

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 883 342**

51 Int. Cl.:

H02K 1/14 (2006.01)

H02K 1/18 (2006.01)

H02K 7/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.08.2011 E 11177347 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.05.2021 EP 2424077**

54 Título: **Conjunto de estátor segmentado**

30 Prioridad:

30.08.2010 US 871276

29.10.2010 US 916258

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

07.12.2021

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)

1 River Road

Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

ZIRIN, ROBERT MICHAEL;

LOKHANDWALLA, MURTUZA;

HARAN, KIRUBA SIVASUBRAMANIAM;

DAWSON, RICHARD NILS y

DEBLOCK, MARK JOHN

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 883 342 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

Conjunto de estátor segmentado

5 **[0001]** Los generadores se han usado ampliamente en una variedad de aplicaciones que incluyen aviones, automóviles y turbinas. Los generadores suelen incluir un estátor y un rotor que trabajan juntos para producir electricidad. Las turbinas eólicas han recibido recientemente una mayor atención como fuente de energía alternativa segura para el medio ambiente. Las turbinas eólicas convierten la energía cinética del viento en energía mecánica y luego la energía mecánica impulsa el generador para producir electricidad.

10 **[0002]** Las turbinas eólicas marinas (“offshore”) suelen tener potencias de 3MW o más, requeridas por la economía de la producción de energía eólica. Además, las turbinas marinas emplean un generador de accionamiento directo para mejorar la confiabilidad, a diferencia de la mayoría de las turbinas eólicas terrestres a escala de servicios públicos que utilizan un generador con multiplicadora. Estas potencias y el hecho de que el generador se acciona directamente se manifiestan en un tamaño y peso muy grandes. Una máquina de más de 4 m de diámetro es difícil y costosa de transportar por medios convencionales y requiere segmentación.

15 **[0003]** De forma alternativa, se podría fabricar una máquina de 3 MW dentro de un límite de 4 m de diámetro haciéndola axialmente más larga o utilizando una configuración de doble cara. Ambas opciones presentan desafíos. Una máquina axialmente más larga pesa significativamente más que una máquina de mayor diámetro y longitud más corta, mientras que una configuración de doble cara presenta una complejidad de fabricación significativa. Si bien las estructuras de estátor segmentadas facilitan el coste y el transporte, particularmente cuando se diseñan para adaptarse a las limitaciones de transporte por carretera o ferrocarril convencional, son difíciles de fabricar y ensamblar en el sitio. Véanse, por ejemplo, los documentos US 3,988,622, US 4,593,223 y DE 10 2008 063783.

20 **[0004]** Por estas y otras razones, existe la necesidad de la presente invención, que se define según las reivindicaciones adjuntas.

25 **[0005]** La naturaleza de la invención aparecerá más completamente al considerar los modos de realización ilustrativos de la invención que se exponen esquemáticamente en las figuras. Los mismos números de referencia representan partes correspondientes.

30 La FIG. 1 ilustra una turbina eólica que tiene un conjunto de estátor de acuerdo con un modo de realización de ejemplo de la invención;

35 la FIG. 2A ilustra una vista esquemática de un conjunto de estátor de acuerdo con un ejemplo;

40 la FIG. 2B ilustra una vista ampliada de una parte del conjunto de estátor mostrado en la FIG. 2A;

la FIG. 3A ilustra una vista superior de un segmento de estátor o parte de un conjunto de estátor de acuerdo con un ejemplo;

45 la FIG. 3B ilustra una vista en sección transversal de una de las placas de soporte mostradas en la FIG. 2A de acuerdo con un ejemplo;

la FIG. 4 ilustra una vista en sección transversal de una placa estructural en el segmento de estátor mostrado en la FIG. 3A;

50 la FIG. 5 ilustra una vista lateral de las placas estructurales en el segmento de estátor mostrado en la FIG. 3A de acuerdo con un ejemplo;

55 la FIG. 6 ilustra una vista superior de un segmento de estátor o parte de un conjunto de estátor de acuerdo con otro ejemplo;

la FIG. 7A ilustra una vista en sección transversal de un conjunto de estátor segmentado que tiene placas de soporte de acuerdo con un ejemplo;

60 la FIG. 7B ilustra una vista ampliada de una parte del conjunto de estátor segmentado mostrado en la FIG. 7A;

la FIG. 8 ilustra una vista en sección transversal del segmento de estátor que tiene placas de soporte y placas de empalme de acuerdo con un ejemplo;

65 la FIG. 9 ilustra una vista esquemática de un segmento de estátor de un conjunto de estátor de acuerdo con otro ejemplo;

- la FIG. 10 ilustra una vista esquemática de otro ejemplo más de un segmento de estátor de un conjunto de estátor;
- 5 la FIG. 11 ilustra otra vista esquemática del ejemplo que se muestra en la FIG. 10;
- la FIG. 12 ilustra una vista esquemática de un segmento de estátor de un conjunto de estátor de acuerdo con otro ejemplo;
- 10 la FIG. 13 ilustra elementos estabilizadores de acuerdo con un ejemplo;
- la FIG. 14 ilustra una vista en sección transversal de los elementos estabilizadores de acuerdo con un ejemplo;
- la FIG. 15 ilustra una estructura de soporte para un segmento de estátor de acuerdo con un ejemplo;
- 15 la FIG. 16 ilustra la estructura de soporte para un segmento de estátor, un segmento de estátor de acuerdo con un ejemplo;
- la FIG. 17 ilustra una vista en sección transversal de una placa de extremo de acuerdo con un ejemplo;
- 20 la FIG. 18 ilustra elementos de conexión de acuerdo con un ejemplo;
- las FIG. 19A y 19B ilustran una vista en sección transversal y una vista esquemática de un segmento de estátor de un conjunto de estátor de acuerdo con otro ejemplo;
- 25 la FIG. 20 ilustra un modo de realización de ejemplo de una estructura de soporte para el ejemplo mostrado en las FIG. 19A y 19B;
- la FIG. 21 ilustra un modo de realización de ejemplo de un conjunto de estátor ensamblado del segmento de estátor y la estructura de soporte mostrados en las FIG. 19A, 19B y 20;
- 30 las FIG. 22A-22C ilustran una vista en sección transversal y una vista esquemática de otro ejemplo más de un segmento de estátor de un conjunto de estátor;
- las FIG. 23A y 23B ilustran una vista en sección transversal y una vista esquemática de un segmento de estátor de un conjunto de estátor de acuerdo con un modo de realización; y
- 35 la FIG. 24 ilustra un segmento de estátor de ejemplo y un soporte del segmento de estátor mostrado en las FIG. 23A y 23B.
- 40 **[0006]** En todos los casos, esta divulgación presenta modos de realización ilustrados de la presente invención a modo de representación y no de limitación. Otros numerosas modificaciones y modos de realización pueden ser ideados por los expertos en la técnica, que entran dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.
- 45 **[0007]** Los ejemplos, útiles para comprender la invención, y los modos de realización de la presente invención se explicarán con más detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, que no limitan el alcance de la invención de ninguna manera.
- [0008]** Los modos de realización de ejemplo es de la invención divulgada en el presente documento se muestran en el contexto de un generador para una turbina eólica. Sin embargo, este es solo un ejemplo con fines descriptivos. Debe entenderse que el conjunto de estátor de acuerdo con modos de realización de la invención se puede usar en cualquier generador para máquinas eléctricas. Además, el generador puede ser un generador de accionamiento directo o cualquier otro generador usado para máquinas eléctricas.
- 50 **[0009]** La FIG. 1 ilustra una turbina eólica 100 dispuesta en una torre 102 que tiene un buje 104 con palas 106. Se proporciona un generador 110 en una extensión 108 de la torre 102. El generador 110 incluye un conjunto de rotor 112 y un conjunto de estátor 114. Un conjunto de estátor 114 segmentado de ejemplo se muestra con más detalle en las FIG. 2A y 2B. Aunque el ejemplo representa el generador corriente arriba de la torre 102, la ubicación del generador podría ser a barlovento ("upstream"), a sotavento ("downstream") o en la torre, y los modos de realización para la segmentación del estátor analizados aquí se aplican a todas estas configuraciones.
- 60 **[0010]** La FIG. 2A ilustra una vista esquemática de un estátor segmentado de acuerdo con un ejemplo, útil para comprender la invención. El conjunto de estátor 114 segmentado incluye segmentos o partes de estátor 116, cada uno de los cuales tiene láminas de estátor 118. En el ejemplo ilustrado, se muestran cuatro segmentos de estátor. Sin embargo, debe entenderse que la invención no está limitada a este respecto y que puede haber cualquier número de segmentos de estátor. La FIG. 2B es una vista ampliada de la parte 119 del
- 65

estátor 114 segmentado, que muestra que cada segmento de estátor 116 incluye láminas de estátor 118, cada una de las cuales tiene un yugo o entrehierro 120 y dientes 122 de estátor que definen aberturas 124 del estátor. Las aberturas 124 del estátor están previstas para alojar los devanados 136 (mostrados en la FIG. 4).

5 **[0011]** Uno de los segmentos de estátor 116 se muestra en la FIG. 3A. Cada segmento de estátor 116 incluye placas estructurales (o placas de soporte) 126. Las placas estructurales 126 pueden incluir placas de extremo 126a y 126b dispuestas en el exterior de las placas estructurales intermedias o restantes 126 en una dirección axial. Las placas de extremo 126a, 126b pueden tener el mismo o diferente espesor que las placas estructurales intermedias 126. Por ejemplo, las placas de extremo 126a, 126b pueden ser significativamente más gruesas que las otras placas estructurales 126 para proporcionar integridad estructural cuando los segmentos de estátor 116 se ensamblan para formar el conjunto de estátor 114 segmentado.

15 **[0012]** Como se muestra en la FIG. 3B, cada una de las placas estructurales 126 incluye estructuras 128 similares a muescas o dientes formadas en una parte de la placa estructural 126 a lo largo de una circunferencia interior. Las placas estructurales 126 están incrustadas en las láminas de estátor 118, como se muestra en la FIG. 4, a través de los dientes 128. Las placas estructurales 126 sobresalen radialmente hacia fuera más allá del núcleo de estátor 118 para facilitar el acoplamiento de las placas estructurales para proporcionar integridad estructural al segmento de estátor 116. En los dibujos, se muestran ocho placas estructurales 126. Sin embargo, debe entenderse que se puede usar cualquier número de placas estructurales 126 dependiendo del diseño y la aplicación. El espesor y el material de las placas estructurales 126 son de un tamaño y material para minimizar la pérdida de rendimiento. El número y la ubicación de las placas estructurales dependen de la aplicación y el rendimiento deseados. En otros modos de realización, las placas de extremo 126a, 126b no necesitan estar incrustadas en las láminas de estátor y pueden configurarse sin las estructuras 128 en forma de diente.

25 **[0013]** En referencia a las FIG. 3B y 4, cada una de las placas estructurales 126 incluye una abertura 130 próxima a cada uno de los dientes 128 para recibir un elemento de sujeción o un conector tal como una varilla o perno de tensión, por ejemplo. Se puede usar cualquier conector adecuado y la abertura se puede disponer para alojar el conector correspondiente. El conector atraviesa el núcleo 120 del estátor y las aberturas 130 en las placas estructurales 126. En referencia a la FIG. 5, se usan pernos pasantes o varillas de tensión 138 asegurados por tuercas 140 para mantener las placas estructurales 126 unidas firmemente a través de las aberturas 130.

35 **[0014]** En referencia a la FIG. 3B, cada una de las placas estructurales 126 incluye, además, aberturas 132 para recibir conectores adicionales o elementos estabilizadores 148, tales como tuberías, vigas en I o algunos otros elementos estabilizadores adecuados para conectar las placas estructurales 126 entre sí. Los conectores adicionales 148 proporcionan soporte y rigidez al segmento de estátor 116 a través de las placas estructurales 126, que proporcionarán integridad estructural al conjunto de estátor 114 cuando los segmentos de estátor 116 estén asegurados entre sí. Cada segmento de estátor 116 puede incluir, además, aberturas 134 para alojar elementos espaciadores 150 para proporcionar otro punto de conexión para las placas estructurales 126. Los elementos espaciadores 150 pueden ser cualesquiera elementos adecuadamente rígidos tales como pernos, remaches o soldaduras, por ejemplo. En el modo de realización de ejemplo mostrado en la FIG. 6, se usan tanto los elementos estabilizadores 148 como los elementos espaciadores 150. Sin embargo, los elementos estabilizadores 148 pueden usarse solos o en combinación con cualquier número de elementos espaciadores 150.

45 **[0015]** Si bien se han ilustrado modos de realización de ejemplo de la invención con múltiples conjuntos de aberturas 130, 132 y 134 para alojar múltiples conjuntos de conectores, un experto en la técnica apreciará que los modos de realización de la invención no se limitan a esta disposición ni a ningún conjunto único de aberturas y se pueden usar conectores para asegurar las placas estructurales 126 del segmento de estátor 116, o se puede usar cualquier combinación de los conjuntos de aberturas y conectores respectivos. La ubicación de los conjuntos de aberturas puede disponerse de cualquier manera adecuada a la aplicación y configuración de las placas estructurales.

55 **[0016]** Como se muestra en la FIG. 3B, cada placa estructural 126 incluye partes de extremo 142 dispuestas en el extremo circunferencial exterior de cada una de las placas estructurales 126. Las partes de extremo 142 se proporcionan para acoplar las placas estructurales 126 en un segmento de estátor 116 a las placas estructurales 126 de otros segmentos de estátor 116 para formar el conjunto de estátor 114. En el ejemplo mostrado, para cada placa estructural 126, las partes de extremo 142 incluyen, cada una, una parte de lengüeta 143 que se extiende radialmente más allá del resto de la placa estructural 126. Las partes de lengüeta 143 pueden disponerse de manera que una parte de lengüeta 143 esté retrasada desde el extremo circunferencial 144a de la placa estructural 126, mientras que la otra parte de lengüeta 143 esté colocada en el extremo circunferencial opuesto 144b. Sin embargo, los ejemplos de la invención no están limitados a este respecto y las partes de extremo 142 pueden formarse para alojar una estructura de acoplamiento seleccionada. Cada parte de extremo 142 incluye aberturas 146. Estas aberturas 146 se proporcionan para facilitar la fijación de la placa estructural 126 de un segmento de estátor 116 a la placa estructural 126 de otro segmento de estátor 116.

[0017] En el ejemplo mostrado en las FIG. 7A, 7B y 8, las placas estructurales 126 se fijan juntas mediante placas de empalme 154a y 154b. La FIG. 7A muestra los segmentos de estátor 116 ensamblados para formar el conjunto de estátor 114. La FIG. 7B es una vista ampliada de la sección 152 de la FIG. 7A. La FIG. 8 ilustra una vista en sección transversal de un segmento de estátor 116 que incluye placas de empalme 154a y 154b. Las placas de empalme 154a y 154b están configuradas para corresponder a la forma de las partes de extremo 142, como se muestra en la FIG. 3B. Las placas de empalme 154a y 154b incluyen aberturas 156 que corresponden a las aberturas 146 en las partes de extremo 142 de las placas estructurales 126. Como se muestra en la FIG. 8, las placas de empalme 154a y 154b están dispuestas axialmente a cada lado de las placas estructurales 126, incluidas las placas de extremo 126a, 126b que se van a acoplar entre sí. Las placas de empalme 154a, 154b y la parte de extremo 142 de las placas estructurales 126 adyacentes se acoplan entre sí mediante elementos de sujeción tales como pernos, por ejemplo. También se podrían usar otros medios de sujeción como remachado, soldadura o soldadura fuerte. Cada una de las placas estructurales 126 en el segmento de estátor 116 está acoplada a las correspondientes placas estructurales 126 de un segmento de estátor 116 adyacente de esta manera para proporcionar una estructura segura cuando los segmentos de estátor 116 se acoplan entre sí para formar el conjunto de estátor 114.

[0018] En el ejemplo mostrado en la FIG. 9, las placas de extremo 123 están separadas de las placas estructurales 126 y no están incrustadas dentro de las láminas de estátor 118. Las placas de extremo 123 se fijan a los soportes 125 y a los elementos estabilizadores 148. Este ejemplo también incluye placas espaciadoras 127 que están incrustadas en las láminas del estátor y tienen forma de diente similar a las de las placas estructurales 126. Las placas espaciadoras 127 proporcionan enfriamiento radial para el conjunto de estátor. El ejemplo no se limita al uso de placas espaciadoras 127. Estas pueden omitirse o sustituirse por algún otro elemento espaciador. Las placas de dedo 121 se proporcionan junto con la varilla de tensión 137 para comprimir las láminas 118, las placas espaciadoras 127 y las placas estructurales 126 juntas. Los segmentos de estátor 116 de acuerdo con este ejemplo se unen entre sí para formar un conjunto de estátor 114 usando placas de empalme (no mostradas), similares a las placas de empalme 154a, 154b.

[0019] Si bien en el ejemplo se han usado partes de extremo y placas de empalme, un experto en la técnica apreciará que las placas estructurales 126 de los segmentos de estátor 116 adyacentes se pueden acoplar entre sí mediante cualquier mecanismo adecuado para mantener la resistencia y la integridad estructural del conjunto de estátor 114 segmentado.

[0020] Otro ejemplo de segmento de estátor 116 se ilustra en la FIG. 10. En esta disposición, las placas estructurales 129 sobresalen radialmente por encima de las láminas de estátor 118. Sin embargo, la altura de las placas estructurales 129 se reduce de tamaño y las placas estructurales 129 se acoplan a los elementos estabilizadores 148 mediante elementos de suspensión 149. Los elementos de suspensión 149 están acoplados a cada una de las placas estructurales 129 mediante pernos, soldadura o algún otro mecanismo de sujeción adecuado. El ejemplo que se muestra también incluye placas espaciadoras 127. Sin embargo, las placas espaciadoras 127 se pueden quitar o reemplazar con otros elementos espaciadores. Se muestra que las placas de dedo 121 comprimen las láminas 118, las placas espaciadoras 127 y las placas estructurales 129 juntas mediante una varilla de tensión o algún otro medio. La estructura está soportada por placas de extremo 123. En este ejemplo, las placas estructurales 129 incluyen aberturas 300 en cada extremo para facilitar la conexión a las placas estructurales 129 adyacentes de un segmento de estátor 116 adyacente mediante placas de empalme (no mostradas), por ejemplo. Las placas de extremo 123 incluyen aberturas 301 para facilitar el acoplamiento a las cubiertas de extremo 304, como se muestra en la FIG. 11. Las placas de extremo 123 están atornilladas a las cubiertas de extremo 304. Sin embargo, se puede usar cualquier otro medio de conexión adecuado para acoplar los segmentos de estátor 116 a las cubiertas de extremo 304. Cada una de las cubiertas de extremo 304 puede configurarse como un único elemento continuo o como dos o más elementos que están conectados.

[0021] Otro ejemplo de un segmento de estátor se muestra en la FIG. 12. En este ejemplo, el segmento de estátor 200 incluye placas de extremo 210 y 212, placas de compresión 214 y 216 y elementos estabilizadores 218 tales como tuberías, por ejemplo, para acoplar todas las placas juntas para formar una estructura rígida para el segmento de estátor 200. En este ejemplo, no hay estructuras incrustadas en las láminas del estátor.

[0022] En referencia a las FIG. 13 y 14, cada uno de los elementos estabilizadores 218 incluye una barra de cola de milano ("dovetail") 220. Se fija una cola de milano 228 a cada una de las barras de cola de milano 220. Cada cola de milano 228 se acopla con las láminas de estátor 234 (y con los elementos de soporte si se utilizan) y, por tanto, conecta las láminas 234 a los elementos estabilizadores 218. Como se muestra en la FIG. 14, en este ejemplo de ejemplo, cada una de las láminas de estátor 234 incluye aberturas o muescas 235 para alojar las colas de milano 228. El número de elementos estabilizadores 218 que incluyen barras de cola de milano 220 y colas de milano 228 se puede seleccionar dependiendo de la configuración particular y la rigidez deseadas del segmento del estátor. El número y la ubicación de las muescas 235 pueden disponerse para que se correspondan con el número y la ubicación de las colas de milano 228. Las placas de extremo 210, 212 y las placas de compresión 214, 216 se fijan a los elementos estabilizadores 218, como se muestra en la FIG. 14.

Pueden ser integrales a los elementos estabilizadores 218 o fijarse a los elementos estabilizadores 218 mediante soldadura, por ejemplo, u otros medios adecuados.

[0023] En referencia a las FIG. 15 y 16, las placas de sujeción 230 y 232 están fijadas a las placas de compresión 214 y 216, respectivamente. Puede usarse cualquier medio adecuado para asegurar las placas de sujeción 230, 232 a las placas de compresión 214, 216. Las láminas de estátor 234 están dispuestas entre las placas de sujeción 230 y 232. Las placas de sujeción 230, 232 y las láminas del estátor 234 se aseguran entre sí mediante varillas de tensión 236 u otro mecanismo de sujeción adecuado. En esta disposición de ejemplo, no hay elementos o placas de soporte o estructurales incrustados en las láminas de estátor 234, sin embargo, también se pueden usar tales elementos. La resistencia del segmento de estátor 200 se establece mediante las placas de extremo 210, 212, las placas de compresión 214, 216 y los elementos estabilizadores 218, que soportan las láminas de estátor 234. En este ejemplo, las placas de extremo 210, 212 son de un grosor y material para proporcionar un fuerte soporte e integridad estructural a los segmentos de estátor 200 así como al conjunto de estátor 114. En referencia a las FIG. 17 y 18, las placas de extremo 210 y 212 tienen partes de extremo 238 que tienen aberturas 240 similares a las partes de extremo 142 y las aberturas 146 mostradas 23 en la FIG. 3B. Como se muestra en la FIG. 15, las placas de extremo 210 y 212 de los segmentos de estátor 200 adyacentes se fijan entre sí mediante placas de empalme 242a y 242b de la misma manera que las placas de empalme 154a, 154b. Las placas de empalme 242a y 242b están configuradas para corresponder a la forma de las partes de extremo 238. Las placas de empalme 242a y 242b incluyen aberturas 243 que corresponden a las aberturas 240 en las partes de extremo 238 de las placas de extremo 210 y 212. Las placas de empalme 242a y 242b están dispuestas axialmente a cada lado de las placas de extremo 242a, 242b que se van a acoplar entre sí. Las placas de empalme 242a, 242b y la parte de extremo 238 de las placas de extremo 210, 212 adyacentes están acopladas entre sí mediante elementos de sujeción tales como pernos, por ejemplo. Cada una de las placas de extremo 210, 212 en el segmento de estátor 200 está acoplada a las correspondientes placas de extremo 210, 212 de un segmento de estátor 200 adyacente de esta manera para proporcionar una estructura segura cuando los segmentos de estátor 200 se acoplan entre sí para formar el conjunto de estátor 114. En este ejemplo, las placas de empalme 242a, 242b pueden ser de un tamaño mayor de modo que si sólo hay dos segmentos de estátor 200, las placas de empalme 242a, 242b pueden tener un tamaño de semicírculo para proporcionar el soporte más completo. El tamaño de las placas de empalme puede diseñarse para cualquier tamaño adecuado.

[0024] Si bien en el ejemplo se han usado partes de extremo y placas de empalme, un experto en la técnica apreciará que las placas de extremo 210, 212 de los segmentos de estátor 200 adyacentes pueden acoplarse entre sí mediante cualquier mecanismo adecuado para mantener la resistencia y la integridad estructural del conjunto de estátor 114 segmentado.

[0025] Otro ejemplo de un segmento de estátor se muestra en las FIG. 19A y 19B. En este ejemplo, cada segmento de estátor 116 incluye una carcasa exterior 300 y una carcasa interior 302. La carcasa exterior 300 incluye aberturas 303, mientras que la carcasa interior incluye aberturas 305. Estas aberturas 303, 305 se proporcionan para acoplar el segmento de estátor 116 a las cubiertas o soportes exteriores 314, 316. Las almas 307 están dispuestas entre la carcasa exterior 300 y la carcasa interior 302 para proporcionar soporte al segmento de estátor 116. Las barras de cola de milano 306, cada una de las cuales tiene una cola de milano 308, están acopladas a la carcasa interior 302. La carcasa exterior 300, la carcasa interior 302, las almas 307 y las barras de cola de milano 306 se acoplan entre sí mediante soldadura. Se puede usar cualquier procedimiento adecuado para acoplar estos elementos entre sí. Como en el ejemplo mostrado en la FIG. 14, cada una de las láminas de estátor 234 incluye aberturas o muescas 235 para alojar las colas de milano 308. En este ejemplo, se proporcionan placas de dedo 312 para comprimir las láminas del estátor 234 juntas mediante una varilla de tensión 313 o algún otro elemento tensor. En referencia a la FIG. 19B, las láminas de estátor 234 incluyen aberturas 233 en el núcleo del estátor o parte central 231 para proporcionar enfriamiento axial del segmento de estátor 116. Sin embargo, el ejemplo no se limita a esta disposición, y las láminas del estátor 234 pueden ser sólidas o incluir alguna otra configuración.

[0026] Los segmentos de estátor 116 mostrados en las FIG. 19A y 19B están asegurados a cubiertas exteriores o estructuras de soporte 314 y 316, como se muestra en la FIG. 20. Cada una de las estructuras de soporte 314, 316 incluye aberturas 318 para facilitar el acoplamiento a los segmentos de estátor 116. Las aberturas 303 y 305 de las carcasas exterior e interior 300, 302 están alineadas con las aberturas 318 de las estructuras de soporte 314, 316 para permitir el acoplamiento mediante pernos u otros elementos de sujeción adecuados. La cubierta 314 incluye una brida ("flange") 314a a lo largo del borde recto y, de manera similar, la cubierta 316 incluye una brida 316a a lo largo del borde recto. Cada una de las bridas 314a, 316a incluye aberturas 317 para recibir pernos u otros elementos de sujeción. En este ejemplo, las cubiertas exteriores 314 y 316 están configuradas para albergar una mitad 320 del conjunto de estátor 114. Más particularmente, en el ejemplo mostrado, cuatro segmentos de estátor 116 están acoplados a las cubiertas 314 y 316 para formar la mitad del conjunto de estátor 114. El número de segmentos de estátor 116 dispuestos en las cubiertas 314 y 316 variará dependiendo del diseño y la aplicación para incluir uno o más segmentos de estátor 116. De manera similar, la configuración de las mitades 320 puede variar desde ser un único elemento continuo hasta múltiples elementos combinados entre sí. La FIG. 21 ilustra un conjunto de estátor 114 completamente ensamblado que

incluye los segmentos de estátor 116 mostrados en las FIG. 19A, 19B y 20. Las mitades 320 de estátor se unen entre sí atornillando las bridas 314a y 316a juntas a través de las aberturas 317. Las mitades 320 de estátor están dispuestas en su lugar alrededor de un buje 323. Debe entenderse que aunque se divulgan dos mitades, las estructuras de soporte pueden disponerse en una configuración con múltiples estructuras.

5 **[0027]** En las FIG. 22A-22C se muestra un segmento de estátor 116 de acuerdo con otro ejemplo. Este ejemplo incluye placas de extremo 400 y vigas en I divididas 401, cada una de las cuales tiene lados 402 y 404 que están soldados a las placas de extremo 400. Los lados 402, 404 de cada viga en I dividida 401 podrían acoplarse a las placas de extremo 400 mediante cualquier mecanismo de sujeción o aseguramiento adecuado.
10 Se proporcionan barras de cola de milano 406 para acoplar las vigas en I divididas 401 a las correspondientes colas de milano 408. Cada una de las barras de cola de milano 406 incluye aberturas 409 para alojar los pernos de cola de milano 410 para acoplar las barras de cola de milano 406 a las colas de milano 408. Las láminas de estátor 234 incluyen aberturas 235 para alojar las colas de milano 408. Se proporcionan placas de dedo 412 para comprimir las láminas de estátor 234 juntas mediante una varilla de tensión 414, por ejemplo. Como en el
15 ejemplo mostrado en las FIG. 19A y 19B, el segmento de estátor 116 está asegurado a las estructuras de soporte 314 y 316 como se muestra en la FIG. 20 para formar la mitad del estátor 320. Uno o más segmentos de estátor 116 están dispuestos dentro de la mitad de estátor 320. Las mitades 320 de estátor están dispuestas en un buje 323 y acopladas entre sí para formar el conjunto de estátor como se muestra en la FIG. 21. Debe entenderse que aunque se divulgan dos mitades, las estructuras de soporte pueden disponerse en una
20 configuración con múltiples estructuras. En el ejemplo mostrado, se proporcionan aberturas 415 para reducir el peso del segmento de estátor 116. Sin embargo, los ejemplos de la invención pueden tener diferentes configuraciones.

25 **[0028]** La FIG. 22B ilustra una vista en corte del ejemplo mostrado en la FIG. 22A. Las partes de extremo de los lados 402, 404 en cada una de las vigas en I 401 están acopladas entre sí por un elemento inferior 416 y un elemento superior 417. Los lados 402, 404 y los elementos 416, 417 están soldados entre sí o acoplados por cualquier medio adecuado. Los elementos inferior y superior 416, 417 incluyen cada uno aberturas 424 que se alinean con las aberturas 409 en cada una de las barras de cola de milano 406. Las aberturas 424 permiten el acceso a los pernos de cola de milano 410, respectivamente. Durante el montaje, los pernos de cola de
30 milano 410 mantienen las colas de milano 408 en su lugar mientras que las láminas del estátor 234 están dispuestas sobre las colas de milano 408. Una vez que todas las láminas de estátor 234 están en su lugar, los pernos de cola de milano 410 se aprietan a través de las aberturas 424 para asegurar las láminas de estátor 234 en su lugar en el segmento de estátor. En el ejemplo mostrado, cada una de las láminas de estátor 234 incluye aberturas 418 y 420 para facilitar el enfriamiento axial. Sin embargo, se pueden implementar otras
35 configuraciones de láminas de estátor.

[0029] En las FIG. 23A y 23B se muestra un modo de realización de un segmento de estátor. El segmento de estátor 116 incluye un elemento en forma de barril 500 que tiene aberturas 503, 505 y 512. Las aberturas 503 permiten acoplar el barril 500 a las cubiertas o estructuras de soporte 314 y 316 mediante pernos o algún otro
40 medio. Se proporcionan aberturas 505 para acoplar segmentos de estátor adyacentes 116 entre sí mediante pernos u otro elemento de sujeción. Se proporcionan aberturas 512 para permitir que los pernos de cola de milano 506 aseguren las colas de milano 504 al barril 500. En este modo de realización, se proporcionan placas de dedo 508 para comprimir las láminas de estátor 234 juntas mediante una varilla de tensión 510, por ejemplo. Las láminas de estátor 234 incluyen aberturas 235 para alojar las colas de milano 504. Durante el montaje, los
45 pernos de cola de milano 506 mantienen las colas de milano 504 en su lugar mientras que las láminas del estátor 234 están dispuestas sobre las colas de milano 504. Una vez que todas las láminas del estátor 234 están en su lugar, los pernos de cola de milano 506 se aprietan a través de las aberturas 512 para asegurar las láminas del estátor 234 en su lugar en el segmento del estátor. En el modo de realización mostrado, las láminas de estátor 234 incluyen, cada una, aberturas 514 2. para facilitar el enfriamiento axial. En algunos modos de
50 realización, también se pueden proporcionar aberturas 516 para facilitar el enfriamiento por líquido.

[0030] La FIG. 24 ilustra una vista en corte de una parte de un conjunto de estátor o una mitad del conjunto de estátor 520 que incluye los segmentos de estátor de barril 116 ilustrados en las FIG. 23A y 23B. En este modo de realización, dos segmentos de estátor 116 están asegurados a la estructura de soporte 316. Sin embargo, se puede acoplar cualquier número de segmentos de estátor a la parte 520 del conjunto de estátor. Además, las estructuras de soporte 314 (no mostradas en la FIG. 24) y 316 pueden tener cualquier número de partes para soportar uno o más segmentos de estátor basándose en el diseño y la aplicación. El barril 500 está atornillado a las estructuras de soporte 314 (no mostrada en la FIG. 24) y 316. Además, los segmentos de estátor 116 están atornillados entre sí a través de las aberturas 505. La parte de estátor 520 está acoplada a otra parte de estátor 520 para formar un conjunto de estátor 114 completo.
60

[0031] En los modos de realización de ejemplo mostrados, se usan devanados concentrados. En algunos modos de realización, las bobinas del estátor están dispuestas concéntricamente y enrolladas alrededor de cada uno de los dientes del estátor. En otros modos de realización, las bobinas del estátor están dispuestas concéntricamente y enrolladas alrededor de los dientes alternos del estátor. El devanado concentrado 136 se enrolla alrededor del diente del estátor y el número de ranuras del estátor por polo del rotor por fase es <1, es
65

decir, es un devanado de ranura fraccionario. A diferencia de un estátor convencional, en el que el número de ranuras por polo del rotor por fase es igual o superior a la unidad. La interacción de los polos del rotor y el estátor ranurado para el devanado de ranura fraccionario da como resultado varios armónicos de FMM, que se explotan para producir una máquina acoplada por armónicos. El devanado concentrado con acoplamiento armónico ofrece un factor de llenado más alto para las bobinas, una mejor proporción de aspecto de los dientes del estátor y devanados extremos más cortos, que se combinan para permitir una mayor densidad de par de torsión con un número de polos relativamente alto. Por ejemplo, un diseño de un devanado de 2/7 de ranura por polo por fase se puede usar para construir una máquina acoplada por armónicos junto con siete veces el número de polos que emplean el 7^º armónico de la distribución de FMM para el mismo número de bobinas que un diseño de dos ranuras por polo por fase. Esto da como resultado un flujo más bajo por polo, potencialmente hasta esa proporción, y una reducción correspondiente en el rotor y el entrehierro del estátor necesarios para transportar el flujo EM. Además, este tipo de máquina es deseable para una disposición de estátor segmentada.

[0032] En los modos de realización divulgados en el presente documento, un conjunto de estátor segmentado incluye segmentos de estátor que proporcionan un envío e instalación más rentables al tiempo que mantienen la resistencia y la integridad estructural de los conjuntos grandes para lograr los requisitos de rendimiento deseados. Los segmentos del estátor pueden ser de un tamaño que se pueda enviar en contenedores de envío estándar de la industria, lo que reduce el coste de envío.

[0033] Las máquinas eléctricas analizadas en el presente documento pueden ser muy adecuadas para aplicaciones de turbinas eólicas. Sin embargo, tales máquinas se pueden emplear en una variedad de otras aplicaciones.

[0034] Si bien la invención se ha descrito en términos de varios modos de realización específicos, los expertos en la técnica reconocerán que la invención se puede poner en práctica con modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de estátor (114), que comprende:

5 un estátor segmentado que tiene partes de estátor (116), en el que cada parte de estátor (116) comprende:

una estructura de soporte (507) que tiene una parte principal (500) y una primera y segunda partes de extremo (501);

10 colas de milano (504), cada una acoplada a la estructura de soporte mediante elementos ajustables (506); y

15 láminas de estátor (234), cada una de las cuales tiene aberturas (235) para acoplarse con las colas de milano (504), respectivamente; y

conectores (505) para conectar las partes de estátor del estátor segmentado entre sí; **caracterizado por que:**

20 la parte principal (500) de la estructura de soporte (507) comprende filas de aberturas (512) correspondientes a las colas de milano (504), respectivamente, en el que las aberturas (512) en cada fila reciben uno de los elementos ajustables (506) para asegurar las colas de milano (504) a la estructura de soporte (507); y

25 que comprende, además, cubiertas interior y exterior (314, 316) que tienen una estructura arqueada para recibir una o más partes de estátor (116), en el que las cubiertas interior y exterior (314, 316) comprenden cada una aberturas (318) que se alinean con las aberturas (503) de los lados interior y exterior (502) de la estructura de soporte (507), estando aseguradas la una o más partes de estátor (116) a las cubiertas interior y exterior (314, 316) mediante elementos de fijación, en el que las cubiertas interior y exterior (314, 316) incluyen bordes radiales que tienen bridas (314a, 316a) para permitir que las cubiertas interior y exterior (314, 316) de una parte (320, 520) del conjunto de estátor se acoplen a las cubiertas interior y exterior (314, 316) de otra parte (320, 520) del conjunto de estátor (114).

35 2. El conjunto de estátor (114) según la reivindicación 1, en el que cada uno de los elementos ajustables (506) es un perno.

3. El conjunto de estátor (114) según cualquier reivindicación precedente, que comprende, además:

40 placas interiores y exteriores que tienen aberturas (318), en el que las láminas del estátor (234) están dispuestas entre las placas interior y exterior y

elementos de sujeción dispuestos en las aberturas (318) de las placas interior y exterior para sujetar las láminas del estátor (234) entre sí.

45 4. El conjunto de estátor (114) según cualquier reivindicación precedente, en el que los elementos de sujeción son pernos.

50 5. El conjunto de estátor (114) según cualquier reivindicación precedente, en el que cada una de las láminas de estátor (234) comprende, además, aberturas secundarias (516) para proporcionar enfriamiento por líquido.

55 6. El conjunto de estátor (114) según cualquier reivindicación precedente, en el que la estructura de soporte (507) comprende, además, lados interior y exterior (502) que se extienden cada uno hacia arriba desde la parte principal (500), comprendiendo cada uno de los lados interior y exterior (502) aberturas (503) para recibir elementos de seguridad.

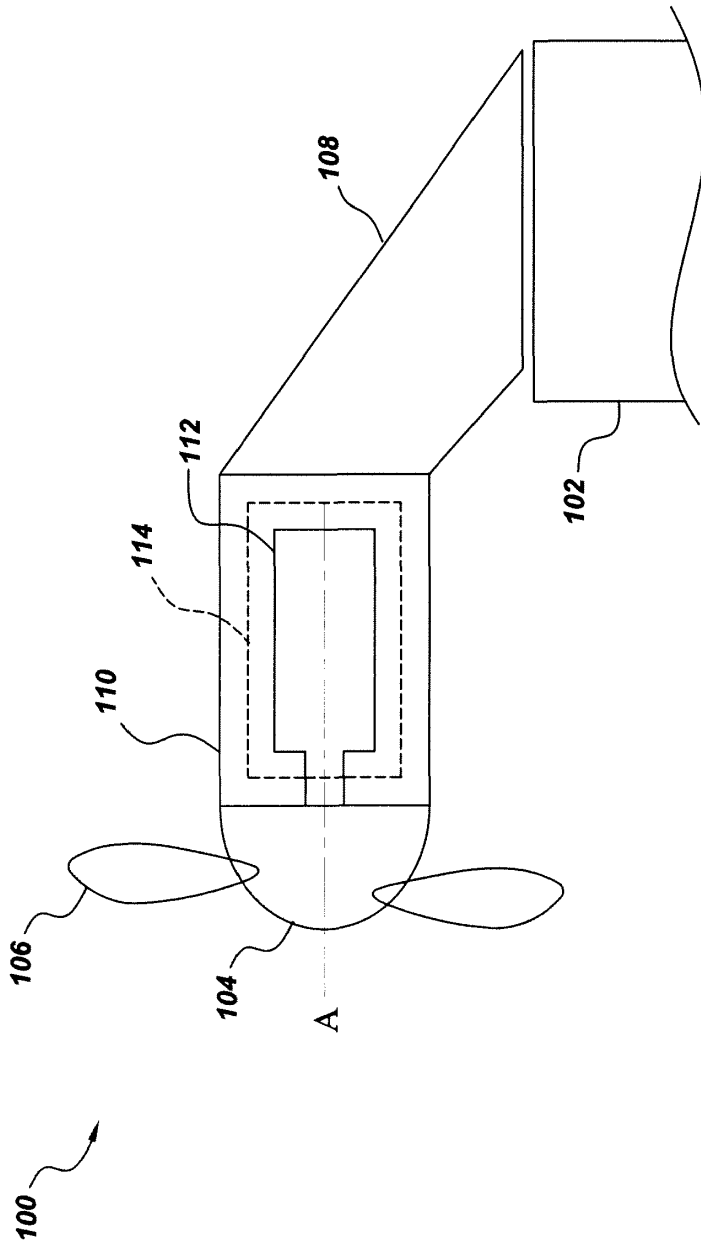


Fig. 1

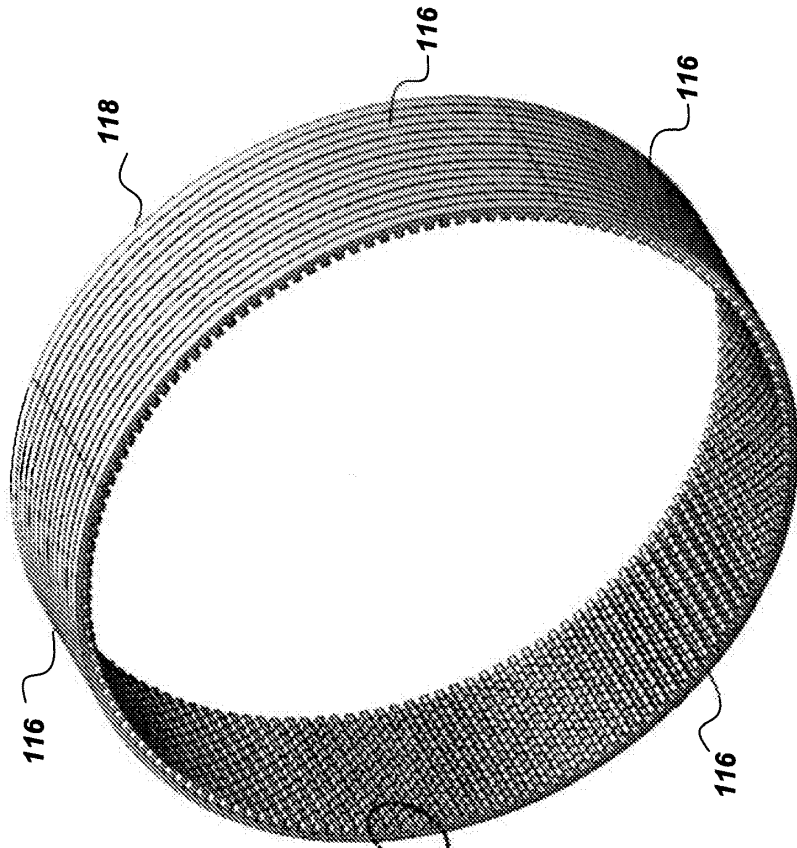


Fig. 2A

114

2B

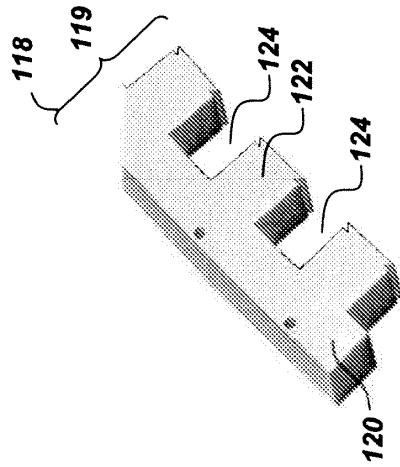


Fig. 2B

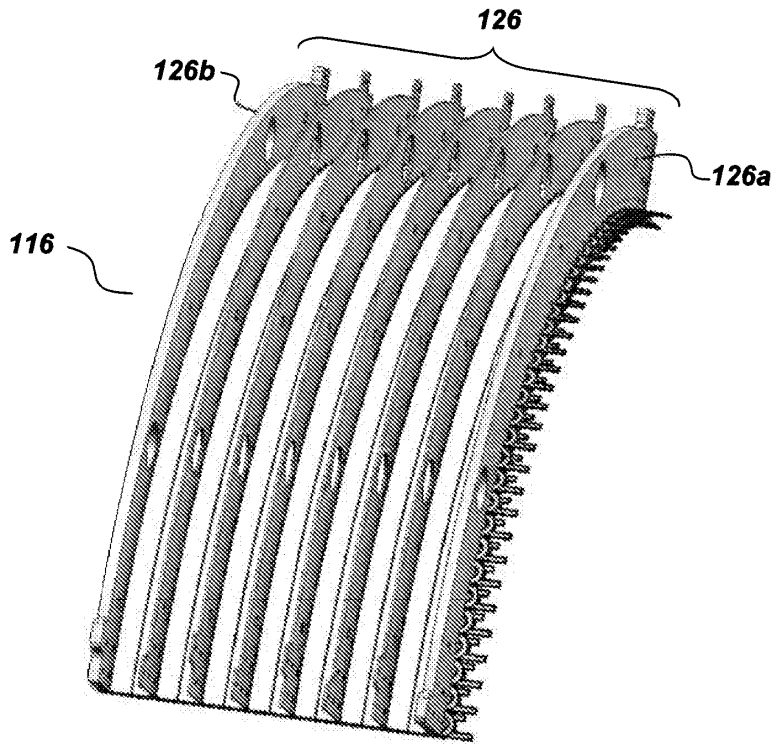


Fig. 3A

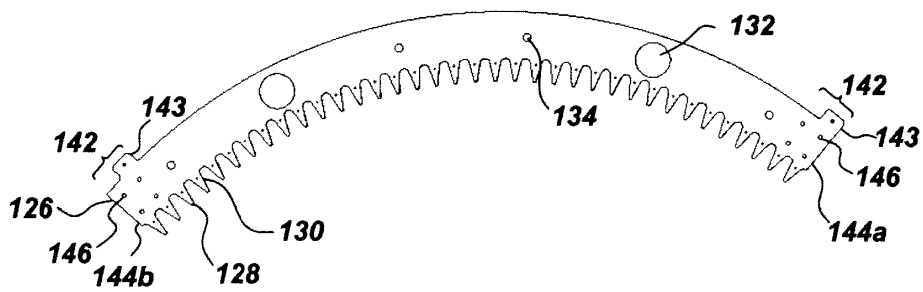


Fig. 3B

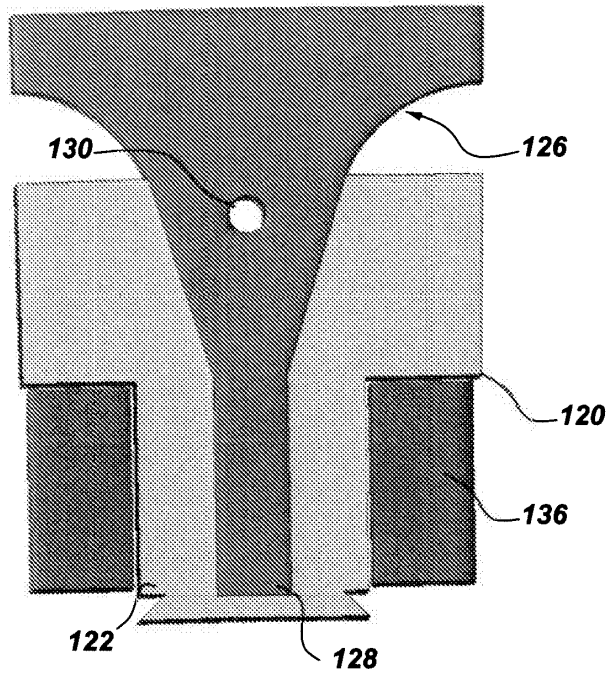


Fig. 4

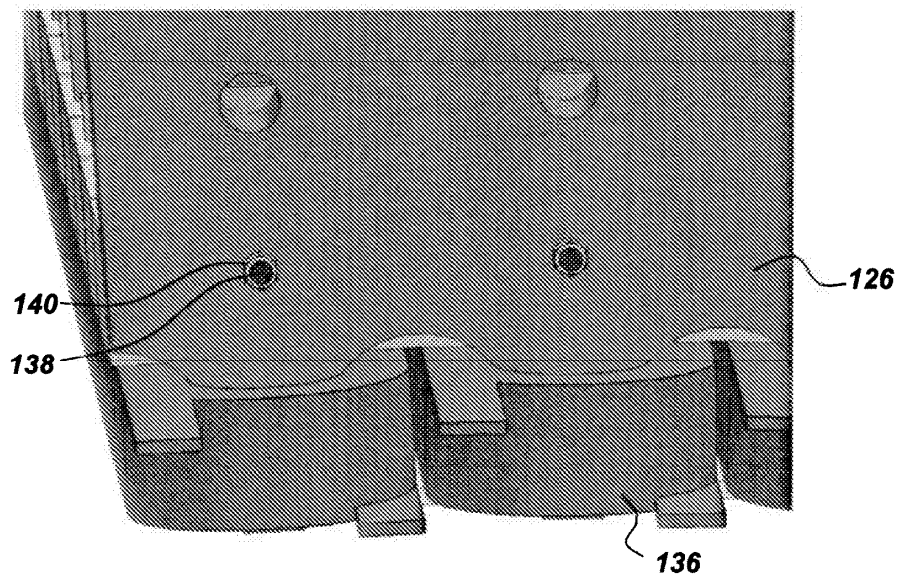


Fig. 5

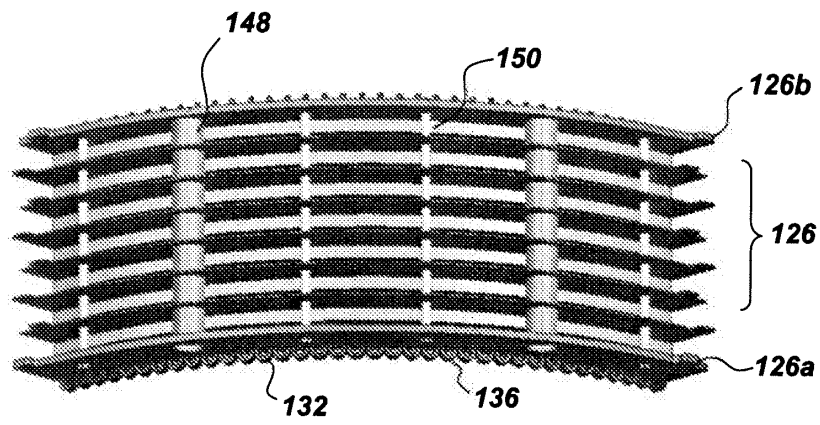


Fig. 6

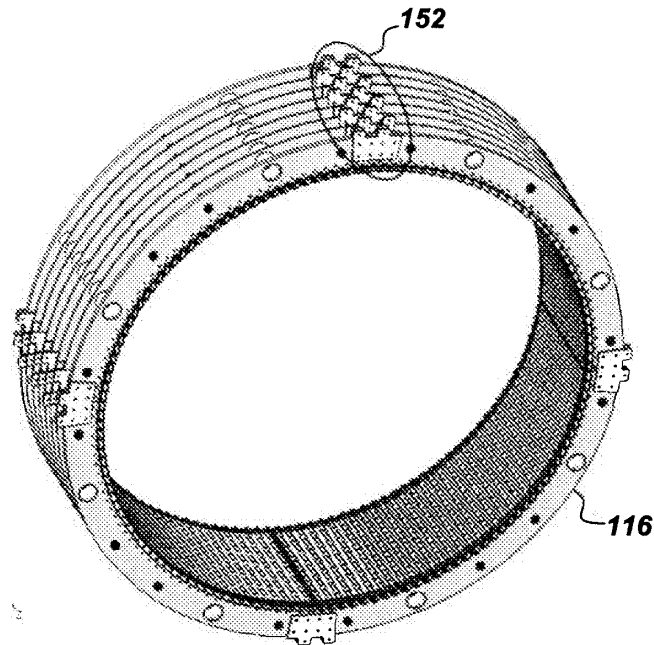


Fig. 7A

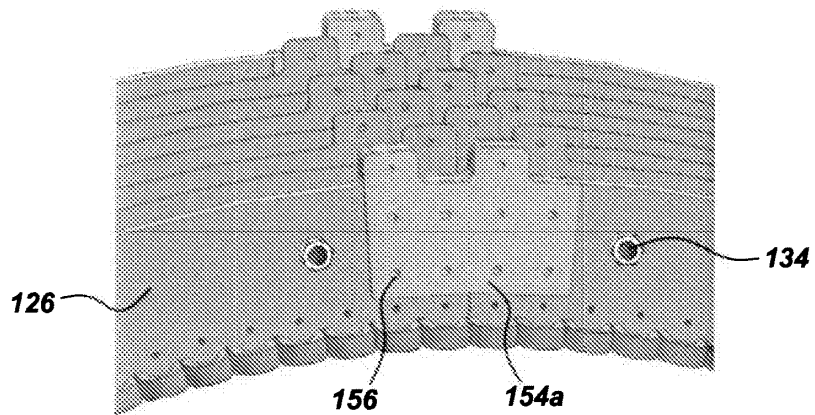


Fig. 7B

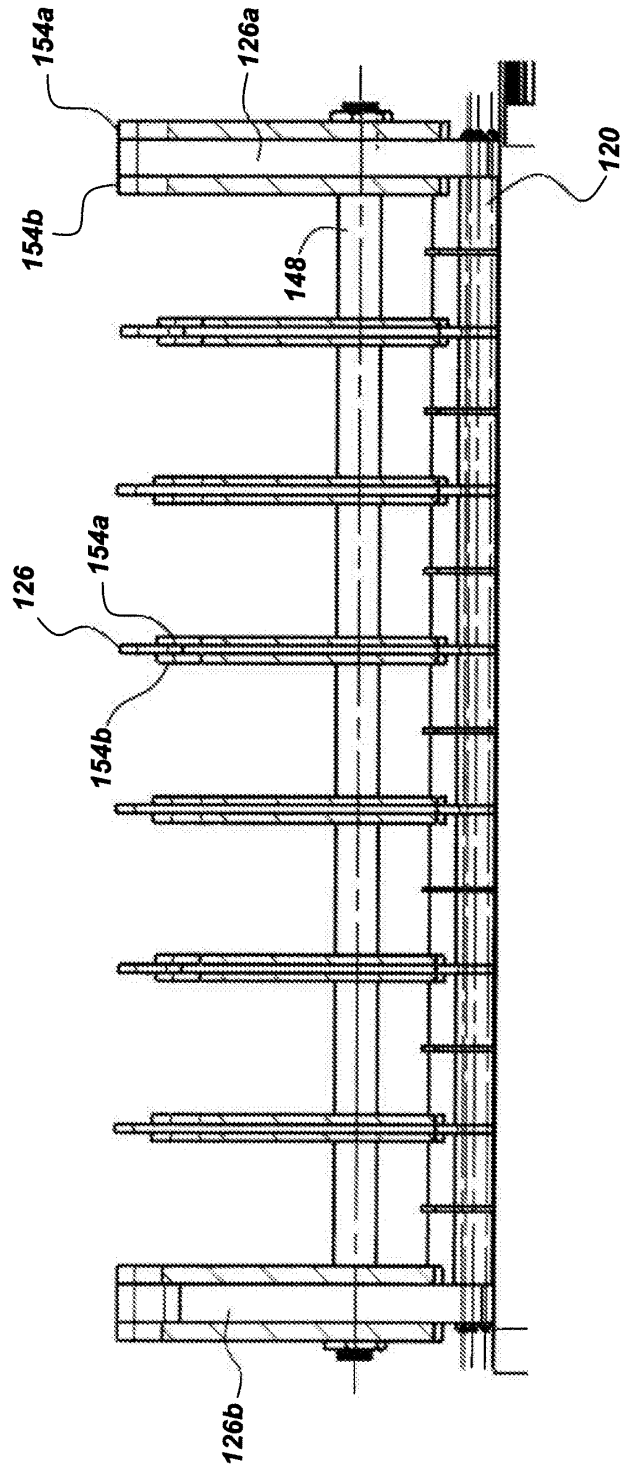


Fig. 8

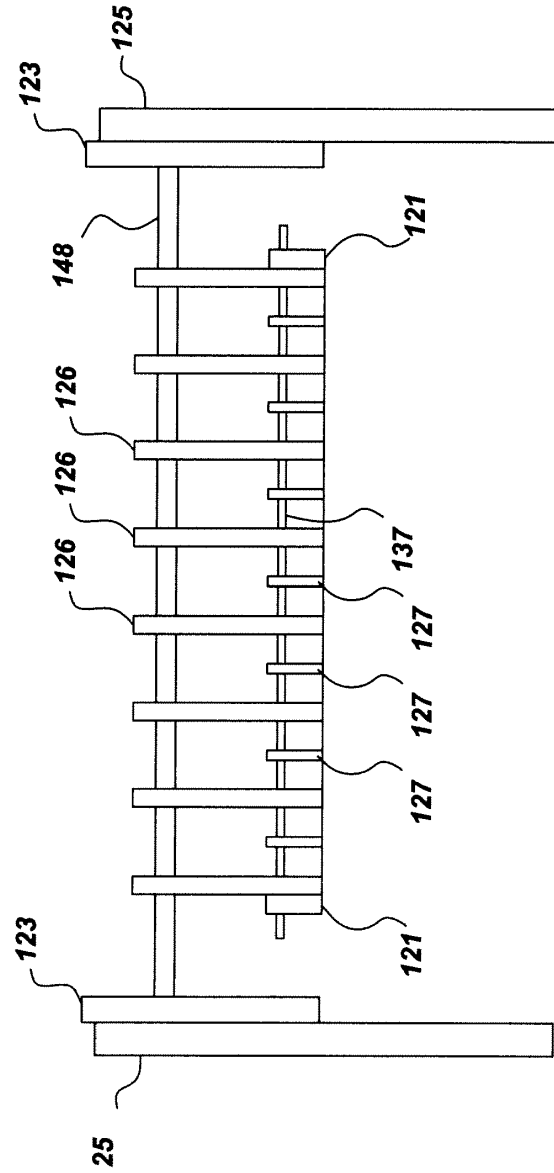


Fig. 9

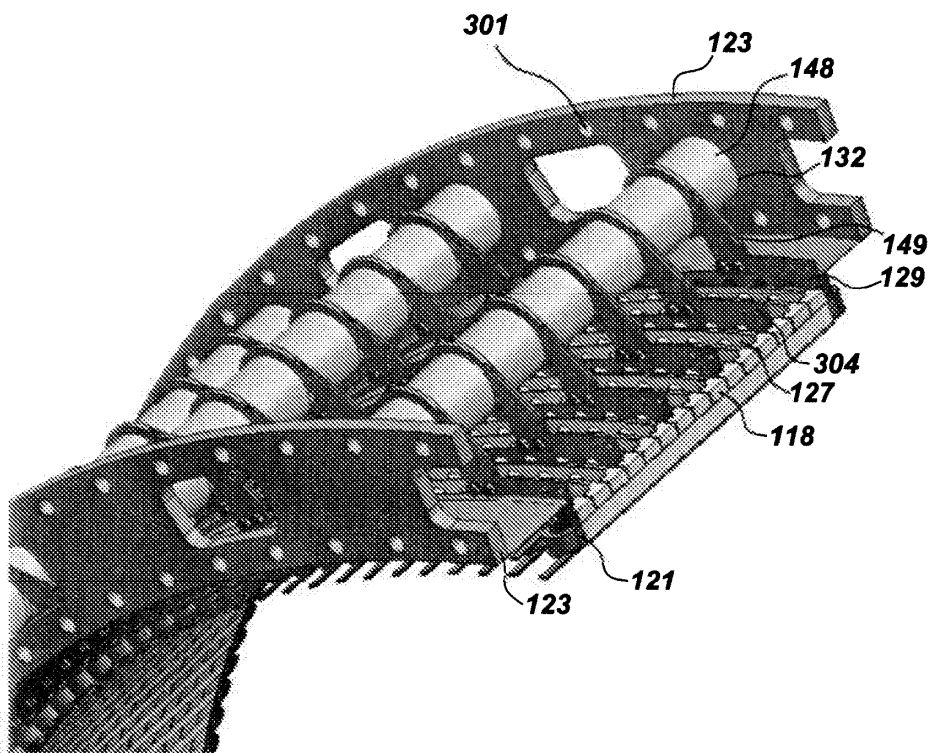


Fig. 10

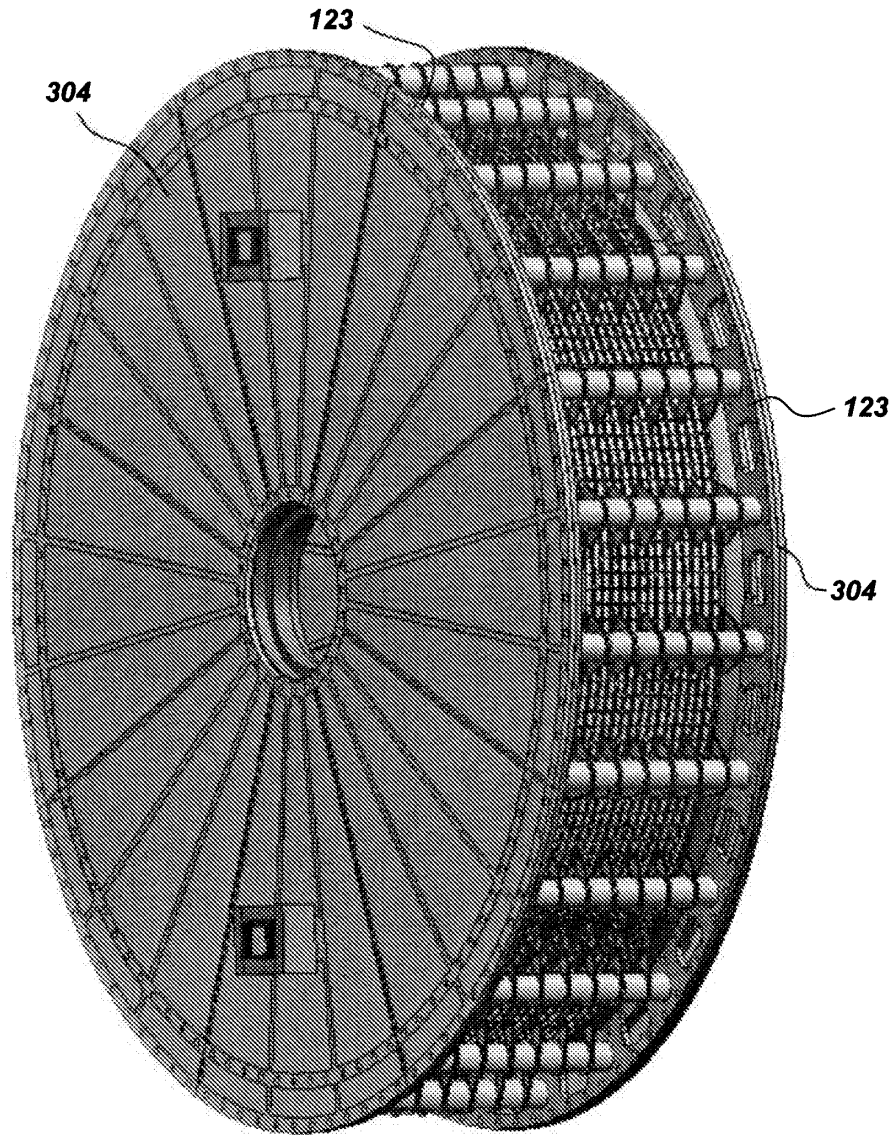


Fig. 11

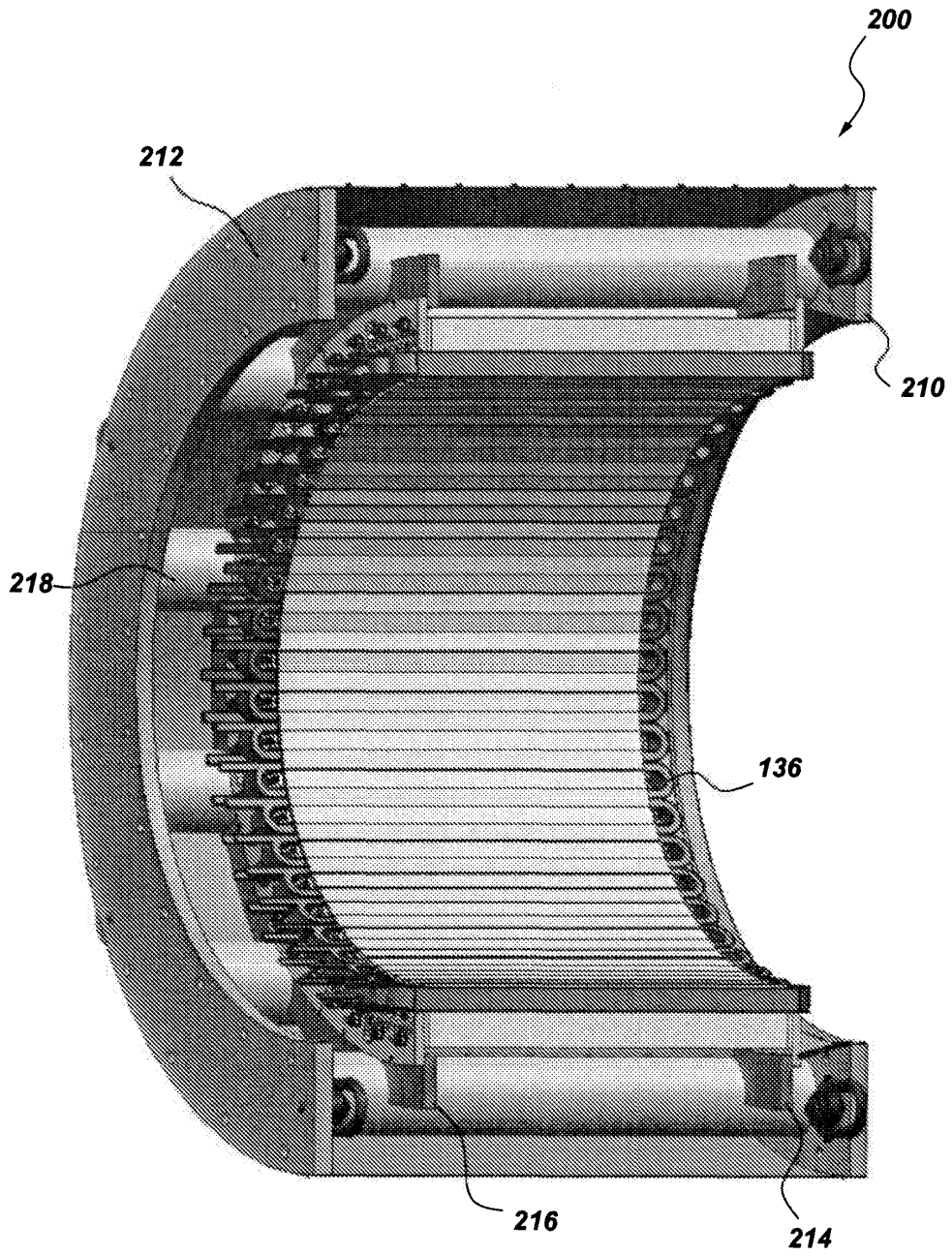


Fig. 12

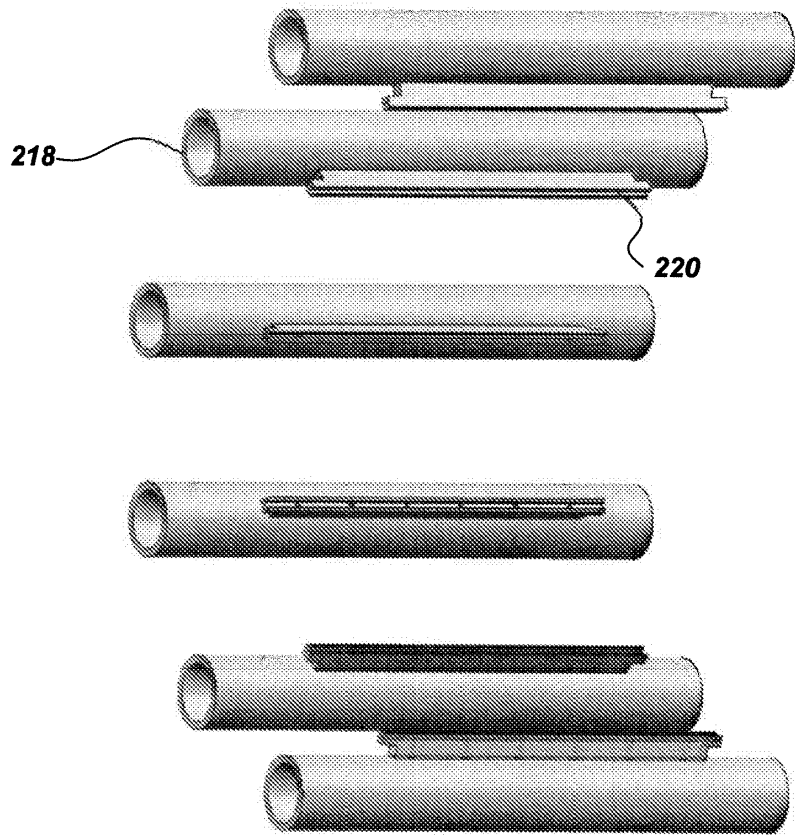


Fig. 13

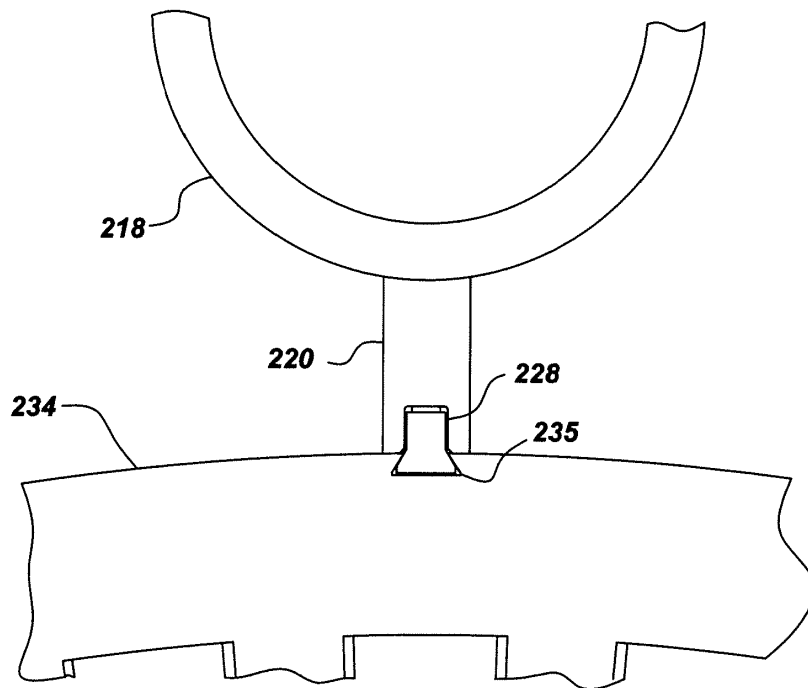


Fig. 14

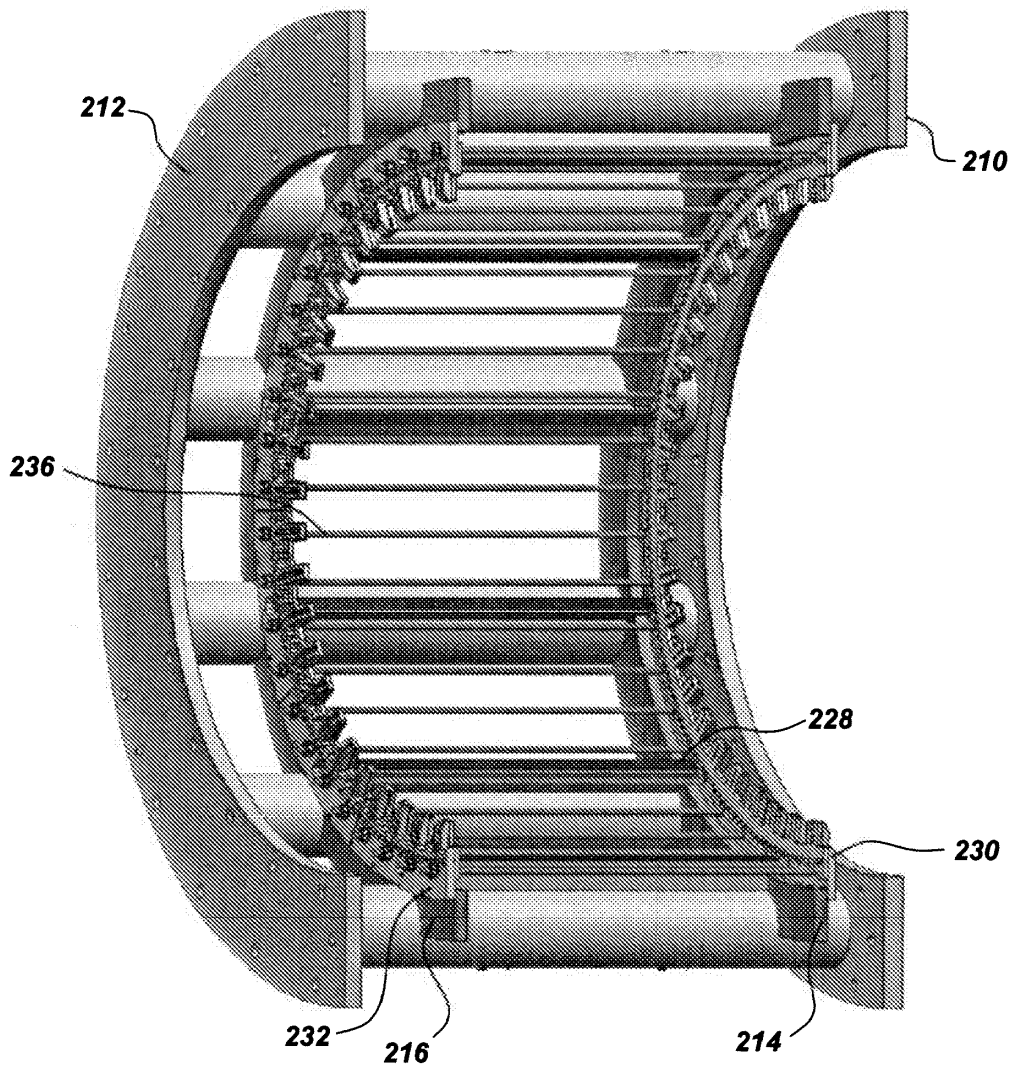


Fig. 15

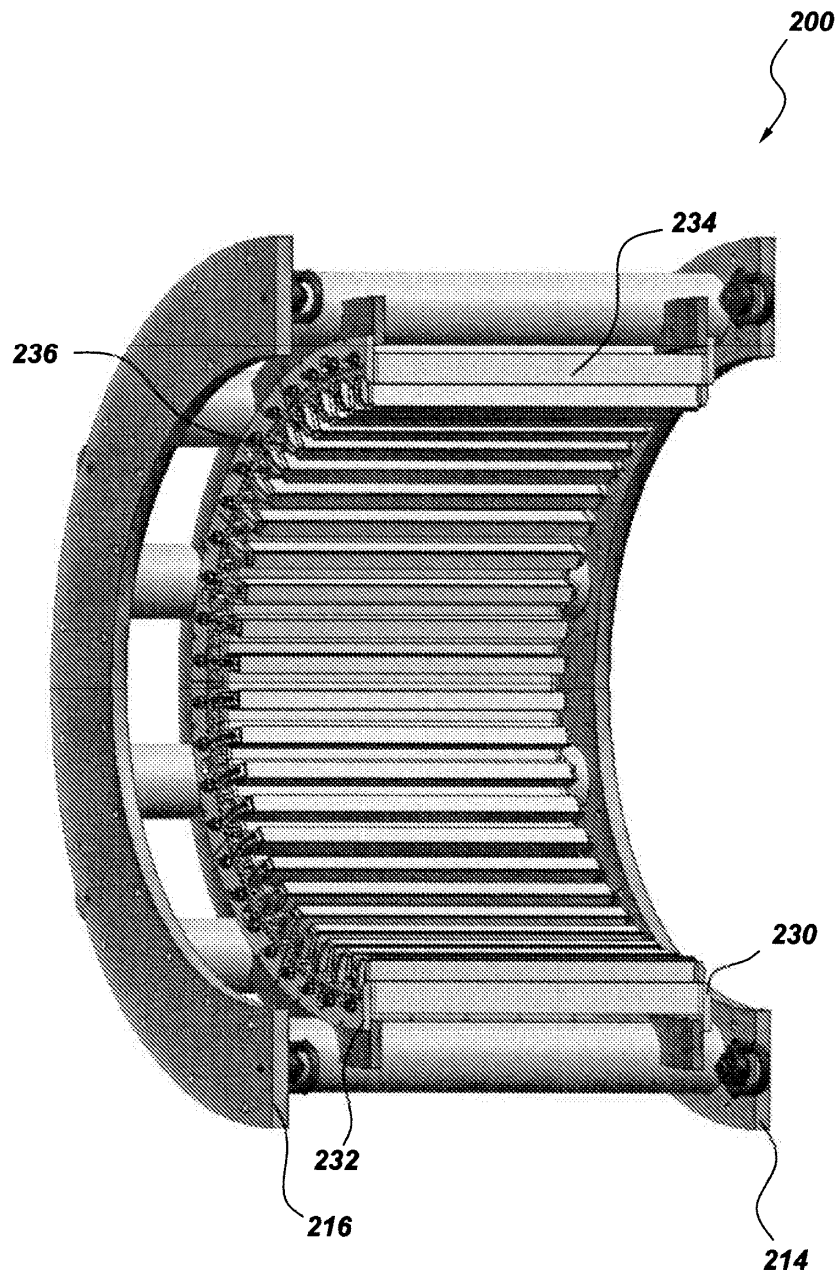


Fig. 16

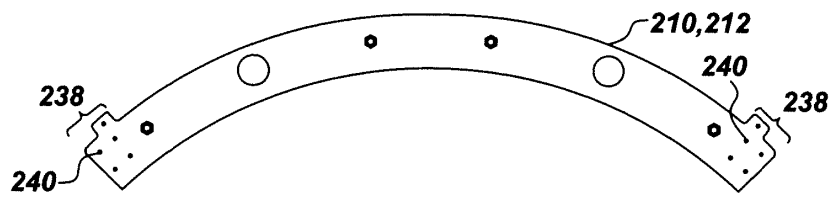


Fig. 17

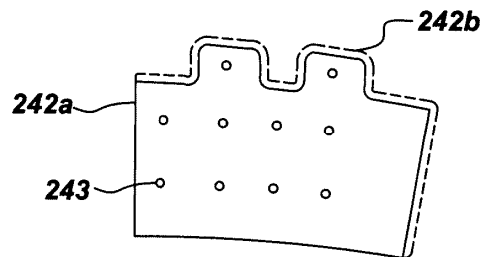


Fig. 18

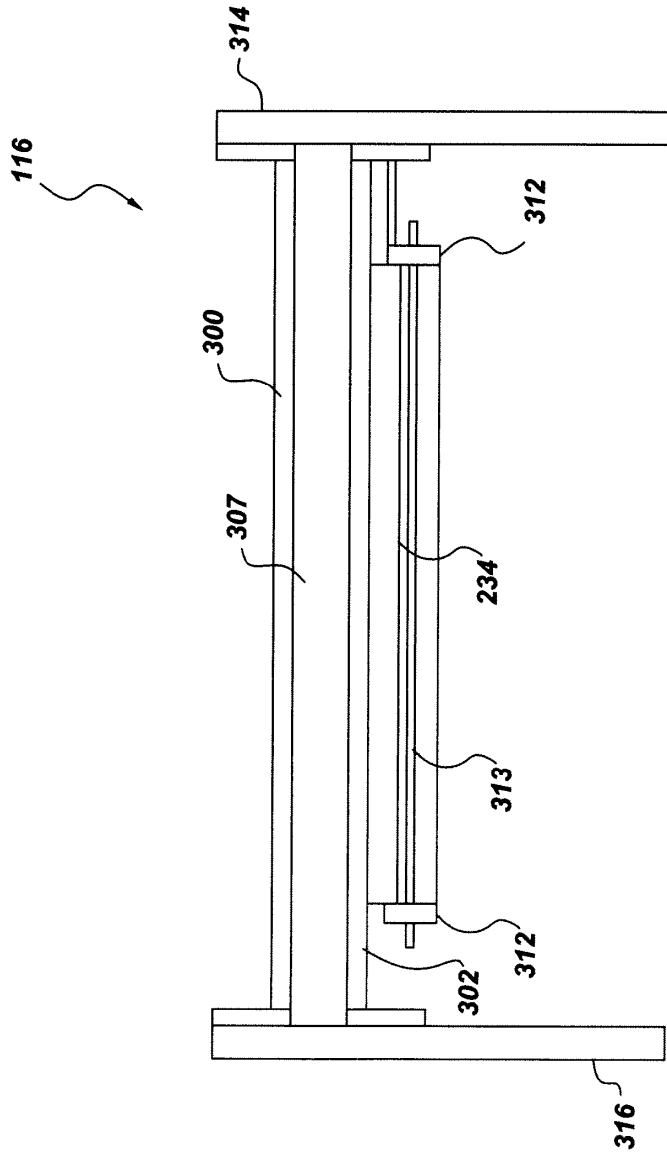


Fig. 19A

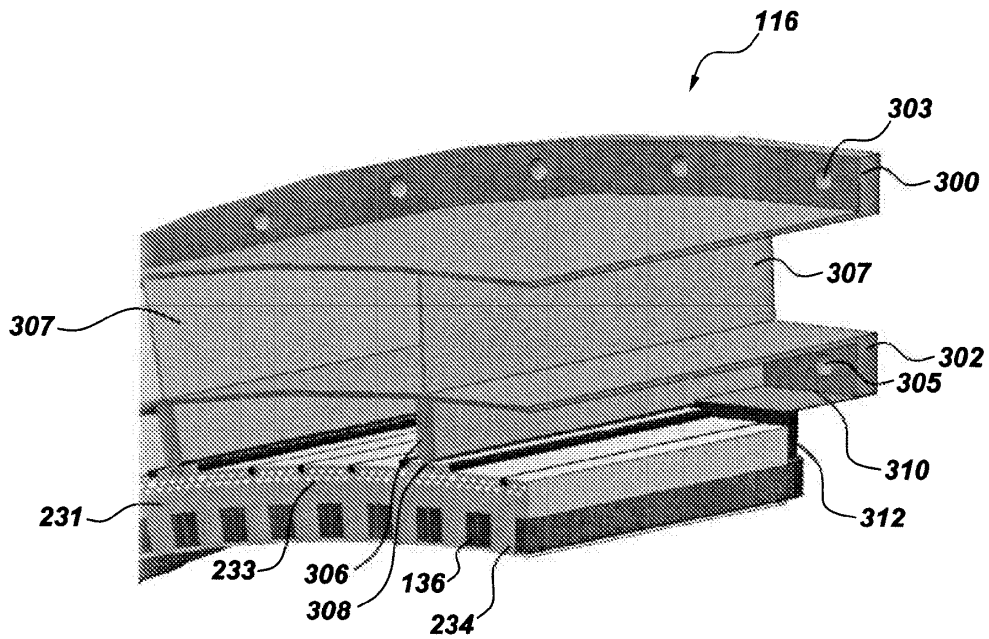


Fig. 19B

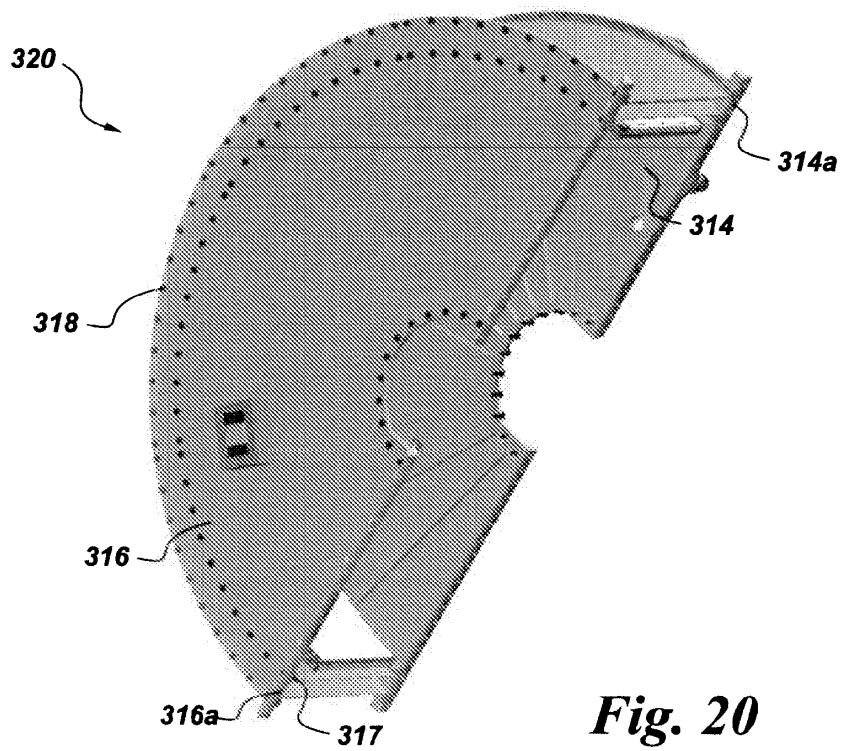


Fig. 20

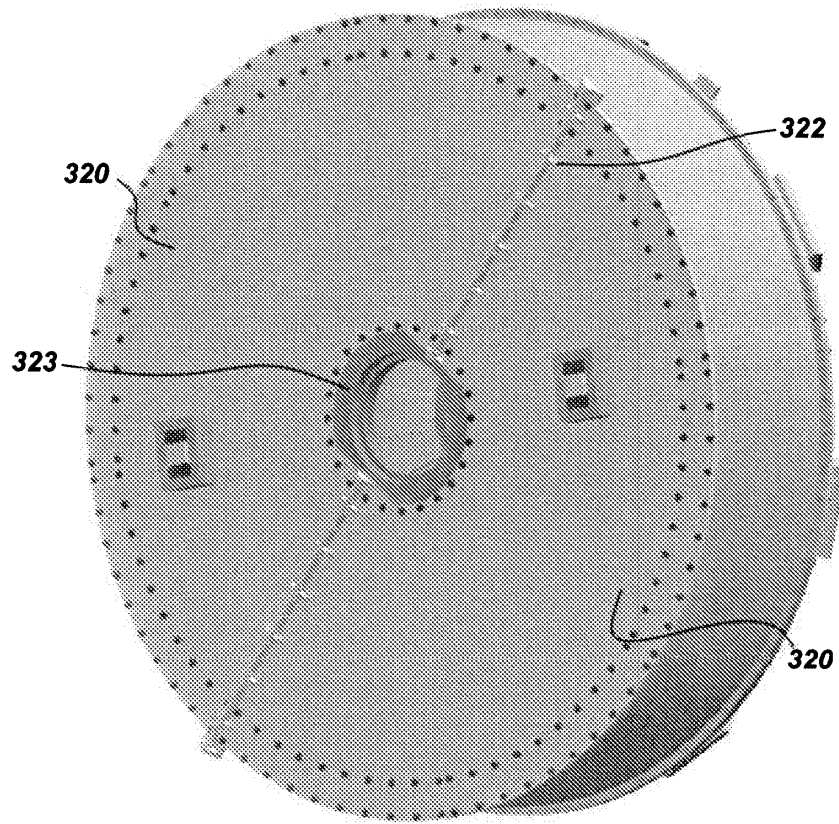


Fig. 21

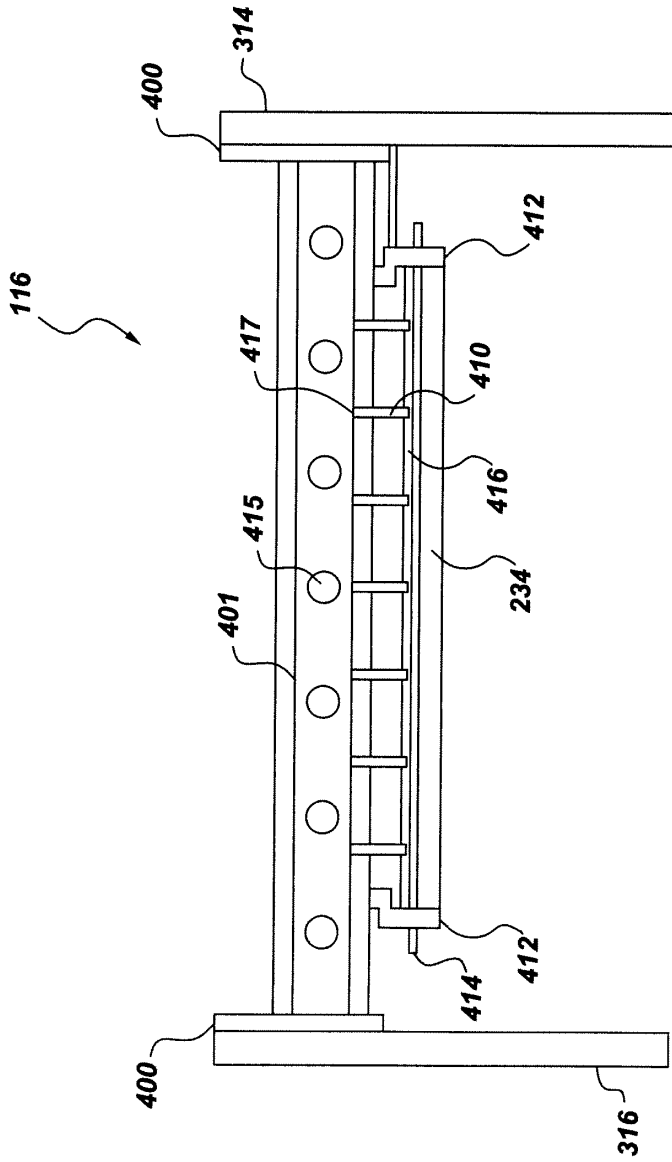


Fig. 22A

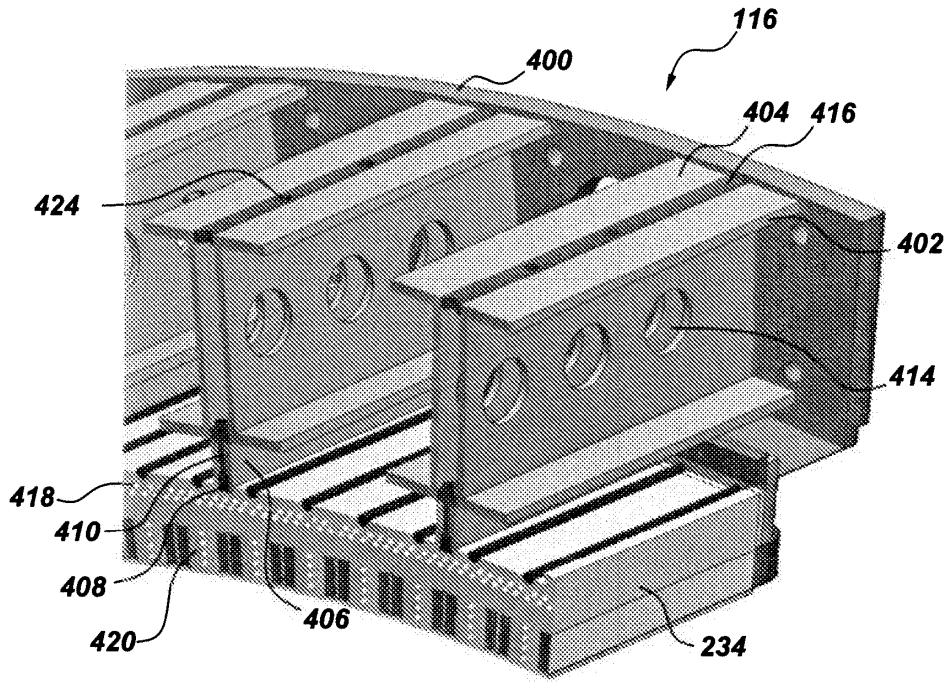


Fig. 22B

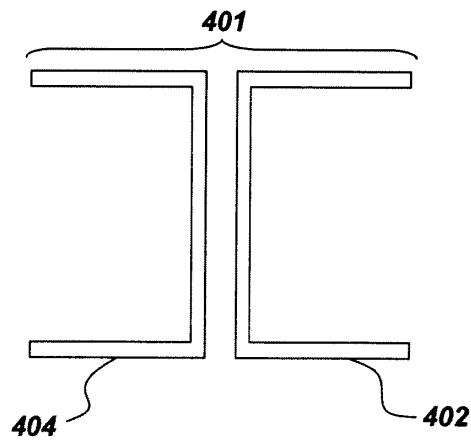


Fig. 22C

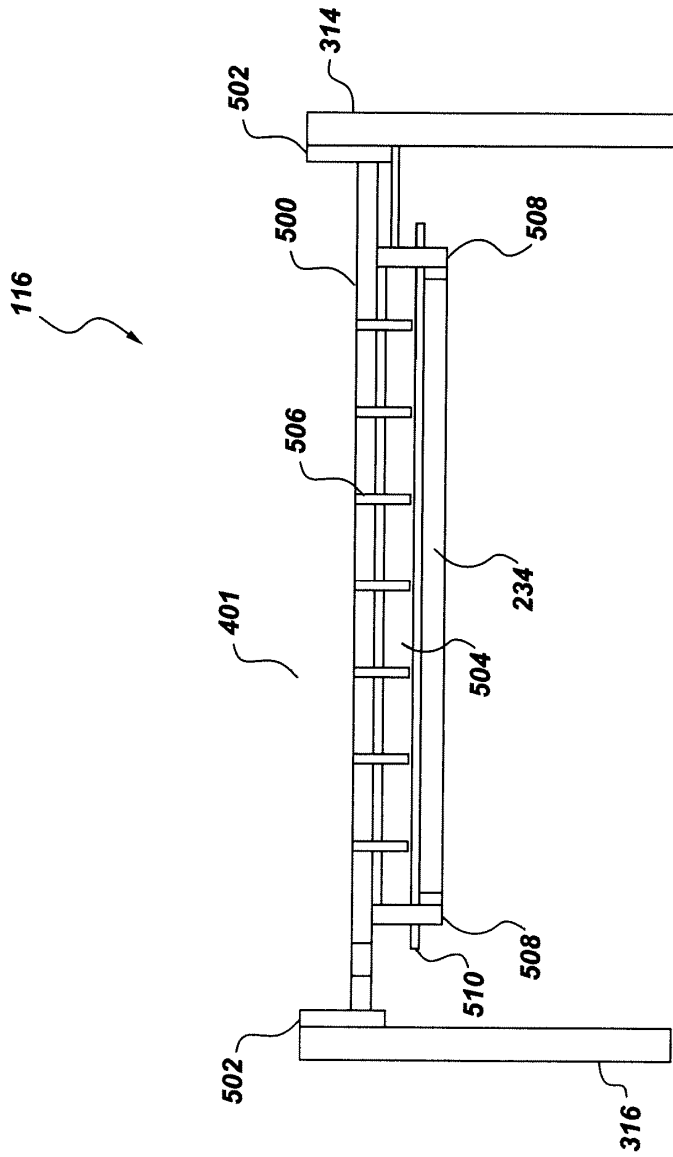


Fig. 23A

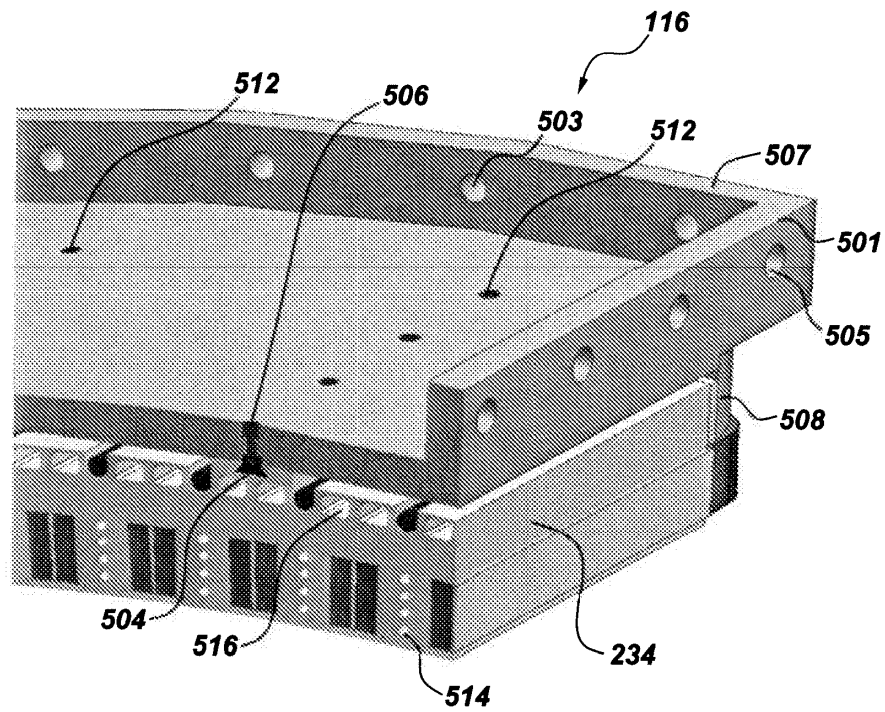


Fig. 23B

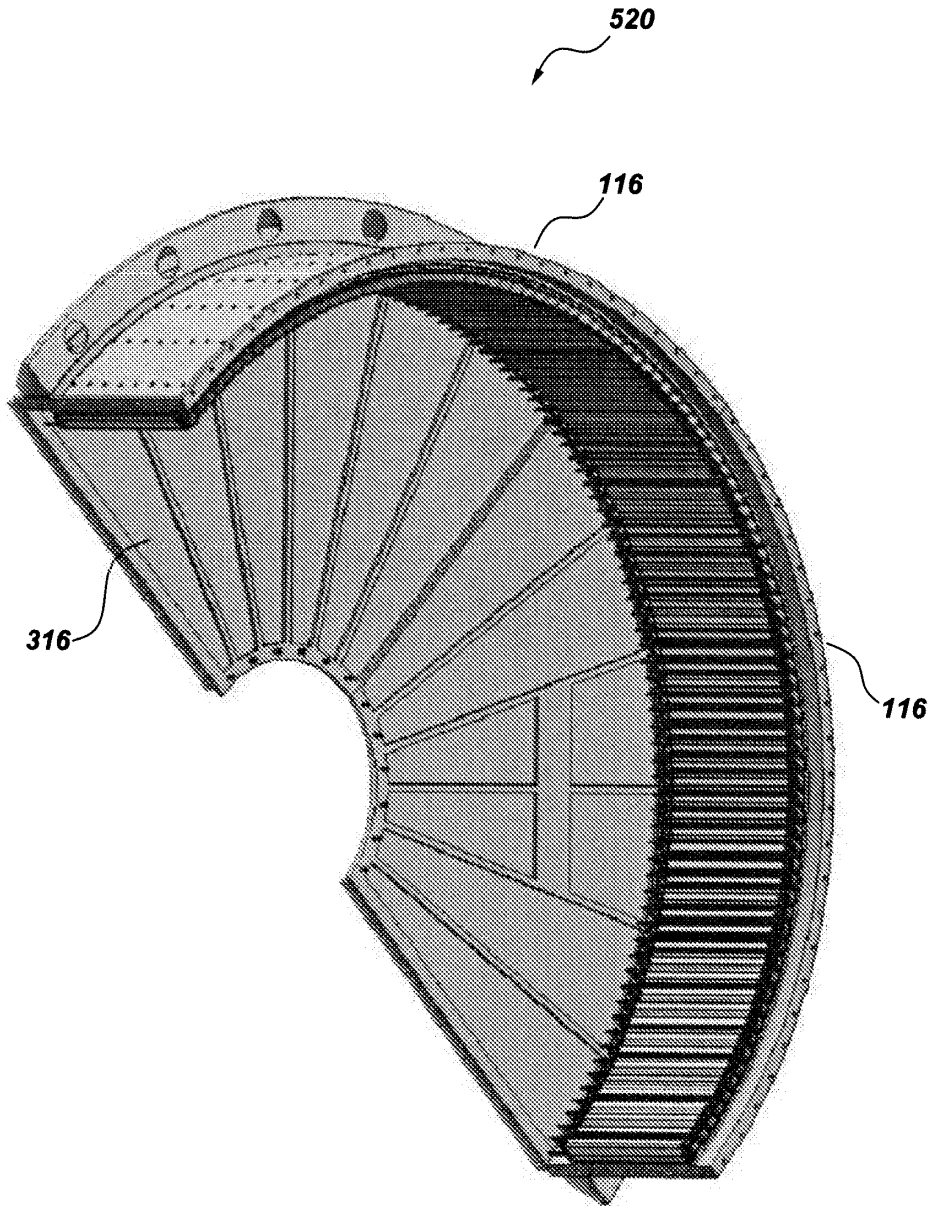


Fig. 24