

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

ES

11	NUMERO	479075
22	FECHA DE PRESENTACION	30-3-79

A1

PATENTE DE INVENCION

30	PRIORIDADES:	32	FECHA	33	PAIS
31	NUMERO				
	909.919		26-5-78		EE.UU.

47	FECHA DE PUBLICIDAD	51	CLASIFICACION INTERNACIONAL	62	PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
			H01S 3/083		

54	TITULO DE LA INVENCION
	"UN GIROSCOPO DE LASER"

71	SOLICITANTE (ES)
	LITTON SYSTEMS, INC. (CD 78-5)

	DOMICILIO DEL SOLICITANTE
	360 North Crescent Drive, Beverly Hills, California 90219, Estados Unidos de América.

72	INVENTOR (ES)
	VIRGIL E. SANDERS

73	TITULAR (ES)

74	REPRESENTANTE
	DON OSCAR DE ELZABURU FERNANDEZ (P.- 71.C41)

CAMPO DEL INVENTO

Este invento se refiere a láseres amulares utilizados como giróscopos en donde la diferencia entre frecuencias resonantes de energía radiante u ondas luminosas que se propagan en sentidos opuestos es una medición de la rotación de la estructura en que se están desplazando dichas ondas en propagación.

FUNDAMENTOS DEL INVENTO

Son bien conocidos giróscopos de láseres amulares que utilizan haces de láser que se propagan en sentidos opuestos. Estos dispositivos se utilizan para medir la rotación del giróscopo de láser amular combinando porciones de los modos de propagación en sentidos opuestos para generar una frecuencia de pulsaciones representativa de las diferencias de frecuencia entre los modos opuestos. Incidentalmente, el término "modo" es utilizado aquí de modo interchangeable con la palabra "onda", y significa una onda en desplazamiento resonante de energía radiante que se propaga dentro de una cavidad de láser amular. Cuando el cuerpo de láser amular es hecho girar alrededor de un eje que tiene una componente perpendicular al plano de láser amular, aumentará la frecuencia de ondas que se propagan en una dirección dentro de la cavidad mientras que disminuirá la frecuencia de ondas que se propagan en la dirección opuesta. Este cambio de frecuencia entre los modos de propagación en sentidos opuestos da como resultado un cambio en la frecuencia de pulsaciones proporcional a la velocidad de rotación. Vigilando la señal de pulsaciones, se obtiene información acerca de la velocidad de rotación del

láser amular.

No obstante, para que el giróscopo de láser amular funcione a bajas velocidades de rotación, debe superarse la sincronización de frecuencias o simplemente "sincronización". Este fenómeno se produce cuando dos ondas que se desplazan en sentidos opuestos en una cavidad resonante con frecuencias ligeramente diferentes son empujadas una hacia otra para combinarse en una onda estacionaria de una única frecuencia. El resultado neto es que para bajas velocidades de rotación del láser amular, en donde las diferencias de frecuencias entre los dos modos oponentes son muy pequeñas, las ondas son impulsadas a reunirse de manera tal que la frecuencia de pulsaciones no cambia y el giróscopo es insensible a pequeñas velocidades de rotación. Los efectos de la sincronización son descritos con detalle en Laser Applications, editado por Monte Ross, Academic Press, Inc., Nueva York, Nueva York, 1971, en el artículo titulado "The Laser Gyro" por Frederick Aronowitz, páginas 133-200.

Es bien sabido que la causa principal del acoplamiento por sincronización es la mutua dispersión o diseminación de energía desde cada uno de los haces en dirección hacia el otro. Esta dispersión mutua, o retrodispersión, es explicada con detalle en el anterior artículo de Aronowitz, páginas 148-153. Brevemente, la diferencia de frecuencias entre dos ondas de propagación en sentidos opuestos en un láser amular es gobernada por la ecuación

$$\dot{\psi} = a + b \text{ sen } \psi$$

en donde  $\psi$  es la diferencia de fases instantánea entre las ondas de propagación en sentidos opuestos,  $a$  es proporcional a la velocidad de rotación del láser anular, y  $b$  es proporcional a la magnitud de energía retrodispersada. En el caso de que  $a$  sea menor que  $b$  la frecuencia de pulsaciones será igual a cero y el láser anular estará sincronizado. Con el fin de tener una señal de salida de giróscopo que sea representativa de una rotación del cuerpo de láser anular,  $a$  debe ser mayor que  $b$ .

Una manera de eliminar la sincronización consiste en hacer oscilar mecánicamente el cuerpo de láser anular. Por oscilación, u oscilación de pequeña amplitud, de la estructura de láser, una velocidad de rotación se superpone al giróscopo de manera tal que la mayor parte del tiempo  $a$  es mayor que  $b$  y se hacen mínimos o eliminan los efectos de  $b$ . Un oscilador mecánico que emplea un giróscopo es descrito en la solicitud de patente de los Estados Unidos también pendiente del presente solicitante con enunciado "Rectangular Laser Gyro" número de serie 741.619 presentada el 15 de noviembre de 1.976.

Otro método para hacer mínimos los efectos de la sincronización, que ha sido sugerido, es la oscilación direccional de pequeña amplitud del campo magnético de una celda Faraday dispuesta dentro de una trayectoria de láser anular. Dentro de la cavidad de láser anular, las ondas de láser polarizadas linealmente son convertidas en luz polarizada circularmente cuyo vector gira en la misma dirección que los arrollamientos en la celda Faraday. Las ondas luminosas polarizadas circularmente son influenciadas por el campo magnético, cuando pasan a través de la celda Faraday

y se produce un aumento o una disminución en la longitud de la trayectoria óptica, dependiendo de la dirección del campo y de la dirección en la que se están desplazando las ondas. Después de abandonar la celda Faraday, la luz polarizada circularmente es convertida de nuevo en luz linealmente polarizada. Haciendo oscilar la corriente en los arrollamientos de celda Faraday, el campo magnético oscila correspondientemente y varía las longitudes de trayectorias ópticas de las ondas en propagación en sentidos opuestos de una manera no recíproca. Esto se puede utilizar también para hacer que  $a$  sea mayor que  $b$  en la ecuación anterior, de manera tal que se hagan mínimos los efectos de la sincronización. Esta oscilación magnética de pequeña amplitud utilizando una celda Faraday se explica en el artículo anterior de Aronowitz, páginas 157 a 159.

Las técnicas anteriores antisincronización son pasivas, es decir no dependen de medios de ganancia de láser activos. Así, con estos métodos, los efectos que se observan por ondas que se propagan en una dirección en la trayectoria de láser son iguales y opuestos a los efectos de las ondas que se desplazan en la dirección opuesta.

#### RESUMEN DEL INVENTO

Para los propósitos de esta discusión, los dos modos resonantes opuestos en una cavidad de láser amular que son combinados para proporcionar información rotacional son denominados "modos primarios". Un objeto de este invento es hacer mínima la sincronización entre modos primarios de propagación en sentidos opuestos en una cavidad láser amular, introduciendo modos adicionales dentro de la

cavidad de láser anular. Estos modos adicionales, o modos secundarios, oscilan con frecuencias diferentes que los modos primarios y se acoplan con los modos primarios a través del medio de ganancia de láser para producir un efecto anti-sincronización.

Por ejemplo, en una forma de realización del invento, cuatro modos resonantes oscilantes son generados dentro de la cavidad de láser anular. Estos cuatro modos pueden ser generados desintonizando la cavidad láser de manera tal que los dos modos primarios funcionen con una frecuencia ligeramente descentrada respecto del centro de la curva de ganancia láser mientras que dos modos secundarios más débiles oscilan con frecuencias en la curva de ganancia sólo ligeramente por encima del umbral. El umbral es definido como la zona en la curva de ganancia en que un modo resonante comienza a ser amplificado en el medio de ganancia láser. Los modos secundarios se acoplan a través del medio de ganancia activo con los dos modos fuertes o intensos para producir un efecto de oscilación de pequeña amplitud sobre  $\Psi$ . Este efecto de oscilación de pequeña amplitud producida sobre  $\Psi$  como resultado del acoplamiento entre los modos débiles y fuertes contrarresta la componente de sincronización de la ecuación y la reduce o elimina.

Otra forma de realización del invento incluye disponer una oscilación perturbadora procedente de un manantial de láser externo. Dos haces de láser pueden ser inyectados dentro de la cavidad láser anular de un láser anular de dos modos. Los modos inyectados, desplazándose uno en cada una de las direcciones, experimentan ganancia procedente del medio de láser y por lo tanto se acoplan con dos mo

dos primarios generados en el láser anular. Estos modos inyectados, que tienen frecuencias diferentes de las de los modos primarios, se acoplan con los modos primarios para lograr un efecto de oscilación de pequeña amplitud en la diferencia de frecuencias. La oscilación de pequeña amplitud reduce o elimina el acoplamiento entre dos modos primarios que se propagan en sentidos opuestos y reduce o elimina de esta manera la sincronización correspondientemente.

Una forma adicional de realización del invento incluye utilizar una porción de las ondas de propagación en sentidos opuestos del láser anular como un manantial externo. En este caso, en donde dos modos primarios en el láser anular tienen ganancia suficiente para oscilar, una porción de un modo se extrae de la cavidad de láser anular a través de un espejo parcialmente reflector. La porción extraída es desplazada según efecto Doppler para alterar su frecuencia resonante y atenuarla, y luego es inyectada de vuelta en el láser anular. Este modo desplazado según efecto Doppler, que tiene una frecuencia ligeramente diferente, se vuelve a combinar con el modo primario original y provoca una oscilación de pequeña amplitud, que reduce la sincronización.

También es un objeto del invento crear métodos para combinar porciones de los modos principales para obtener señales representativas de la velocidad y dirección de rotación del giróscopo láser. También, el invento incluye aparatos para vigilar y hacer óptima la longitud de cavidad del giróscopo láser de manera tal que los modos resonantes oscilen con la frecuencia deseada sobre la curva de ganancia.

Otros objetos, características y ventajas del in

vento resultarán evidentes a partir de una consideración de la descripción detallada y de los dibujos.

#### DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

5                   La figura 1 muestra una primera forma de realización del invento en donde el sistema de circuitos de control de longitud de cavidad ajusta la longitud de cavidad de manera tal que se generan dos modos en ganancia primarios fuertes y dos modos secundarios más débiles en el medio de ganancia.

10                   Las figuras 2 y 3 ilustran cómo la frecuencia óptica de la cavidad resonante puede ser sintonizada de manera que las ondas resonantes en la cavidad funcionen en lugares deseados de la curva de ganancia láser.

15                   La figura 4 ilustra cómo la desintonización de una cavidad láser para permitir que modos secundarios más débiles se acoplen con modos primarios más fuertes, reducirá la sincronización entre dos modos primarios opuestos.

20                   La figura 5 es una segunda forma de realización del invento en donde se generan modos secundarios con un manantial láser externo y se inyectan dentro de la cavidad resonante para acoplarlos con los modos primarios opuestos.

25                   La figura 6 muestra una tercera forma de realización del invento en donde una porción de un modo primario es extraída de una cavidad resonante de láser anular, es desplazada en frecuencia por efecto Doppler, y luego es inyectada de nuevo de retorno a la cavidad para acoplarse con un modo primario.

#### DESCRIPCION DETALLADA DEL INVENTO

Tal como se señala arriba, la frecuencia diferen

cia o frecuencia de pulsaciones que resulta de combinar los dos modos resonantes opuestos primarios dentro de una cavidad de láser amular está gobernada por la expresión

$$\dot{\psi} = a + b \sin \psi$$

en donde  $\psi$  es la diferencia de fases instantánea entre las ondas en desplazamiento en sentidos opuestos,  $a$  es proporcional a la velocidad de rotación del giróscopo de láser amular, y  $b$  es proporcional a la magnitud de la energía retrodifundida. El segundo término en el lado derecho de la ecuación ( $b \sin \psi$ ) representa el acoplamiento que resulta de la retrodifusión. Para pequeñas velocidades de rotación,  $a$  es menor que  $b$  y  $\dot{\psi}$  tiende a cero. En esta situación, el giróscopo de láser amular está sincronizado y no produce ninguna señal de salida representativa de la rotación real. Por lo tanto, con velocidades de rotación pequeñas pero finitas, el láser amular no funciona bien como giróscopo.

Tratando físicamente en cierto modo al láser amular de manera tal que la frecuencia de pulsaciones sea perturbada sinusoidalmente, se añade un término variable en el tiempo, adicional, a la ecuación anterior con el fin de modificarla de manera tal que se exprese como

$$\dot{\psi} = a + b \sin \psi + c \cos \omega t$$

En la nueva ecuación,  $c$  y  $\omega$  representan la amplitud y la frecuencia, respectivamente, de la perturbación impuesta a la frecuencia diferencia  $\psi$ .

Resolviendo esta nueva ecuación para  $\psi(t)$ , resulta una buena aproximación en la ecuación

$$\psi(t) = at - \frac{b}{a} J_0\left(\frac{c}{\omega}\right) \cos(at)$$

Si los valores de  $c$  y  $\omega$  se escogen de manera tal que  $J_0 =$  cero, esta ecuación se reduce a

5

$$\psi(t) = at$$

y se elimina el término de sincronización de la ecuación de frecuencia diferencia original. En la precedente discusión del invento, dicho efecto perturbador adicional sobre la frecuencia diferencia es logrado introduciendo modos o frecuencias adicionales en la cavidad de láser amular para acoplarlo con los modos resonantes primarios. El efecto de estas ondas perturbadoras adicionales, o modos secundarios, se describe por la suma o adición del término  $c \cos \omega t$  que arriba se explica. Controlando la magnitud y la frecuencia de los modos secundarios, los términos  $c$  y  $\omega$  pueden ser manipulados para disminuir la sincronización en el giróscopo de láser amular.

10

15

20

25

30

15029

La figura 1 muestra un giróscopo de láser amular 2. El cuerpo de láser 4 está hecho de cuarzo y una cavidad obturada 6 dentro del cuerpo de láser está llena con 90% de helio y 10 de neón. Dos ánodos 8 y 10 y dos cátodos 12 y 14 están unidos a la cavidad 6. La mezcla de gases en las zonas de la cavidad entre el cátodo 12 y el ánodo 8 y entre el cátodo 14 y el ánodo 10, respectivamente, está cargada eléctricamente para proporcionar un plasma gaseoso que sirve como el medio de amplificación para generar y amplificar los modos de láser resonantes dentro de la cavidad 6. Tres espejos dieléctricos 16, 18 y 20 están colocados en las tres esquinas de la cavidad resonante 6 configurada

de forma triangular. Estos espejos comprenden capas múltiples de recubrimientos dieléctricos, que son bien conocidos en la técnica.

5 El espejo 20 es un espejo parcialmente reflector que permite que pase a través de dicho espejo un pequeño porcentaje de las ondas de láser anular que chocan con él. Las porciones de los dos modos primarios de propagación en sentidos opuestos, que se desplazan en la cavidad 6 a lo largo de la trayectoria representada por la línea 22, pa-  
 10 san a través del espejo y son combinados en una estructura de prisma con el conjunto combinador y fotodetector 23 para formar un diseño de flecos. Este diseño de flecos es recibido por detectores fotosensibles y las señales generadas en él son transmitidas a lo largo de conductores 24 a  
 15 un sistema de circuitos de reducción de datos normalizados y lógicos 26, que determinan la velocidad y el sentido de la rotación. Una descripción más detallada de la combinación de ondas de propagación en sentidos opuestos y del tratamiento de la información obtenida a partir de ello se incluye en Aronowitz, lugar anterior, páginas 139 a 141.  
 20

La frecuencia de haces láser es controlada haciendo variar la longitud de cavidad, es decir la distancia en que se desplazan los modos láser para completar un bucle completo alrededor de la trayectoria 22. Generalmente,  
 25 te, se desea ajustar o sintonizar la longitud de la cavidad de manera tal que los modos que puedan resonar dentro de la cavidad estén en el centro de la curva de distribución de intensidades (curva de ganancia) para el medio de ganancia láser particular. Con el fin de ajustar la longitud de cavidad, el espejo 16 es fijado al cuerpo láser 4  
 30

de una manera tal que pueda moverse hacia dentro y hacia fuera. A la parte trasera del espejo 16 está fijado un apilamiento de elementos piezoeléctricos. El control de longitud de cavidad se logra haciendo oscilar, u oscilar con pequeña amplitud, el espejo 16 aplicando una tensión de corriente alterna a los elementos piezoeléctricos 28. Cuando el espejo 16 es hecho oscilar con una frecuencia dada, la señal de intensidad generada en el conjunto 23 de fotode-  
5 tectores varía correspondientemente y es transmitida a lo largo del conductor 30 al sistema de circuitos 32 de control de longitud de cavidad de bucle cerrado normalizado. Este sistema de circuitos determina donde están colocados los modos resonantes en la cavidad a lo largo de la curva de ganancia, y ajusta la longitud de cavidad nominal, aumentando o disminuyendo la señal eléctrica de corriente continua proporcionada a los elementos piezoeléctricos 28 a lo largo del conductor 34. Una discusión a fondo de este tipo de circuitos está contenida en NASA Report Nº CR-132261, "Diseño y Desarrollo del Giróscopo Láser AAL300Ab02" ("De-  
10 sign and Development of the AAL300Ab02 Laser Gyro") por T. J. Podgorski y D. N. Thymian, 1973, páginas 10 y 11.

Para la forma de realización del invento que se muestra en la figura 1, la oscilación de pequeña amplitud de la frecuencia diferencia entre los modos primarios de propagación en sentidos opuestos en la cavidad, se logra desintonizando la longitud de cavidad. Por ejemplo, en la figura 2 se muestra la curva de ganancia láser 44, es decir la distribución de intensidades de luz emitida en el plasma de ganancia láser en función de la frecuencia óptica de dicha luz emitida. Tal como es bien sabido en la técnica,

sólo ciertas frecuencias pueden resonar, es decir ser amplificadas, dentro de la cavidad de láser anular. La separación de frecuencias entre estos modos resonantes es determinada por la velocidad de la luz ( $c$ ) dividida por la longitud de trayectoria ( $L$ ), o la distancia que realiza una onda para completar un bucle completo alrededor de la trayectoria láser.

En la figura 2, las líneas 36 y 38 representan los modos dextrorso y sinistrorso respectivamente que existen con una frecuencia dada cuando la cavidad láser anular es sintonizada con el centro de la curva de ganancia 44. Las líneas 40 y 42 y las líneas 46 y 48 representan los modos más próximos en la escala de frecuencias ópticas que podrían existir también dentro de la cavidad, excepto en que no se dispone ningún medio de ganancia que amplifique estos otros modos dentro de la cavidad 6. El nivel de intensidad representado por la línea de trazos 50 designa el umbral, o el nivel por encima del cual el medio de ganancia láser amplificará las ondas resonantes dentro de la cavidad.

Para la forma de realización del invento en la figura 1, la desintonización de la longitud de cavidad es lograda ajustando el componente de corriente continua de la señal eléctrica en los elementos piezoeléctricos 28 de manera que la longitud de cavidad sea desintonizada para dar lugar a que los modos principales 36 y 38 sean movidos desde el centro de la curva de ganancia. Debe realizarse suficiente desintonización para permitir que ondas resonantes secundarias, que oscilan por encima del umbral, sean introducidas dentro de la cavidad resonante 6. La fi

gura 3 muestra la manera en que la longitud de cavidad es ajustada por lo que los modos resonantes 36 y 38 son movidos fuera del centro de la curva de ganancia 44 lo suficiente para permitir que ondas secundarias 40 y 42 oscilen ligeramente por encima del umbral en la curva de ganancia.

El modo secundario 40, que se propaga en la cavidad en la dirección dextrorsa, se acoplarán ahora con un modo primario más fuerte 36, que se propaga en la cavidad 6 bien por encima del umbral y en la misma dirección. Esto dará lugar a un efecto de oscilación de pequeña amplitud en el término  $\dot{\Psi}$  en la ecuación de frecuencia diferencia. De la misma manera, el modo secundario sinistrorso 42 se combina con el modo primario 38 para lograr un efecto de oscilación de pequeña amplitud. Los efectos de los modos perturbadores 40 y 42 son gobernados por el término  $c \cos \omega t$  en la ecuación anterior. Ajustando la intensidad a lo largo de la curva de ganancia de los modos 40 y 42 así como la frecuencia con la que éstos oscilan,  $c$  y  $\omega$  en la ecuación pueden ser controlados para disminuir los efectos de sincronización, tal como se explica en la discusión anterior.

La figura 4 es un gráfico que ilustra el modo en que la desintonización afectaba a la frecuencia de sincronización entre los modos primarios 36 y 38 en un experimento particular. La desintonización es definida como sintonización de la longitud de trayectoria del láser anular de manera tal que la frecuencia óptica de los modos primarios sea cambiada desde el centro de la curva de ganancia. Obsérvese en la figura 4 que la sincronización era eliminada prácticamente en un caso en que la longitud de trayectoria

de cavidad era desintonizada a donde los modos primarios eran de 150 megaherzios desde el centro de la curva de ganancia.

Otra forma de realización del invento es mostrada en la figura 5. Esta forma de realización incluye un láser anular de dos modos, similar al giróscopo de láser anular mostrado en la figura 1. Se dispone una cavidad ob-  
5 turada 52 que contiene 90% de helio y 10% de neón la cual, cuando está excitada eléctricamente entre ánodos 54 y cátodos 56, comprende el medio de ganancia láser. Porciones  
10 de las dos ondas primarias de propagación en sentidos opuestos en la cavidad son tratadas a través de un espejo dieléctrico parcialmente transparente 58 dentro de un conjunto  
combinador y fotodetector 60 en donde se generan y transmiten señales a un sistema de circuitos de reducción de da-  
15 tos y lógicos 62. Una señal de corriente alterna generada en el sistema de circuitos 66 de control de longitud de cavidad es suministrada a un apilamiento piezoeléctrico 68  
que hace oscilar con pequeña amplitud al espejo 70, y por  
20 consiguiente hace oscilar a la longitud de cavidad del giróscopo. Las señales de intensidad procedentes del conjunto  
combinador y fotodetector 60 son transmitidas a lo largo del conductor 64 al sistema de circuitos 66 de control  
de longitud de cavidad. Variaciones en la señal de intensidad, debidas a las oscilaciones del apilamiento piezoeléctrico 68 son tratadas en el sistema de circuitos 66 de con-  
25 trol de longitud. La componente de corriente continua de la señal transmitida al apilamiento piezoeléctrico a lo  
largo del conductor 72 es ajustada para hacer óptima la longitud de cavidad para máxima intensidad de las ondas de pro-

pagación en sentidos opuestos allí existentes. Al contrario que en el ejemplo arriba discutido con relación a la figura 1, la longitud de cavidad es ajustada de manera tal que los modos resonantes estén funcionando substancialmente en el centro de la curva de ganancia.

En la forma de realización del invento en la figura 5, ondas secundarias perturbadoras con frecuencias diferentes de los modos resonantes primarios en el giróscopo láser son introducidas desde un manantial externo. En este caso el manantial externo es un láser lineal 74 de dos modos. Dos modos separados generados en el láser lineal 74 se desplazan colinealmente con respecto al elemento dispersivo 76. Dichos elementos dispersivos son bien conocidos en la técnica y pueden comprender una rejilla para desfractar frecuencias diferencia en diferentes magnitudes. Después de pasar a través del elemento dispersivo 76 un modo secundario 78 es desfractado hacia el espejo dieléctrico 80 en donde es reflejado hacia el espejo 82 que transmite parcialmente. Al pasar a través del espejo 82, el modo 78 entra en la cavidad de láser anular 52 en la dirección dextrorsa y se acopla con el modo primario dextrorso generado en la cavidad.

El modo secundario 84 es desviado por el elemento dispersivo 76 hacia el espejo 86 y luego a través del espejo 82. Entra en la cavidad 52 que se desplaza en la dirección sinistrorsa y se acopla con el modo primario sinistrorso.

De nuevo, el efecto perturbador de los modos secundarios introducidos en la cavidad es representado en la ecuación de frecuencia diferencia por el término  $c \cos \omega t$ .

La frecuencia diferencia entre modos secundarios 78 y 84 es representada por  $\omega$ . La porción de amplitud  $c$  es proporcional a la magnitud de señales 78 y 84 y la magnitud de las frecuencias diferencia entre los modos secundarios y primarios en la cavidad. Los términos  $c$  y  $\omega$  pueden por lo tanto ser manipulados para disminuir la sincronización mediante control de la transmitancia del espejo 82 y la frecuencia y magnitud de las señales generadas en el láser lineal 74.

La figura 6 muestra una tercera forma de realización del invento. Esta forma de realización incluye un giróscopo de láser amular triangular, similar a los láseres amulares mostrados en las figuras 1 y 5. El sistema de circuitos de control de longitud de cavidad ajusta el apilamiento piezoeléctrico para hacer máxima la intensidad de la señal de salida del giróscopo de láser amular. Los dos modos opuestos que se propagan en la cavidad a lo largo de la trayectoria 22 tienen frecuencias sintonizadas substancialmente con el centro de la curva de ganancia de láser 44 de las figuras 2 y 3.

En el dispositivo mostrado en la figura 6, un modo secundario perturbador es introducido en la cavidad láser amular y se acopla con el modo primario que se propaga en sentido sinistrorso. Para obtener el modo secundario, una porción del modo sinistrorso en la trayectoria 22 pasa a través del espejo dieléctrico 88 que transmite parcialmente. Esta onda transmitida 102 pasa luego a través de un aislador direccional 90. Dichos aisladores direccionales son bien conocidos en la técnica y funcionan para cambiar el ángulo de polarización de las ondas en desplaza-

miento que pasan a través de ellos. Luego el modo 102 incide sobre el espejo dieléctrico 92, que está fijado a un apilamiento piezoeléctrico 94. Una tensión de corriente alterna es suministrada con una frecuencia seleccionada al apilamiento piezoeléctrico 94 procedente del sistema de circuitos de oscilación 104, haciendo que oscile el espejo 92.

5 Esta oscilación, a su vez, desplaza según efecto Doppler la frecuencia del modo 102 de manera tal que después de que ésta es desviada desde el espejo dieléctrico 98 y vuelta a introducir a través del espejo 88 parcialmente transmisor dentro de la trayectoria de láser anular, su frecuencia es cambiada con relación al modo primario del que había sido extraída. Este modo desplazado según efecto Doppler, después de volver a entrar en la trayectoria 22, se acopla con el

10 modo primario de sentido sinistroso para producir el efecto de oscilación de pequeña amplitud antisincronización sobre  $\psi$  que antes se describe.

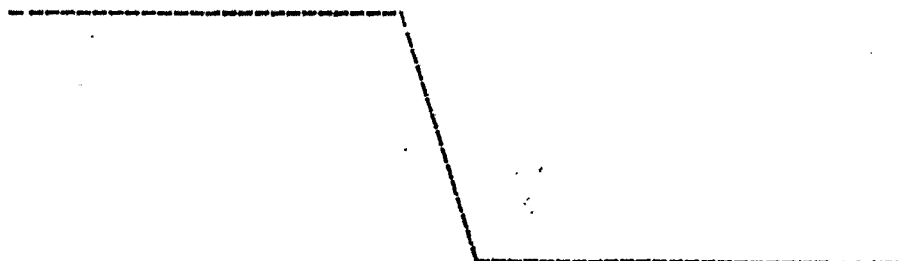
La magnitud de la señal 102 desplazada según efecto Doppler que vuelve a entrar en la cavidad está representada en la ecuación de frecuencia diferencia por  $c$ . El término  $c$  puede ser controlado mediante control de la magnitud de 102. Modos de controlar esta magnitud incluyen controlar la transmitancia del espejo dieléctrico 88 que transmite parcialmente. El término  $\omega$  en la ecuación de frecuencia diferencia corresponde a la frecuencia de oscilación y es transmitido al apilamiento piezoeléctrico 94. Este término

25 puede ser controlado con facilidad simplemente haciendo variar o controlando la frecuencia de oscilación generada en el sistema de circuitos 104. Por lo tanto, controlando la magnitud y frecuencia de oscilación del modo 102 cuando es-

te vuelve a entrar en la cavidad láser y se acopla con el modo primario sinistrorso, se pueden disminuir substancialmente los efectos de sincronización.

5 Incidentalmente, un polarizador 96 dispuesto en la trayectoria del modo 102 permite efectivamente que haces con un sentido de polarización pasen a su través mientras que se bloqueen haces que tengan diferente polarización. El polarizador 96 es ajustado para permitir que pasen a su través haces 102. Dado que el aislador direccional 90 ha cambiado el sentido de polarización del modo 102, porciones del modo principal que se propagan en sentido dextrorso que pasen a través del espejo 88, tienen diferentes polarizaciones y serán bloqueadas por el polarizador 96.

10 Se pueden efectuar cambios en las formas de realización antes descritas del presente invento, y a pesar de ello éstas pueden estar todavía dentro de su alcance y espíritu. Ejemplos de tales cambios incluyen, pero no están limitados a, utilizar una trayectoria láser anular con forma rectangular, utilizando medios distintos de los apilamientos piezoeléctricos para hacer oscilar espejos dieléctricos, utilizando aparatos de control de longitud de cavidad alternada, no utilizando ningún dispositivo de control de longitud de cavidad, y utilizando medios diferentes para combinar y tratar haces primarios de propagación en sentidos opuestos para obtener información rotacional.



REIVINDICACIONES

5

Los puntos de invención propia y nueva, que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

10

1ª.- Un giróscopo de láser amular que comprende: un cuerpo de láser amular que incluye superficies reflectoras las cuales definen trayectoria óptica de bucle cerrado; medios para generar y mantener al menos dos modos de desplazamiento resonante primarios que se propagan en sentidos opuestos los cuales se propagan en dicha trayectoria óptica con lo cual las diferencias de frecuencia entre dichos modos primarios son representativas del movimiento angular experimentado por dicho cuerpo de láser amular; medios para generar y mantener al menos un modo de desplazamiento resonante secundario que se propaga en dicha trayectoria y se acopla con al menos uno de dichos modos primarios, con lo cual se eliminan o disminuyen los efectos de sincronización; y medios para tratar dichas diferencias de frecuencias entre dichos modos primarios para generar señales representativas de movimiento angular de dicho cuerpo láser amular.

15

20

25

2ª.- El giróscopo de láser amular descrito en la reivindicación 1ª, en que dichos medios para generar y mantener modos primarios y dichos medios para generar y mantener al menos un modo secundario comprenden además: medios de ganancia de plasma gaseoso cargados eléctricamente para

generar y amplificar dichos modos primarios y secundarios; medios que controlan la longitud de dicha trayectoria óptica para sintonizar la longitud de dicha trayectoria de manera tal que al menos dos modos secundarios más débiles que se propagan en sentidos opuestos y al menos dos modos primarios más intensos que se propagan en sentidos opuestos sean generados y amplificados dentro de dichos medios de ganancia, con lo cual dichos modos secundarios se acoplan con dichos modos primarios para disminuir la sincronización entre dichos modos primarios.

3ª.- El giróscopo de láser amular descrito en la reivindicación 1ª, en que dichos medios para generar al menos un modo secundario comprenden además: medios externos respecto de dicho cuerpo de láser amular para generar al menos un modo secundario que tenga una frecuencia diferente de la de dichos modos primarios; y medios para introducir dicho modo o dichos modos externos dentro de dicha trayectoria óptica para acoplarse con al menos un modo primario, con lo cual una oscilación producida entre dichos modos secundarios y primarios reduce los efectos de sincronización entre modos primarios.

4ª.- El giróscopo de láser amular descrito en la reivindicación 1ª, en que dichos medios para generar y mantener al menos un modo secundario comprenden además: medios para extraer una porción de al menos uno de dichos modos primarios de dicha trayectoria de bucle cerrado; medios modificadores de frecuencia oscilantes dispuestos en la trayectoria de dicho modo extraído para modificar la frecuencia de dicho modo extraído; y medios para introducir dicho modo de frecuencia modificada en dicha trayectoria para

acoplarlo con al menos uno de dichos modos primarios, con lo cual dicho acoplamiento provoca una oscilación que reduce la sincronización entre dichos modos primarios.

5 5ª.- El giróscopo de láser amular descrito en la reivindicación 1ª, que comprende además medios que controlan la longitud de dicha trayectoria óptica para sintonizar la longitud de trayectoria con el fin de controlar la frecuencia óptica de dichos modos primarios.

6ª.- Un giróscopo de láser.

10 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de veintiuna hojas escritas a máquina por una sola cara.

15

Madrid, 30. MAR 1979.

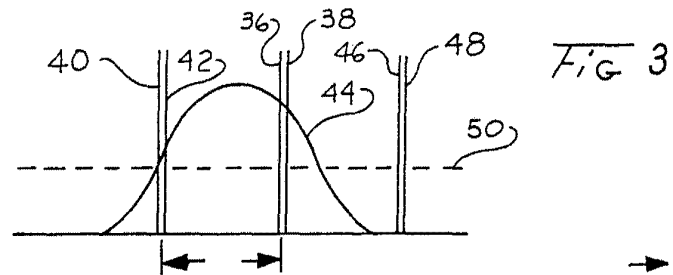
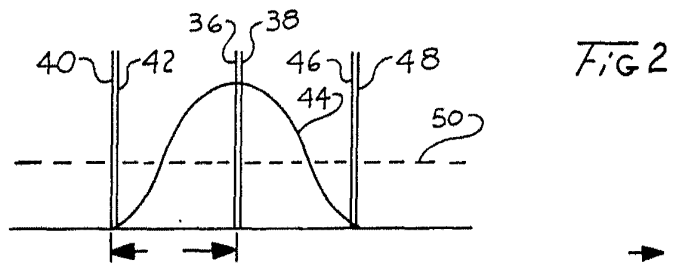
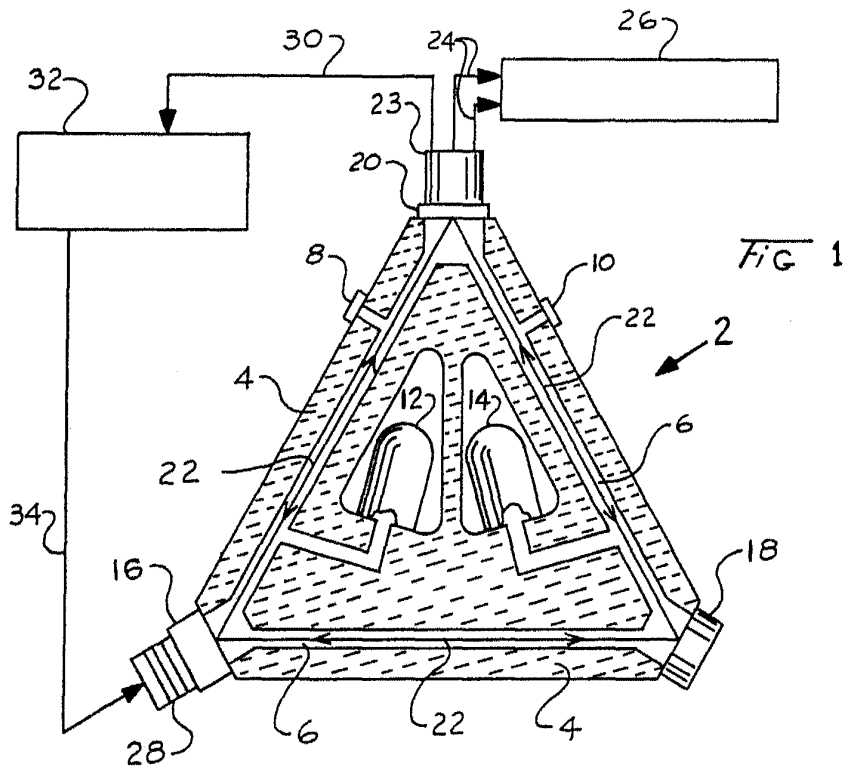
P.A:

Oscar de Elizaburu  
Por Poder

20

25

30  
15029  
EBL.



Oscar W. Elzburgy  
Pat. Attor.

*Handwritten signature or scribble*

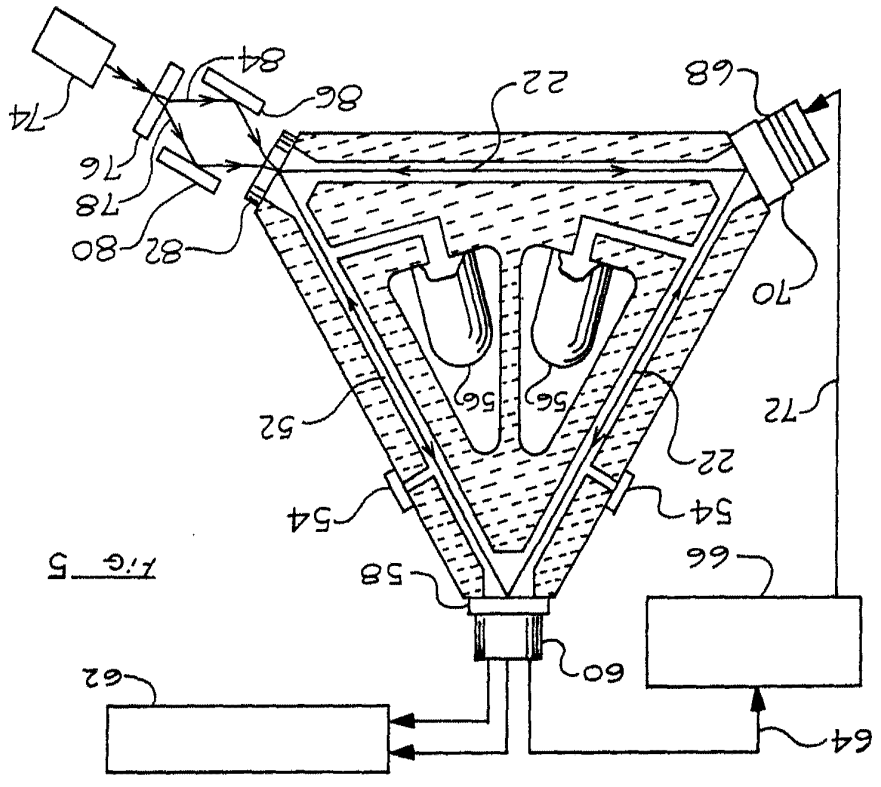


FIG. 5

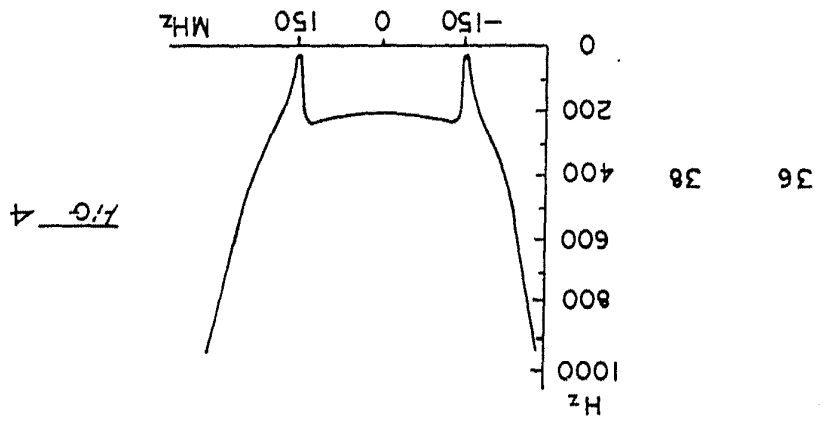


FIG. 4

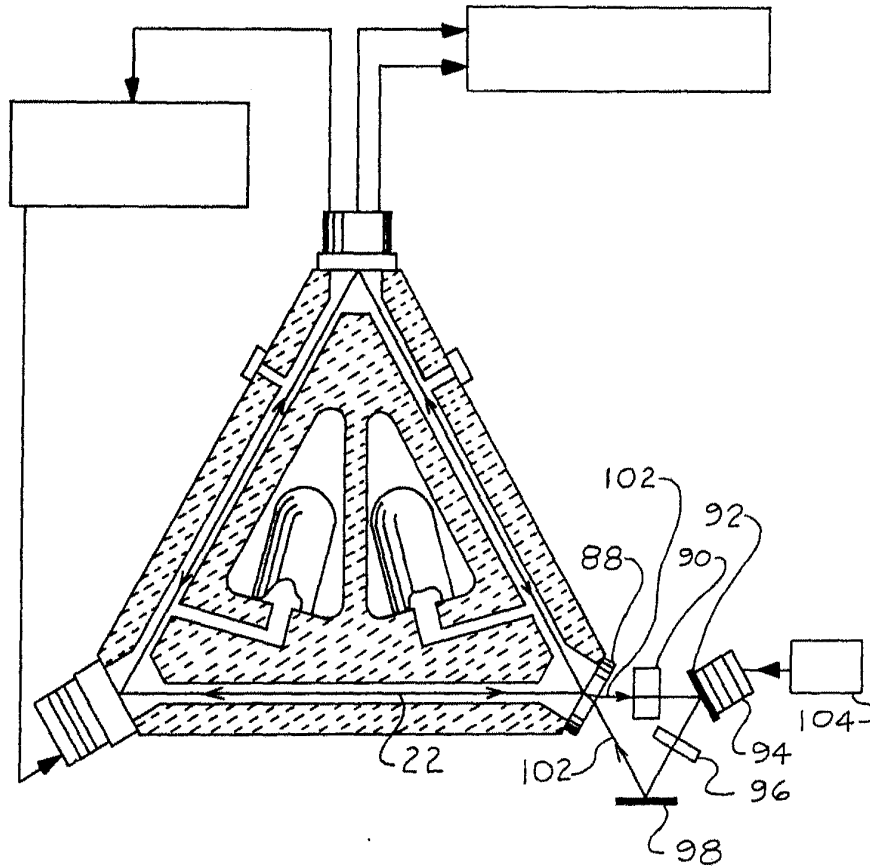


Fig 6

Oscar de la Cruz  
Por Pedra