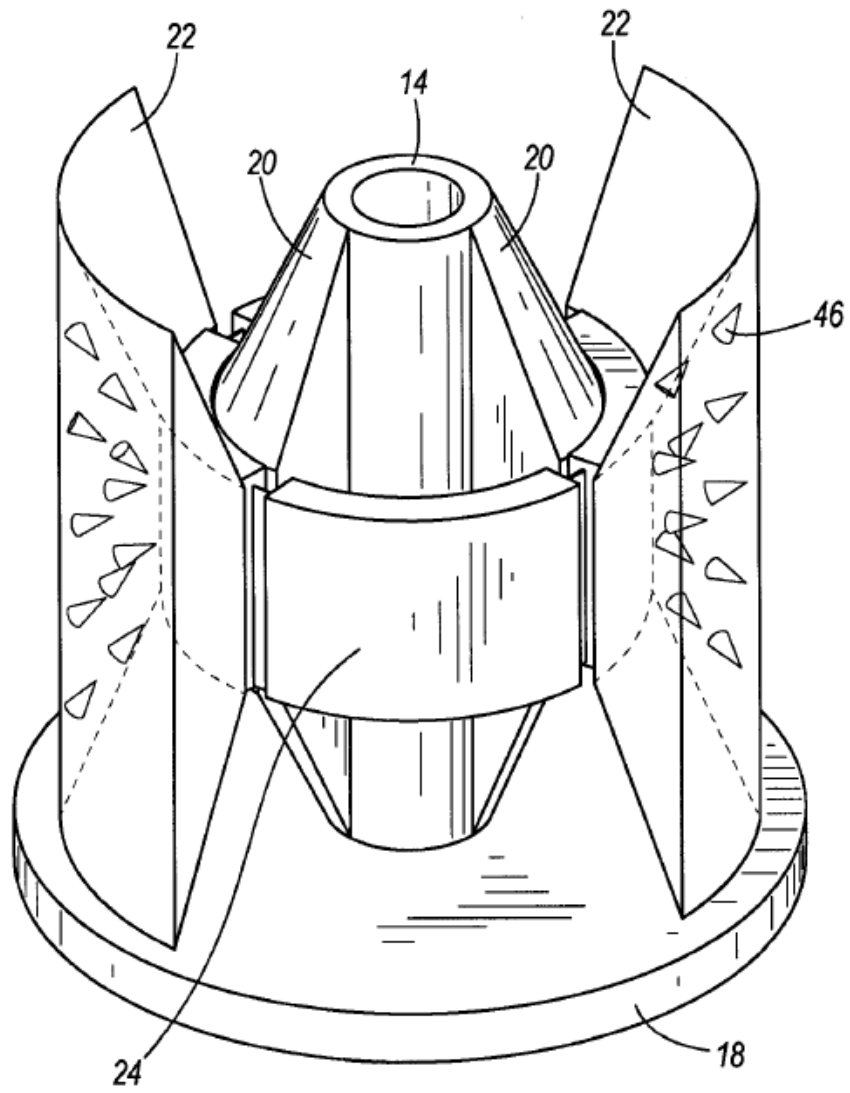


FIG. 20

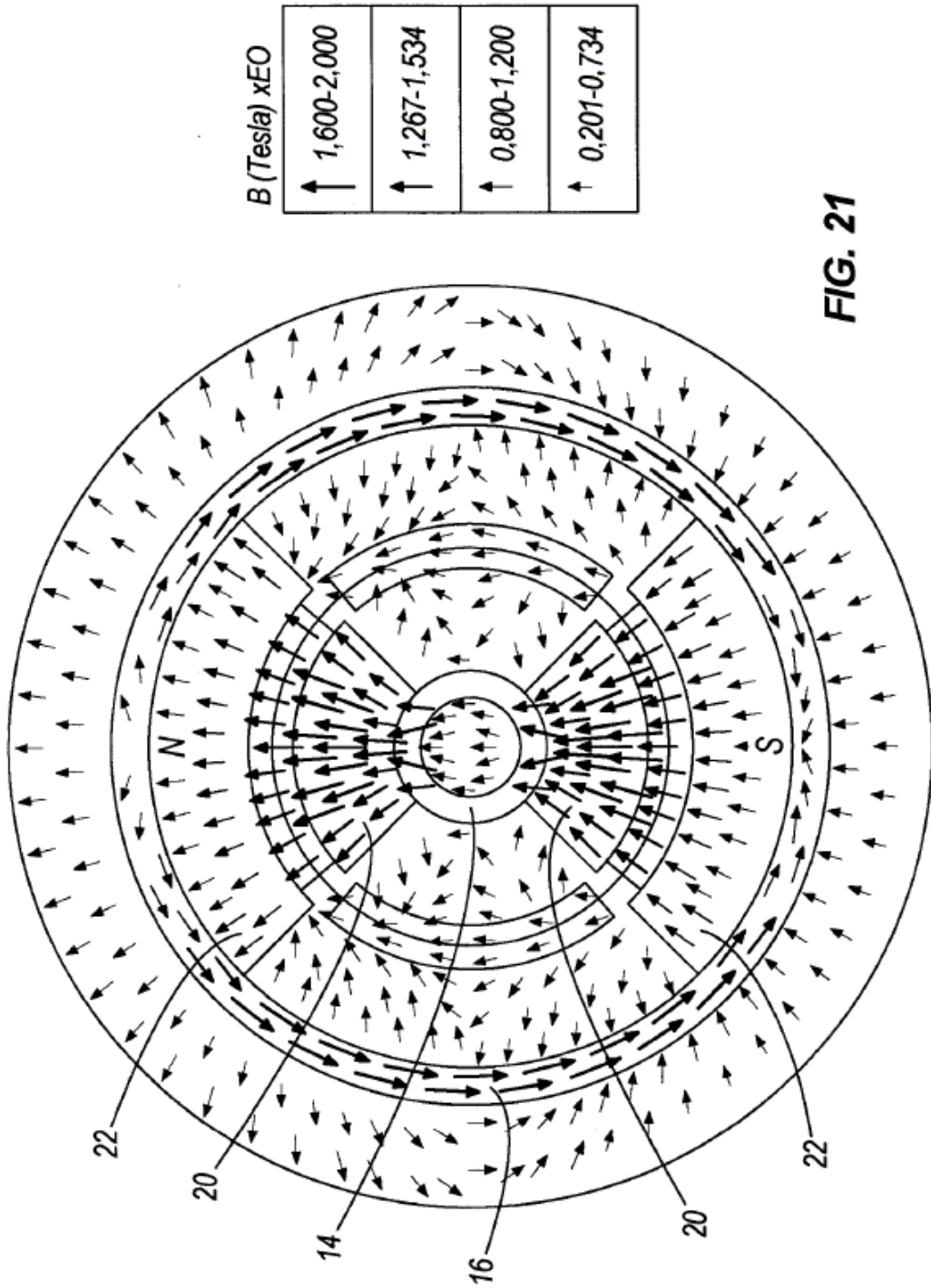


FIG. 21

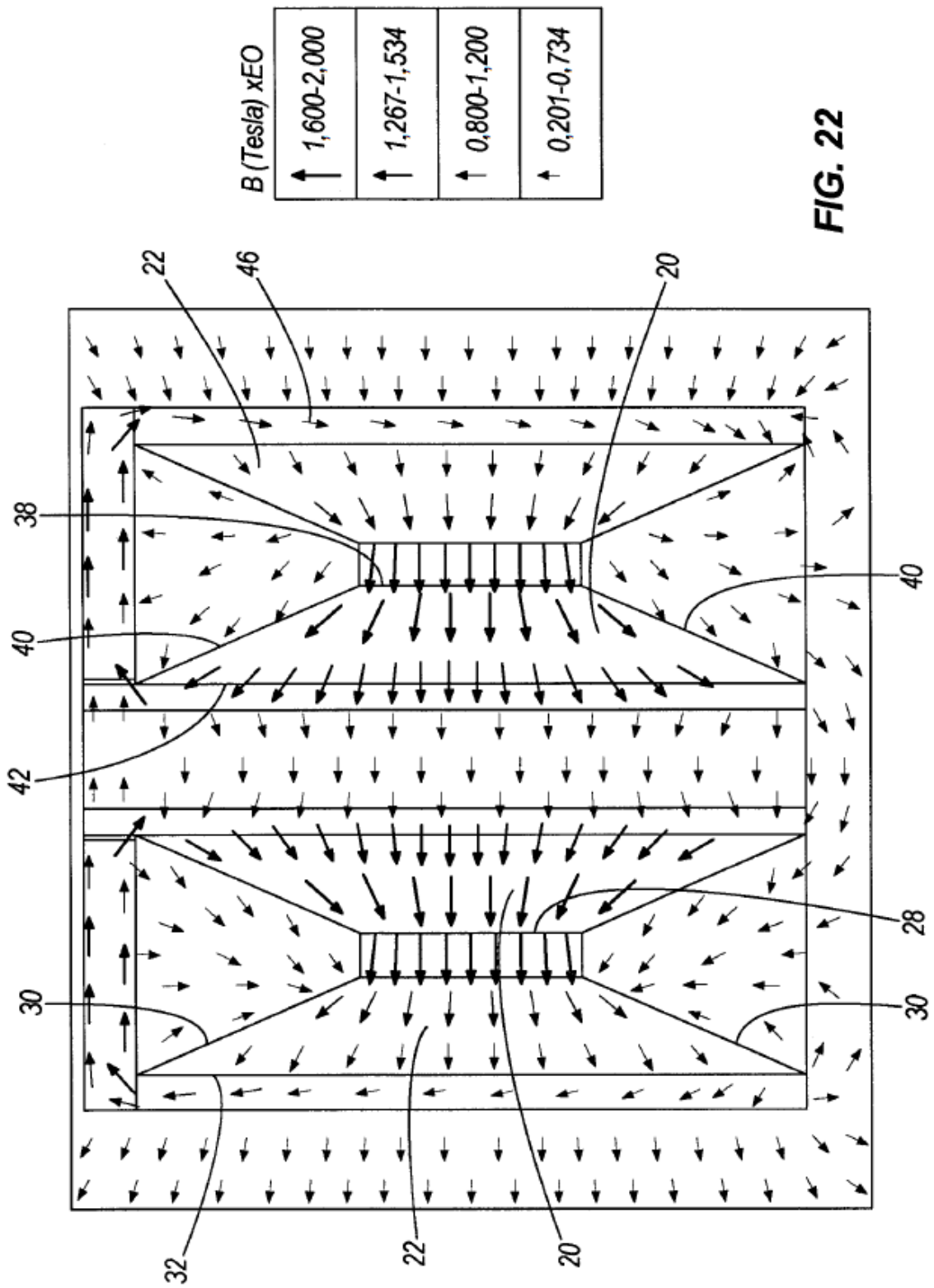


FIG. 22

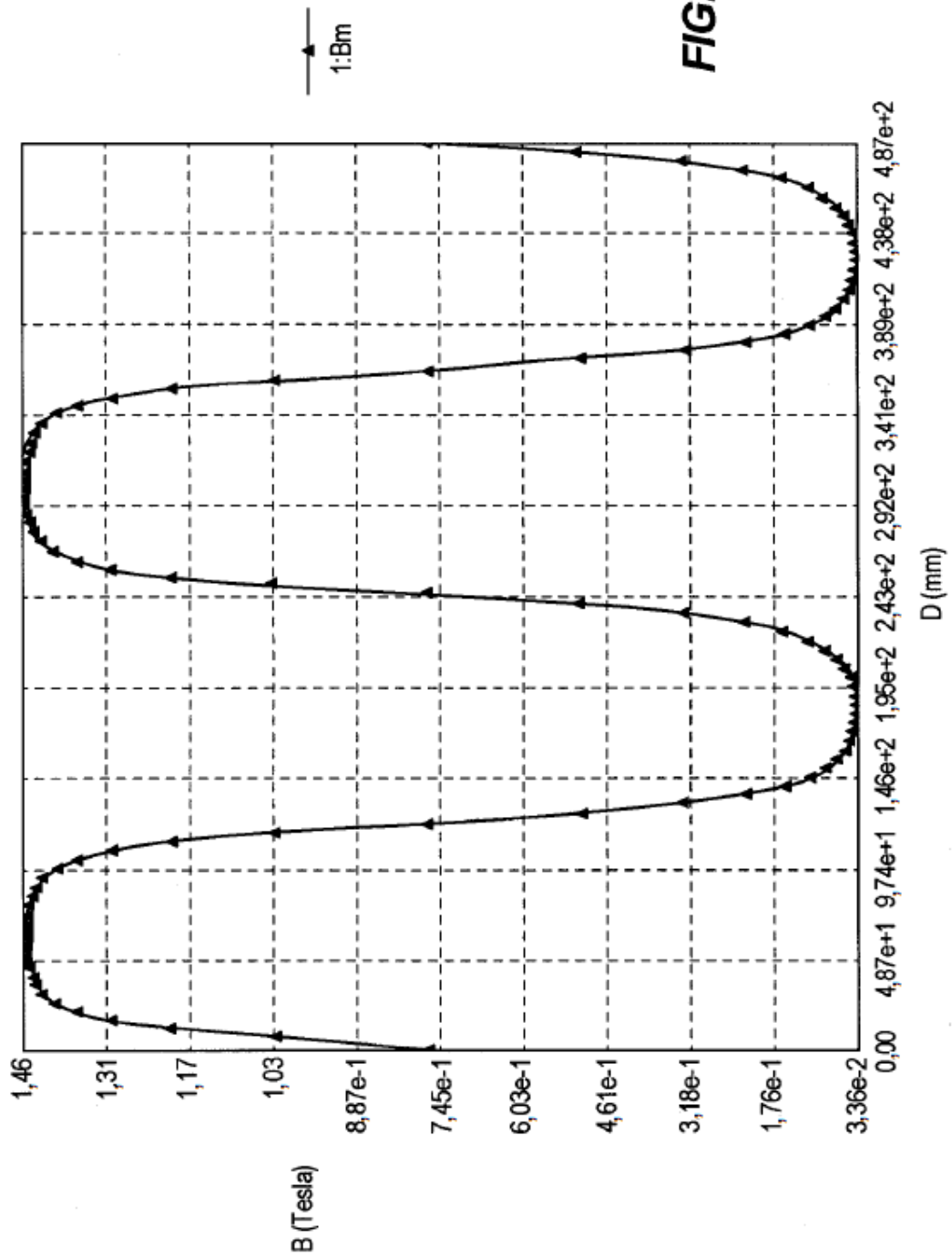


FIG. 23

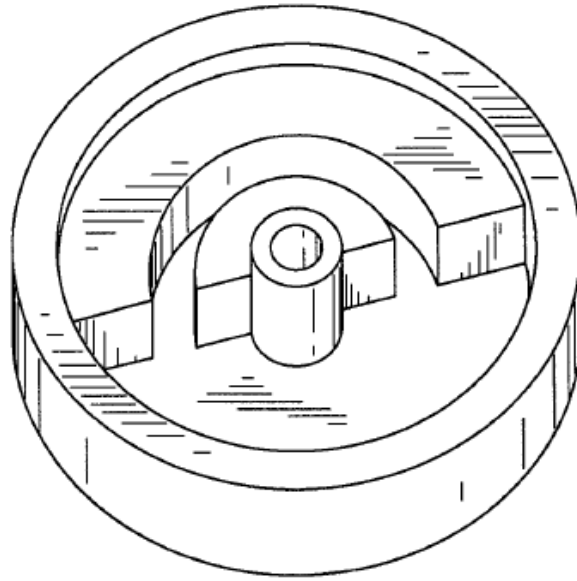


FIG. 24

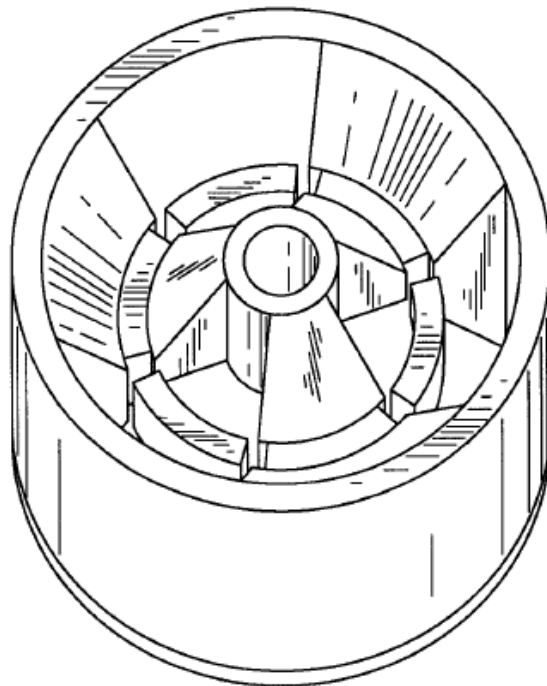


FIG. 25

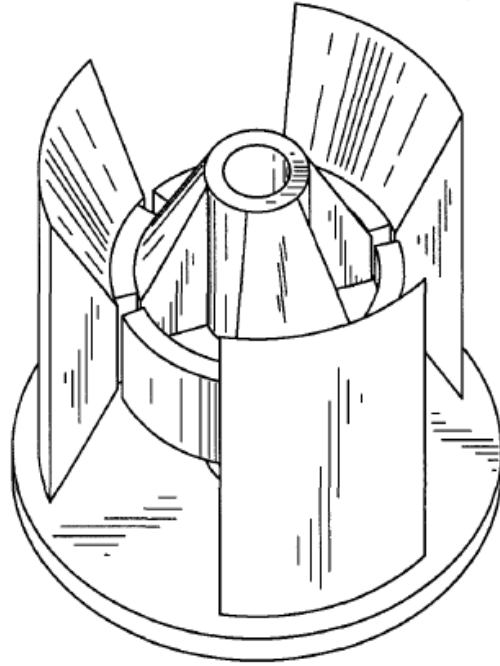


FIG. 26

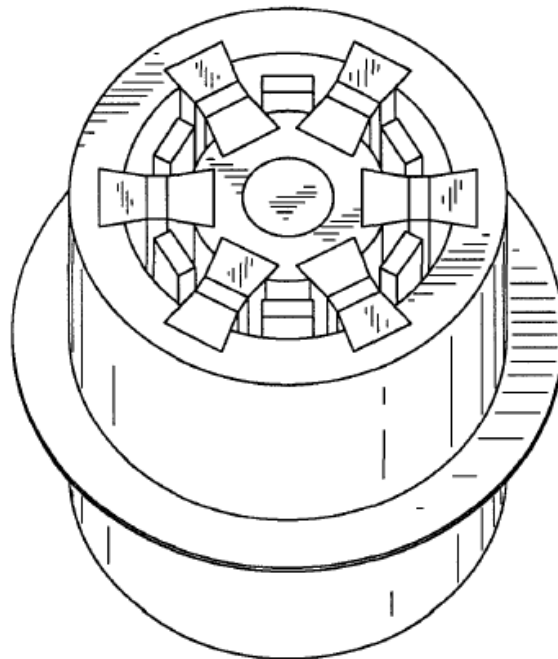
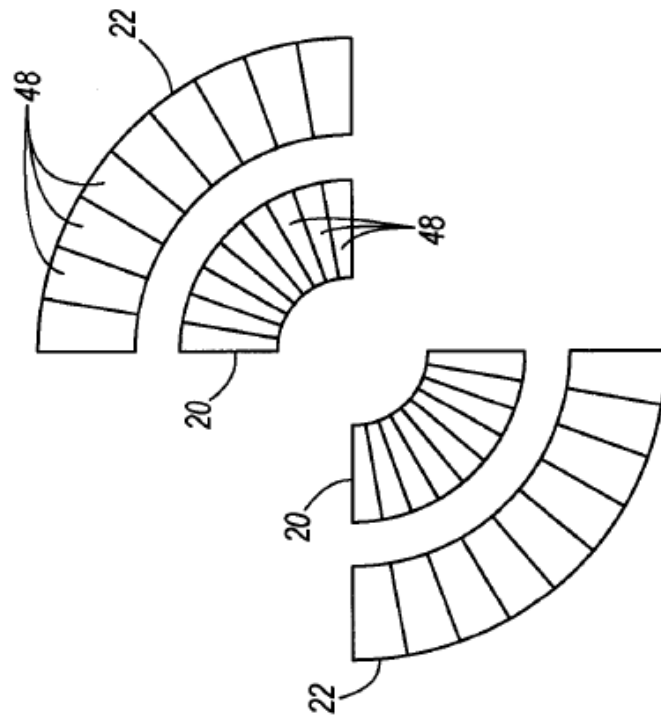
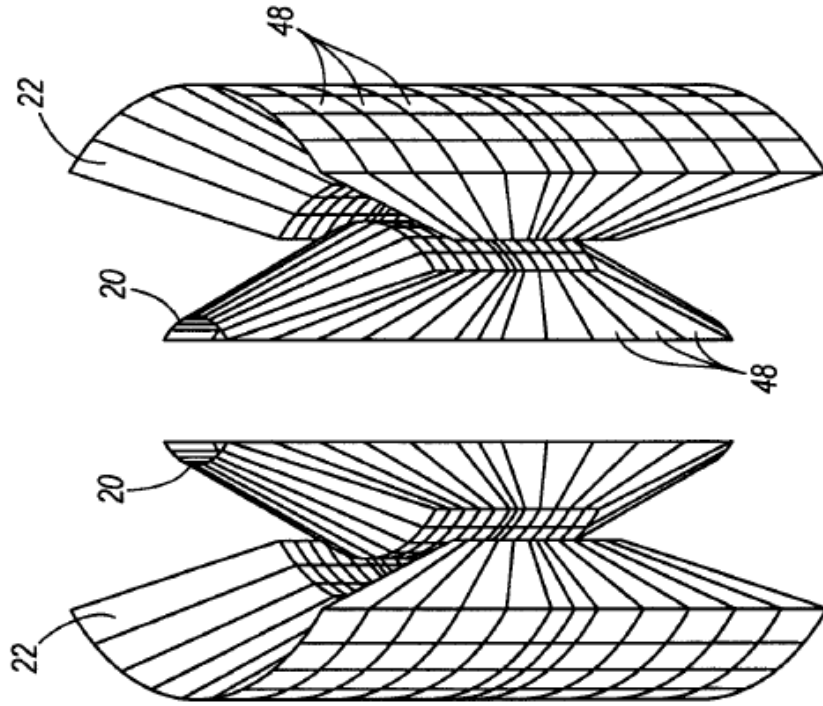


FIG. 27



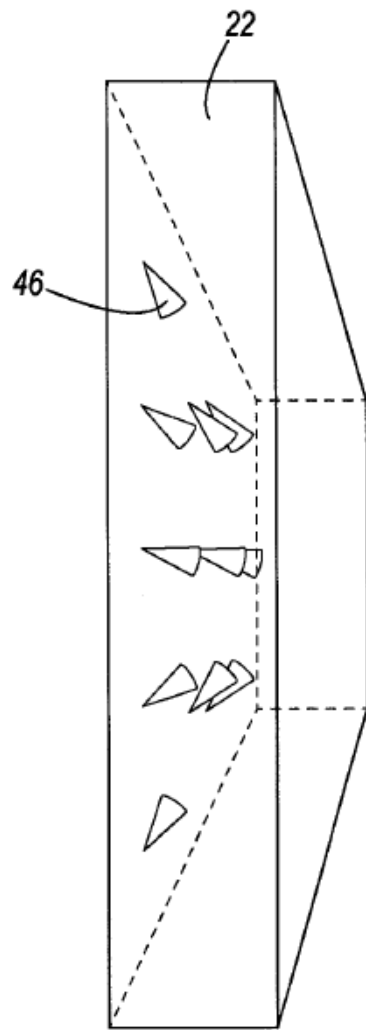


FIG. 30