



1961

271154

P A T E N T E
D E
I N V E N C I O N

por "MAGNETÓMETRO ÓPTICO", a favor de la firma estadounidense VARIAN ASSOCIATES, domiciliada en "611, Hansen Way", Palo Alto, California, Estados Unidos de América.

MEMORIA DESCRIPTIVA

La presente invención se refiere a un magnetómetro óptico.

5. En general, la presente invención trata de la medición de campos magnéticos débiles y, aun más particularmente, de un magnetómetro-oscilador óptico, independiente, sobre la orientación, para ser usado en aeroprospección geofísica y similares.

10. En un desarrollo copendiente está revelado un nuevo magnetómetro-oscilador óptico basado en propiedades mecánicas cuánticas de absorción óptica, recientemente descubiertas. Brevemente, este oscilador comprende una cuba de absorción que contiene un grupo de átomos, u otros sistemas cuánticos, caracterizados por un estado de suelo longevo o energía meta-stable, el cual está dividido en una pluralidad de sub-niveles magnéticos por un campo magnético unidireccional.

15.



271154

externo, por ejemplo, el campo magnético de la tierra. Los sistemas cuánticos están alineados u orientados de modo que, un primer conjunto de subniveles están poblados en exceso con respecto a un segundo conjunto de subniveles y esta alineación es variada, de una manera periódica, por precesiones de resonancia magnética de los momentos magnéticos de dichos sistemas cuánticos de modo que, en efecto, este exceso de población es periódicamente intercambiado entre dichos conjuntos de subniveles primero y segundo. De ese modo, un haz de radiación óptica de comprobación, el cual es pasado a través de la cuba de absorción con dichas características espectrales (frecuencia, intensidad, polarización y dirección) que es más fuertemente absorbido por los sistemas cuánticos en un conjunto de subniveles que por aquellos en el otro conjunto, obtiene una modulación de intensidad periódica bien definida. Este haz de intensidad modulada es entonces interceptado por un detector óptico para producir una señal eléctrica de alta frecuencia la cual es amplificada y regenerada a la cuba de absorción en la forma de un campo magnético alterno de frecuencia de resonancia, con la fase apropiada para mantener la modulación del haz por precesiones forzadas de los sistemas cuánticos, efectuando así oscilación automantenida, continua, a una frecuencia determinada por la frecuencia de precesión de los sistemas cuánticos. En vista de que esta frecuencia de precesión es una función sustancialmente lineal del campo unidireccional externo, la frecuencia de oscilación provee una indicación continua de la intensidad de campo magnético.

En un ejemplo, la cuba de absorción contiene un vapor de átomos alcalinos irradiados por un haz circularmente polarizado de radiación espectral alcalina propagada a un ángulo



- al campo magnético externo. El haz sirve la doble función de alinear los átomos por bombeo óptico (un proceso por el cual los átomos de absorción que son elevados a un estado excitado rápidamente se desintegran para poblar en exceso los subniveles de menor absorción) y de comprobar la variación periódica en alineación. En otro ejemplo, átomos de gas de helio son mantenidos en un estado metastable por una descarga r.f. y son irradiados por radiación espectral de helio la cual sirve también la doble función de alineación y comprobación. Aún en otro ejemplo, átomos de vapor de mercurio son alineados en un estado metastable por intercambio de giro con un haz de electrón de bombardeo y la alineación es comprobada por radiación espectral de mercurio polarizada en un plano. En este último ejemplo, la luz es modulada a dos veces la frecuencia de precesión, de modo que un divisor de frecuencia está incluido en el circuito de realimentación.
- 5.
- 10.
- 15.

- De las muchas disposiciones posibles, es preferida la de un vapor alcalino para la incorporación aquí descrita, estando la misma ventajosamente caracterizada por frecuencias espectrales y de precesión a las cuales la modulación de intensidad luminosa puede ser bastante simple y efectivamente convertida a una señal eléctrica alterna. De los varios metales alcalinos tiene el vapor de rubidio una ventaja ulterior porque su temperatura óptima de cuba (alrededor de 40°C.) es ideal para condiciones de operación de campo.
- 20.
- 25.

- Los magnetómetros-osciladores de vapor de rubidio del tipo arriba descrito han demostrado operación fidedigna con sensibilidades del orden de .01 gamma (1 gamma = 10^{-5} gaussio), siendo ésto de 10 a 100 veces tan sensitivo como magnetómetros de precesión de protones y de intermitencia de flujo usados a-
- 30.



hora para aeroprospecciones geofísicas. Hasta ahora, sin embargo, la utilidad de tales instrumentos magnetómetros ópticos, para aplicaciones desde el aire y otras aplicaciones móviles, estaba limitada en vista de las siguientes fuentes de dependencia sobre la orientación:

5. (1) El desplazamiento de fase entre la señal de realimentación aplicada a la cuba de absorción y la modulación de intensidad del haz luminoso, es una función de la orientación relativa entre la dirección del vector del campo magnético, de frecuencia de resonancia, la dirección del campo magnético unidireccional y la dirección del haz luminoso. En el caso más favorable, en el cual dicho vector, de frecuencia de resonancia, es constreñido a ser colinear con el haz luminoso, un desplazamiento de fase de 90° positivos es encontrado con el haz luminoso dirigido en un hemisferio (con referencia a la dirección del campo unidireccional) y un desplazamiento de fase de 90° negativos es encontrado con el haz luminoso dirigido en el otro hemisferio, De ese modo, cuando el desplazamiento total de fase alrededor del vientre de oscilación es apropiado para la oscilación en un hemisferio, existe un llamado "efecto de hemisferio" por medio del cual ese desplazamiento de fase no será apropiado para la oscilación cuando el instrumento está orientado en el otro hemisferio, a menos que la fase de la señal de realimentación sea simultáneamente invertida. Un medio de vencer este efecto de hemisferio, es el proveer un conmutador electrónico automático el cual invierte las conexiones de salida del amplificador de retroacción siempre que la oscilación tiende a desaparecer. Esta solución, aunque es bastante útil, introduce considerables complejidades de circuito, especialmente en campos muy bajos donde se requiere un tiempo considerable para determinar si el sistema es oscilante.



54

(2) La línea de resonancia que representa la absorción óptica como una función de la frecuencia del campo magnético alterno, aplicada a la cuba de absorción, es realmente dividida en varias líneas poco espaciadas, debió a ligeras diferencias en la separación de frecuencia de los varios subniveles magnéticos. En vista de que las contribuciones de las distintas líneas no son iguales en general, la línea de absorción total es una asimétrica cuya forma depende de la dirección del haz luminoso relativo al campo unidireccional. De ese modo, según el instrumento es rotado, un error de avance es introducido debido a variaciones en la frecuencia a la cual se encontraba la condición para la oscilación.

(3) Donde es usado un solo haz luminoso para ejecutar la doble función de alinear los sistemas cuánticos por bombeo óptico y comprobar la variación periódica en alineación, la amplitud de la señal experimenta zonas muertas, polares y ecuatoriales, con referencia a la dirección del campo unidireccional. Esto es una consecuencia del hecho de que el haz debe tener un componente en la dirección del campo unidireccional, a fin de bombear, y un componente a ángulos agudos al campo, a fin de comprobar.

El principal objeto de la presente invención es proveer un magnetómetro óptico mejorado, en el cual es reducida una o más de las fuentes antes indicadas de dependencia sobre la orientación.

Una característica de la presente invención es la provisión de un magnetómetro-oscilador, óptico, que tiene cubas de absorción acopladas transversalmente.

Otra característica de la presente invención es la provisión de un magnetómetro óptico que utiliza haces luminosos que tienen diferentes direcciones de polarización circular relativa a la



dirección del campo magnético unidireccional que está siendo medido.

5. Aún otra característica de la presente invención es la provisión de una disposición de magnetómetro óptico que comprende una pluralidad de magnetómetros separados orientados de tal manera que sus zonas muertas están en anti-coincidencia.

10. Estas y otras características y ventajas de la presente invención se evidenciarán por la siguiente descripción detallada en relación con las figuras de la adjunta lámina de dibujos, ilustrando una realización a título de ejemplo no limitativo.

En los dibujos:

La fig. 1 es un diagrama de circuito esquematizado, de un magnetómetro-oscilador acoplado transversalmente, de acuerdo con la presente invención;

15. La fig. 2 es una vista isométrica ilustrando la disposición de la cuba de absorción de un magnetómetro oscilador múltiple, de acuerdo con la presente invención; y

La fig. 3 es otro circuito esquematizado de un magnetómetro que utiliza la configuración de cuba de la fig. 2.

20. Refiriéndonos a la fig. 1 ahora, la fuente luminosa que produce haces dirigidos en dirección contraria a través de las cubas de absorción 1 y 2, es una lámpara de descarga sin electrodo, de escaso ruido, de alta pureza espectral, que comprende un pequeño bulbo de descarga 3 de vapor de rubidio natural mezclado con un medio de arranque de gas de criptón acoplado estrechamente a una bobina 4 de descarga r.f. externa, la cual es activada por el oscilador de excitación 5. La bobina 4 está preferiblemente acoplada al oscilador 5 a través de una larga línea de transmisión coaxial 6 a fin de reducir al mínimo las distorsiones magnéticas que pueden ser ocasionadas por los componentes

25. 30.

27 54

110



- del circuito oscilador. Cada haz luminoso pasa, sucesivamente, a través de un filtro de interferencia 7 el cual suprime la línea "D₂" 7800 angstrom, engrandeciendo de tal modo el bombeo óptico, entretanto que pasa la línea "D₁" 7948 angstrom, una lente colimadora fresnel de lámina plástica 8, un polarizador circular 9 para efectuar la absorción de subnivel diferencial, una cuba de absorción asociada 1 o 2, una segunda lente colimadora 10 y es enfocado en una fotocélula 11, la cual comprende un mosaico de células solares silíceas soldadas conjuntamente como ripias en serie.

- Las cubas de absorción 1 y 2 contienen un vapor de rubidio que está preferiblemente enriquecido isotópicamente con respecto a rubidio-85 o rubidio-87, mezclado con un gas amortiguador, tal como neón, para reducir las colisiones murales desorientadoras, por medio de lo cual se proveen largos tiempos de relajación y, consecuentemente, las estrechas extensiones de línea requeridas para alta sensibilidad. En el caso de rubidio-85, el haz luminoso polarizado y filtrado, será modulado a una frecuencia de precesión de 4.66 ciclos por gamma y, en el caso de rubidio-87, a una frecuencia de precesión de 7.00 ciclos por gamma (1 gamma = 10^{-5} gausio). Por ejemplo, en un campo de la tierra, promedio, de 0.5 gausio, la frecuencia de precesión de rubidio-85 es de 233 kc. Esta modulación de intensidad es convertida por las fotocélulas 11 en una señal eléctrica alterna de la misma frecuencia, la cual es amplificada por amplificadores 12 y regenerada en relación acoplada en cruz a las cubas de absorción a través de bobinas coaxiales 1' y 2' enrolladas en sentido contrario, en la forma de un campo magnético alterno, el cual mantiene precesiones forzadas de los átomos de rubidio. La señal de realimentación, que tiene una frecuencia proporcional a la intensi-



27-154

dad del campo magnético unidireccional que está siendo medido, es combinada en el mezclador 13 con una señal desde el oscilador estabilizado por cristal piezoeléctrico 14 a una frecuencia que corresponde a una intensidad de campo de referencia para producir una frecuencia diferencial, la cual es indicada por un dispositivo de lectura 15, tal como un frecuencímetro de salida, analógico, acoplado a un registrador gráfico. Otros métodos para medir la frecuencia de realimentación como una indicación de la intensidad desconocida del campo magnético, serán evidentes a aquellos expertos en el arte.

A fin de mantener una condición de oscilación automantenida, el desplazamiento total de fase a través de las cubas de gas 1 y 2, fotocélulas 11 y amplificadores 12, debe ser cero. En vista de que el haz luminoso y vector de campo alterno son coaxiales alrededor del eje del instrumento i y las bobinas 1' y 2' están conectadas en direcciones opuestas, es encontrado un desplazamiento de fase de 90° en cada caba de absorción, por medio de lo cual, el desplazamiento de fase de la caba de absorción, neto, es de 180° . Para campos mayores de alrededor de 10.000 gamma, la capacitancia en derivación del circuito de fotocélula, equivalente, será suficiente para producir un desplazamiento de fase de 90° en cada fotocélula, de modo que, la contribución neta de fotocélula es 180° . Finalmente, los amplificadores pueden ser rápidamente diseñados para exhibir un desplazamiento de fase de cero, el cual permite la oscilación sobre un alcance de dinámica, amplio.

Cuando el instrumento es rotado de modo que la fase del campo alterno es invertida con respecto al campo unidireccional, el desplazamiento de fase a través de cada una de las cubas de absorción 1 y 2 es invertido, por ejemplo desde 90° positivos a



374 54

110

- 90° negativos. Sin embargo, el desplazamiento de fase de la cuba de absorción, neto, permanece a 180°, manteniendo por lo tanto la condición de oscilación y eliminando el efecto de hemisferio anteriormente discutido. En campos bajos, cuando el desplazamiento de fase de cada fotocélula parte de 90°, las redes compensadoras del desplazamiento de fase pueden ser incluidas de modo que, la contribución neta compensada de las fotocélulas será, cero o 180°. En el caso en que el desplazamiento de fase de las fotocélulas, neto, es de cero grados, la dirección de la conexión de las bobinas en una de las cubas de absorción es invertida, de modo que el desplazamiento de fase a través de una cuba es de 90° positivos y el desplazamiento de fase a través de la otra cuba es de 90° negativos dando, por lo tanto, un desplazamiento de fase de las cubas de absorción, neto, que también es cero. Además, es posible reemplazar la lámpara única 3 por dos lámparas separadas que proveen haces luminosos paralelos (propagados en la misma dirección o en direcciones opuestas). En todos estos casos el efecto de hemisferio es eliminado, en vista de que el desplazamiento de fase, neto, a través de las dos cubas de absorción es el mismo, a pesar de la dirección del instrumento relativa al campo magnético unidireccional. Si existe un gradiente de campo pequeño entre la localización de las cubas 1 y 2, el valor absoluto del desplazamiento a través de las cubas se desvía de 90°, de acuerdo con la magnitud de este gradiente.

Refiriéndonos de nuevo a la fig. 1, los haces luminosos dirigidos en dirección opuesta son ambos o polarizados circularmente hacia la derecha o polarizados circularmente hacia la izquierda, por lo cual los haces luminosos tienen direcciones opuestas de polarización circular con respecto a la dirección



271154

- del campo magnético unidireccional y por lo tanto distribuciones inversas de absorción de subnivel. Como resultado, la línea de resonancia de absorción óptica, asociada con una cuba, es la imagen de espejo de la línea de absorción asociada con la otra cuba, de modo que, aún, si las líneas separadas son asimétricas, la línea de absorción, compuesta, será sustancialmente simétrica reduciendo por lo tanto el error de avance antes discutido debido a desplazamientos en la frecuencia de oscilación según el instrumento es rotado. En los casos donde son propagados en la misma dirección dos haces luminosos, las direcciones opuestas de polarización circular para reducir el error de avance, son obtenidas por medio de polarizar circularmente a la derecha un haz y polarizar circularmente a la izquierda el otro haz. Debe observarse además que el uso de dos haces luminosos (de la misma lámpara o de lámparas separadas) los cuales tienen direcciones opuestas de polarización circular relativa al campo magnético unidireccional, reducirá también el error de avance cuando es usada una cuba de absorción única que tiene una sección separada para cada haz luminoso, por ejemplo, en un magnetómetro del tipo auto-oscilación o del tipo de detector de fase de barrido.
5. 20.
10. 25.
15. 30.

El magnetómetro-oscilador simple de la fig. 1 experimentará zonas muertas de señal cuando el eje del instrumento está dentro de, aproximadamente, ser de más menos 5° paralelo o perpendicular al campo magnético unidireccional. Cuando se desea proveer un instrumento que puede ser operado sin esta restricción en el avance, puede ser usado un magnetómetro oscilador múltiple que usa la configuración de la cuba de absorción de la fig. 2. Los ejes ópticos de los tres pares de cubas de absorción 1a, y 2a, 1b y 2b, 1c y 2c, están dispuestos a un ángulo agudo

271154



5. (por ejemplo 45°), cada uno respecto a otro, de modo que cuando un par de cubas entra en una zona muerta, por lo menos uno de los otros dos pares es, sustancialmente, removido de cualquier zona muerta. Un instrumento más simple, que usa solamente dos de los tres pares de cubas de absorción, eliminar-á todo, excepto una pequeña zona muerta perpendicular al plano definido por los dos ejes ópticos del magnetómetro.

10. Un esquematizado circuito de un magnetómetro oscilador múltiple que usa la configuración de cuba de la fig. 2, se muestra en la fig. 3. La salida asociada con la segunda cuba de absorción 2a, 2b o 2c, de cada oscilador, es alimentada por vía de su respectiva fotocélula superior 11 a un amplificador de salida 12' que es común a los tres vientres de oscilación. Las contribuciones de las fotocélulas 11 de los osciladores separados están todas en la misma fase a pesar de la orientación y de ese modo aumentan cada otra en el amplificador común 12' para proveer una
15. señal de salida independiente sobre la orientación, continua.

20. Debe observarse que los dos magnetómetros separados, según esta invención, pueden tener sus salidas combinadas para medir el gradiente de campo magnético entre las dos localizaciones de magnetómetro. Por ejemplo, un segundo magnetómetro-oscilador pudiera ser sustituido por el oscilador de cristal piezoeléctrico 14 en la fig. 1, por medio de la cual la lectura de la frecuencia diferencial 15 indica el gradiente entre los magnetómetros separados.
25.

30. Como pueden hacerse muchos cambios en la construcción anterior y también muchas incorporaciones diferentes, aparentemente extensas, de esta invención, sin salirse del alcance de la misma, se entenderá que lo descrito y representado antes se consideran como ejemplos ilustrativos y no limitativos.



110

27154

N O T A

Hecha la descripción del presente invento se hace constar, que esta solicitud se acoge a la prioridad de la solicitud de patente estadounidense Serial N° 62.480, depositada el 13 de Octubre de 1960, y que se declaran como nuevas y de propia invención las reivindicaciones siguientes:

- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

1.- Magnetómetro óptico, caracterizado por comprender, en combinación: un par de cubas de absorción óptica que contienen un grupo de sistemas cuánticos que pueden precesar en un campo magnético unidireccional de intensidad desconocida, medio para pasar la radiación óptica a través de cada cuba de absorción con tales características espectrales como para ser absorbida diferencialmente con respecto a los subniveles magnéticos de dichos sistemas cuánticos por medio de lo cual la intensidad de la radiación que pasa a través de cada cuba es intensidad modulada a una frecuencia que depende de la medida de precesión de los referidos sistemas cuánticos, medio para convertir la modulación de intensidad de la radiación que pasa a través de cada cuba de absorción en una señal eléctrica alterna, y medio para acoplar, transversalmente, la señal eléctrica asociada con la radiación que pasa a través de cada cuba de absorción, a la cuba de absorción opuesta en la forma de un campo magnético alterno que produce precesiones forzadas de los expresados sistemas cuánticos, efectuando, por lo tanto, oscilación automantenida a una frecuencia que indica la intensidad de dicho campo magnético unidireccional.

2.- Magnetómetro óptico, según la reivindicación 1, caracterizado porque en dicha combinación la mencionada radiación óptica también alinea la citados sistemas cuánticos por medio de bombeo óptico.



274 54

- 3.- Magnetómetro óptico, según la reivindicación 1, caracterizado porque en dicha combinación las partes de radiación óptica pasadas a través de las cubas de absorción separadas son polarizadas circularmente en direcciones opuestas con respecto a la dirección del campo magnético unidireccional.
- 5.
- 4.- Magnetómetro óptico, caracterizado por comprender, en combinación; medio de cuba de absorción que contiene un grupo de sistemas cuánticos que pueden precesar en un campo magnético unidireccional de intensidad desconocida, medio para pasar radiación óptica a través del citado medio de cuba de absorción con tales características espectrales como para ser absorbida diferencialmente con respecto a los subniveles magnéticos de los mencionados sistemas cuánticos, las partes de radiación óptica pasadas a través de partes separadas del expresado medio de cuba de absorción que tiene distribuciones invertidas de absorción de subnivel, medio de campo magnético alterno acoplado al referido medio de cuba de absorción y medio respondiendo a la intensidad de la radiación óptica que ha pasado a través del mencionado medio de cuba de absorción para proveer una señal que varía de acuerdo con la frecuencia de campo magnético alterno a cuyas precesiones de resonancia de dichos sistemas cuánticos son producidas, indicando la citada frecuencia la intensidad del referido campo magnético unidireccional.
- 10.
- 15.
- 20.
- 5.- Magnetómetro óptico, según la reivindicación 4, caracterizado porque en dicha combinación la salida del citado medio que responde a la radiación óptica es acoplada al referido medio de campo magnético alterno para así establecer una condición de oscilación automantenida.
- 25.
- 6.- Magnetómetro óptico, según la reivindicación 4, caracterizado porque en dicha combinación las citadas partes de radiación
- 30.



271154
ción óptica son polarizadas circularmente en direcciones opuestas con respecto a la dirección del referido campo magnético unidireccional.

5. 7.- Magnetómetro óptico, caracterizado por comprender, en combinación; una pluralidad de magnetómetros ópticos, constituido cada uno por medio de cuba de absorción óptica que contiene un grupo de sistemas cuánticos que pueden precesar en un campo magnético unidireccional de intensidad desconocida, medio para pasar radiación óptica a través del citado medio de cuba de absorción con tales características espectrales como para ser absorbida diferencialmente con respecto a los subniveles magnéticos de los expresados sistemas cuánticos, medio de campo magnético alterno acoplado al mencionado medio de cuba de absorción, y medio que responde a la intensidad de la radiación óptica que ha pasado a través del citado medio de absorción para proveer una señal que varía de acuerdo con la frecuencia del campo magnético alterno a la cual son producidas precesiones de resonancia de los referidos sistemas cuánticos, experimentando dicha señal una o más zonas muertas como una función de la dirección de propagación de la citada radiación óptica relativa a la dirección del expresado campo magnético unidireccional, estando las direcciones de propagación de radiación óptica en los magnetómetros separados que están dispuestos en ángulos relativos uno con respecto a otro, dispuestas de manera que las zonas muertas de los mencionados magnetómetros quedan en anti-coincidencia por medio de lo cual las señales de tales magnetómetros separados pueden ser combinadas para proveer una indicación de intensidad magnética de independencia sobre la orientación aumentada.

30. 8.- Magnetómetro óptico, según la reivindicación 7, caracte-



21154

rizado porque en dicha combinación la salida del medio que responde a la radiación de los magnetómetros separados está acoplada a su medio de campo magnético alterno, asociado, para de ese modo establecer una condición de oscilación automantenida.

5. 9.- Magnetómetro óptico, según la reivindicación 8, caracterizado porque en dicha combinación el medio de cuba de absorción de cada magnetómetro comprende dos cubas de absorción separadas, pasando la radiación óptica a través de cada cuba separada que está siendo convertida a una señal eléctrica que está acoplada transversalmente a la otra cuba.

10. 10.- Magnetómetro óptico, según la reivindicación 9, caracterizado porque en dicha combinación el medio separado que acopla cada señal eléctrica a su medio de cuba de absorción, asociado, incluye un amplificador común.

15. 11.- Magnetómetro óptico, según la reivindicación 10, caracterizado porque en dicha combinación la referida indicación de intensidad magnética independiente sobre la orientación, es obtenida desde la salida del referido amplificador común.

20. 12.- Magnetómetro óptico, según la reivindicación 11, caracterizado porque en dicha combinación, los citados sistemas cuánticos son átomos alcalinos en forma de vapor, comprendiendo la expresada radiación óptica radiación espectral, circularmente polarizada, de los mencionados átomos alcalinos propagados con una dirección puesta de polarización circular relativa a dicho campo magnético unidireccional a través de cada cuba de absorción separada del mencionado medio de cuba de absorción, estando dispuestas las direcciones de propagación de radiación óptica en los magnetómetros separados en ángulos agudos en relación uno de ellos con respecto a cada uno de los demás.

30. 13.- Magnetómetro óptico, según la reivindicación 11, en cuya



1100

271154

combinación dichos ángulos agudos reivindicados en la 12 son de 45° , aproximada-mente.

5. 14.-Magnetómetro óptico, caracterizado por comprender, en combinación,; un par de cubas de absorción óptica que contiene un grupo de átomos alcalinos, en forma de vapor, que pueden precesar en un campo magnetico unidireccional de intensidad de conocida, medio para pasar haces ópticos de la radiación espectral de dichos átomos alcalinos a través de cada una de las citadas cubas de absorción con direcciones opuestas de polarización circu-lar relativas al campo magnético unidireccional, es-
10. tando modulada la intensidad de los referidos haces a la frecuencia de precesión de los expresados átomos, medio para convertir la modulación de intensidad de cada haz en una señal eléctrica, alterna, a dicha frecuencia de precesión, medio para
15. acoplar transversalmente la señal eléctrica derivada del haz que pasa a través de cada cuba de absorción a una bobina que circunda la cuba de absorción opuesta coaxialmente, alrededor de la dirección del haz luminoso que pasa a través de allí, creando dicha bobina un campo magnético alterno que produce
20. precesión forzada de los citados átomos efectuando, por lo tanto, oscilación automantenida a una frecuencia que es, sustancialmente, proporcional a la intensidad del referido campo magnético unidireccional, y medio de salida respondiendo a la mencionada frecuencia de oscilación.
25. 15.- Magnetómetro óptico, según la reivindicación 14, caracterizado porque dichos átomos alcalinos son mezclados con un gas amortiguador para evitar colisiones murales desorientadoras.
30. 16.- Magnetómetro óptico, según la reivindicación 35, caracterizado por incluir además medio para suprimir una de las



271154

líneas D de dichos haces de radiación espectral para engran-
decer así el bombeo óptico.

17.- Magnetómetro óptico, según la reivindicación 16, en
el cual dichas cubas de absorción contienen vapor de rubidio.

5. 18.- Magnetómetro óptico, según la reivindicación 17, en
el cual dicho medio convertidor de intensidad comprende un mo-
saico de células solares silíceas.

19.- Magnetómetro óptico.

Según se describe y reivindica en la presente memoria que
consta de diecisiete hojas foliadas y mecanografiadas por una
sola cara y de una lámina de dibujos.

Madrid, a 11 de Octubre de 1961

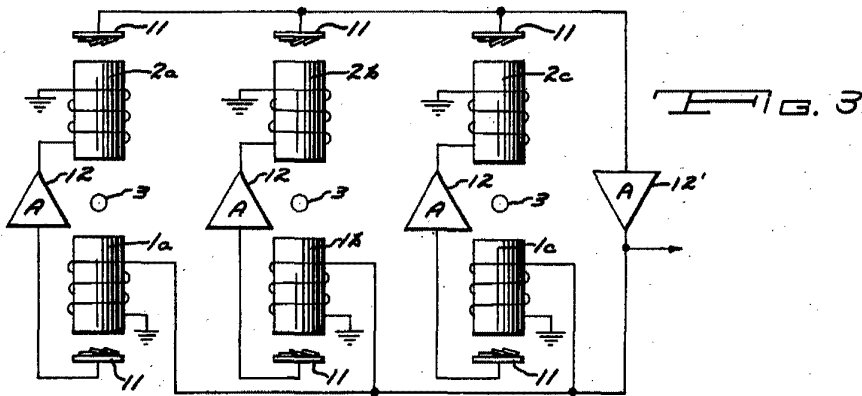
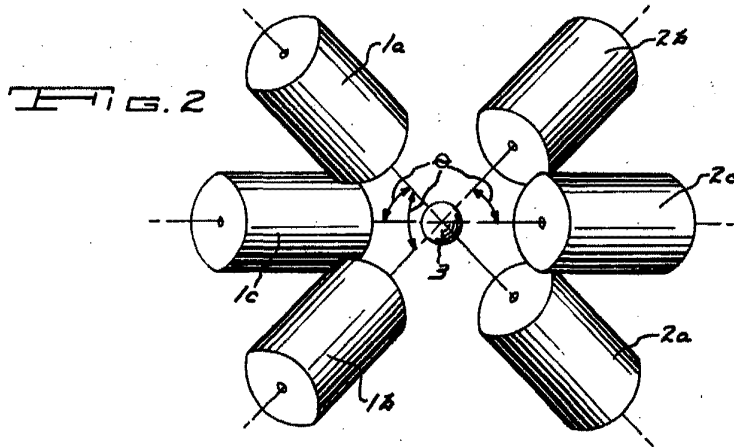
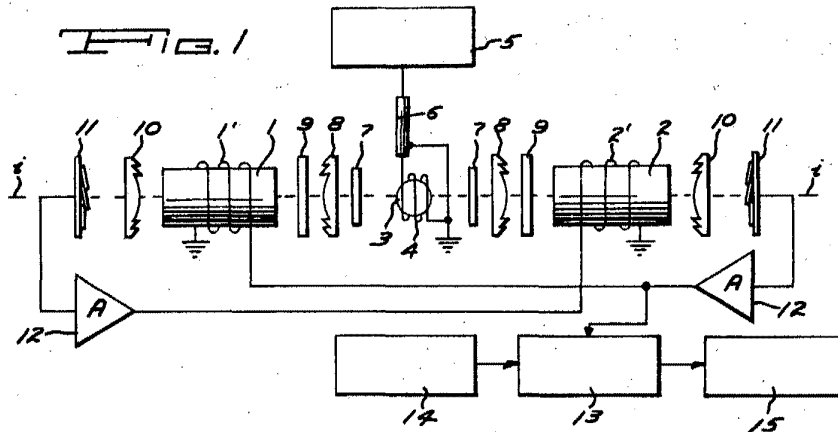
VARIAN ASSOCIATES.

P. a.

JAIME ISERN MIRALLES
P.P.



271154



Madrid, a 11 de Octubre de 1951.

JAMIE ISELEN MIRALLES

J.P.