

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 977 869**

51 Int. Cl.:

F02B 19/08 (2006.01)
F02B 19/18 (2006.01)
F02P 9/00 (2006.01)
F02B 19/10 (2006.01)
F02B 19/12 (2006.01)
F02P 13/00 (2006.01)
H01T 13/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.09.2012** **PCT/US2012/053568**
87 Fecha y número de publicación internacional: **07.03.2013** **WO13033668**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.09.2012** **E 12829007 (9)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2024** **EP 2751408**

54 Título: **Procedimiento y aparato para conseguir chorros de llama de alta potencia y reducir la extinción y autoencendido en bujías de precámara para motores de gas**

30 Prioridad:

03.09.2011 US 201161573290 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.09.2024

73 Titular/es:

PROMETHEUS APPLIED TECHNOLOGIES, LLC
(100.0%)
1613 Prospect Parkway, Suite 120
Fort Collins, CO 80525, US

72 Inventor/es:

TOZZI, LUIGI, P. y
SOTIROPOULOU, MARIA-EMMANUELLA

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 977 869 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 conseguir chorros de llama de alta potencia y reducir la extinción y autoencendido en bujías de precámara para motores de gas

Campo de la invención

La divulgación se refiere generalmente a relaciones de aspecto de geometría de precámara y patrones de orificios que se pueden ajustar en relación con una geometría de espacio de chispa para lograr un flujo rotacional de corrientes de llenado de combustible y aire dentro del volumen de precámara de una bujía de precámara para proporcionar un flujo radial y un flujo axial, y más particularmente a un flujo axial que exhibe una primera dirección axial próxima a la periferia del flujo rotacional y una segunda dirección axial contraria cercana al centro del flujo rotacional, que puede exhibir una estratificación de la relación aire-combustible tanto radial como axial para permitir características particulares de rendimiento de combustión.

Antecedentes de la invención

Las bujías de precámara convencionales para motores de gas pueden tener como objetivo simplemente lograr la combustión en una precámara sin tener en cuenta la distribución del combustible, la uniformidad de los campos de flujo y la mezcla de gases residuales dentro de la precámara de la bujía. Esto puede dar como resultado un retraso indeseable en la ignición, una mayor propensión a la extinción de llama y autoencendido; además, los chorros de llama que emergen pueden ser débiles, lo que da como resultado un rendimiento deficiente de la combustión de la mezcla de combustible y aire en la cámara de combustión principal del motor de gas.

Los motores que funcionan con combustibles gaseosos, tales como gas natural, pueden recibir una mezcla de combustible pobre que tenga una relación relativamente alta de oxidante a combustible. Se pueden utilizar bujías de precámara convencionales para mejorar los límites de inflamabilidad pobre en motores de combustión pobre. Como ejemplo, la patente de Estados Unidos número 7.922.551 describe una bujía de precámara que reduce la erosión del electrodo distribuyendo la energía de descarga sobre una superficie más amplia mediante un efecto de remolino creado por orificios periféricos en una tapa de extremo.

Sin embargo, en general, quedan una serie de desventajas sin resolver con el uso de bujías de precámara convencionales en motores de combustión pobre y específicamente como se describe en el documento US 7.922.551, como sigue. En primer lugar, las bujías de precámara convencionales pueden tener cámaras de precombustión que no concentran adecuadamente el combustible en la región del espacio de chispa de la bujía. En tales casos, las fuerzas del campo de flujo dentro de la región de espacio de chispa, pueden ser caóticas, dando como resultado zonas con campos de flujo muy bajos o campos de flujo muy altos. Esto puede dar como resultado un retraso de ignición muy corto ya que el núcleo de la llama crece muy rápidamente debido a las fuerzas del campo de flujo alto o puede resultar en un enfriamiento del núcleo de la llama ya que no hay fuerzas del campo de flujo para alejar el núcleo de la llama de las superficies de enfriamiento. En segundo lugar, las bujías de precámara convencionales pueden promover el desarrollo de núcleos de llama cerca de las superficies de extinción de llama o promover el crecimiento de la llama hacia las superficies de extinción de llama. En tercer lugar, la configuración de la precámara puede no mezclar corrientes de relleno con gases residuales para reducir suficientemente la temperatura dentro de la precámara o la superficie interna de la precámara, lo que puede dar como resultado la autoignición de la mezcla de combustible-oxidante. En cuarto lugar, la configuración de la precámara puede no dar como resultado velocidades de combustión suficientemente rápidas con mezclas de combustible pobres, lo que resulta en el despliegue de chorros de llama en la cámara de combustión principal, que en comparación con velocidades de combustión más rápidas tienen un menor momento.

Es necesario subsanar las deficiencias anteriores del estado de la técnica.

El documento WO 2006/011950 A2 se refiere a un aparato para maximizar la vida útil de las bujías en precámaras que funcionan con mezclas ultrapobres. La erosión del electrodo de acuerdo con esta divulgación se reduce distribuyendo la energía de descarga sobre un área de superficie más amplia, manteniendo la concentración de combustible en el espacio de chispa, controlando la presión estática del gas durante la descarga y manteniendo una temperatura segura del electrodo. La energía se propaga a través de un efecto de remolino creado por los orificios periféricos en una tapa de extremo, lo que resulta en una descarga de energía específica más baja en los electrodos. Los electrodos configurados de manera divergente reducen el voltaje de la chispa a altas presiones de operación y la energía requerida para el encendido. El campo de flujo generado en los electrodos evita cortocircuitos eléctricos debido a la condensación de agua y evita fallos de encendido. El aislamiento del electrodo central proporciona una ruta de transferencia de calor para evitar el sobrecalentamiento y la preignición del electrodo. El volumen detrás de los electrodos proporciona un volumen para los productos quemados de ciclos de combustión anteriores y conduce a un encendido fiable.

El documento US 7,243,634 B2 se refiere a un motor de combustión interna con uno o más miembros de motor, en donde cada miembro de motor incluye una cámara de combustión de una mezcla combustible con componentes combustibles y oxidantes, un sistema de encendido de la mezcla combustible mediante un encendedor, dispositivos de paso secuencial para los componentes combustibles y oxidantes y para los productos de combustión. El motor es del tipo sobrealimentado por la presión de sobrealimentación de los componentes oxidantes aguas arriba del miembro de motor. El sistema de encendido incluye un cabezal cerrado sustancialmente esférico que encierra el encendedor en una cámara de precombustión. El cabezal incluye un conjunto de orificios destinados a comunicar la cámara de combustión y la cámara de precombustión para que la mezcla combustible pueda fluir hacia la cámara de precombustión.

Resumen de la invención

En ciertas realizaciones, se describe una cámara de precombustión que incluye: una precámara que incluye una superficie externa y una superficie interna que encierra un volumen de precámara; uno o más orificios que se comunican entre la superficie externa y la superficie interna para introducir una mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara, incluyendo cada uno de los orificios un eje de orificio que define un desplazamiento rotacional para crear un patrón de flujo espiral de la mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara; un electrodo primario dispuesto dentro del volumen de precámara; uno o más electrodos de tierra dispuestos dentro del volumen de precámara y desplazado del electrodo primario para formar uno o más espacios de electrodo. El patrón de flujo espiral de la mezcla de combustible y aire puede incluir un centro y una periferia y puede incluir una velocidad mayor cerca de la periferia que cerca del centro. El patrón de flujo espiral puede incluir un centro y una periferia y puede incluir una velocidad mayor cerca del centro que cerca de la periferia. El eje de orificio puede definir además un ángulo de penetración para crear un patrón de flujo axial de la mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara. El patrón de flujo axial puede incluir un campo de flujo de velocidad sustancialmente uniforme que actúa sustancialmente en una dirección axial cerca de los electrodos para provocar que un núcleo de llama se desarrolle sustancialmente en una dirección hacia delante hacia uno o más de los uno o más orificios. El patrón de flujo axial puede incluir un primer patrón de flujo axial próximo a la periferia de la precámara y un segundo patrón de flujo axial próximo al centro de la precámara. El segundo patrón de flujo axial puede ser sustancialmente contrario al primer patrón de flujo axial. El desplazamiento rotacional de cada uno de los uno o más orificios puede estar entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm. El eje de orificio puede definir además un ángulo de penetración para crear un flujo hacia delante de la mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara. El ángulo de penetración de cada uno de los uno o más orificios puede estar entre aproximadamente 10 grados y aproximadamente 75 grados. El uno o más orificios pueden incluir uno o más orificios interiores y uno o más orificios exteriores. El uno o más orificios interiores pueden estar situados más cerca de un eje longitudinal central de la precámara que el uno o más orificios exteriores. Un desplazamiento rotacional de cada uno de los uno o más orificios interiores puede estar entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm. Un desplazamiento rotacional de cada uno de los uno o más orificios exteriores puede estar entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm. El eje de orificio puede definir además un ángulo de penetración para crear un flujo hacia adelante de la mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara. Un ángulo de penetración de cada uno de los uno o más orificios interiores puede estar entre aproximadamente 10 grados y aproximadamente 75 grados. Un ángulo de penetración de cada uno de los uno o más orificios exteriores puede estar entre aproximadamente 0 grados y aproximadamente 90 grados. Un radio del patrón de cada uno de los uno o más orificios interiores puede estar entre aproximadamente 2 mm y aproximadamente 10 mm. Un radio del patrón de cada uno de los uno o más orificios exteriores puede estar entre aproximadamente 3 mm y aproximadamente 5 mm. El volumen de precámara puede incluir una porción superior por encima de una superficie superior del electrodo primario y una porción inferior por debajo de la superficie superior del electrodo primario. La porción inferior puede configurarse para permitir la mezcla y el enfriamiento de gases residuales para evitar la autoignición antes de la introducción de una chispa. La porción inferior puede tener un volumen de aproximadamente 250 mm³ a aproximadamente 3000 mm³. La porción inferior puede tener una relación de aspecto de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 3. La porción superior puede configurarse para permitir la retención de una mezcla de combustible y aire inflamable suficiente para generar uno o más chorros de llama a partir de uno o más de uno o más orificios tras la introducción de una chispa. La porción superior puede tener un volumen de aproximadamente 250 mm³ a aproximadamente 3000 mm³. La porción superior puede tener una relación de aspecto de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 3. La porción superior puede tener una relación de aspecto mayor que 1 y la porción inferior puede tener una relación de aspecto de aproximadamente 1. La porción superior puede tener una relación de aspecto que oscila entre aproximadamente 1 y 3, y la porción inferior puede tener una relación de aspecto de aproximadamente 1. El uno o más electrodos de tierra pueden estar desplazados radialmente del electrodo primario. El uno o más electrodos de tierra pueden estar desplazados axialmente del electrodo primario. La concentración de combustible próxima a la periferia del volumen de precámara puede ser mayor que la concentración promedio de combustible en la mezcla de combustible y aire. La concentración de combustible puede ser mayor cerca del uno o más orificios que la concentración promedio de combustible en la mezcla de combustible y aire. La concentración de combustible cerca del uno o más espacios de electrodo puede ser menor que la concentración promedio de combustible en la mezcla de combustible y aire para aumentar el retraso del encendido.

En ciertas realizaciones, se divulga un procedimiento para generar chorros de llama de alto momento, que incluye: proporcionar una precámara que incluye: una superficie externa y una superficie interna que encierra un volumen de precámara; uno o más orificios que se comunican entre la superficie externa y la superficie interna para introducir una mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara, incluyendo cada uno de los uno o más orificios un eje de orificio que define un desplazamiento rotacional para crear un patrón de flujo espiral de la mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara; un electrodo primario dispuesto dentro del volumen de precámara; uno o más electrodos de tierra dispuestos dentro del volumen de precámara y desplazados del electrodo primario para formar uno o más espacios de electrodo; introducir una o más corrientes de llenado de combustible y aire al volumen de precámara a través de uno o más orificios, donde la una o más corrientes de llenado de combustible y aire crean un patrón de flujo espiral alrededor de un eje longitudinal central de la precámara; e introducir una chispa a través de al menos uno de uno o más espacios entre electrodos para encender la mezcla de combustible y aire. El patrón de flujo espiral puede incluir un centro y una periferia y puede incluir una velocidad mayor cerca de la periferia que cerca del centro. El patrón de flujo espiral puede incluir un centro y una periferia y puede incluir una velocidad mayor cerca del centro que cerca de la periferia. La una o más corrientes de llenado de combustible y aire crean un patrón de flujo axial en la precámara. El patrón de flujo axial puede incluir un campo de flujo de velocidad sustancialmente uniforme que actúa sustancialmente en una dirección axial cerca de los electrodos para provocar que un núcleo de llama se desarrolle sustancialmente en una dirección hacia delante hacia uno o más de uno o más orificios. El patrón de flujo axial puede incluir un primer patrón de flujo axial próximo a la periferia de la precámara y un segundo patrón de flujo axial próximo al centro de la precámara. El segundo patrón de flujo axial puede ser sustancialmente contrario al primer patrón de flujo axial. El desplazamiento rotacional de cada uno del uno o más orificios puede estar entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm. El eje de orificio puede definir además un ángulo de penetración para crear un flujo hacia delante de la mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara. El ángulo de penetración de cada uno del uno o más orificios puede estar entre aproximadamente 10 grados y aproximadamente 75 grados. El uno o más orificios pueden incluir uno o más orificios interiores y uno o más orificios exteriores. El uno o más orificios interiores pueden estar situados más cerca del eje longitudinal central de la precámara que el uno o más orificios exteriores. Un desplazamiento rotacional de cada uno del uno o más orificios interiores puede estar entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm. Un desplazamiento rotacional de cada uno del uno o más orificios exteriores puede estar entre aproximadamente 0 mm y aproximadamente 10 mm. El eje de orificio puede definir además un ángulo de penetración para crear un flujo hacia delante de la mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara. Un ángulo de penetración de cada uno del uno o más orificios interiores puede estar entre aproximadamente 10 grados y aproximadamente 75 grados. Un ángulo de penetración de cada uno del uno o más orificios exteriores puede estar entre aproximadamente 0 grados y aproximadamente 90 grados. Un radio de patrón de cada uno del uno o más orificios interiores puede estar entre aproximadamente 2 mm y aproximadamente 10 mm. Un radio de patrón de cada uno del uno o más orificios exteriores puede estar entre aproximadamente 3 mm y aproximadamente 5 mm. El volumen de precámara puede incluir una porción superior por encima de una superficie superior del electrodo primario y una porción inferior por debajo de la superficie superior del electrodo primario. La porción inferior puede configurarse para permitir la mezcla y el enfriamiento de gases residuales para evitar la autoignición antes de la introducción de la chispa. La porción inferior puede tener un volumen de aproximadamente 250 mm³ a aproximadamente 3000 mm³. La porción superior puede configurarse para permitir la retención de una mezcla de combustible y aire inflamable suficiente para generar uno o más chorros de llama fuera de uno o más de los orificios tras la introducción de la chispa. La porción superior puede tener un volumen desde aproximadamente 250 mm³ hasta aproximadamente 3000 mm³. La porción superior puede tener una relación de aspecto que oscila entre aproximadamente 1 y 3, y la porción inferior puede tener una relación de aspecto de aproximadamente 1. La porción superior puede tener una relación de aspecto que oscila entre aproximadamente 1 y 3, y la porción inferior puede tener una relación de aspecto de aproximadamente 1. Uno o más electrodos de tierra pueden estar desplazados radialmente del electrodo primario. El uno o más electrodos de tierra pueden estar desplazados axialmente del electrodo primario. La concentración de combustible próxima a la periferia del volumen de precámara puede ser mayor que la concentración promedio de combustible en la mezcla de combustible y aire. La concentración de combustible puede ser mayor cerca de uno o más orificios que la concentración promedio de combustible en la mezcla de combustible y aire. La concentración de combustible cerca de uno o más espacios de electrodo puede ser menor que la concentración promedio de combustible en la mezcla de combustible y aire para aumentar el retraso del encendido.

Ciertas realizaciones se muestran y explican a continuación junto con las figuras, en las que las Figs. 1 - 29 no muestran realizaciones dentro del alcance literal de las reivindicaciones que definen la invención.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 representa una precámara de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

La figura 2 representa una vista en sección transversal a lo largo de la sección transversal A-A de la figura 1.

La figura 3 representa una precámara de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

La figura 4 representa una vista ampliada de la sección 310 de la figura 3.

La figura 5 representa una precámara de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

La figura 6 representa una vista ampliada de la sección 510 de la figura 5.

La figura 7 representa una precámara de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

La figura 8 representa una vista en sección transversal 800 a lo largo de la sección transversal A-A de la figura 7.

La figura 9 representa una precámara 900 con un electrodo axial que muestra concentraciones de combustible de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

La figura 10 representa una precámara 1000 con un electrodo transversal que muestra concentraciones de combustible de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

Las figuras 11-13 representan varias partes de una precámara 1100 con múltiples electrodos axiales de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

La figura 14 representa una vista superior de una precámara de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

La figura 15 representa una vista lateral de una precámara con múltiples electrodos axiales de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

La figura 16 representa una vista superior de una precámara de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

La figura 17 representa una vista lateral de una precámara de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

La figura 18 representa una vista lateral de una precámara con un electrodo axial de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

La figura 19 representa una vista lateral de una precámara con un electrodo transversal de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

Las figuras 20-22 representan varias partes de una precámara con un electrodo axial de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

Las figuras 23-25 representan varias partes de una precámara con un electrodo transversal de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

La figura 26 representa una vista lateral de una precámara con un electrodo transversal de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

Las figuras 27-29 representan varias partes de una precámara con un electrodo transversal de acuerdo con ciertas realizaciones comparativas.

La figura 30 representa una vista lateral de una precámara de acuerdo con ciertas realizaciones según la invención.

La figura 31 representa una vista superior de una precámara de acuerdo con ciertas realizaciones según la invención.

Descripción detallada del invento

Una bujía de precámara puede tener una precámara que tiene una relación de aspecto y un patrón de orificios predeterminados para lograr características de rendimiento de combustión particulares. La relación de aspecto y el patrón de orificios pueden inducir un flujo rotacional de corrientes de llenado de combustible y aire dentro del volumen de precámara. El flujo rotacional de la mezcla de combustible y aire puede incluir características tanto de flujo radial como de flujo axial basadas en la relación de aspecto y el patrón de orificios. Las características del flujo axial pueden incluir una primera dirección axial próxima a la periferia del flujo rotacional y una segunda dirección axial contraria que cercana al centro del flujo rotacional. Las características de flujo radial y axial pueden incluir además estratificación de la relación aire-combustible radial y/o estratificación de la relación aire-combustible axial. El flujo rotacional, el flujo radial y el flujo axial se pueden ajustar mediante la alteración de la relación de aspecto y el patrón de orificios para

lograr características particulares de rendimiento de combustión en relación con una amplia variedad de geometrías de explosores.

Las figuras y descripciones proporcionan ejemplos ilustrativos particulares de relaciones de aspecto de geometría de precámara y patrones de orificios que logran, en relación con geometrías particulares de espacio de chispa, chorros de llama de mayor potencia y una combustión rápida de mezclas de combustible y aire en la cámara de combustión principal en comparación con las bujías de precámara convencionales. Sin embargo, los ejemplos ilustrativos no pretenden ser limitantes con respecto a las numerosas y variadas geometrías de explosores que pueden adaptarse mediante numerosas y variadas relaciones de aspecto de geometría de precámara predeterminadas y patrones de orificios correspondientes y/o lograr un flujo rotacional de corrientes de llenado de combustible y aire para proporcionar las características de flujo radial y axial aquí descritas, incluyendo la dirección y magnitud de la velocidad del flujo radial y axial y la estratificación de las relaciones aire-combustible dentro del volumen de precámara y en el espacio de llama, o similares.

En ciertas realizaciones comparativas, la figura 1 representa una precámara 100 con una pared de precámara 110 que encierra un volumen de precámara 120. La bujía de la precámara puede incluir un electrodo 130 que puede estar ubicado dentro del volumen de precámara 120. En ciertas realizaciones, la figura 2 representa una vista en sección transversal 200 a lo largo de la sección transversal A-A de la figura 1 que incluye un patrón de flujo rotacional 210 dentro del volumen de precámara 120. La velocidad del flujo rotacional en cualquier punto dado en el volumen de precámara 120 se muestra mediante la dirección y longitud de las flechas del patrón de flujo rotacional 210. El campo de flujo de velocidad dentro del volumen de precámara 120 puede ser sustancialmente rotacional en el plano transversal (por ejemplo, a lo largo de la sección transversal A-A de la Figura 1). En ciertas realizaciones, una bujía de precámara puede proporcionar una precámara 100 que tiene una pared de precámara 110. La pared de la precámara 110 puede incluir una superficie externa 220 y una superficie interna 230, que encierra un volumen de precámara 120 en el que se puede disponer un electrodo 130.

Como se muestra en el ejemplo comparativo de la figura 3, la precámara 100 puede incluir una sección transversal parcial 310. La figura 4 representa una vista ampliada 400 de la sección transversal parcial 310 de la figura 3 del volumen de precámara 120 en la que un análisis de dinámica de fluidos computacional (CFD) evidencia la dirección y magnitud de la velocidad del flujo axial de las corrientes de llenado de la mezcla de combustible y aire 930 (Figura 9) en el volumen de precámara 120. Como se muestra en el ejemplo comparativo de la figura 5, la precámara 100 puede incluir una sección transversal parcial 510. La figura 6 representa una vista ampliada de la sección transversal parcial 510 de la figura 5 del volumen de precámara 120 en la que el análisis CFD evidencia la dirección y magnitud de la velocidad del flujo axial de las corrientes de llenado de mezcla de combustible y aire 930 en el volumen de precámara 120. Como se puede entender, se puede lograr un flujo axial 410 de primera dirección en el patrón de flujo rotacional 210 cerca de la periferia 240 del patrón de flujo rotacional 210 y se puede lograr un flujo axial 420 de segunda dirección contraria en el patrón de flujo rotacional 210 cerca del centro 250 del patrón de flujo rotacional 210. La precámara 100 puede incluir un campo de flujo de velocidad sustancialmente uniforme, que actúa sustancialmente en la dirección axial de una región que incluye los electrodos 130, provocando de ese modo que el núcleo de llama se desarrolle sustancialmente en la dirección de avance hacia el orificio 320. El campo de flujo de velocidad en el plano axial como se muestra en la figura 4 puede ser bidireccional con un contraflujo central. Este tipo de flujo puede hacer que el frente de llama se propague desde el centro 250 a la periferia 240 y de regreso al centro 250 en un movimiento en espiral y en dirección hacia delante hacia el orificio 320.

En ciertas realizaciones comparativas como se muestra en las figuras 7 y 8, la precámara 100 puede configurarse para proporcionar estratificación de combustible. La combinación de estratificación de combustible con los campos de flujo de velocidad de ciertas realizaciones, puede permitir el control del crecimiento del núcleo de llama en la cámara de precombustión y por lo tanto del retraso del encendido o inicio de la combustión y la tasa de combustión de la llama dentro de una cámara de combustión principal (no mostrada). En las realizaciones comparativas de las figuras 8-10, los signos "más" 820 representan la concentración de combustible, con concentraciones de combustible más altas representadas por más signos "más" 820 en un área determinada. En ciertas realizaciones, se puede lograr una concentración de combustible más baja cerca del electrodo central 130, como se muestra en la figura 8, para reducir la tasa de crecimiento del núcleo de llama y, por lo tanto, aumentar el retraso del encendido y retardar el inicio de la combustión en la cámara de combustión principal. En ciertas realizaciones, se pueden lograr concentraciones de combustible más altas 810 en la periferia 240 del volumen de la cámara de precombustión 120 y hacia el orificio 320 como se muestra en la figura 9.

En ciertas realizaciones comparativas como se muestra en la figura 9, el electrodo 130 y un electrodo de tierra axial 910 pueden definir un espacio de chispa 920. Alternativamente, como se muestra en la figura 10, el electrodo 130 y el electrodo de tierra transversal 1010 pueden formar un espacio de chispa 1020. Estas ilustraciones son meramente ejemplares ya que el espacio de chispa puede adoptar cualquiera de las numerosas y variadas geometrías, bien conocidas en la técnica o no. Un experto en la técnica reconocerá además que el electrodo 130 puede servir como electrodo de tierra, y el electrodo axial 910 o el electrodo transversal 1010 pueden tener un voltaje más alto que el

electrodo de tierra 130 para generar una chispa en el espacio de chispa 920 o 1020 sin apartarse del alcance de la presente invención. Un orificio 320 dispuesto entre la superficie externa 220 y la superficie interna 230 de la pared de la precámara 110 puede dirigir una pluralidad correspondiente de corrientes de llenado de mezcla de combustible y aire 930 al volumen de precámara 120. La precámara 100, la pluralidad de orificios 320 y el volumen de precámara 120 se pueden configurar para lograr un campo de flujo rotacional 210 (figura 2) de las corrientes de llenado de combustible y aire 930 dentro del volumen de precámara 120 que puede incluir las características de flujo axial y radial como se describe más detalladamente en el presente documento. En ciertas realizaciones comparativas como se muestra en las figuras 9 y 10, se pueden lograr concentraciones de combustible 940 más altas en la periferia 240 del volumen de cámara de precombustión y hacia los orificios 320 que las concentraciones de combustible 950 encontradas en otras partes del volumen de cámara de precombustión 120.

En ciertas realizaciones comparativas como se muestra en las figuras 11-13, el volumen total de la cámara de precombustión 1110 se puede subdividir en un volumen 1210 por delante de los electrodos y un volumen 1310 por detrás de los electrodos. En ciertas realizaciones, el volumen total de la cámara de precombustión 1110 puede incluir un volumen de aproximadamente 500 mm³ a aproximadamente 6000 mm³. En ciertas realizaciones, el volumen 1210 delante de los electrodos puede incluir un volumen de aproximadamente 250 mm³ a aproximadamente 3000 mm³. En ciertas realizaciones, el volumen 1310 detrás de los electrodos puede incluir un volumen de aproximadamente 250 mm³ a aproximadamente 3000 mm³.

En ciertas realizaciones comparativas como se muestra en la figura 14, una bujía de precámara puede proporcionar una precámara 1400 que tiene una pared de precámara 1410 de forma generalmente cilíndrica que tiene una pluralidad de orificios 1420 dispuestos en relación circunferencialmente espaciada alrededor de la superficie externa 1450 de la pared de precámara 1410 a través de la cual una pluralidad correspondiente de corrientes de mezcla de combustible y aire 1430 entran en una pluralidad de orificios 1420 a través de los cuales la corriente de mezcla de combustible y aire 1430 sale al volumen de precámara 1440. Se puede disponer un orificio central 1470 entre la superficie externa 1450 y la superficie interna 1460 próxima a la parte superior de la precámara 1400. Cada uno de la pluralidad de orificios 1420 y el orificio central 1470 puede dirigir correspondientemente una pluralidad de corrientes de mezcla de combustible y aire 1430 al volumen de precámara 120 para lograr un patrón de flujo rotacional 410 dentro del volumen de precámara 120 con características de flujo radial y axial, como se describe aquí.

En ciertas realizaciones comparativas como se muestra en la figura 15, la cámara de precombustión 1500 puede incluir un orificio central 1510 con una longitud de orificio central 1520. En determinadas realizaciones, la longitud del orificio central puede ser de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 13 mm. En ciertas realizaciones, una distancia del techo de la cámara de precombustión ("L") 1530 desde el electrodo central 130 puede ser de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 85 mm. En ciertas realizaciones, el diámetro interior de la cámara de precombustión ("D") 1540 puede ser de aproximadamente 4 mm a aproximadamente 35 mm. En ciertas realizaciones, una profundidad de inserción de la cámara de precombustión 1550 desde la plataforma de disparo de la culata 1560 hasta la parte superior 1570 de la cámara de precombustión 1500 puede ser de aproximadamente 0 mm a aproximadamente 25 mm.

En ciertas realizaciones comparativas como se muestra en las figuras 14 y 16, cada uno de la pluralidad de orificios 1420 puede disponerse en comunicación en ángulo entre la superficie externa 1450 y la superficie interna 1460 de la pared de la precámara 1410 para dirigir una pluralidad correspondiente corrientes de llenado de mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara 120 alrededor de la periferia de la superficie interna 1460 para lograr el patrón de flujo rotacional 210 (Figura 2) de las corrientes de llenado de mezcla aire y combustible 1430 dentro del volumen de precámara 120 de manera que la rotación se produzca alrededor del eje longitudinal central de la precámara 1400.

En ciertas realizaciones comparativas, el número de orificios 1420 puede ser de aproximadamente 1 a aproximadamente 12. El diámetro 1490 de los orificios 1420 puede ser de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 4,0 mm. El diámetro 1480 del orificio central 1470 puede ser de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 4,0 mm. Cada uno de los orificios 1420 puede definir un radio de patrón 1610, un ángulo índice 1620 que se mide a partir de una referencia 1640 y un desplazamiento rotacional 1630. En ciertas realizaciones, el radio de patrón 1610 puede ser de aproximadamente 2 mm y aproximadamente 10 mm. En ciertas realizaciones, el ángulo índice 1620 para el primer orificio puede ser de aproximadamente 0 grados a aproximadamente 120 grados. En ciertas realizaciones, el desplazamiento rotacional 1630 puede ser de aproximadamente 0 mm a aproximadamente 10 mm.

En ciertas realizaciones comparativas como se muestra en la figura 17, cada uno de los orificios 1420 puede definir un ángulo de penetración 1710. En ciertas realizaciones, el ángulo de penetración 1710 puede ser de aproximadamente 10 grados a aproximadamente 75 grados.

Como entenderá un experto en la técnica, la configuración predeterminada de la precámara 1600 y la pluralidad de orificios 1420 pueden lograr un patrón de flujo rotacional 210 que tiene una velocidad de las corrientes de llenado de

la mezcla de combustible y aire 1430 en el patrón de flujo rotacional 210 mayor más cerca de la periferia 240 del patrón de flujo rotacional 210 y menor cerca del centro 250 del patrón de flujo rotacional 210; sin embargo, la invención no está tan limitada y la velocidad de las corrientes de llenado de mezcla de combustible y aire 1430 en el patrón de flujo rotacional 210 se puede ajustar alterando la configuración y el ángulo de uno o más de la pluralidad de orificios 1420 dispuestos en la pared de la precámara 1410 para lograr otros flujos rotacionales que tengan, por ejemplo, mayor velocidad en el centro 250 del patrón de flujo rotacional 210 y menor en la periferia 240, o permutaciones y combinaciones de las mismas.

En ciertas realizaciones comparativas como se muestra en la figura 18, la cámara de precombustión 1800 con un electrodo axial 910 puede incluir un orificio central 1810 con una longitud de orificio central 1820. En determinadas realizaciones, la longitud del orificio central puede ser de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 13 mm. En ciertas realizaciones, una distancia del techo de la cámara de precombustión ("L") 1830 desde el electrodo central 130 puede ser de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 85 mm. En ciertas realizaciones, el diámetro interior de la cámara de precombustión ("D") 1840 puede ser de aproximadamente 4 mm a aproximadamente 35 mm. En ciertas realizaciones, una profundidad de inserción de la cámara de precombustión 1850 desde la plataforma de disparo de la culata 1860 hasta la parte superior 1870 de la cámara de precombustión 1800 puede ser de aproximadamente 0 mm a aproximadamente 25 mm.

En ciertas realizaciones comparativas como se muestra en la figura 19, la cámara de precombustión 1900 con un electrodo transversal 1010 puede incluir un orificio central 1810 con una longitud de orificio central 1820. En determinadas realizaciones, la longitud del orificio central puede ser de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 13 mm. En ciertas realizaciones, una distancia del techo de la cámara de precombustión ("L") 1830 desde el electrodo central 130 puede ser de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 85 mm. En ciertas realizaciones comparativas, el diámetro interior de la cámara de precombustión ("D") 1840 puede ser de aproximadamente 4 mm a aproximadamente 35 mm. En ciertas realizaciones comparativas, una profundidad de inserción de la cámara de precombustión 1850 desde la plataforma de disparo de la culata 1860 hasta la parte superior 1870 de la cámara de precombustión 1800 puede ser de aproximadamente 0 mm a aproximadamente 25 mm.

En ciertas realizaciones comparativas, una relación de aspecto ("L/D") puede definirse como la relación entre la distancia al techo ("L") 1830 y el diámetro interior de la cámara de precombustión ("D") 1840. En ciertas realizaciones comparativas, la relación de aspecto puede ser de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 3. En ciertas realizaciones comparativas, se pueden considerar dos relaciones de aspecto, una relación de aspecto superior para la porción superior del volumen de precámara por encima del electrodo central definida como la relación de (L) 1830 a (D) 1840 y una relación de aspecto inferior para la porción inferior del volumen de precámara debajo de la parte superior del electrodo central definida como la relación de ("L_B") 1880 a ("D_B") 1890. En ciertas realizaciones comparativas, la relación de aspecto superior puede ser de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 3. En ciertas realizaciones, la relación de aspecto superior puede ser mayor que aproximadamente 1 y la relación de aspecto inferior puede ser aproximadamente 1.

En ciertas realizaciones comparativas como se muestra en las figuras 20-22, una cámara de precombustión 2000 puede incluir un electrodo central 130 y un electrodo axial 910 como se muestra. El volumen total de la cámara de precombustión 2010 se puede subdividir en un volumen 2110 delante de los electrodos y un volumen 2210 detrás de los electrodos. En ciertas realizaciones comparativas, el volumen total de la cámara de precombustión 2010 puede incluir un volumen de aproximadamente 500 mm³ a aproximadamente 6000 mm³. En ciertas realizaciones comparativas, el volumen 2110 delante de los electrodos puede incluir un volumen de aproximadamente 250 mm³ a aproximadamente 3000 mm³. En ciertas realizaciones comparativas, el volumen 2210 detrás de los electrodos puede incluir un volumen de aproximadamente 250 mm³ a aproximadamente 3000 mm³.

En ciertas realizaciones comparativas como se muestra en las figuras 23-25, una cámara de precombustión 2300 puede incluir un electrodo central 130 y un electrodo transversal 1010 como se muestra. El volumen total de la cámara de precombustión 2310 se puede subdividir en un volumen 2410 delante de los electrodos y un volumen 2510 detrás de los electrodos. En ciertas realizaciones comparativas, el volumen total de la cámara de precombustión 2310 puede incluir un volumen de aproximadamente 500 mm³ a aproximadamente 6000 mm³. En ciertas realizaciones comparativas, el volumen 2410 delante de los electrodos puede incluir un volumen de aproximadamente 250 mm³ a aproximadamente 3000 mm³. En ciertas realizaciones, el volumen 2510 detrás de los electrodos puede incluir un volumen de aproximadamente 250 mm³ a aproximadamente 3000 mm³.

En ciertas realizaciones comparativas como se muestra en la figura 26, la cámara de precombustión 2600 puede incluir un electrodo de espacio en J 2610 y un electrodo central 2620. En ciertas realizaciones comparativas, una distancia del techo de la cámara de precombustión ("L") 2630 desde el electrodo central 2620 puede ser de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 85 mm. En ciertas realizaciones comparativas, el diámetro interior de la cámara de precombustión ("D") 2640 puede ser de aproximadamente 4 mm a aproximadamente 35 mm. En ciertas realizaciones comparativas, una profundidad de inserción de la cámara de precombustión 2650 desde la plataforma

de disparo de la culata 2660 hasta la parte superior 2670 de la cámara de precombustión 2600 puede ser de aproximadamente 0 mm a aproximadamente 25 mm. En una realización no limitante, (L) 2630 puede ser de aproximadamente 6,7 mm; (D) puede ser de aproximadamente 11 mm y la relación de aspecto L/D puede ser de aproximadamente 0,6. En ciertas realizaciones comparativas, la cámara de precombustión 2600 puede incluir uno o más orificios interiores 2680 y uno o más orificios exteriores 2690. El uno o más orificios interiores 2680 pueden ubicarse más cerca del eje longitudinal central de la cámara de precombustión 2600 que el uno o más orificios exteriores 2690.

En ciertas realizaciones comparativas como se muestra en las figuras 27-29, una cámara de precombustión 2700 puede incluir un electrodo central 2620 y un electrodo transversal 2610 como se muestra. El volumen total de la cámara de precombustión 2710 se puede subdividir en un volumen 2810 delante de los electrodos y un volumen 2910 detrás de los electrodos. El volumen total de la cámara de precombustión 2710 puede incluir un volumen de aproximadamente 500 mm³ a aproximadamente 6000 mm³. El volumen 2810 delante de los electrodos puede incluir un volumen de aproximadamente 250 mm³ a aproximadamente 3000 mm³. El volumen 2910 detrás de los electrodos puede incluir un volumen desde aproximadamente 250 mm³ hasta aproximadamente 3000 mm³.

En ciertas realizaciones según la invención, como se muestra en las figuras 30 y 31, una bujía de precámara comprende una precámara 3000 que tiene una pared de precámara 3110. La precámara 3000 incluye uno o más orificios interiores 3010 a través de los cuales puede entrar una pluralidad correspondiente de corrientes de mezcla de combustible y aire 3030. La precámara 3000 incluye además uno o más orificios exteriores 3020 a través de los cuales puede entrar una pluralidad correspondiente de corrientes de mezcla de combustible y aire 3030. Cada uno de los uno o más orificios interiores 3010 y cada uno de los uno o más orificios exteriores 3020 pueden dirigir correspondientemente una corriente de mezcla de combustible y aire 3030 hacia el volumen de precámara 120 para lograr un patrón de flujo rotacional 210 (Figura 2) dentro del volumen de precámara 120 con características de flujo radial y axial, como se describe más detalladamente en el presente documento.

Como se muestra en las figuras 30 y 31, cada uno de los uno o más orificios interiores 3010 y cada uno de los uno o más orificios exteriores 3020 pueden estar dispuestos en comunicación en ángulo entre la superficie externa 220 y la superficie interna 230 de la pared de la precámara 3110 para dirigir una corriente de llenado de mezcla de combustible y aire correspondiente en el volumen de precámara 120 alrededor de la periferia de la superficie interna 230 para lograr un patrón de flujo rotacional 210 de las corrientes de llenado de mezcla de combustible y aire dentro del volumen de precámara 120 de manera que se produzca la rotación alrededor del eje longitudinal central de la precámara 3000.

En ciertas realizaciones, el número de orificios interiores 3010 puede ser de aproximadamente 1 a aproximadamente 12. El diámetro de los orificios interiores 3010 puede ser de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 4,0 mm. En ciertas realizaciones, el número de orificios exteriores 3020 puede ser de aproximadamente 1 a aproximadamente 12. El diámetro de los orificios exteriores 3020 puede ser de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 4,0 mm. Cada uno de los orificios interiores 3010 y los orificios exteriores 3020 pueden definir un radio de patrón 3040, un ángulo de índice 3120 que se mide a partir de una referencia 3140 y un desplazamiento rotacional 3130. En ciertas realizaciones, el radio de patrón 3040 para los orificios interiores 3010 puede ser de aproximadamente 2 mm y aproximadamente 10 mm. En ciertas realizaciones, el ángulo de índice 3120 para el primero de los orificios interiores 3010 puede ser de aproximadamente 0 grados a aproximadamente 120 grados. En ciertas realizaciones, el desplazamiento rotacional 3130 para los orificios interiores 3010 puede ser de aproximadamente 0 mm a aproximadamente 10 mm. En ciertas realizaciones, el radio de patrón 3040 para los orificios exteriores 3020 puede ser de aproximadamente 2 mm y aproximadamente 10 mm. En ciertas realizaciones, el ángulo de índice 3120 para el primero de los orificios exteriores 3020 puede ser de aproximadamente 0 grados a aproximadamente 120 grados. En ciertas realizaciones, el desplazamiento rotacional 3130 para los orificios exteriores 3020 puede ser de aproximadamente 0 mm a aproximadamente 10 mm.

En ciertas realizaciones como se muestra en las figuras 30 y 31, cada uno de los orificios interiores 3010 y los orificios exteriores 3020 puede definir un ángulo de penetración 3050. El ángulo de penetración 3050 es de aproximadamente 10 grados a aproximadamente 75 grados para los orificios internos 3010. El ángulo de penetración 3050 es de aproximadamente 0 grados a aproximadamente 90 grados para los orificios exteriores 3020.

Ahora con referencia principalmente a las figuras 9-10, que proporcionan una vista lateral en sección transversal del volumen de precámara 120 que muestra que se puede lograr la estratificación axial de la relación aire-combustible en el patrón de flujo rotacional 210 (Figura 2). En cuanto a la realización particular no limitante mostrada, la relación aire-combustible es más rica (cuanto más oscura es el área, mayor es la cantidad de combustible) cerca de la pluralidad de orificios 320 y la superficie interna 230 de la pared de la precámara 110 y más pobre cerca del centro del volumen de precámara 120 y próximo al electrodo 130.

En ciertas realizaciones, la dirección y magnitud de la velocidad de los flujos radiales dentro del patrón de flujo rotacional 210 y la magnitud de la velocidad del flujo axial 410 de primera dirección y el flujo axial 420 de la segunda

dirección contraria dentro del patrón de flujo rotacional 210 y el flujo radial y la estratificación axial de las relaciones aire-combustible dentro del volumen de precámara 120 se puede ajustar para lograr características de rendimiento de combustión predeterminadas mediante la alteración de la geometría de la precámara 3000 y los ángulos de los orificios interiores 3010 y/o los orificios exteriores 3020.

Como ejemplo ilustrativo no limitante, la velocidad de la mezcla de combustible y aire en la periferia 240 del patrón de flujo rotacional 210 en el volumen delante de los electrodos 2810 puede ser mayor que 10 m/s. La velocidad de la mezcla de combustible y aire en la periferia 250 del volumen detrás de los electrodos 2910 puede ser mayor que 5 m/s. La velocidad de la mezcla de combustible y aire en el espacio de chispa 2720 puede ser mayor que 5 m/s y sustancialmente uniforme. La velocidad del flujo axial 420 en la segunda dirección contraria en el espacio de chispa 2720 puede ser de 5 m/s y sustancialmente uniforme.

Sin embargo, la magnitud de las velocidades del flujo radial y los flujos axiales no pretenden ser limitantes sino ilustrativas de las velocidades que pueden lograrse mediante combinaciones predeterminadas de relación de aspecto de geometría de precámara y patrón de orificios. Por ejemplo, la pluralidad de orificios puede estar equidistantemente espaciados circunferencialmente alrededor de una pared de precámara sustancialmente cilíndrica. Se puede disponer un orificio central en la parte superior de la pared de la precámara para proporcionar el ingreso axial de una correspondiente corriente de llenado de combustible y aire. Los orificios interiores y exteriores también pueden proporcionar la entrada axial de las correspondientes corrientes de llenado de combustible y aire. Es comprensible que las relaciones dimensionales, el ángulo y la ubicación de la pluralidad de orificios junto con la geometría de la precámara se puedan variar para ajustar la dirección, la magnitud de la velocidad y la relación aire-combustible dentro del patrón de flujo rotacional en cuanto a los flujos radiales y los flujos axiales descritos anteriormente y mostrados en las figuras. Los ángulos de los orificios pueden estar dirigidos a una o más de las superficies internas de la porción cilíndrica inferior, la porción cilíndrica superior, las estructuras de los electrodos, el espacio de electrodos o la estructura de la bujía. Todas las combinaciones posibles de longitud a diámetro, ángulos de orificio, número de orificio, tamaño de orificio, forma de orificio y ubicación de orificio están abarcadas por configuraciones de la geometría de la precámara para lograr los patrones y la velocidad deseados de la mezcla de combustible y aire en la precámara en relación con una geometría del espacio de chispa particular. En consecuencia, para cualquier geometría del espacio de chispa y requisitos de rendimiento de combustión determinados, existe una combinación particular de relación de aspecto de la geometría de la precámara y configuración de los orificios que puede lograr chorros de llama de alta potencia con el retardo de encendido deseado y una propensión reducida al apagado de la llama y al autoencendido.

La entrega dirigida de las corrientes de llenado de combustible y aire próximas a la periferia de la superficie interna de la pared de la precámara puede dar como resultado un flujo rotacional de las corrientes de llenado de combustible y aire dentro del volumen de precámara durante la carrera de compresión de un motor de gas. Este campo de flujo rotacional puede persistir a lo largo del ciclo de manera que cuando los gases en el volumen de precámara se encienden, la llama se barre rápidamente a través del volumen de precámara, lo que da como resultado un evento de combustión reproducible dentro de la precámara y la producción de chorros de llama de alta potencia desde la pluralidad de orificios que induce una combustión rápida de la mezcla de combustible y aire dentro del cilindro del motor de gas.

REIVINDICACIONES

1. Cámara de precombustión que comprende:
 - 5 una precámara (3000) que comprende una superficie externa (220, 1450) y una superficie interna (230, 1460) que encierra un volumen de precámara (120);
 - uno o más orificios (3010, 3020) dispuestos en comunicación en ángulo entre la superficie externa (220, 1450) y la superficie interna (230, 1460) para introducir una mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara (120), comprendiendo cada uno de uno o más orificios (3010, 3020) un eje de orificio que define un desplazamiento
 - 10 rotacional (1630, 3130) de aproximadamente 0 mm a aproximadamente 10 mm para crear un patrón de flujo espiral (210) de la mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara (120) donde la precámara comprende un orificio central que tiene una longitud de orificio central de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 13 mm;
 - un electrodo primario (130, 2620) dispuesto dentro del volumen de precámara (120);
 - uno o más electrodos de tierra (910, 1010, 2610) dispuestos dentro del volumen de precámara (120) y
 - 15 desplazados del electrodo primario (130, 2620) para formar uno o más espacios de electrodo (920, 1020), donde el eje de orificio define además un ángulo de penetración (1710, 3050) para crear un patrón de flujo axial de la mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara (120),
 - donde el uno o más orificios (3010, 3020) comprenden uno o más orificios interiores (3010) que comprenden un eje de orificio interior y uno o más orificios exteriores (3020) que comprenden un eje de orificio exterior y donde
 - 20 cada eje de orificio interior y cada eje de orificio exterior define un ángulo de penetración (1710, 3050) y un desplazamiento rotacional (1630, 3130),
 - donde el ángulo de penetración (1710, 3050) de cada uno del uno o más orificios interiores (3010) está entre aproximadamente 10 grados y aproximadamente 75 grados y el ángulo de penetración (1710, 3050) de cada uno del uno o más orificios exteriores (3020) está entre aproximadamente 0 grados y aproximadamente 90 grados.
 - 25
2. La cámara de precombustión de la reivindicación 1, donde el uno o más orificios interiores (3010) están ubicados más cerca de un eje longitudinal central de la precámara (3000) que el uno o más orificios exteriores (3020).
3. La cámara de precombustión de la reivindicación 1, donde un radio de patrón (1610, 3040) de cada uno del uno o más orificios interiores (3010) está entre aproximadamente 2 mm y aproximadamente 10 mm y un radio de patrón (1610, 3040) de cada uno de los uno o más orificios exteriores (3020) está entre aproximadamente 3 mm y aproximadamente 5 mm.
- 30
4. La cámara de precombustión de la reivindicación 1, donde el volumen de precámara (120) comprende una porción superior sobre una superficie superior del electrodo primario (130, 2620) y una porción inferior debajo de la superficie superior del electrodo primario (130, 2620).
- 35
5. La cámara de precombustión de la reivindicación 4, en la que la porción inferior tiene un volumen de aproximadamente 250 mm³ a aproximadamente 3000 mm³.
- 40
6. La cámara de precombustión de la reivindicación 4, en la que la porción superior tiene un volumen de aproximadamente 250 mm³ a aproximadamente 3000 mm³.
7. La cámara de precombustión de la reivindicación 4, en la que la porción superior tiene una relación de aspecto de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 3.
- 45
8. Un procedimiento para generar chorros de llama de alto momento, que comprende:
 - proporcionar una precámara (3000) que comprende
 - una superficie externa (220, 1450) y una superficie interna (230, 1460) que encierra un volumen de precámara
 - 50 (120);
 - uno o más orificios (3010, 3020) dispuestos en comunicación en ángulo entre la superficie externa (220, 1450) y la superficie interna (230, 1460) para introducir una mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara (120), comprendiendo cada uno de uno o más orificios (3010, 3020) un eje de orificio que define un desplazamiento
 - rotacional (1630, 3130) (1630, 3130) de aproximadamente 0 mm a aproximadamente 10 mm para crear un patrón de
 - 55 flujo espiral (210) de la mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara (120) donde la precámara comprende un orificio central que tiene una longitud del orificio central de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 13 mm;
 - donde el eje de orificio define además un ángulo de penetración (1710, 3050) para crear un patrón de flujo axial de la mezcla de combustible y aire en el volumen de precámara (120);
 - 60 donde el uno o más orificios (3010, 3020) comprenden uno o más orificios interiores (3010) que comprenden un eje de orificio interior y uno o más orificios exteriores (3020) que comprenden un eje de orificio exterior y donde cada eje de orificio interior y cada eje de orificio exterior define un ángulo de penetración (1710, 3050) y un desplazamiento rotacional (1630, 3130),

donde el ángulo de penetración (1710, 3050) de cada uno del uno o más orificios interiores (3010) está entre aproximadamente 10 grados y aproximadamente 75 grados y el ángulo de penetración (1710, 3050) de cada uno del uno o más orificios exteriores (3020) está entre aproximadamente 0 grados y aproximadamente 90 grados.

un electrodo primario (130, 2620) dispuesto dentro del volumen de precámara (120);

5 uno o más electrodos de tierra dispuestos dentro del volumen de precámara (120) y desplazados del electrodo primario (130, 2620) para formar uno o más espacios de electrodo (920, 1020) en donde los orificios tienen una longitud de 1-13 mm y donde los orificios tienen un diámetro de 0,5 a 4 mm;

- introducir una o más corrientes de llenado de combustible y aire al volumen de precámara (120) a través del uno o más orificios (320, 1420, 1470, 1510, 1810, 2690, 2690), donde la una o más corrientes de llenado de combustible y

10 aire crean un patrón de flujo espiral (210) alrededor de un eje longitudinal central de la precámara (3000); e
- introducir una chispa a través de al menos uno de uno o más espacios de electrodo para encender la mezcla de combustible y aire.

15

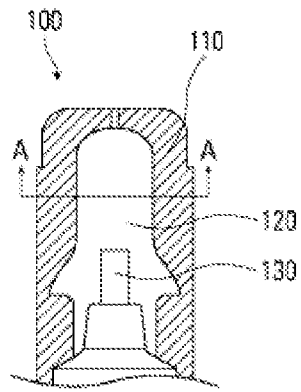


Fig. 1

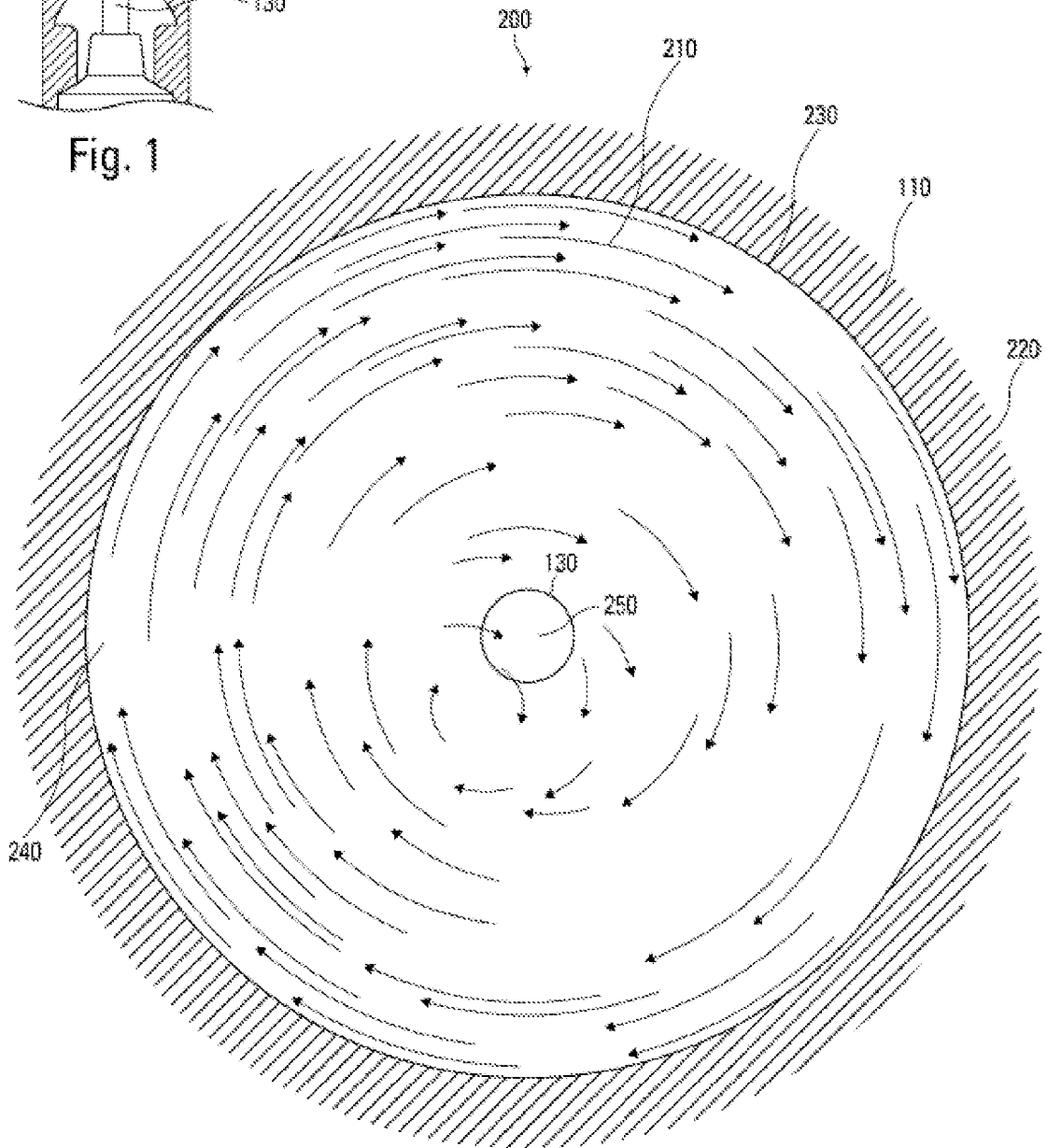


Fig. 2

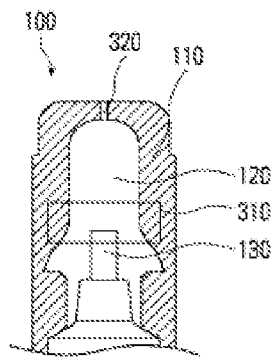


Fig. 3

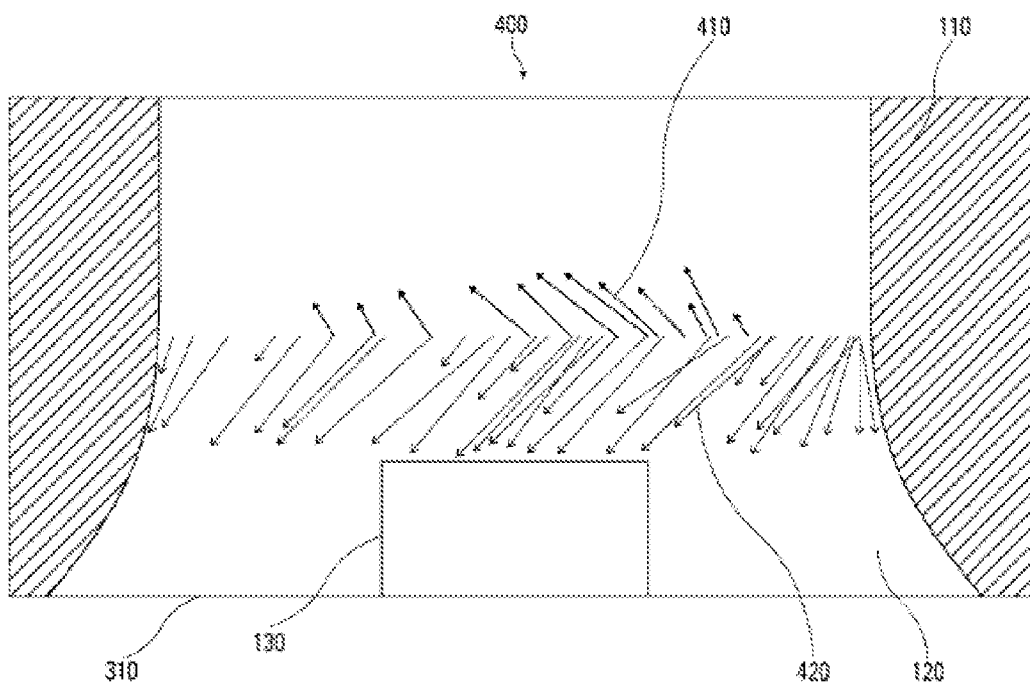


Fig. 4

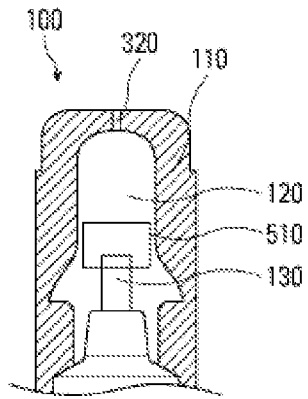


Fig. 5

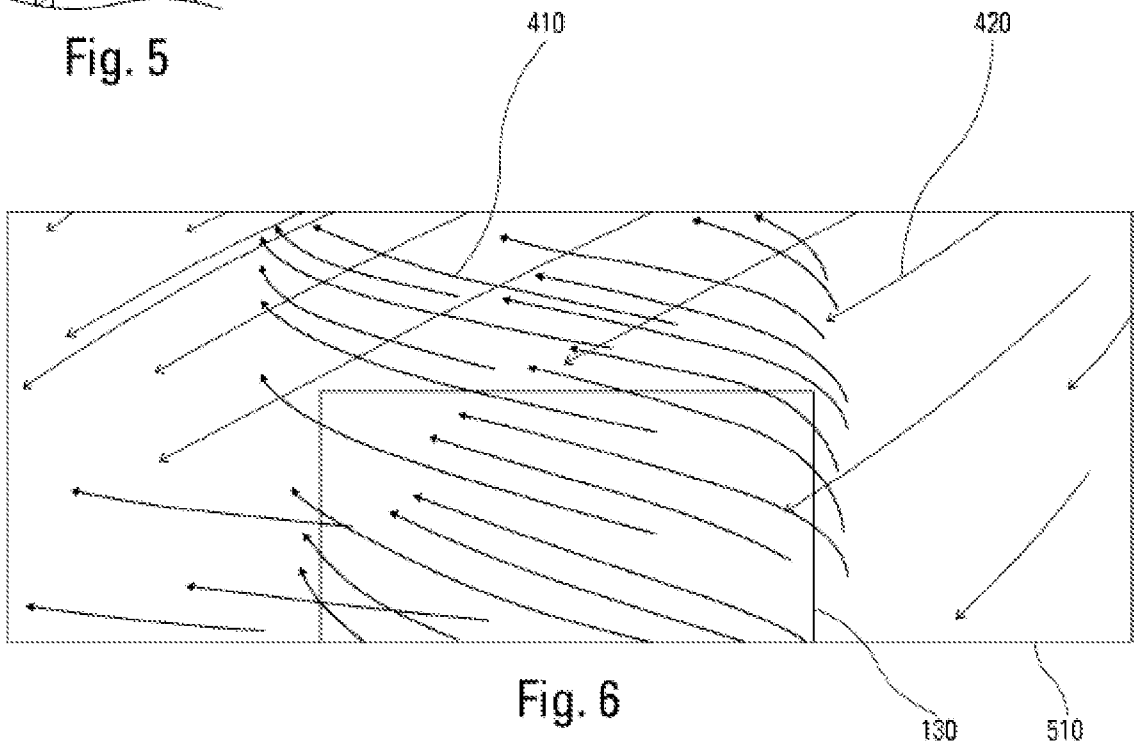


Fig. 6

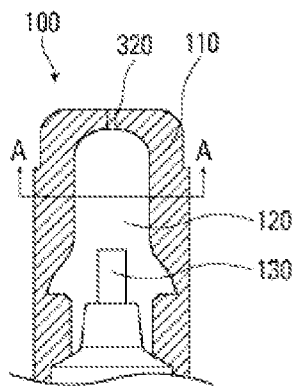


Fig. 7

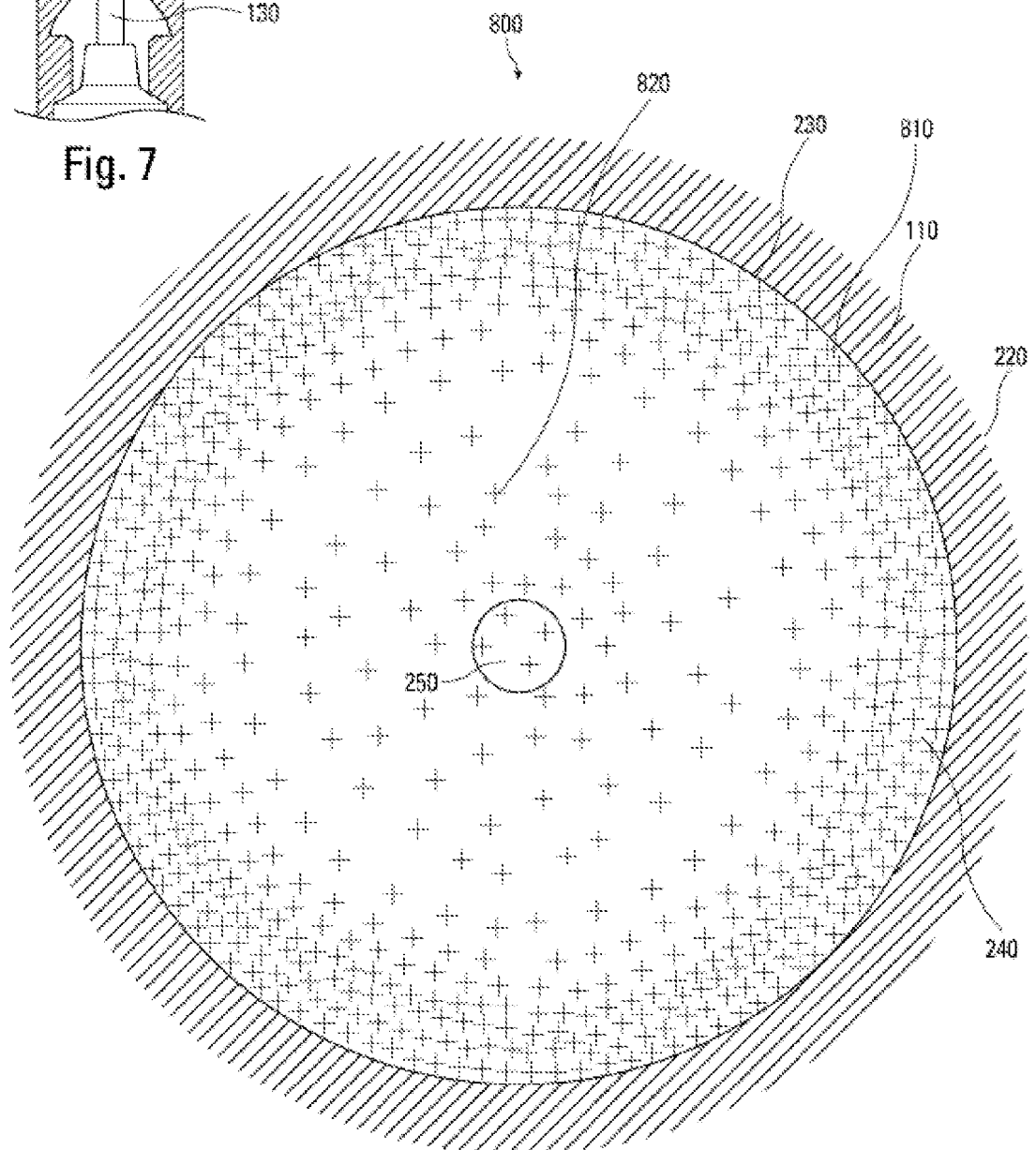


Fig. 8

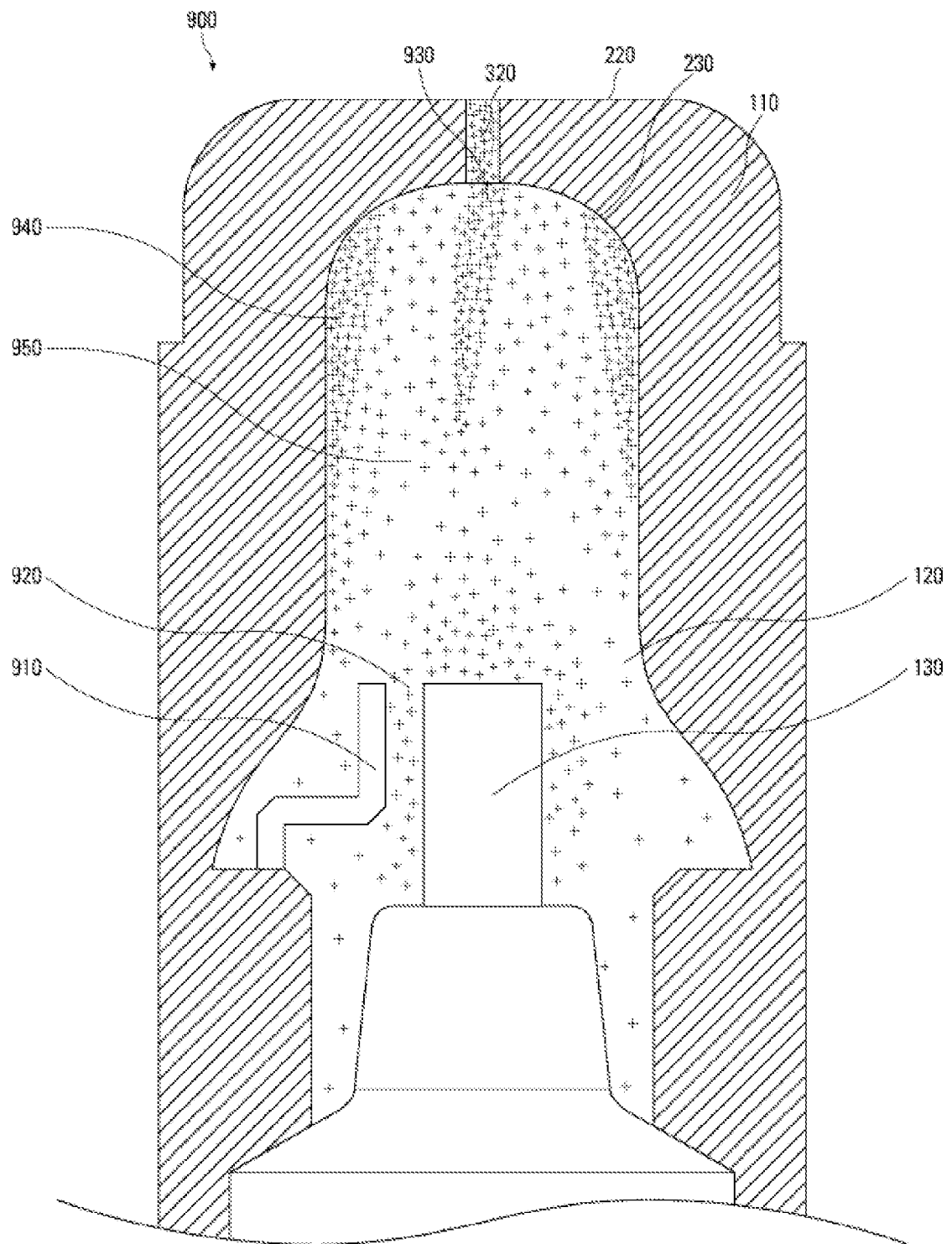


Fig. 9

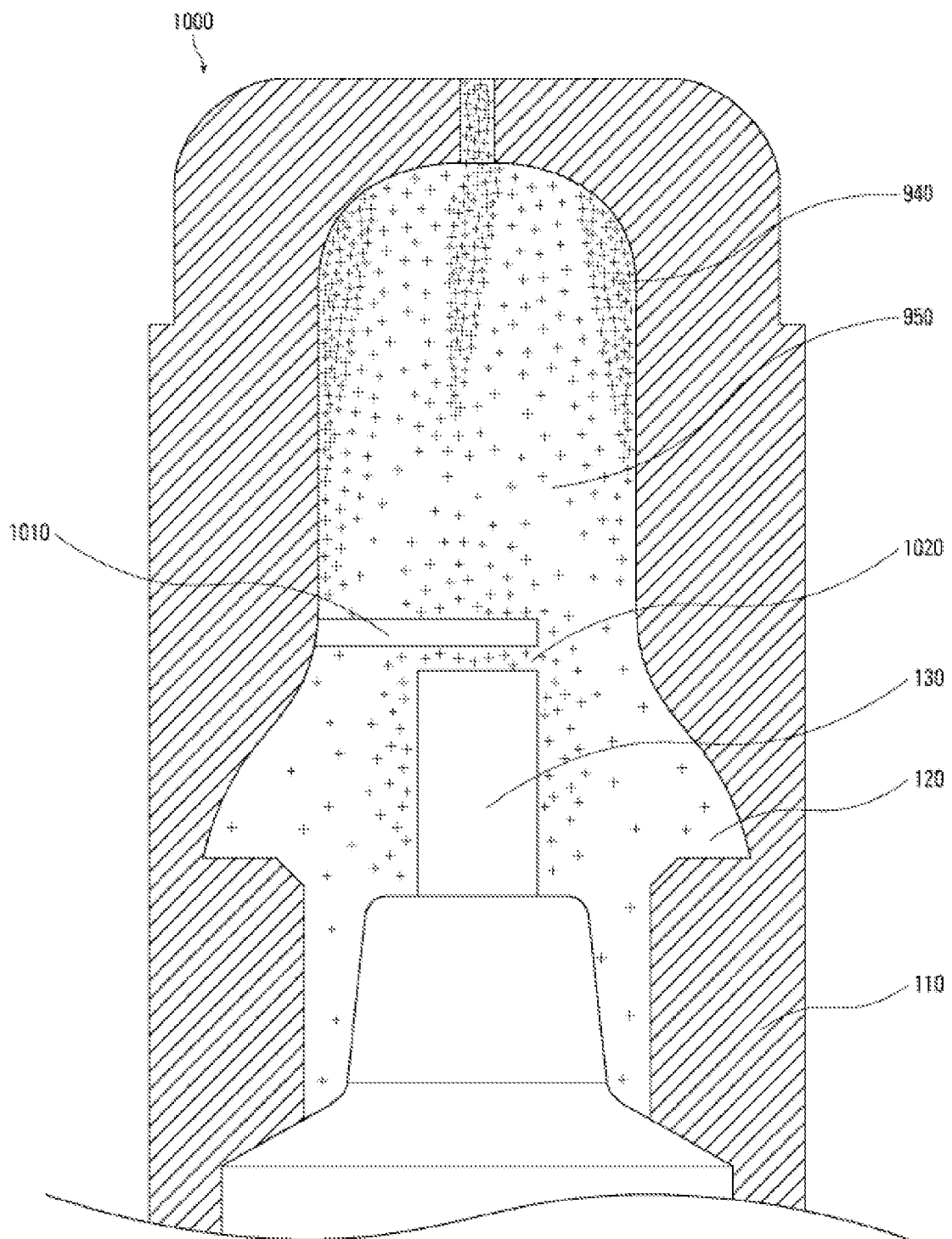


Fig. 10

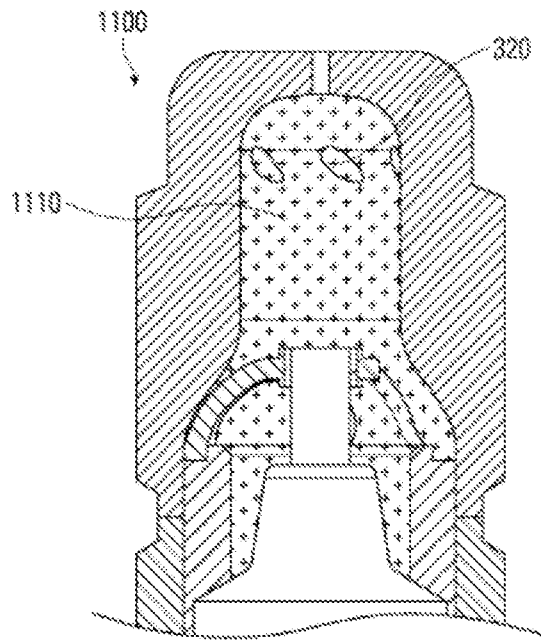


Fig. 11

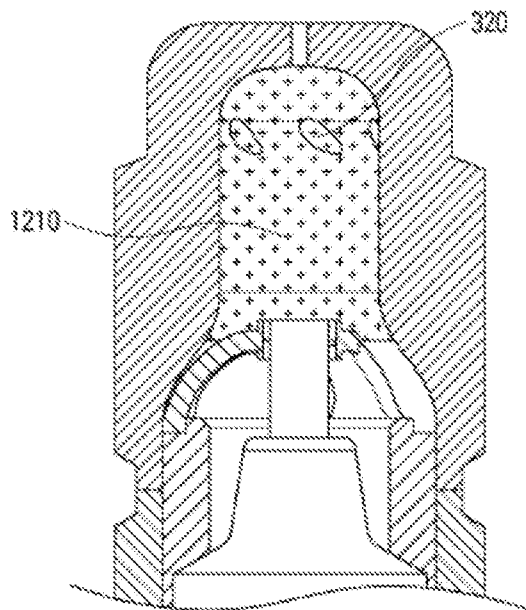


Fig. 12

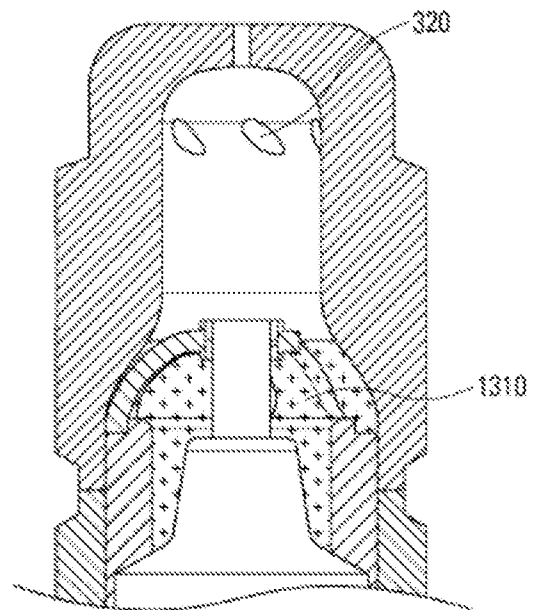


Fig. 13

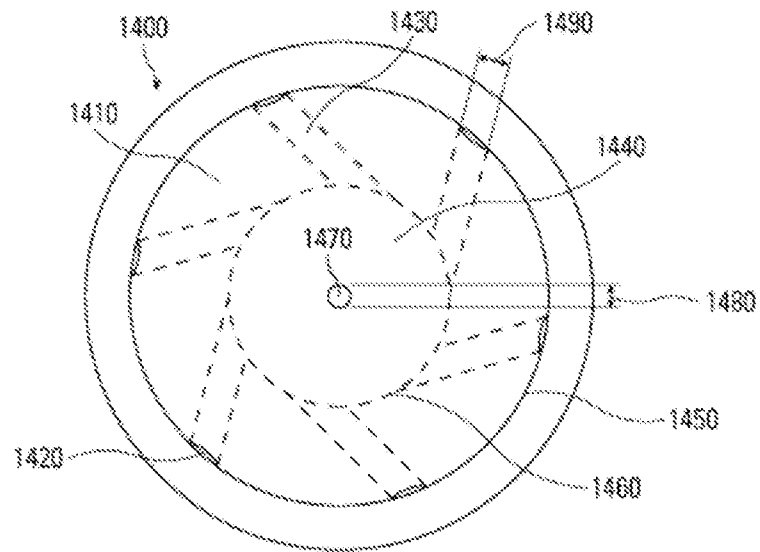


Fig. 14

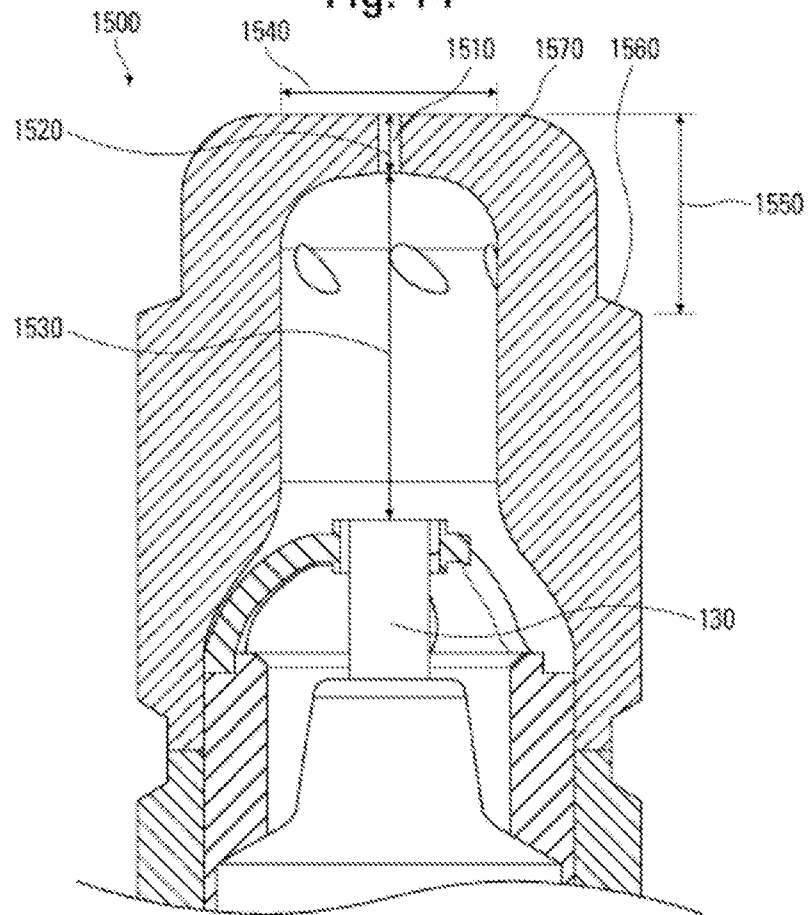


Fig. 15

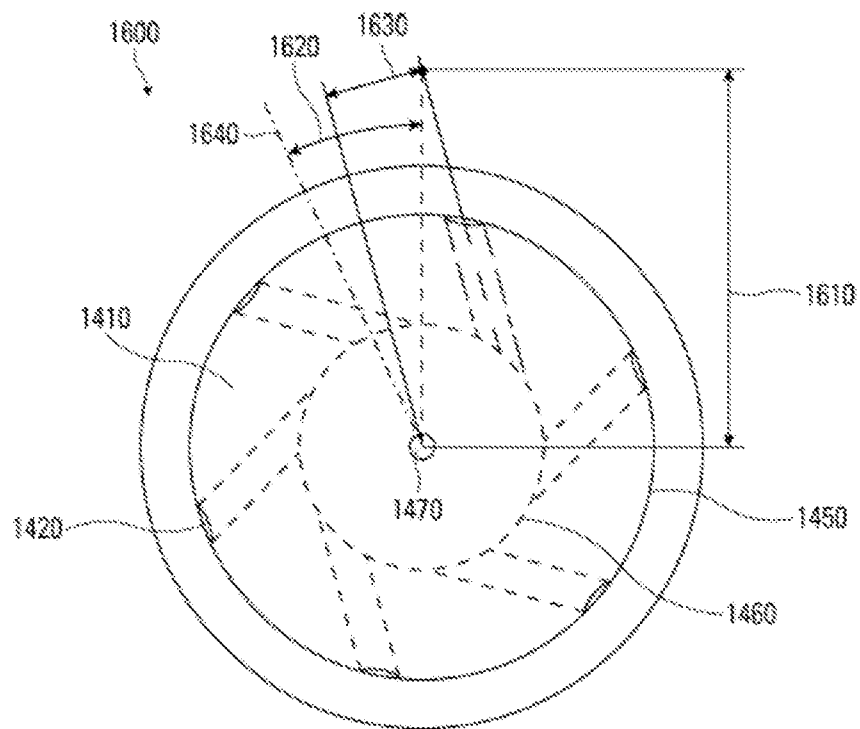


Fig. 16

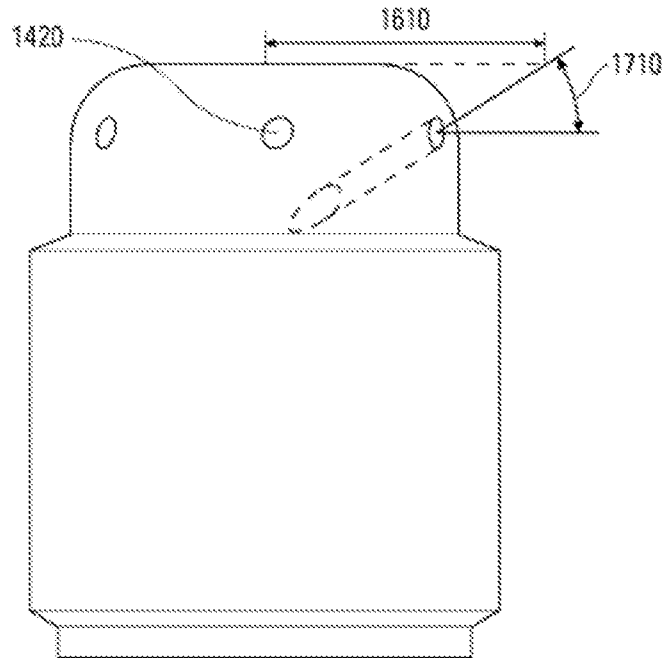


Fig. 17

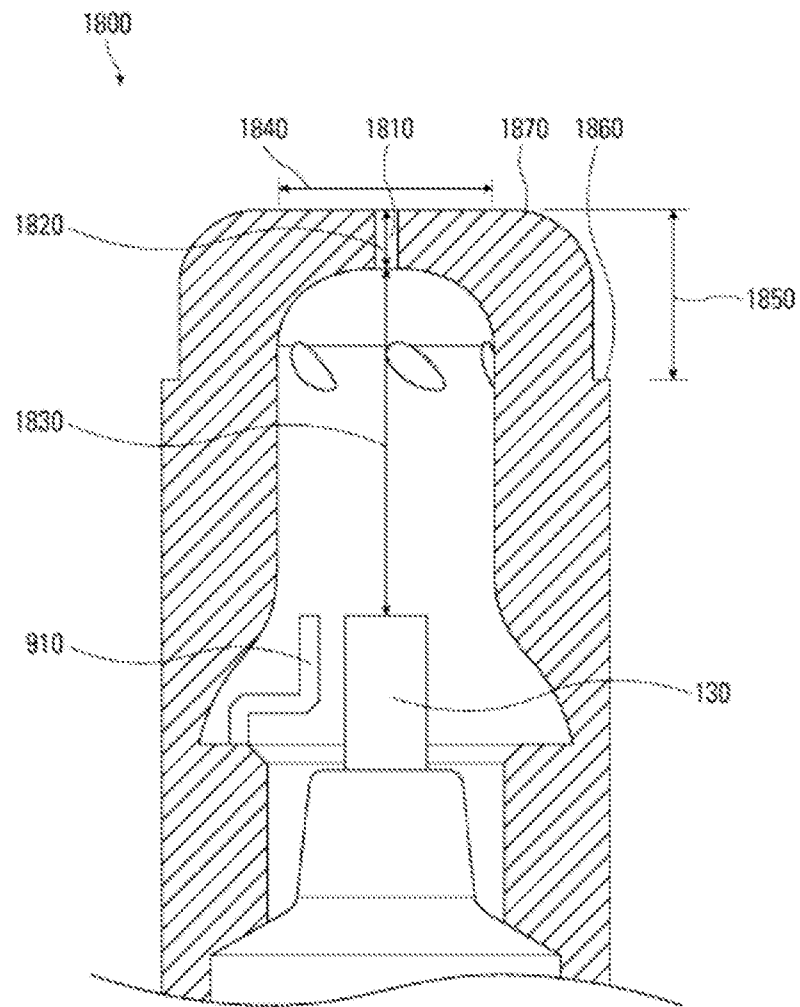


Fig. 18

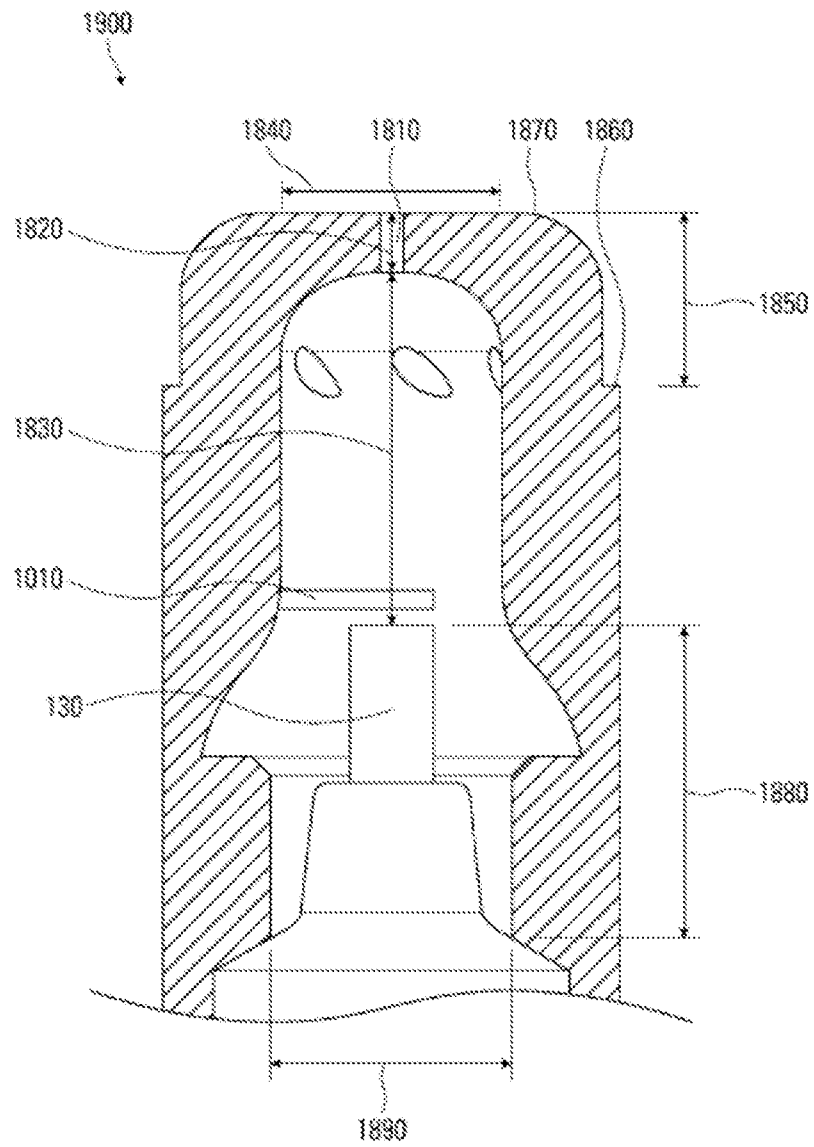


Fig. 19

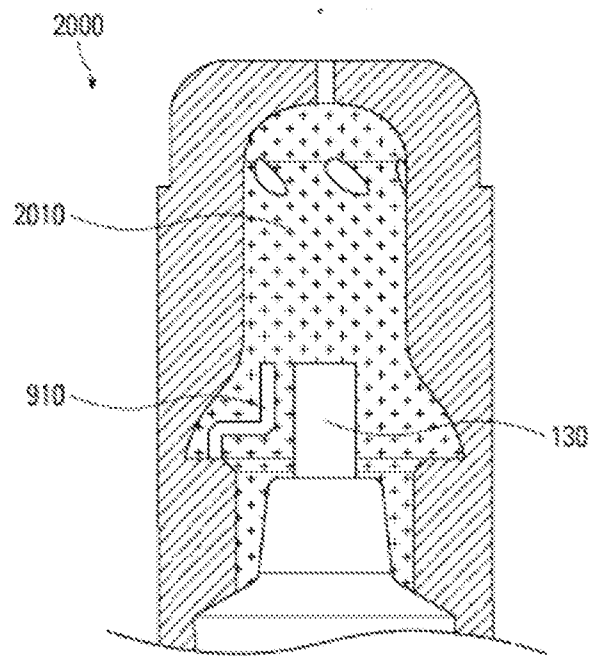


Fig. 20

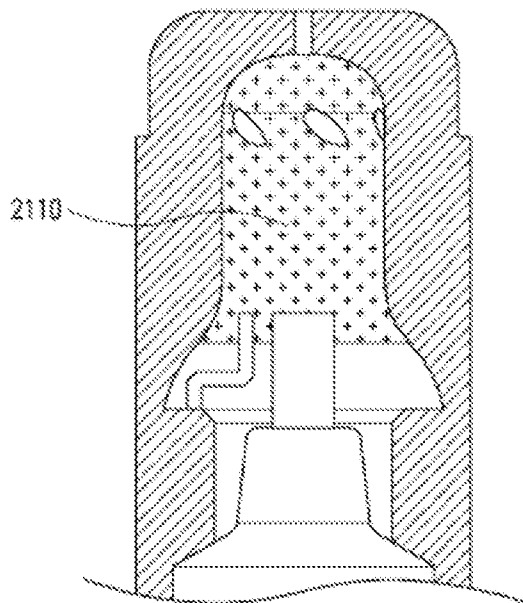


Fig. 21

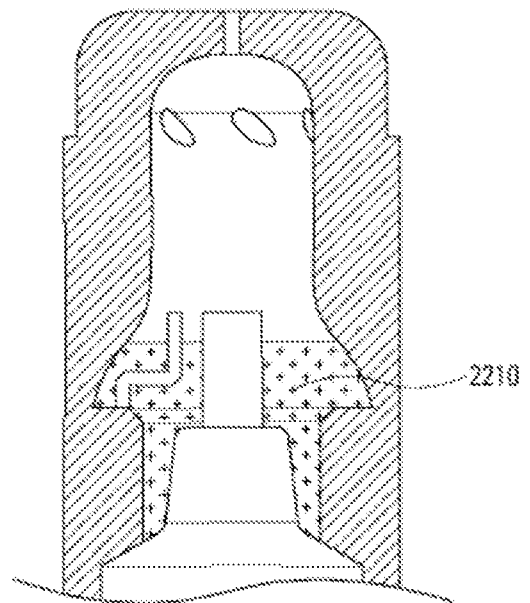


Fig. 22

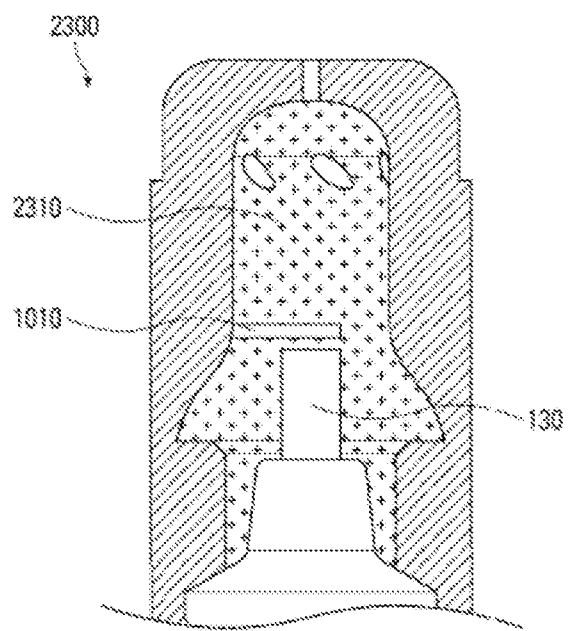


Fig. 23

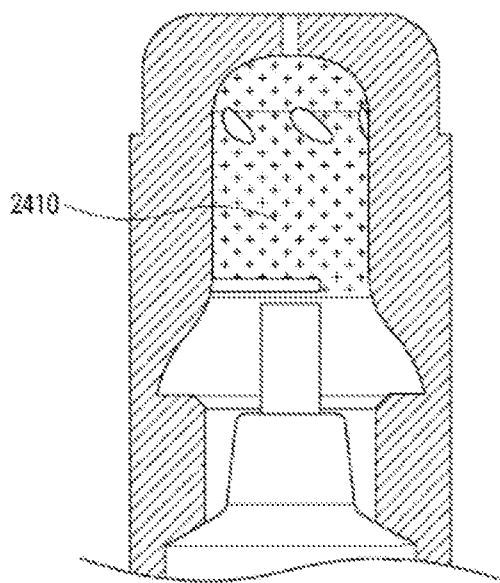


Fig. 24

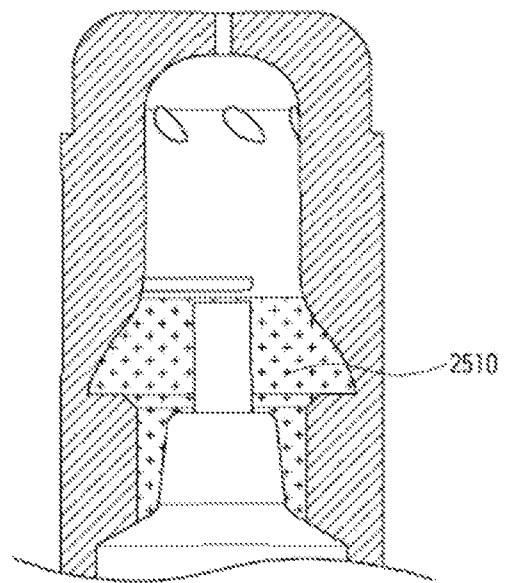


Fig. 25

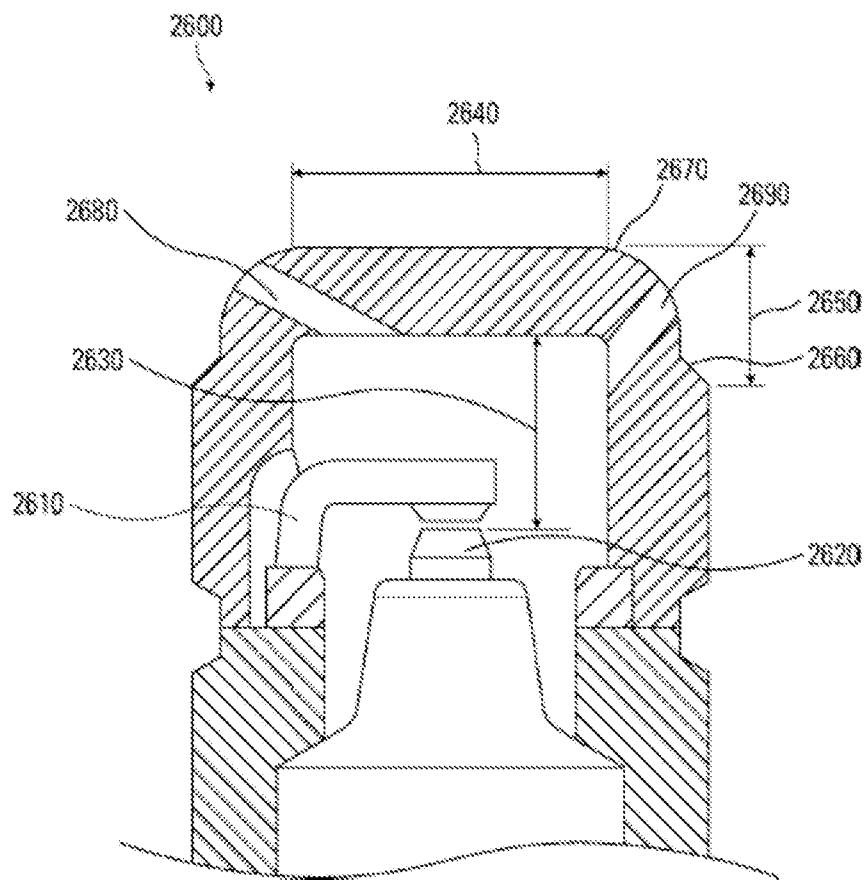


Fig. 26

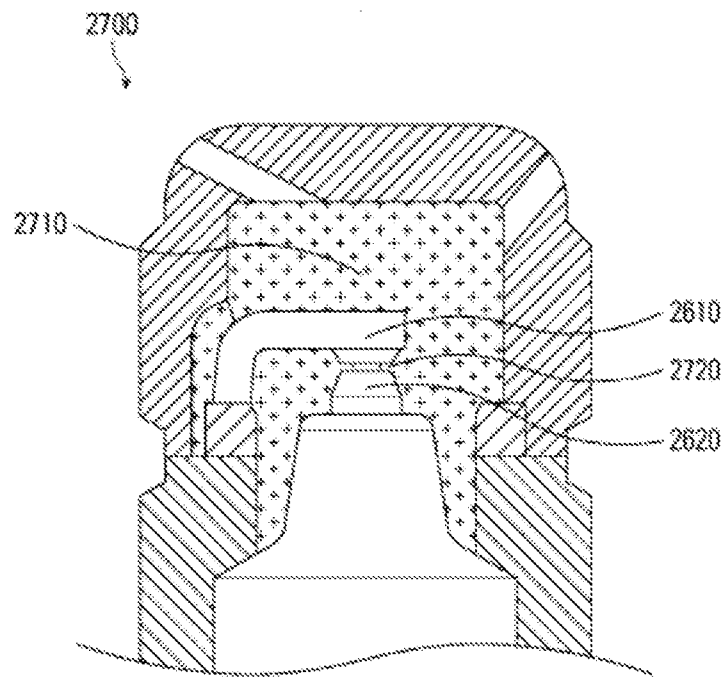


Fig. 27

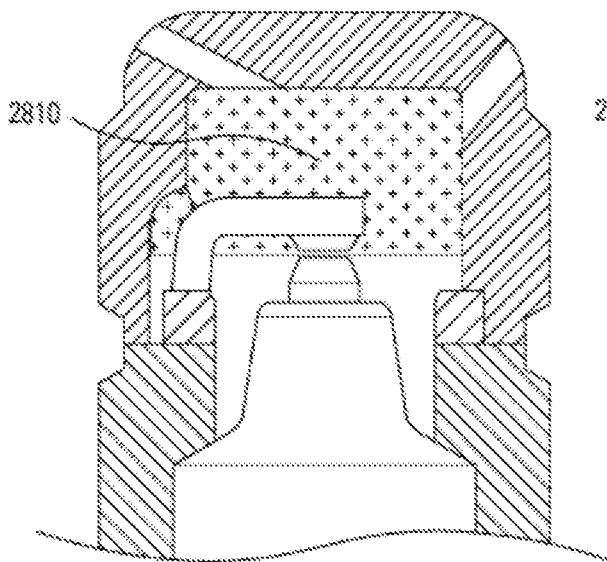


Fig. 28

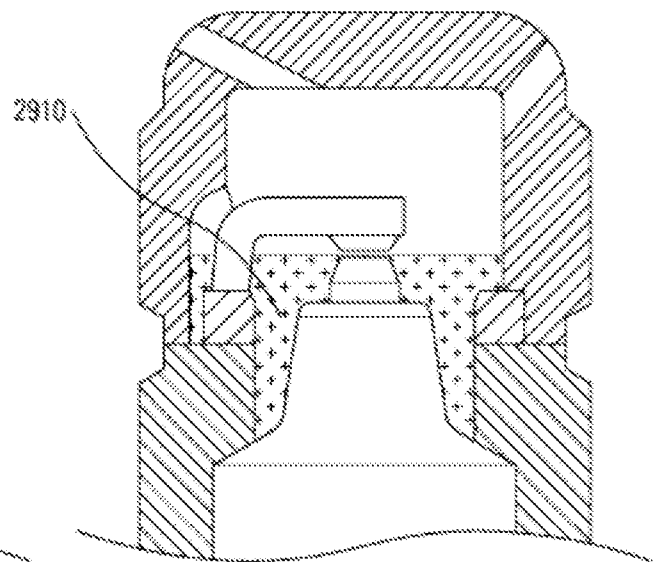


Fig. 29

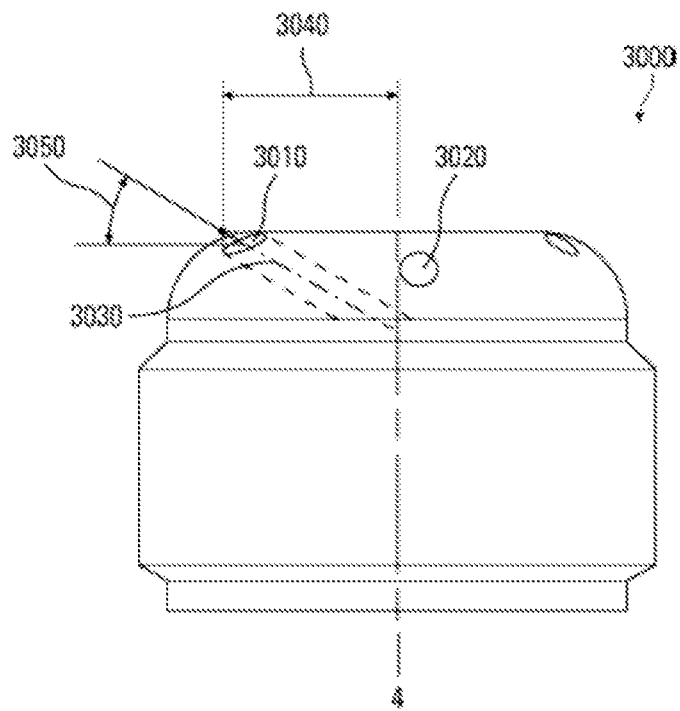


Fig. 30

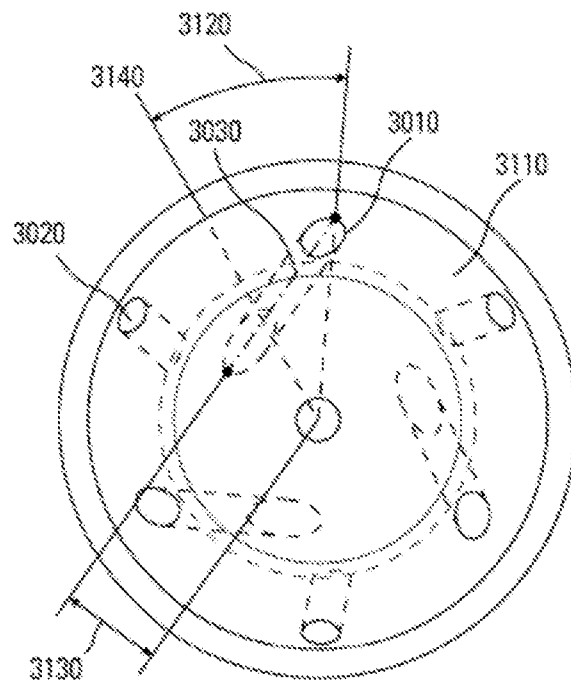


Fig. 31