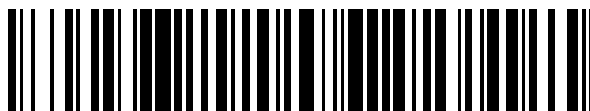


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 885**

51 Int. Cl.:

C30B 15/14 (2006.01)

C30B 29/06 (2006.01)

C30B 15/00 (2006.01)

C30B 29/60 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.08.2009 E 09791565 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2013 EP 2324146**

54 Título: **Procedimiento y aparato para el desarrollo de una cinta cristalina mientras se controla el transporte de contaminantes en suspensión en un gas a través de una superficie de cinta**

30 Prioridad:

18.08.2008 US 89603 P

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

17.10.2013

73 Titular/es:

**MAX ERA, INC. (100.0%)
c/o Dacheng Law Offices, LLP, 2 Wall Street,
Floor 21
New York, NY 10005 , US**

72 Inventor/es:

**HARVEY, DAVID;
HUANG, WEIDONG;
REITSMA, SCOTT y
LE, MINH, SY**

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 425 885 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

Procedimiento y aparato para el desarrollo de una cinta cristalina mientras se controla el transporte de contaminantes en suspensión en un gas a través de una superficie de cinta

CAMPO DE LA INVENCIÓN

- 5 La presente invención se refiere, en general, a cintas cristalinas y, más concretamente, la invención se refiere al control de contaminantes durante el crecimiento de las cintas cristalinas.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

- 10 Se pueden formar células solares a partir de obleas de silicio fabricadas con una técnica de obtención de cintas o «ribbon pulling». La técnica «ribbon pulling» usa, generalmente, un sistema de crecimiento de cristales que incluye un horno especial en el que está contenido un crisol que contiene silicio fundido. Por lo general, el horno incluye un aislamiento en la base que rodea el crisol, y un aislante (denominado «postcalentador») situado por encima del aislamiento de la base y próximo a la cinta cristalina en crecimiento.

- 15 Durante el proceso de crecimiento, normalmente se hacen pasar dos hilos por el crisol, de manera que en su superficie se solidifique el silicio fundido, formándose una cinta cristalina en crecimiento entre los dos hilos. Se pueden formar al mismo tiempo dos o más cintas cristalinas haciendo pasar varios conjuntos de hilos por el crisol. Los hilos con la cinta cristalina adherida se hacen pasar a través del postcalentador para que se pueda enfriar la cinta cristalina en un entorno controlado. Después se retira la cinta cristalina del horno.

- 20 A lo largo de todo el proceso, se suele tener el cuidado de reducir la cantidad de impurezas o contaminantes no deseados presentes en la cinta cristalina. Los agentes contaminantes pueden causar un efecto negativo sobre las propiedades de la cinta cristalina, lo cual puede afectar al rendimiento de los dispositivos fabricados con dichas cintas cristalinas. Por ejemplo, los contaminantes pueden reducir de manera no deseada el rendimiento de conversión de una célula solar fabricada a partir de dicha cinta cristalina.

- 25 En el documento GB-A-2135595, se describe un aparato de crecimiento de cinta cristalina que comprende un crisol para contener material fundido, una base aislante que rodea el crisol y unas chimeneas tubulares en la base aislante para recibir un par de hilos a los que se hace avanzar hacia arriba a través del crisol. Una boquilla de gas situada en la base de las chimeneas permite que los hilos situados en las chimeneas queden envueltos por una corriente de argón (en lugar de aire).

El documento US-A-4390505 se ocupa del control de la temperatura de un menisco durante el crecimiento de la cinta cristalina, usando una pantalla térmica basculante.

- 30 El documento WO-A-2008/070458, a nombre del presente solicitante, se ocupa del control de las impurezas en una cinta cristalina en crecimiento, estableciendo un flujo de líquido unidireccional en el crisol a partir del cual se forma la cinta cristalina.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

- 35 La invención se define más adelante, en las reivindicaciones independientes. De acuerdo con una forma de realización de la invención, en un procedimiento de crecimiento de una cinta cristalina se proporciona un crisol que contiene material fundido y se hace pasar un hilo a través del material fundido para que crezca la cinta cristalina. En el procedimiento también se dirige un flujo de gas alrededor de la cinta cristalina, de manera que el gas fluya hacia abajo a lo largo de la cinta cristalina, en dirección al crisol. Las reivindicaciones dependientes se refieren a características opcionales y formas de realización preferidas.

- 40 De acuerdo con formas de realización relacionadas, el procedimiento también proporciona un postcalentador situado por encima del crisol y junto a la cinta cristalina en al menos un lado. El postcalentador posee una pantalla acoplada a al menos una parte del postcalentador. La pantalla está colocada entre la cinta cristalina y el postcalentador. La pantalla puede estar formada por grafito, carburo de silicio y/o cuarzo. La pantalla puede incluir una pluralidad de láminas acopladas al postcalentador con al menos un refuerzo. El refuerzo puede estar alineado cerca de un borde de la cinta cristalina. El procedimiento puede proporcionar también una base aislante que rodee al crisol por al menos dos lados. La base aislante posee una pantalla acoplada a al menos una parte de la base aislante y la pantalla está situada entre la base aislante y el crisol. El crisol incluye al menos un deflector en contacto con una parte de la pantalla. La base aislante posee al menos una abertura bajo el crisol, en la que el gas fluye hacia abajo, deja atrás el crisol y atraviesa la al menos una abertura. En el procedimiento también se dirige el gas hacia la al menos una abertura desde una fuente de gas externa. La base aislante puede tener una pantalla acoplada a al menos una parte de la base aislante, en la que la pantalla está colocada entre la base aislante y el crisol. El procedimiento también puede proporcionar al menos un deflector acoplado a la base aislante, con el que el flujo de gas es dirigido hacia abajo, dejando atrás el al menos un deflector y el crisol. El procedimiento también puede proporcionar un postcalentador situado por encima del crisol y contiguo a la cinta cristalina en al menos dos lados. El postcalentador posee al menos una abertura. En el procedimiento también se puede dirigir un gas hacia la al menos una abertura desde una fuente de gas externa, en el que el gas es

5 dirigido hacia la cinta cristalina. El postcalentador puede tener una pantalla acoplada a al menos una parte del postcalentador. La pantalla está situada entre la cinta cristalina y el postcalentador. El procedimiento también puede proporcionar una junta estanca al gas acoplada al postcalentador y contigua a la cinta cristalina, en el que el flujo de gas se encuentra sustancialmente alejada de la junta estanca al gas y se dirige hacia el crisol. El procedimiento también puede proporcionar un alojamiento que rodee al crisol y una parte de la cinta cristalina, y puede proporcionar una pantalla acoplada a al menos una parte del alojamiento. La pantalla está situada junto a una parte de la cinta cristalina. El procedimiento también puede proporcionar una junta estanca al gas acoplada al alojamiento y contigua a la cinta cristalina. La junta estanca al gas posee al menos una abertura. En el procedimiento también se dirige un gas hacia la al menos una abertura desde una fuente de gas externa. El gas es dirigido hacia la cinta cristalina y el flujo de gas se encuentra sustancialmente alejado de la junta estanca al gas y discurre a lo largo de la pantalla entre la cinta cristalina y la pantalla.

15 De acuerdo con otra forma de realización de la invención, un sistema de crecimiento de cinta cristalina incluye un crisol para contener material fundido y una base aislante que rodea el crisol por al menos dos lados. La base aislante posee una o más aberturas bajo el crisol. El sistema de crecimiento de cinta cristalina también incluye un sistema de gas que proporciona gas desde una fuente de gas externa a través de la al menos una abertura, de manera que el gas fluya hacia abajo, deje atrás el crisol y atraviese la al menos una abertura.

20 De acuerdo con otra forma de realización de la invención, un sistema de crecimiento de cinta cristalina incluye un crisol para contener material fundido y un postcalentador situado por encima del crisol, y el postcalentador posee una superficie interna. El sistema de crecimiento de cinta cristalina también puede incluir al menos una pantalla contigua a la superficie interna. El postcalentador y la al menos una pantalla están configurados para permitir el paso de una cinta cristalina de manera contigua a la al menos una pantalla. La al menos una pantalla puede estar formada de grafito, carburo de silicio y/o cuarzo.

25 De acuerdo con formas de realización relacionadas, la pantalla puede estar acoplada a la superficie interna del postcalentador con al menos un refuerzo. Otra posibilidad consiste en que la pantalla esté acoplada a un alojamiento que rodee el crisol y esté configurada para permitir el paso de una cinta cristalina a través de un canal situado en el alojamiento. El crisol puede tener al menos dos orificios para el paso de hilos, que definan un plano que se extienda verticalmente a lo largo de una dirección de crecimiento de la cinta cristalina y el refuerzo puede estar alineado con un borde del plano. El sistema también puede incluir una base aislante que rodee el crisol por al menos dos lados y al menos una pantalla de la base aislante, acoplada a al menos una parte de la base aislante. La pantalla de la base aislante está situada entre la base aislante y el crisol. El al menos un deflector puede quedar en contacto con una parte de la pantalla de la base aislante.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

35 Lo expuesto anteriormente y las ventajas de la invención se apreciarán de forma más completa a partir de la siguiente descripción detallada de sus formas de realización, en las que se hace referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la fig. 1 muestra esquemáticamente una vista en perspectiva de un sistema de crecimiento de cinta cristalina de acuerdo con formas de realización de la presente invención;

la fig. 2 muestra esquemáticamente una vista con un recorte parcial de un sistema de crecimiento de cinta cristalina, de acuerdo con las formas de realización de la presente invención, con una parte del alojamiento retirada;

40 la fig. 3 muestra esquemáticamente una vista con un recorte parcial de un sistema de crecimiento de cinta cristalina de la técnica anterior y el flujo de gas de su sistema;

la fig. 4 muestra esquemáticamente una vista con un recorte parcial de un sistema de crecimiento de cinta cristalina que cuenta con un sistema de gas en la base aislante y deflectores de acuerdo con las formas de realización de la presente invención;

45 la fig. 5 muestra esquemáticamente los flujos de gas en el sistema de crecimiento de cinta cristalina que se muestra en la fig. 4, de acuerdo con formas de realización de la presente invención;

la fig. 6 muestra esquemáticamente los flujos de gas en el sistema de crecimiento de cinta cristalina que se muestra en la fig. 4, sin deflectores, de acuerdo con formas de realización de la presente invención;

50 la fig. 7 muestra esquemáticamente una vista con un recorte parcial de un sistema de crecimiento de cinta cristalina que cuenta con un sistema de gas en el postcalentador, de acuerdo con formas de realización de la presente invención;

la fig. 8 muestra esquemáticamente los flujos de gas en el sistema de crecimiento de cinta cristalina que se muestra en la fig. 7, de acuerdo con formas de realización de la presente invención;

la fig. 9 muestra esquemáticamente una vista con un recorte parcial de un sistema de crecimiento de cinta

cristalina que cuenta con un sistema de gas acoplado al alojamiento y una pantalla para cintas, de acuerdo con formas de realización de la presente invención;

la fig. 10A muestra esquemáticamente los flujos de gas en la parte superior del sistema de crecimiento de cinta cristalina que se muestra en la fig. 9, de acuerdo con formas de realización de la presente invención;

5 la fig. 10B muestra esquemáticamente los flujos de gas en la parte inferior del sistema de crecimiento de cinta cristalina que se muestra en la fig. 9, de acuerdo con formas de realización de la presente invención;

la fig. 11 muestra esquemáticamente una vista en sección parcial de un sistema de crecimiento de cinta cristalina que cuenta con una pantalla para cintas acoplada al postcalentador, de acuerdo con formas de realización de la presente invención;

10 la fig. 12 muestra esquemáticamente una vista en perspectiva de una parte del postcalentador con una pluralidad de pantallas para cintas, de acuerdo con formas de realización de la presente invención;

la fig. 13 muestra esquemáticamente una vista en sección parcial de una parte del postcalentador que se muestra en la fig. 12, de acuerdo con formas de realización de la presente invención;

15 la fig. 14 muestra esquemáticamente una vista en sección parcial de una parte de un sistema de crecimiento de cinta cristalina provista de una pantalla para cintas acoplada a la base aislante, de acuerdo con formas de realización de la presente invención; y

la fig. 15 muestra esquemáticamente una vista en sección parcial de una parte de un sistema de crecimiento de cinta cristalina provista de una pantalla para cintas acoplada a la base aislante y un crisol con deflectores, de acuerdo con formas de realización de la presente invención.

20 DESCRIPCIÓN DE FORMAS DE REALIZACIÓN ILUSTRATIVAS

Diversas formas de realización de la presente invención proporcionan un sistema y un procedimiento para el crecimiento de una cinta cristalina, de manera que se reduzcan los contaminantes suspendidos en el gas que se depositan en la superficie de la cinta. Esto se logra controlando minuciosamente el entorno y el flujo de gas alrededor de la cinta cristalina durante el proceso de crecimiento y enfriamiento. Sorprendentemente, se descubrió que el nivel de contaminantes en la cinta cristalina era varios órdenes de magnitud mayor que el valor esperado teóricamente en función de la composición del material fundido. Se descubrió que el nivel de contaminantes era mayor en la superficie que en el interior de la cinta. Se cree que los contaminantes se pueden incorporar con más facilidad en la superficie de la cinta cristalina durante el proceso de crecimiento y enfriamiento. Por lo tanto, es importante proporcionar un entorno que reduzca los contaminantes a los que se expone la cinta cristalina durante el proceso de crecimiento y enfriamiento. También es importante dirigir el flujo del gas alrededor de la cinta cristalina de manera que se minimicen cualesquiera contaminantes que se pudieran incorporar en la cinta cristalina durante este periodo. A continuación se exponen detalles de las formas de realización ilustrativas.

La fig. 1 muestra esquemáticamente un sistema de crecimiento de cinta cristalina 10 de acuerdo con formas de realización de la presente invención. El sistema de crecimiento 10 incluye un alojamiento 12 que forma un interior cerrado o estanco. El interior puede estar sustancialmente libre de oxígeno (por ejemplo, para impedir la combustión) y puede incluir uno o más gases, como el argón u otro gas inerte, que se puede proporcionar desde una fuente de gas externa. El interior incluye un crisol 14 (que se muestra en las figs. 2 a 9) y otros componentes para el crecimiento sustancialmente simultáneo de una pluralidad de cintas de cristal de silicio 16. Aunque en la fig. 1 se muestran cuatro cintas cristalinas, el sistema de crecimiento 10 puede proporcionar el crecimiento sustancialmente simultáneo de un número menor o mayor de cintas cristalinas. Las cintas cristalinas 16 se pueden formar a partir de silicio monocristalino o silicio policristalino. El alojamiento 12 puede incluir una puerta 18 que permita inspeccionar el interior y sus componentes y una o más ventanas opcionales 20. El alojamiento 12 también puede proporcionar un medio para dirigir la materia prima (que no se muestra) hacia el interior del alojamiento 12 y el crisol 14 con el objeto de fundirlo. Cabe señalar que la exposición de las cintas de cristal de silicio 16 es ilustrativa y no tiene el objeto de limitar todas las formas de realización de la invención. Por ejemplo, las cintas cristalinas 16 se pueden formar a partir de otros materiales, por ejemplo, otros metales o aleaciones.

La fig. 2 muestra esquemáticamente una vista con un recorte parcial de un sistema de crecimiento 10 con parte del alojamiento 12 retirada. Según se muestra, el sistema de crecimiento 10 incluye un crisol 14 para contener material fundido 22 en el interior del alojamiento 12. En una forma de realización, el crisol 14 puede tener una superficie superior sustancialmente plana que puede sostener o contener el material fundido 22. El crisol 14 puede incluir orificios para los hilos (que no se muestran) que permitan el paso de los hilos 24 a través del crisol 14. A medida que los hilos 24 pasan a través del crisol 14, el silicio fundido se solidifica en su superficie, con lo cual se forma la cinta cristalina 16 en crecimiento entre dos hilos 24. El crisol 14 puede tener forma alargada con una zona para el crecimiento de las cintas cristalinas 16 en una configuración de contigüidad a lo largo de su longitud.

55 El sistema de crecimiento 10 también incluye un aislamiento que está configurado en función de las

condiciones térmicas de las zonas del alojamiento 12, por ejemplo, la zona que contiene el material fundido 22 y la zona que contiene la cinta cristalina en crecimiento 16 resultante. De este modo, el aislamiento incluye una base aislante 26 que forma un área que contiene el crisol 14 y el material fundido 22, y un postcalentador 28 situado encima de la base aislante 26 (desde la perspectiva de los dibujos). El postcalentador 28 puede estar soportado en la base aislante 26, por ejemplo, con unos postes (que no se muestran). Además, o como otra posibilidad, el postcalentador 28 puede estar acoplado o fijado a una parte superior del alojamiento 12. En algunas formas de realización, el postcalentador 28 tiene dos partes (28a, 28b) que están situadas a cada lado de las cintas cristalinas en crecimiento 16. Las dos partes 28a, 28b forman uno o más canales a través de los cuales crece la cinta cristalina 16. Otra posibilidad consiste en que el postcalentador 28 esté situado en solo un lado de las cintas cristalinas en crecimiento 16. El postcalentador 28 proporciona un entorno térmico controlado que permite que la cinta cristalina en crecimiento 16 se enfríe a medida que surja del crisol 14. En algunas formas de realización, el postcalentador 28 puede tener una o más aberturas o ranuras 29 adicionales dentro del postcalentador 28 para expulsar de forma controlada el calor de las cintas cristalinas en crecimiento 16 a medida que pasan a través de la superficie interna del postcalentador 28.

El sistema de crecimiento 10 también puede incluir una o más pantallas para cintas 30 que protegen las cintas cristalinas en crecimiento 16 de los contaminantes que se puedan introducir procedentes de la base aislante 26 y/o el postcalentador 28. Durante el proceso de crecimiento y enfriamiento, los contaminantes pueden emanar desde la base aislante 26 y/o el postcalentador 28 y difundirse en las cintas cristalinas en crecimiento 16. La pantalla para cintas 30 proporciona una barrera protectora entre la cinta cristalina en crecimiento 16 y el aislamiento 26, 28 con el fin de reducir la cantidad de contaminantes a los que se expone la cinta cristalina en el entorno de crecimiento y enfriamiento, con lo cual se reduce la concentración de impurezas en la cinta cristalina 16.

La pantalla para cintas 30 puede estar acoplada a al menos una parte del postcalentador 28 situada entre el postcalentador 28 y las cintas cristalinas 16. Preferentemente, la pantalla para cintas 30 está acoplada al postcalentador 28 a cada lado de las cintas cristalinas 16. La pantalla para cintas 30 puede estar acoplada a la superficie interna del postcalentador 28, tal como se muestra, o la pantalla para cintas 30 puede estar acoplada a la parte superior del postcalentador 28 o a la parte superior del alojamiento 12 (que no se muestra). Además, o como otra posibilidad, la pantalla para cintas 30 puede estar acoplada a al menos una parte de la base aislante 26 situada entre la base aislante 26 y el crisol 14. Preferentemente, la pantalla para cintas 30 está acoplada a la base aislante 26 a cada lado del crisol 14 y termina en un punto situado por debajo de la parte superior del crisol 14 en el que está contenido el material fundido 22.

Para proteger las cintas cristalinas 16 de los contaminantes de la base aislante 26 y/o el postcalentador 28, la pantalla para cintas 30 está formada preferentemente a partir de un material de alta calidad y pureza que es capaz de resistir temperaturas relativamente elevadas. Por ejemplo, el intervalo de temperaturas en el que opera el material de la pantalla para cintas es, preferentemente, de aproximadamente 1000 °C a aproximadamente 1500 °C. La base aislante 26 y/o el postcalentador 28 están formados típicamente a partir de un material aislante de carbono de baja densidad tal como espuma de carbono, fibra de carbono o espuma de grafito. De este modo, la pantalla para cintas 30 puede estar formada por diversos materiales que posean una pureza mayor que la de los materiales aislantes habituales. Preferentemente, la pantalla para cintas 30 está formada a partir de un material duro y denso. Por ejemplo, la pantalla para cintas 30 puede estar formada por carburo de silicio, cuarzo, grafito o una combinación de ellos. La pantalla para cintas 30 puede ser una capa, por ejemplo, una capa de revestimiento, formada o acoplada sobre la base aislante 26 y/o el postcalentador 28. La pantalla para cintas 30 puede ser un recubrimiento formado sobre la base aislante 26 y/o el postcalentador 28 o formado sobre un material de pantalla para cintas, por ejemplo, grafito con recubrimiento de carburo de silicio mediante CVD. La pantalla para cintas 30 puede consistir en una pluralidad de láminas o placas unidas a la base aislante 26 y/o el postcalentador 28. La pantalla para cintas 30 puede estar acoplada de manera desmontable a la base aislante 26 y/o el postcalentador 28, de manera que la pantalla para cintas 30 se pueda sustituir fácilmente a lo largo del tiempo en caso de quedar contaminada, por ejemplo, que le haya salpicado silicio fundido o que esté dañada de algún modo.

El sistema de crecimiento 10 también puede incluir uno o más sistemas de gas (que no se muestran en la fig. 2) como los que se describen más adelante de forma más detallada con respecto a las figs. 4 a 10B, para reducir la cantidad de contaminantes a los que se expone la cinta cristalina en el entorno de crecimiento y enfriamiento.

Por ejemplo, como se muestra en la fig. 3, en un típico sistema de crecimiento de cinta cristalina, los gases contenidos en el alojamiento 12 tienden a fluir hacia el crisol 14 entre la base aislante 26 y el postcalentador 28 (el flujo de gas que se muestra mediante las flechas 31). Después los gases fluyen hacia arriba alejándose del crisol 14 a lo largo de la cinta cristalina en crecimiento 16. Los gases fluyen de manera natural en esta dirección debido, en parte, al calor que emite la cinta cristalina 16 a medida que surge del crisol y se enfría. A medida que el aire que rodea la cinta cristalina en crecimiento se calienta (y el aire se calienta más alrededor de la cinta cristalina cerca del crisol 14 que cerca de la parte superior del postcalentador 28), el aire caliente se eleva a lo largo de la cinta cristalina 16 entre la cinta cristalina 16 y el postcalentador 28. Este efecto tiende a crear un flujo o corriente ascendente de gas a lo largo de la cinta cristalina, lo cual provoca que entre aire más frío desde los lados para sustituir el aire caliente que se eleva.

Se cree que el gas que fluye hacia el crisol transporta contaminantes hacia la superficie de la cinta durante un periodo de tiempo en el que la cinta cristalina 16 es más susceptible a incorporar estos contaminantes en la superficie

del material, es decir, cuando se forma inicialmente la cinta cristalina 16 a partir del material fundido y empieza a enfriarse. De este modo, diversas formas de realización de la presente invención controlan el flujo de gas en el sistema, de manera que se reduzca la presencia en el sistema de estos contaminantes suspendidos en el gas y/o se minimice el impacto de estos contaminantes durante el proceso de crecimiento. Por ejemplo, diversas formas de realización pueden incluir el bloqueo del flujo de gas a través del hueco situado entre la base aislante y el postcalentador, la introducción de otro gas en el sistema, como por ejemplo un gas inerte, que reduzca la concentración de contaminantes en la superficie de la cinta cristalina, y/o la creación de otros patrones de flujo en el sistema mediante la introducción de otro gas y/o un mecanismo de bombeo en el alojamiento.

También se cree que los contaminantes pueden ser transportados a la superficie de la cinta durante este periodo desde los materiales de aislamiento que rodean a la cinta cristalina en crecimiento 16. De este modo, diversas formas de realización de la presente invención proporcionan una barrera protectora en el sistema, con o sin control del flujo de gas, con el fin de reducir estos contaminantes suspendidos en el gas que proceden de la base aislante 26 y/o el postcalentador 28 para minimizar el impacto de estos contaminantes durante el proceso de crecimiento.

Por ejemplo, las figs. 4 y 5 muestran esquemáticamente una forma de realización en la que el gas fluye 31 hacia abajo a lo largo de la cinta cristalina 16 hacia el crisol 14, en lugar de alejarse del mismo. Esto se logra proporcionando un sistema de gas en la base aislante 26 junto con deflectores 32 entre la base aislante 26 y el postcalentador 28. Como se muestra en las figs. 4 y 5, la base aislante 26 puede incluir una o más aberturas 34 formadas bajo el crisol 14. El sistema de gas puede suministrar gas desde una fuente de gas externa (que no se muestra) a través de un conducto de suministro de gas 36 a las aberturas 34. El conducto de suministro de gas 36 puede incluir uno o más chorros de gas 38 para dirigir el gas hacia las aberturas 34. Las aberturas 34 pueden estar configuradas para tener una forma de boquilla 40 (por ejemplo, una forma de menor diámetro a mayor diámetro) de manera que el sistema de gas cree de manera eficaz un mecanismo de bombeo de gas dentro del alojamiento 12. Esta acción de bombeo altera el flujo de gas en el interior del alojamiento 12, lo cual provoca que el gas fluya hacia abajo a lo largo de la cinta cristalina 16 en dirección al crisol 14.

Por ejemplo, cuando se suministra gas en las aberturas 34, el gas fluye (se muestra mediante las flechas 31 de la fig. 5) a través de la boquilla 40 desde la superficie interna de la base aislante 26 situada frente al crisol 14 hasta la superficie externa situada frente al alojamiento 12. Después, el gas fluye hacia arriba a lo largo de los lados del alojamiento 12 en dirección hacia su parte superior y atravesando la parte superior del postcalentador 28 en dirección hacia la cinta cristalina 16. A medida que el gas se mueve dentro de la boquilla 40, tiende a crearse una caída de presión en la superficie interna de las aberturas 24, lo cual hace que el gas que rodea el crisol 14 fluya en dirección descendente hacia las aberturas 24. Esta acción, junto al flujo del gas hacia arriba a lo largo de los lados del alojamiento 12, crea un flujo de gas descendente a lo largo de la cinta cristalina 16, próximo al postcalentador 28 y en dirección al crisol 14.

En algunas formas de realización, el sistema de crecimiento 10 también puede incluir un sistema de enfriamiento de gas que pueda suministrar gas desde una fuente de gas externa (que no se muestra) a los chorros de enfriamiento de gas 42 a través de un colector de enfriamiento de gas 44. El sistema de enfriamiento de gas puede proporcionar gas para enfriar aún más la cinta cristalina en crecimiento 16. Por ejemplo, como se muestra en las figs. 4 y 5, los chorros de enfriamiento de gas 42 pueden estar situados frente a la cinta cristalina en crecimiento 16 en el área situada por encima del crisol 14. Aunque el sistema de enfriamiento de gas suministra gas al sistema de crecimiento 10, la cantidad de gas proporcionada es tal que no altera de manera significativa los patrones generales del flujo de gas creados por el sistema de gas en la base aislante 26.

También se pueden proporcionar deflectores 32 entre la base aislante 26 y el postcalentador 28, de manera que se impida que el flujo de gas entre en el hueco situado entre estas dos estructuras. Los deflectores 32 pueden estar acoplados a la parte superior de la base aislante 26, contiguos a la superficie externa del postcalentador 28 y alejados de la cinta cristalina 16. Otra posibilidad consiste en que los deflectores 32 estén acoplados a la superficie externa del postcalentador 28 y sean contiguos a la parte superior de la base aislante 26.

Otra forma de realización puede incluir un sistema de gas en la base aislante 26, como se describe anteriormente con respecto a las figs. 4 y 5, pero sin los deflectores 32. Como se muestra en la fig. 6, esta configuración sigue creando un flujo de gas descendente a lo largo de la cinta cristalina 16, cerca del postcalentador 28 y en dirección hacia el crisol 14. Aunque parte del gas fluya entre el postcalentador 28 y la base aislante 26, el patrón global de flujo descendente a lo largo de la cinta cristalina 16 hace que parte del gas que fluye lateralmente desde los lados vuelva en dirección descendente hacia el crisol 14 y se aleje de la cinta cristalina en crecimiento 16. Esto minimiza el impacto negativo sobre la cinta cristalina 16 de los contaminantes que puedan estar contenidos en el gas que fluye lateralmente.

Las figs. 7 y 8 muestran esquemáticamente otra forma de realización en la que se proporciona un sistema de gas en el postcalentador 28. Según se muestra, el postcalentador 28 incluye una o más aberturas 46 formadas en una o ambas partes del postcalentador 28. El sistema de gas puede suministrar gas desde una fuente de gas externa (que no se muestra), a través de un conducto de suministro de gas 48, a las aberturas 46. En este caso, el gas fluye a través de las aberturas 46 en dirección hacia la cinta cristalina 16. El postcalentador 28 también puede incluir una junta estanca al gas 50 acoplada a la parte superior del postcalentador 28. La junta estanca al gas 50 básicamente estrecha el canal por

5 el que pasa la cinta cristalina 16 en la parte superior del postcalentador 28. Esto crea de manera eficaz una junta estanca entre la cinta cristalina 16 y la junta estanca al gas 50, de manera que los gases que fluyen a través de las aberturas 46 se dirijan sustancialmente en dirección descendente (que se muestra mediante las flechas 31 de la figura 8) a lo largo de la cinta cristalina 16 y hacia el crisol 14. La junta estanca al gas 50 impide sustancialmente que los gases se eleven a lo largo de la cinta cristalina 16 e impide sustancialmente que los gases que fluyen lateralmente entren en la parte superior del postcalentador 28.

10 Las figs. 9 a 10B muestran esquemáticamente otra forma de realización en las que se proporciona un sistema de gas en el exterior del alojamiento 12. Como se muestra, una junta estanca al gas 52 puede estar acoplada a la parte superior del alojamiento 12 alrededor del canal por el que pasa la cinta cristalina 16 al salir del alojamiento 12. La junta estanca al gas 52 incluye una o más aberturas 54 formadas en la junta estanca al gas 52. Aunque las figs. 9 y 10A muestran las aberturas 54 en un lado de la junta estanca al gas 52, las aberturas 54 pueden estar en uno o en ambos lados de la junta estanca al gas 52. El sistema de gas puede suministrar gas desde una fuente de gas externa (que no se muestra) a las aberturas 54. El gas entra a través de las aberturas 54 en dirección hacia la cinta cristalina 16. La junta estanca al gas 52 básicamente estrecha el canal por el que pasa la cinta cristalina 16 en la parte superior del alojamiento 12. Esto crea de manera eficaz una junta estanca entre la cinta cristalina 16 y la junta estanca al gas 52, de manera que los gases que entren a través de las aberturas 52 se dirijan sustancialmente en dirección descendente (que se muestra mediante las flechas 31 de las figuras 10A y 10B) a lo largo de la cinta cristalina 16 y hacia el crisol 14. La junta estanca al gas 52 impide sustancialmente que los gases se eleven a lo largo de la cinta cristalina 16 e impide sustancialmente que los gases que fluyen lateralmente entren en el alojamiento 12 desde su parte superior.

20 En esta forma de realización se pueden usar una o más pantallas para cintas 30 para mantener los flujos de gas a lo largo de la cinta cristalina 16 y hacia el crisol 14. Se puede usar un conjunto de pantallas para cintas 30 para cada cinta cristalina 16 que crezca en el sistema de crecimiento 10. La pantalla para cintas 30 está situada junto al canal del alojamiento 12 que permite el paso de la cinta cristalina. La pantalla para cintas 30 puede estar acoplada a la parte superior del alojamiento 12 (como se muestra en la fig. 10A) o fijada a la junta estanca al gas 52. La pantalla para cintas 30 puede proporcionarse a lo largo de la cinta cristalina 16 en el alojamiento 12, de manera que se impida que el gas fluya lateralmente hacia la cinta cristalina 16 a lo largo de la parte superior del postcalentador 28. Como se muestra en la fig. 10B, la pantalla para cintas 30 puede terminar en algún punto situado por encima del crisol 14, de manera que los gases que fluyen hacia abajo salgan por la parte inferior de la pantalla para cintas 30 y fluyan lateralmente hacia fuera en dirección a los lados del alojamiento 12 y al exterior del postcalentador 28.

30 Como se menciona anteriormente, la pantalla para cintas 30 puede estar acoplada a la base aislante 26 y/o el postcalentador 28. Por ejemplo, la fig. 11 muestra esquemáticamente una vista en sección parcial de un sistema de crecimiento de cinta cristalina 10 que posee pantallas para cintas 30 acopladas a la superficie interna del postcalentador 28. La fig. 12 muestra una vista en perspectiva de una parte del postcalentador 28 que se muestra en la fig. 11. La pantalla para cintas 30 puede ser una capa, recubrimiento o lámina o puede consistir en una pluralidad de láminas o placas 60 unidas al postcalentador 28 con uno o más refuerzos 62, como se muestra en la fig. 12. Las láminas 60 y los refuerzos pueden estar ubicados en el postcalentador 28 de tal manera que se controlen los gradientes de temperatura cerca de la cinta cristalina en crecimiento 16, reduciendo potencialmente los esfuerzos dentro de la cinta cristalina en crecimiento 16. Los refuerzos 62 pueden estar situados en ubicaciones específicas para controlar ciertas características y cualidades de las cintas cristalinas en crecimiento 16.

40 Por ejemplo, el crisol 14 puede contar con una pluralidad de orificios para los hilos (que no se muestran) para recibir un hilo 24. A medida que el hilo 24 pasa a través del crisol 14, el silicio fundido se solidifica en su superficie, formándose la cinta cristalina en crecimiento 16. Puede existir el inconveniente de que haya partes de la cinta cristalina en crecimiento 16 que, sin un mayor enfriamiento, sean más delgadas de lo que se pretendía (por ejemplo, formando «zonas de cuello» delgadas y frágiles). Por lo tanto, los refuerzos 62 pueden estar situados cerca de esas secciones de la cinta cristalina en crecimiento 16 para garantizar un enfriamiento correcto y, por tanto, el grosor deseado. Por consiguiente, los refuerzos 62 pueden estar formados a partir de un material que tenga diferentes propiedades de conductividad térmica (por ejemplo, mayores propiedades de conductividad) que las láminas 60. Por ejemplo, las láminas 60 pueden estar formadas a partir de carburo de silicio y los refuerzos 62 pueden estar formados a partir de grafito.

50 Tal como se muestra, los refuerzos 62 pueden adoptar la forma de bandas rectangulares, cada una con un ancho sustancialmente uniforme. Además, o como otra posibilidad, uno o más de los refuerzos 62 pueden tener diversos anchos. En otras formas de realización, uno o más de los refuerzos 62 pueden tener diferentes formas, tanto uniformes como variadas, por ejemplo, formas ovaladas o formas irregulares. Los refuerzos 62 pueden estar situados unos junto a otros con cada refuerzo 62 extendiéndose sustancialmente a lo largo del postcalentador 28 en dirección vertical, como se muestra en la fig. 12. Otra posibilidad consiste en que los refuerzos 62 incluyan secciones más cortas que estén alineadas verticalmente una encima de otra con muy poco espacio o sin espacio entre secciones, o una cantidad deseada de espacio entre secciones. El tamaño y la forma de los refuerzos 62 puede variar dependiendo del grosor deseado de las cintas cristalinas 16. No obstante, en general, el tamaño y la forma no deberían ser muy grandes, ya que la cinta cristalina 16 puede volverse muy gruesa en ciertas áreas, y/o sufrir tensiones o esfuerzos internos no deseados. De este modo, el tamaño y la forma de los refuerzos 62 se debería controlar con mucha atención para minimizar dichas tensiones o esfuerzos y para garantizar el grosor correcto de la cinta cristalina.

5 Por ejemplo, se puede considerar que dos orificios para hilos forman un plano que se extiende verticalmente hacia arriba a través del sistema 10, a lo largo de la dirección de crecimiento de la cinta cristalina. La cinta cristalina 16 crece generalmente en paralelo a este plano. Los refuerzos 62 pueden estar situados o alineados a lo largo del borde de este plano o de la cinta cristalina en crecimiento 16, o pueden estar situados en cualquier punto a lo largo de este plano que se extiende verticalmente, con lo que se reduce la temperatura en esa zona del sistema 10. La reducción de la temperatura en esa zona debería tener el efecto de incrementar el grosor de la cinta cristalina en el área correspondiente.

10 Aunque la fig. 11 muestra la pantalla para cintas 30 sobre la superficie interna del postcalentador 28, la pantalla para cintas 30 también puede estar incluida en otras superficies del postcalentador 28. Por ejemplo, como se muestra en la fig. 13, la pantalla para cintas 30 puede rodear sustancialmente al postcalentador 28.

15 La fig. 14 muestra esquemáticamente una vista en sección parcial de una parte inferior de un sistema de crecimiento de cinta cristalina 10 provisto de una pantalla para cintas 30 acoplada a la base aislante 26. Como se menciona anteriormente, la pantalla para cintas 30 puede estar acoplada a al menos una parte de la base aislante 26 situada entre la base aislante 26 y el crisol 14. La pantalla para cintas 30 puede estar acoplada a la base aislante 26 a cada lado del crisol 14 y puede terminar en algún punto situado por debajo de la parte superior del crisol en el que está contenido el material fundido 22.

20 La sección superior del crisol 14 también puede incluir uno o más deflectores 66 que se extiendan hasta la pantalla para cintas 30 a cada lado del crisol 14, como se muestra en la fig. 15. Los deflectores 66 pueden evitar que la contaminación procedente de la base aislante 26 se incorpore en la cinta cristalina en crecimiento 16 cerca del material fundido 22. Los deflectores 66 también pueden dirigir el flujo de gas hacia fuera entre el postcalentador 28 y la base aislante 26 en formas de realización que incluyen un sistema de gas en el postcalentador 28 y/o en el alojamiento 12.

25 También se pueden combinar varias formas de realización de la presente invención. Por ejemplo, el sistema de gas en la base aislante 26 se puede usar con un sistema de gas en el postcalentador 28 y/o un sistema de gas en el alojamiento 12. Asimismo, la pantalla para cintas 30 acoplada a la base aislante 26 y/o el postcalentador 28 se puede usar con uno o más sistemas de gas en la base aislante 26, en el postcalentador 28 y/o en el alojamiento 12. Por consiguiente, la explicación generalmente independiente de cada uno de estos aspectos de las diferentes formas de realización no tiene el objeto de limitar todas las formas de realización.

30 Aunque la anterior exposición desvela diversas formas de realización ejemplares de la invención, debe quedar claro que los expertos en la materia pueden realizar diversas modificaciones que lograrán algunas de las ventajas de la invención definidas en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para el crecimiento de una cinta cristalina (16), el procedimiento comprende:
proporcionar un crisol (14) que contiene material fundido (22);
hacer pasar un hilo a través del material fundido para que crezca la cinta cristalina; y
- 5 dirigir flujo de gas (31) alrededor de la cinta cristalina, de manera que el gas fluya hacia abajo a lo largo de la cinta cristalina, en dirección al crisol.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende:
proporcionar un postcalentador (28) situado por encima del crisol y contiguo a la cinta cristalina en al menos un
- 10 lado, con el postcalentador provisto de una pantalla (30) acoplada a al menos una parte del postcalentador y la pantalla situada entre la cinta cristalina y el postcalentador.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende:
proporcionar una base aislante (26) que rodee al crisol por al menos dos lados, y la base aislante posee una
- 15 pantalla (30) acoplada a al menos una parte de la base aislante, en la que la pantalla está situada entre la base aislante y el crisol.
4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que el crisol incluye al menos un deflector (32) que está en
5. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende:
proporcionar una base aislante que rodee al crisol por al menos dos lados, la base aislante posee al menos una
- 20 abertura bajo el crisol, en la que el gas fluye hacia abajo dejando atrás el crisol y atravesando la al menos una abertura.
6. El procedimiento de la reivindicación 5, que además comprende:
dirigir gas hacia la al menos una abertura desde una fuente de gas externa.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende:
proporcionar un postcalentador situado por encima del crisol y contiguo a la cinta cristalina en al menos dos
- 25 lados, con el postcalentador provisto de al menos una abertura; y
8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que el postcalentador posee una pantalla acoplada a al
- 30 menos una parte del postcalentador, con la pantalla situada entre la cinta cristalina y el postcalentador.
9. El procedimiento de la reivindicación 7, que además comprende:
proporcionar una junta estanca al gas acoplada al postcalentador y contigua a la cinta cristalina, en la que el
- 35 flujo de gas se encuentra sustancialmente alejado de la junta estanca al gas y en dirección al crisol.
10. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende:
proporcionar un alojamiento que rodee al crisol y una parte de la cinta cristalina; y
11. El procedimiento de la reivindicación 10, que además comprende:
proporcionar una pantalla acoplada a al menos una parte del alojamiento, en la que la pantalla es contigua a
- 40 una parte de la cinta cristalina.
12. Un sistema de crecimiento (10) de cinta cristalina (16) que comprende:
un crisol (14) para contener el material fundido (22);

una base aislante (26) que rodea al crisol por al menos dos lados;

al menos un deflector (32) acoplado a la base aislante;

con la base aislante provista de al menos una abertura (34) bajo el crisol; y

5 un sistema de gas (38) que proporciona gas desde una fuente de gas externa, en el que el flujo (31) de dicho gas es dirigido hacia abajo, deja atrás el al menos un deflector y el crisol, atravesando la al menos una abertura, de manera que gas fluya hacia abajo dejando atrás el crisol y atravesando la al menos una abertura.

13. El sistema de crecimiento de cinta cristalina de la reivindicación 12, en el que la base aislante posee una pantalla (30) acoplada a al menos una parte de la base aislante, en la que la pantalla está situada entre la base aislante y el crisol.

10 14. El sistema de crecimiento de cinta cristalina de la reivindicación 13, en el que la pantalla incluye grafito, carburo de silicio, cuarzo o una combinación de ellos.

15. El sistema de crecimiento de cinta cristalina de la reivindicación 12, 13 o 14, que además comprende:

15 un postcalentador (28) situado por encima de la base aislante y el crisol, con el postcalentador provisto de una superficie interna que permite el paso de una cinta cristalina entre dos partes del postcalentador, y una superficie externa opuesta a la superficie interna, en la que el al menos un deflector es contiguo a la superficie exterior del postcalentador.

16. El sistema de crecimiento de cinta cristalina de la reivindicación 15, dependiente de la reivindicación 13, en el que el postcalentador y la pantalla están configurados para permitir el paso de una cinta cristalina junto a la pantalla.

20 17. El sistema de crecimiento de cinta cristalina de acuerdo con la reivindicación 13 o una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, dependientes de la reivindicación 13, en el que la pantalla incluye una pluralidad de láminas acopladas al postcalentador con al menos un refuerzo.

18. El sistema de crecimiento de cinta cristalina de la reivindicación 17, en el que el crisol posee al menos dos orificios para hilos que definen un plano que se extiende verticalmente a lo largo de una dirección de crecimiento de la cinta cristalina, y el al menos un refuerzo está alineado con un borde del plano.

25 19. El sistema de crecimiento de cinta cristalina de la reivindicación 17 o 18, en el que el al menos un refuerzo está alineado cerca de un borde de la cinta cristalina.

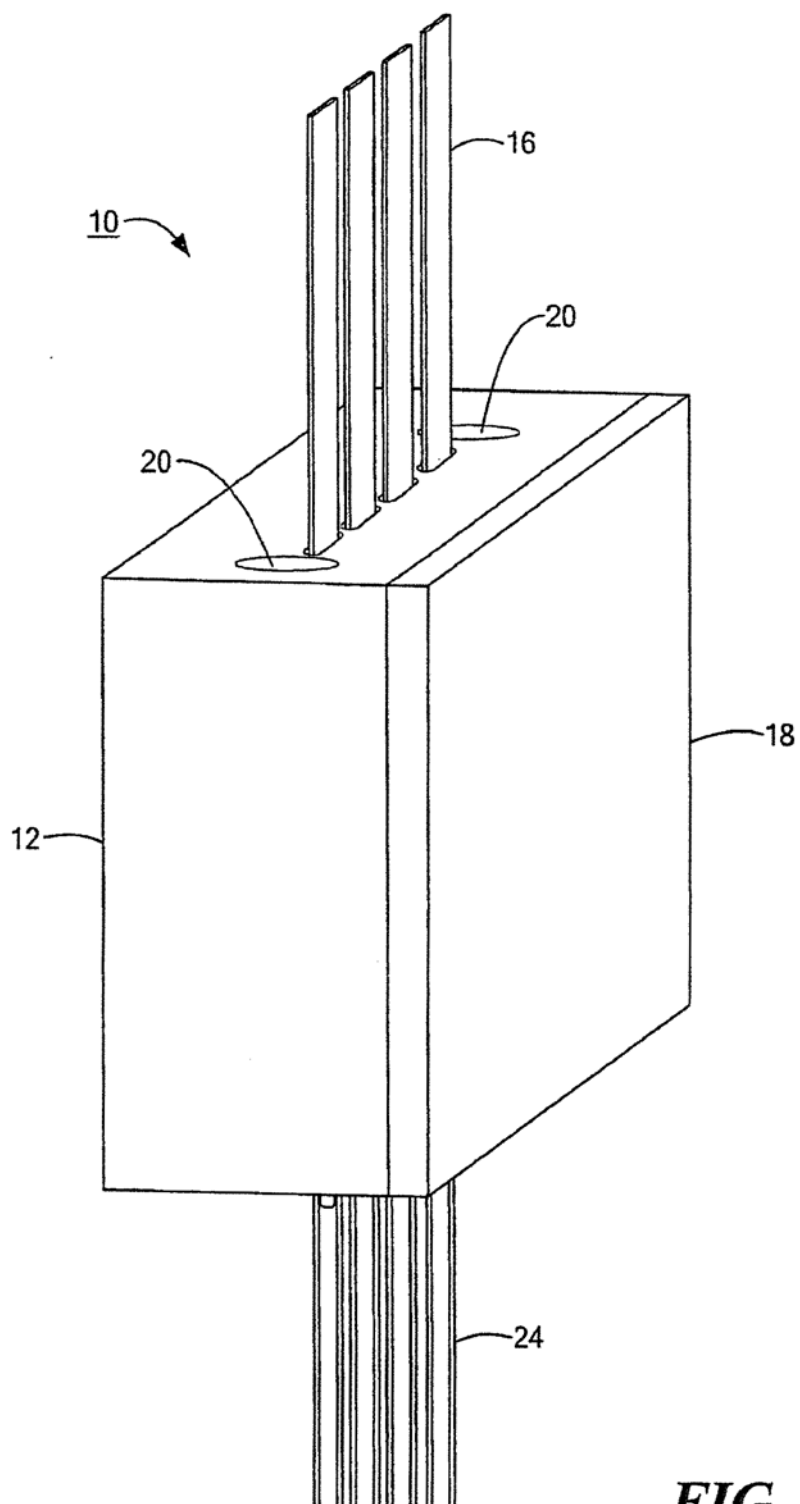


FIG. 1

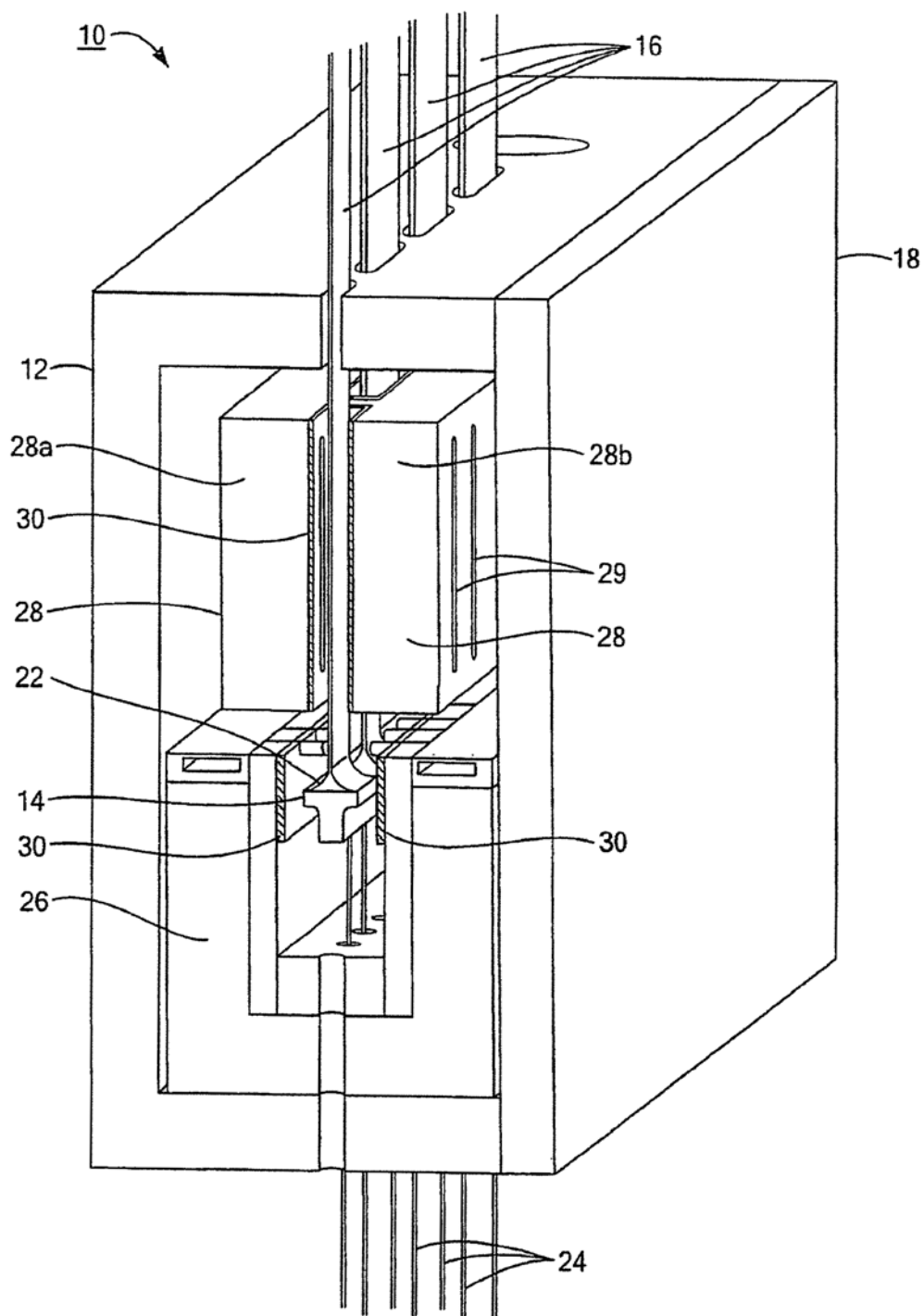


FIG. 2

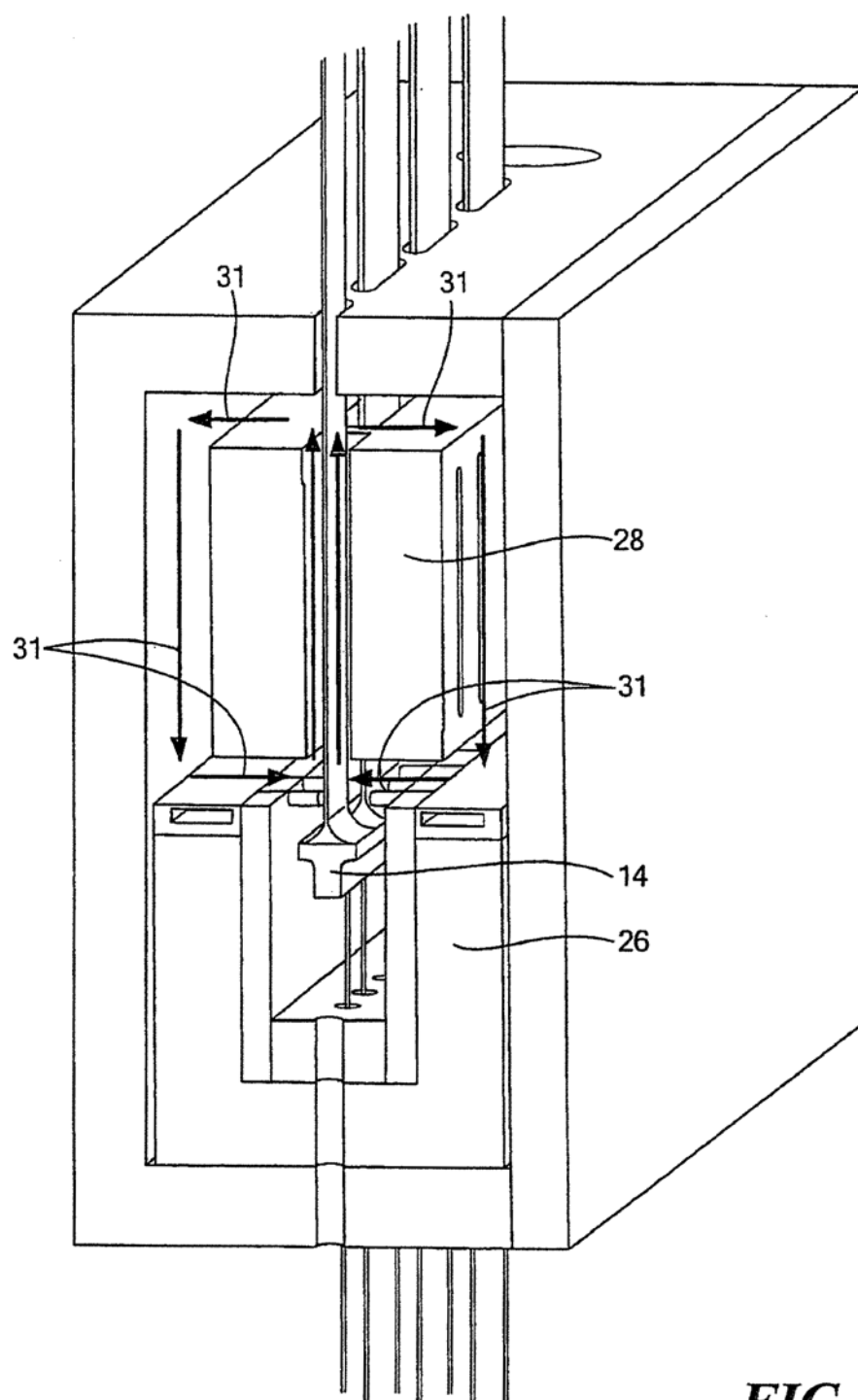


FIG. 3

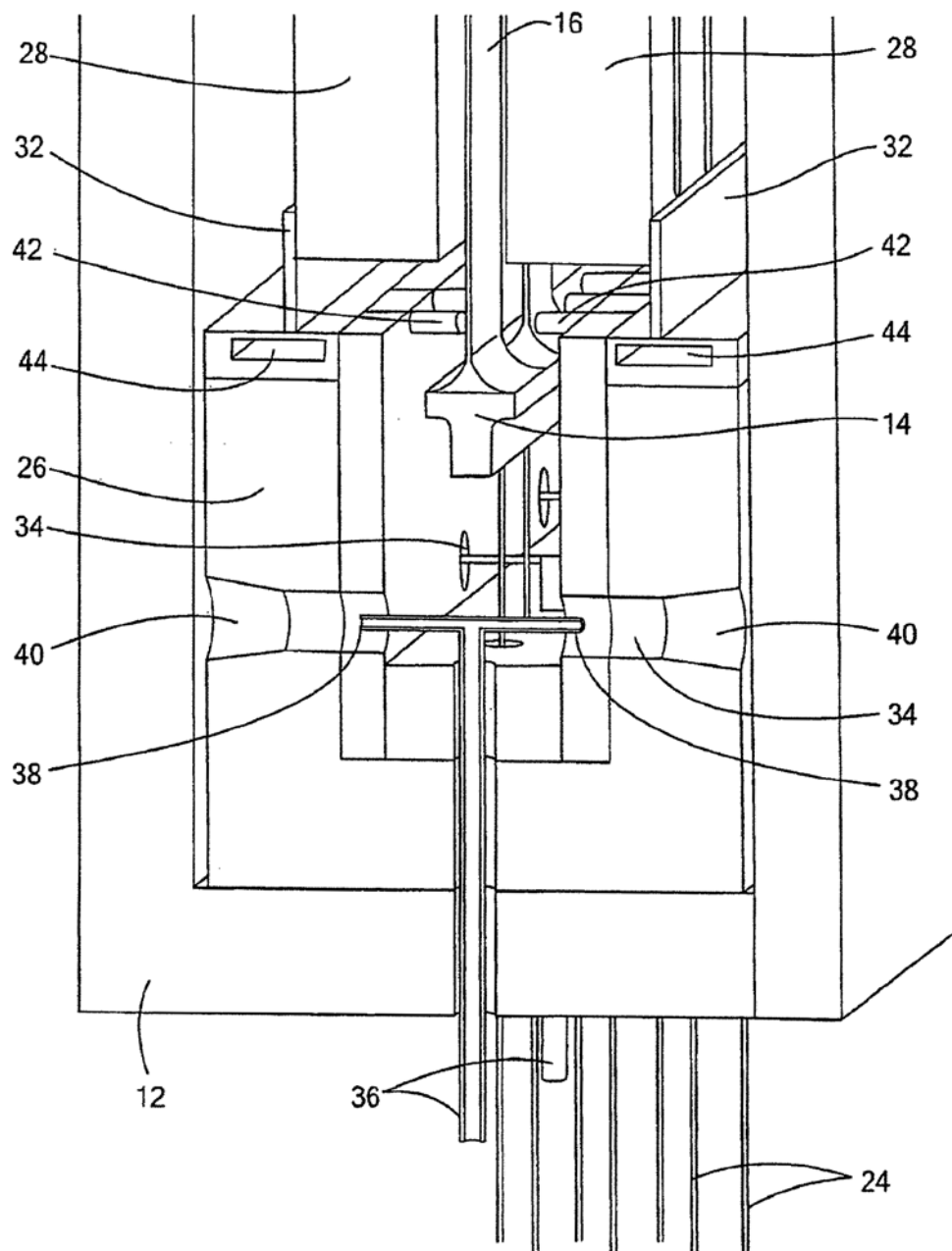


FIG. 4

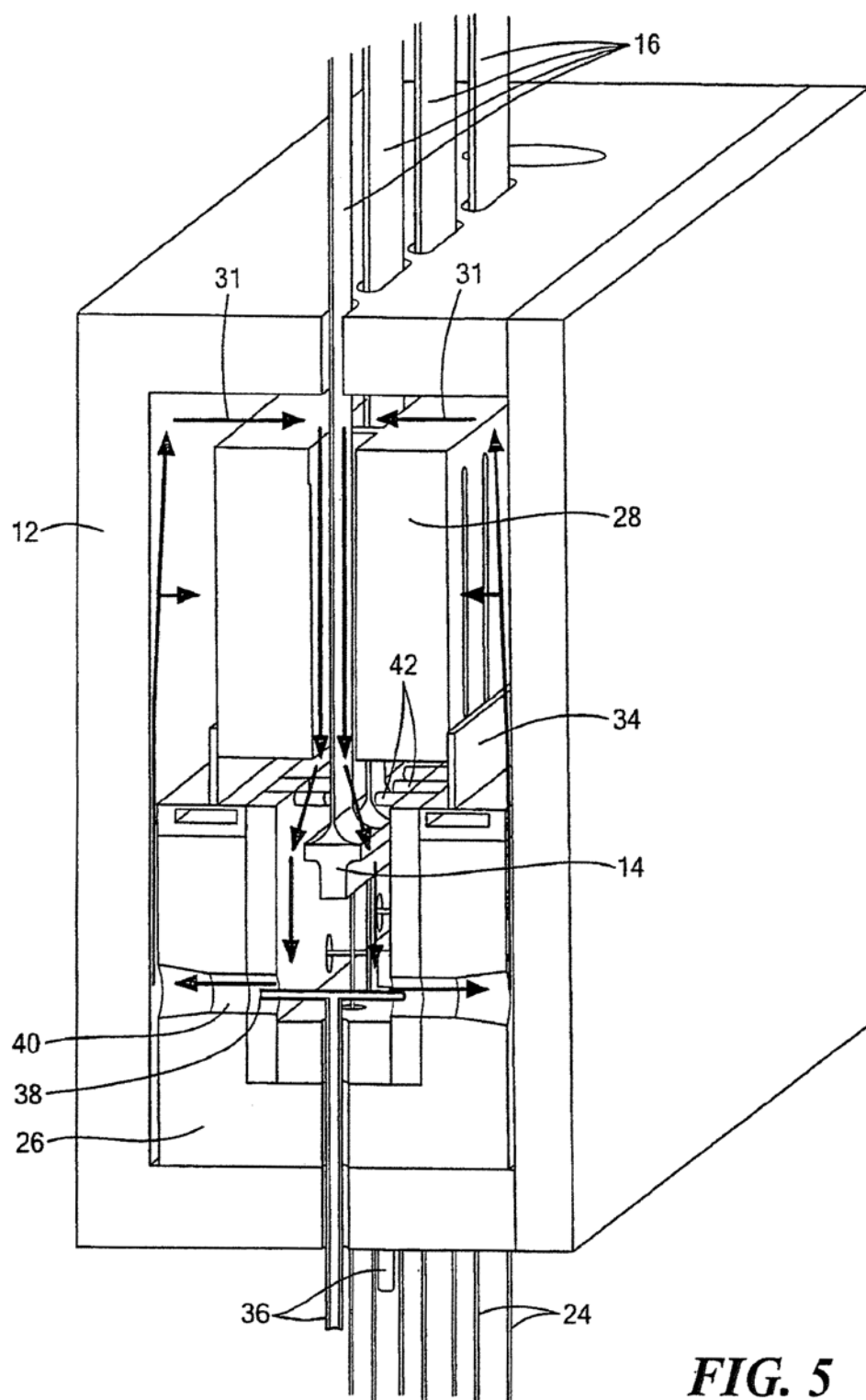


FIG. 5

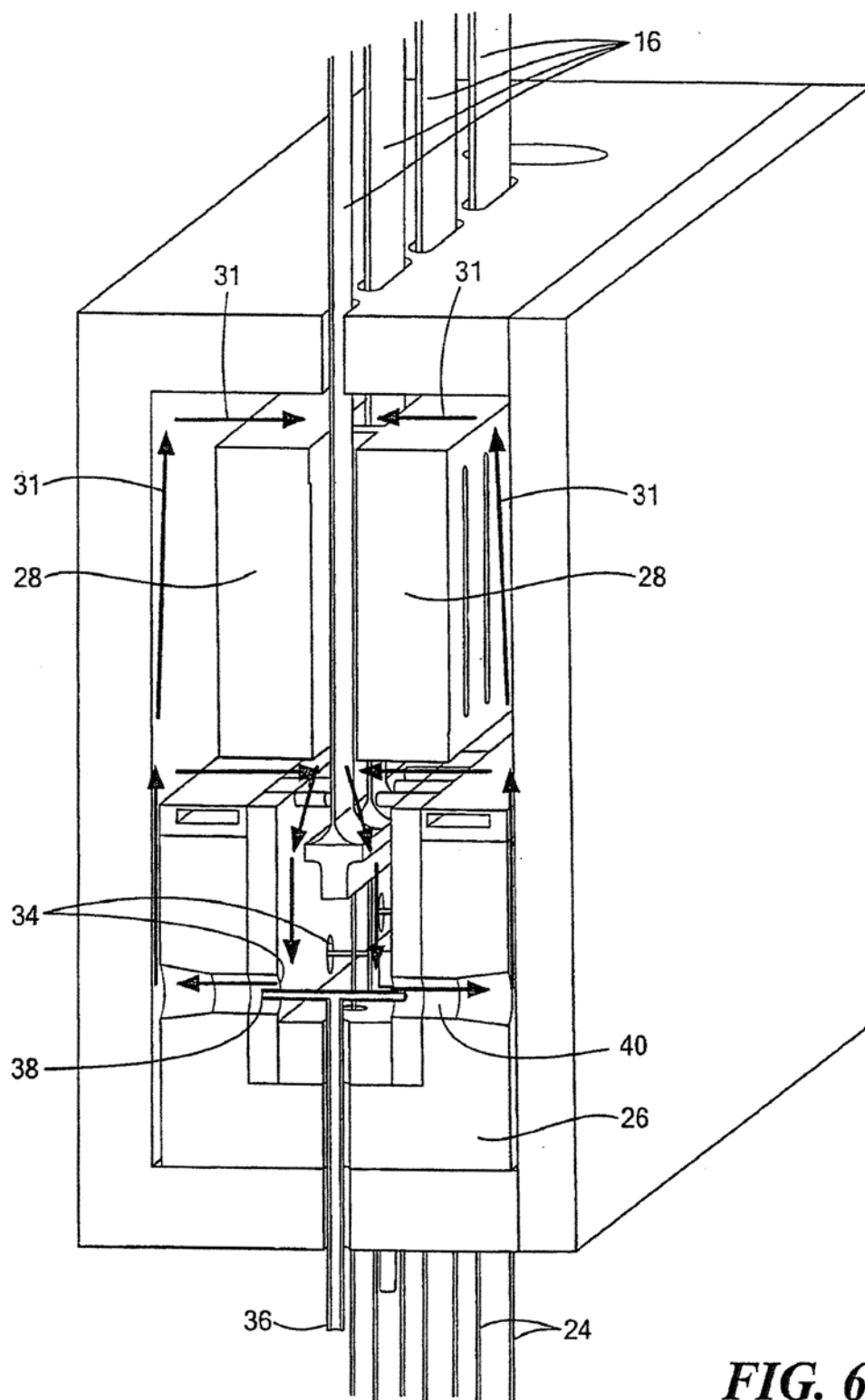


FIG. 6

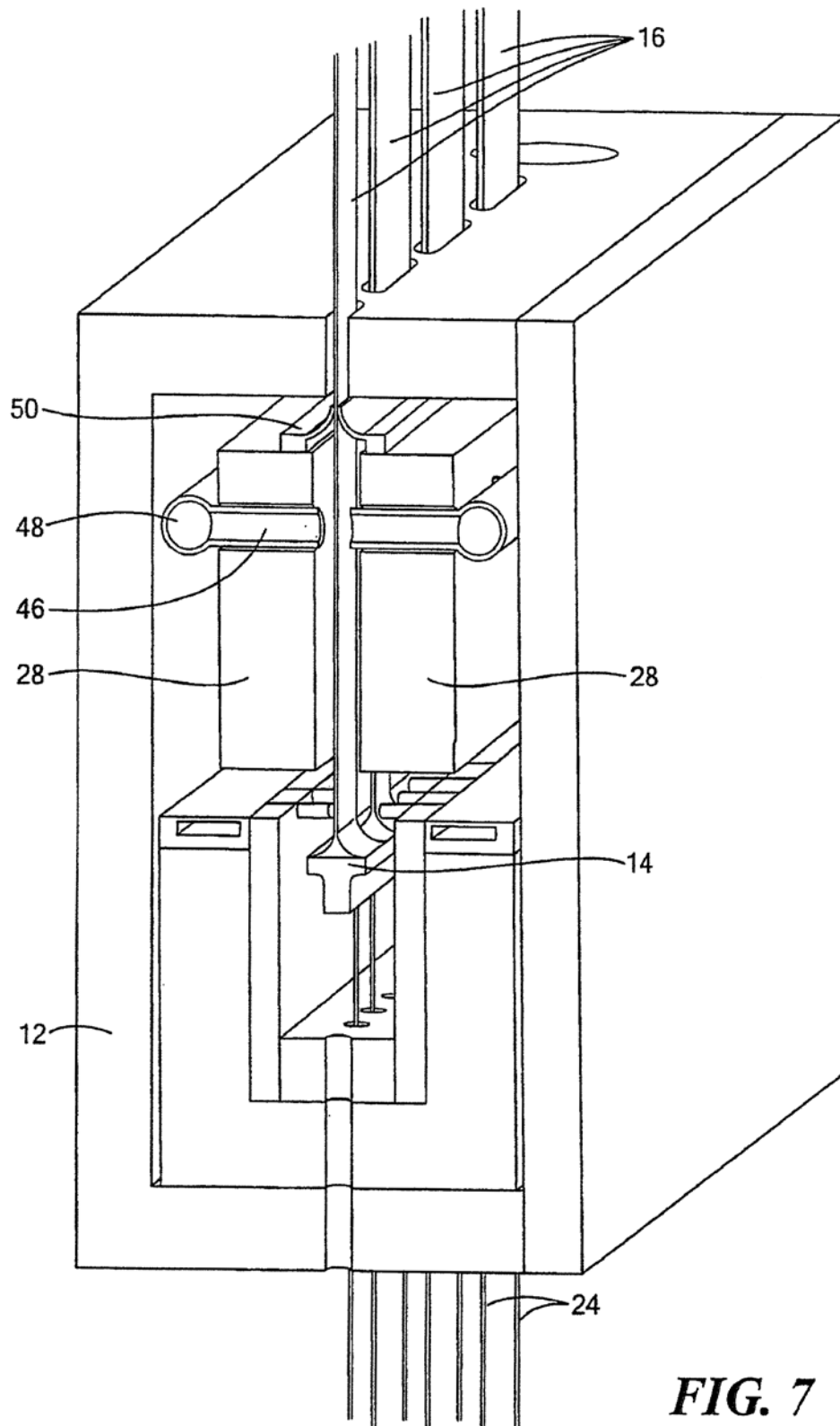


FIG. 7

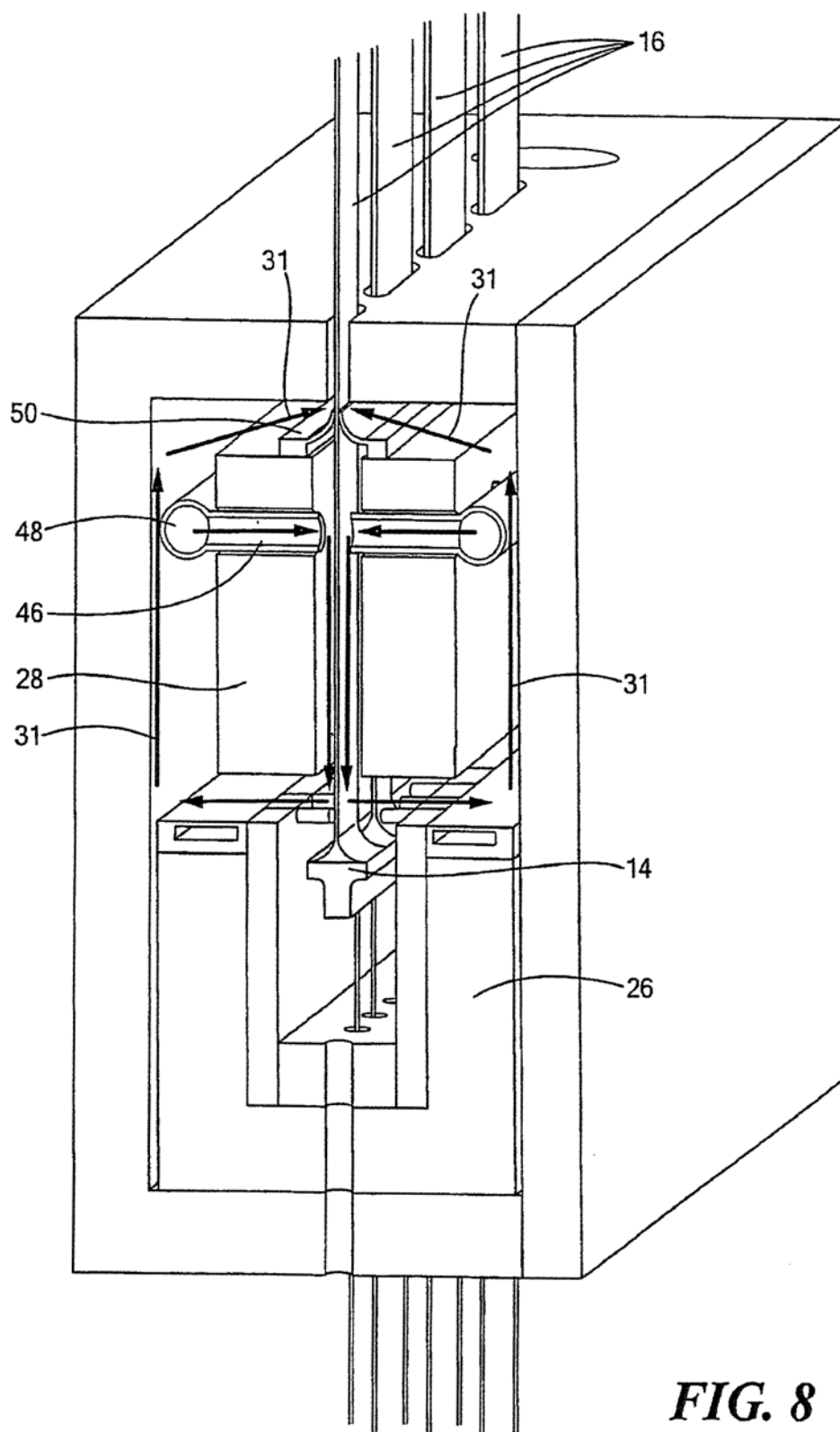
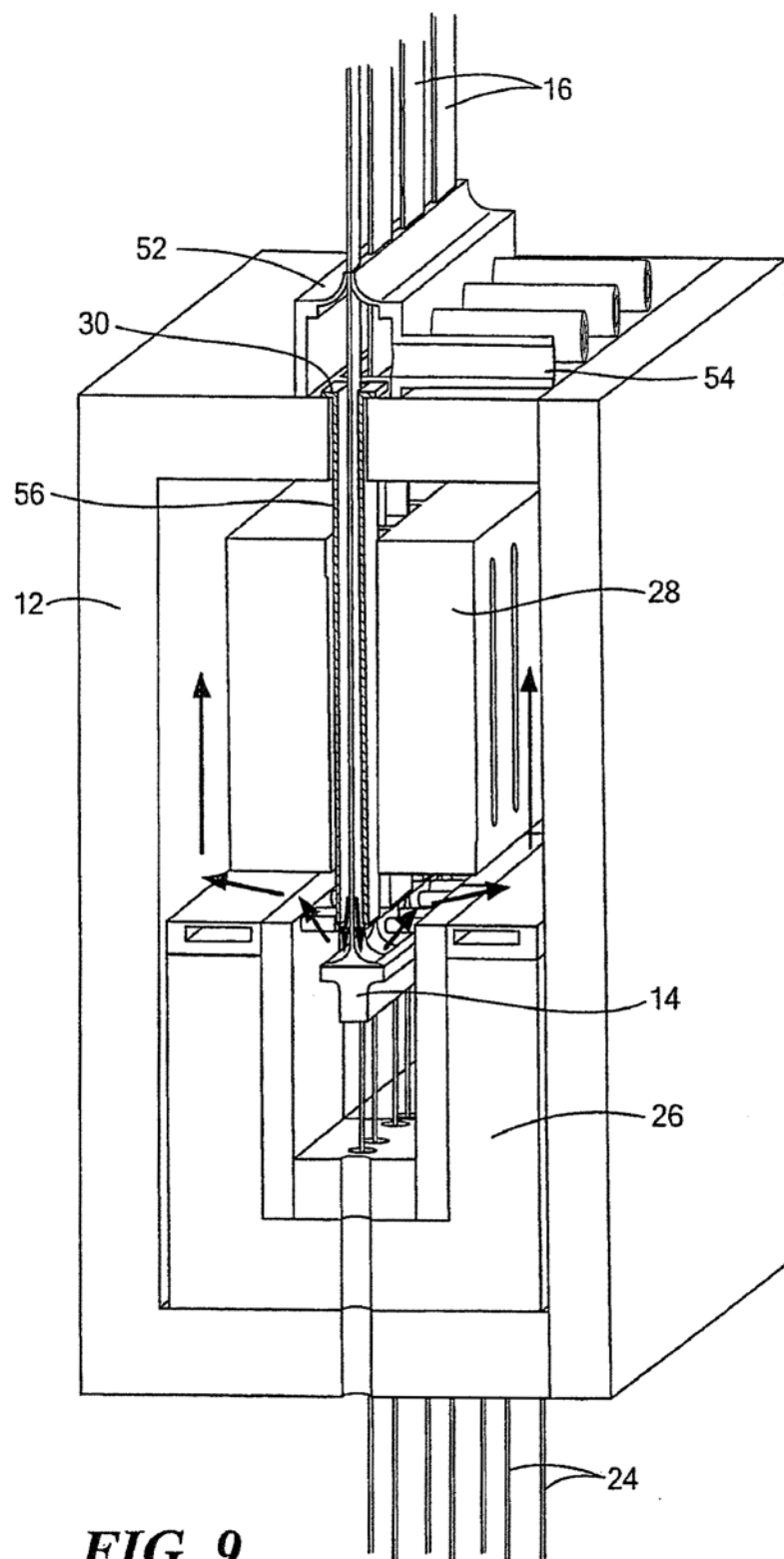


FIG. 8



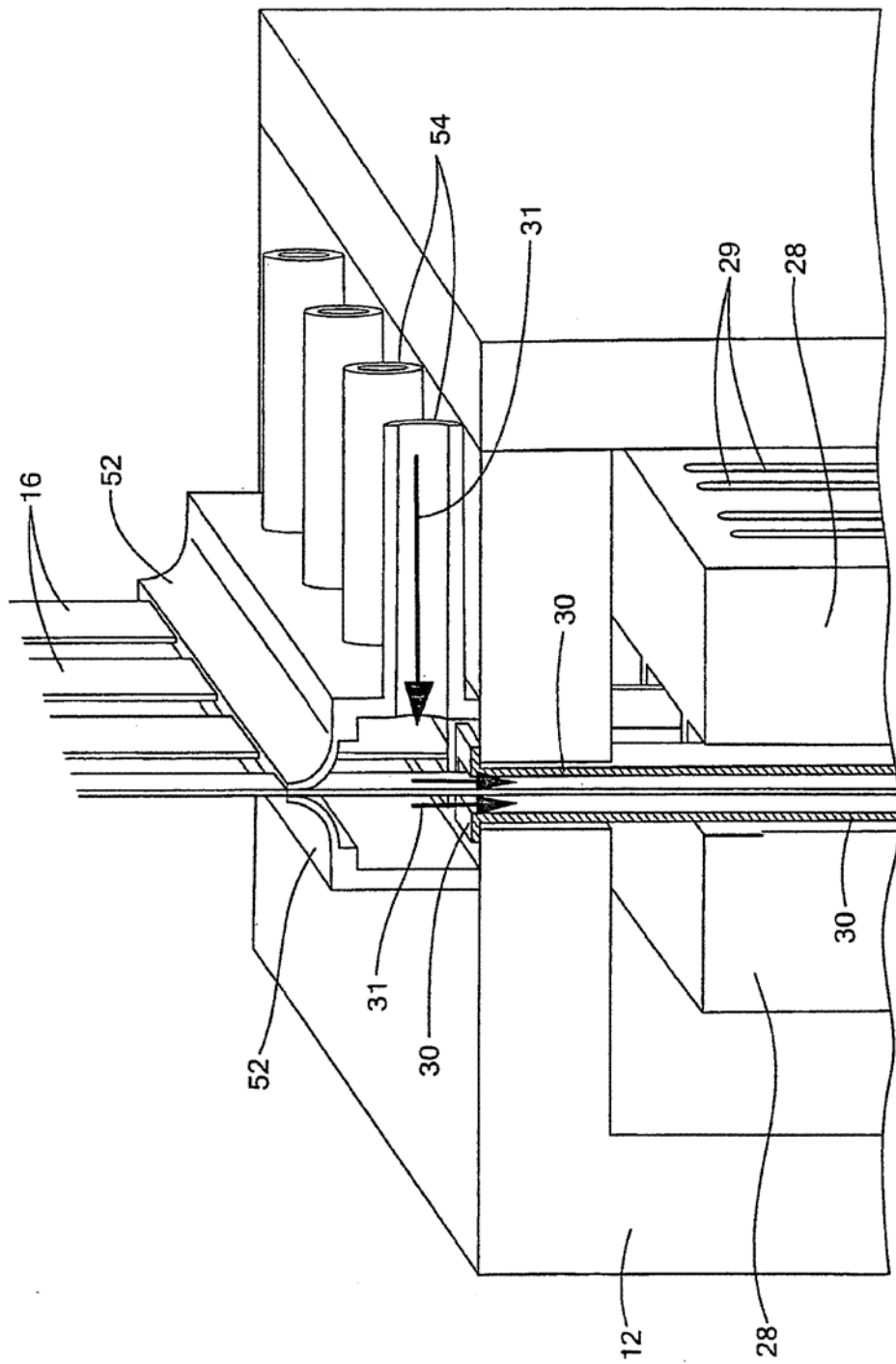
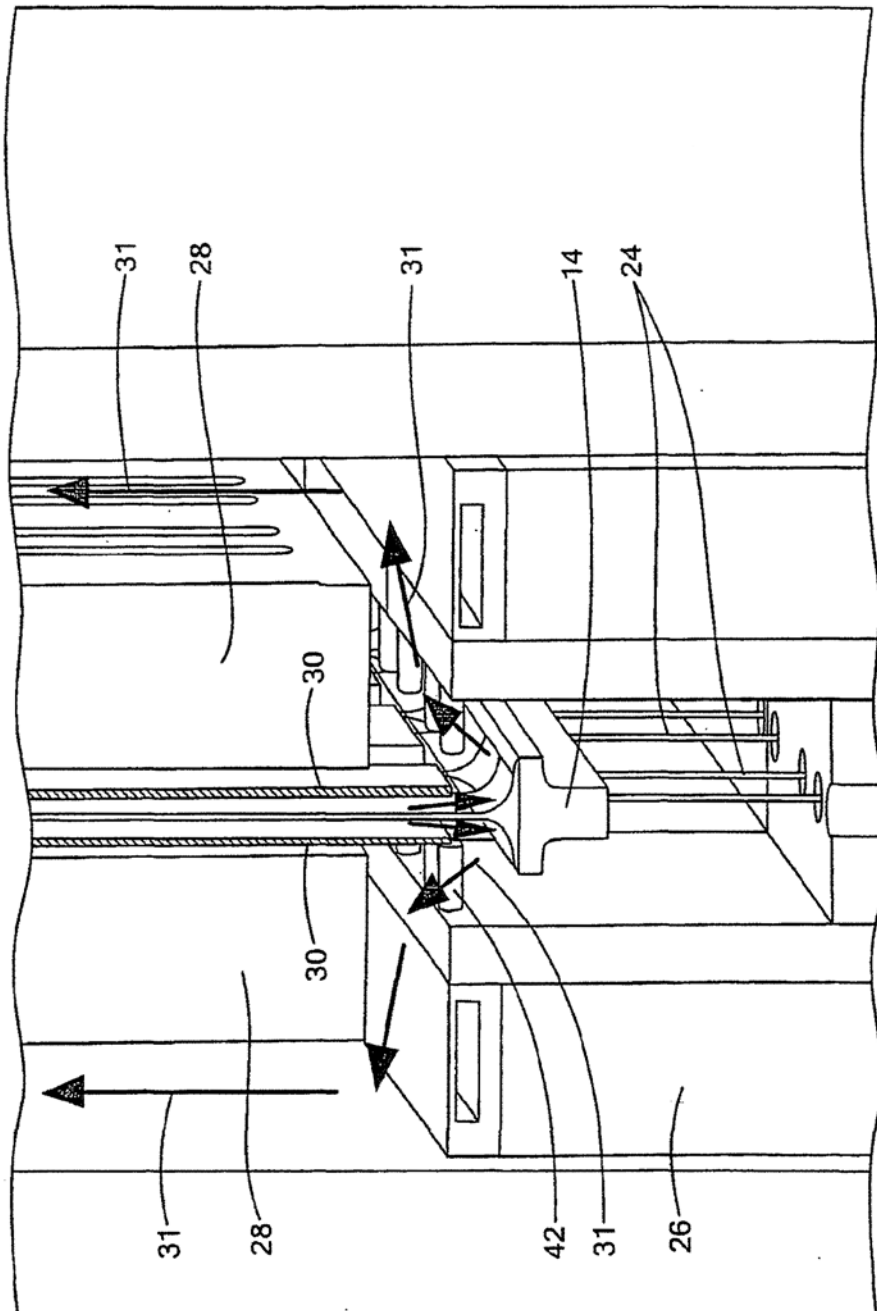


FIG. 10A



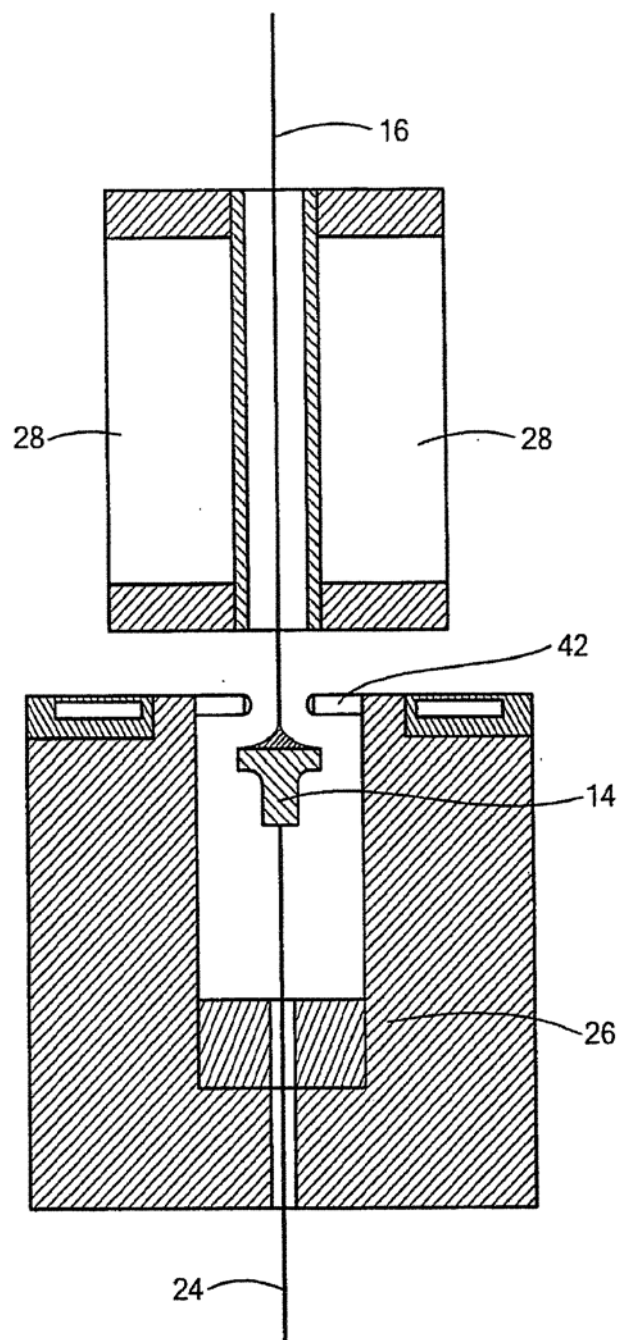


FIG. 11

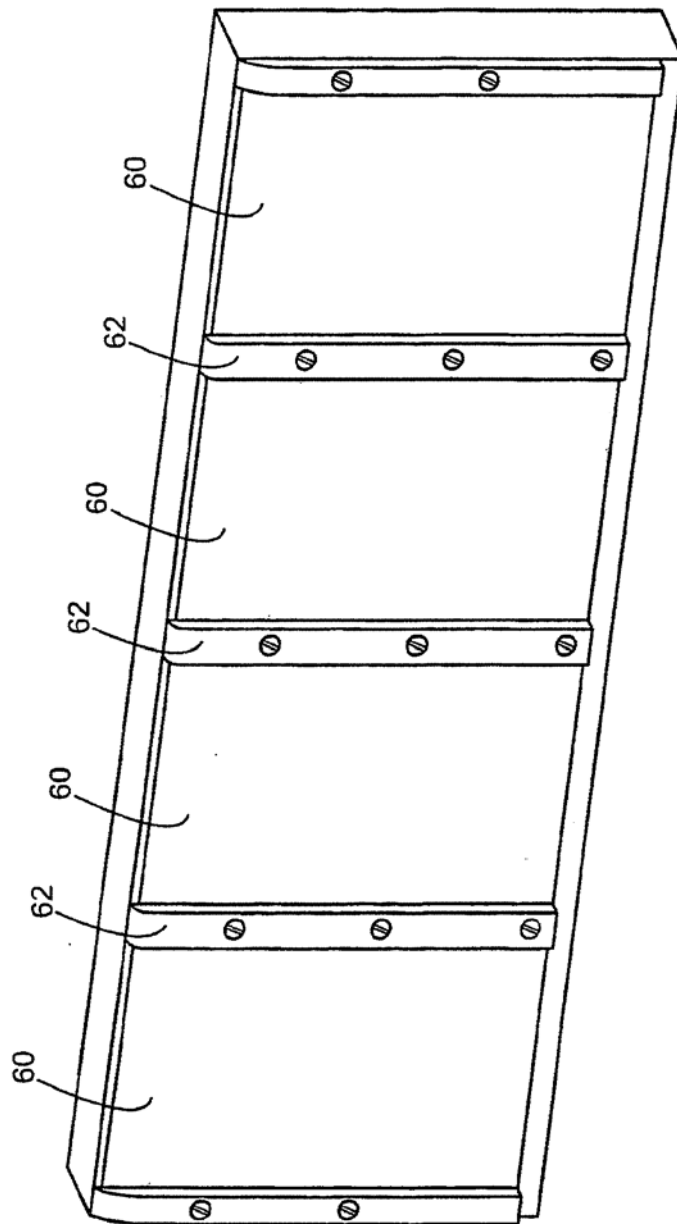


FIG. 12

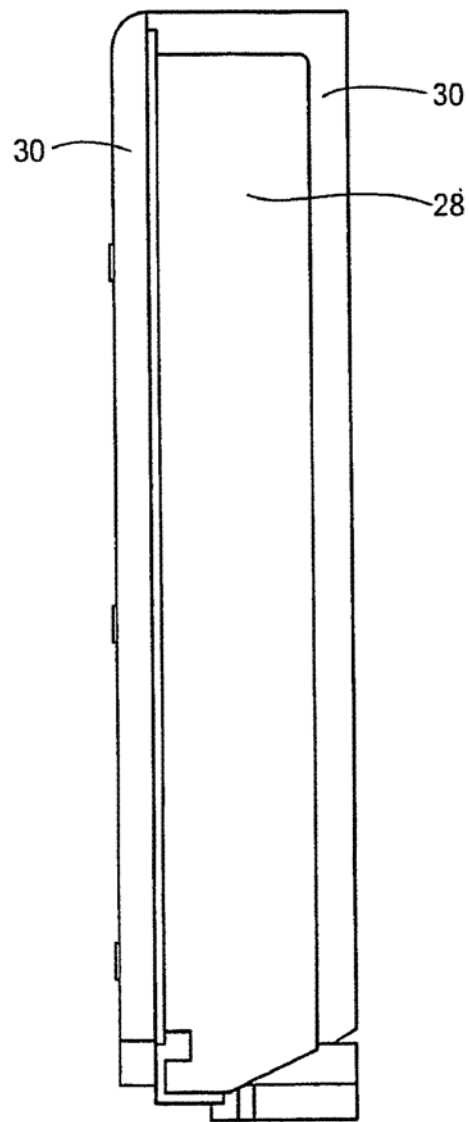


FIG. 13

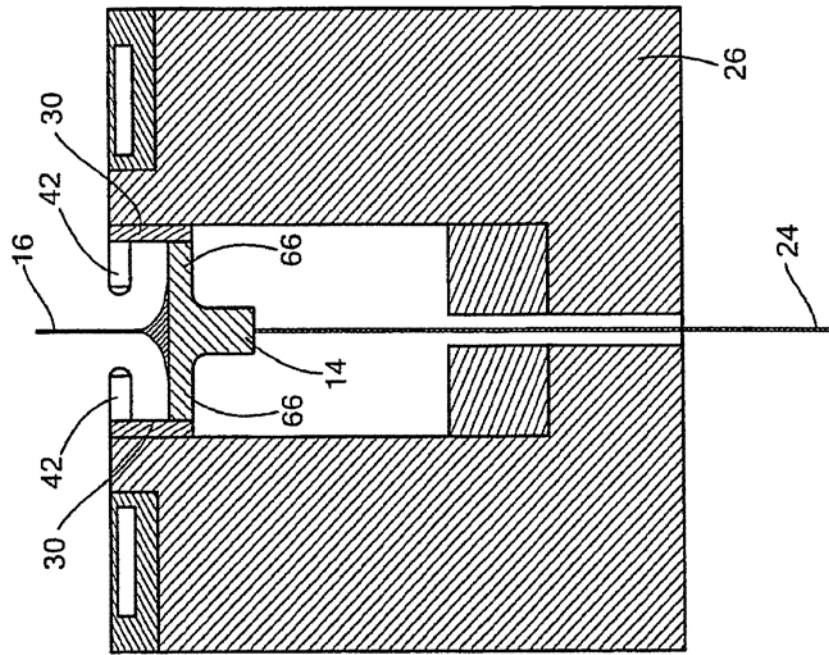


FIG. 15

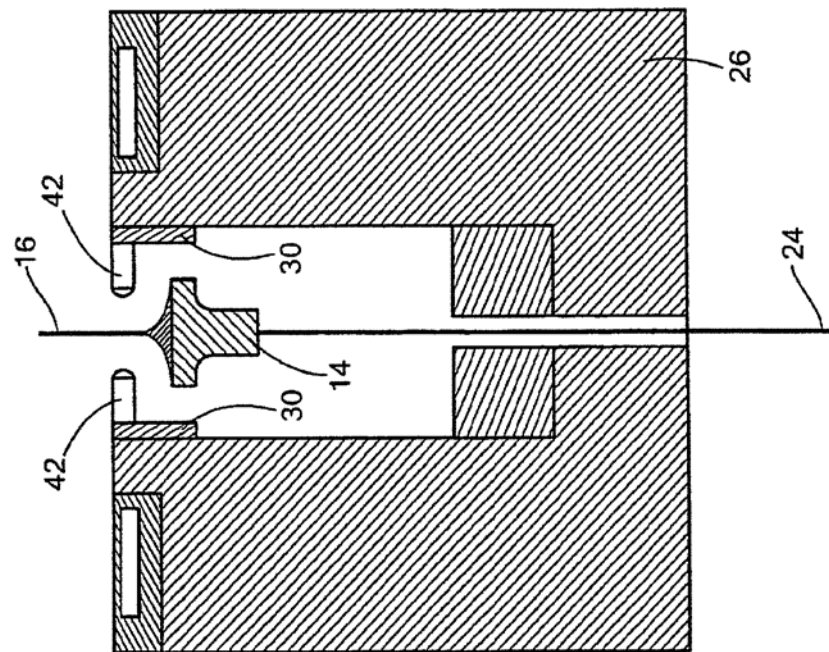


FIG. 14