



ESPAÑA

- 4 OCT. 1977

**PATENTE DE INVENCION**

NUMERO	442.275	10 A1
FECHA DE PRESENTACION	31-10-75	

30 PRIORIDADES: 31 NUMERO 520.047	32 FECHA 1-11-74	33 PAIS ESTADOS UNIDOS
---	---------------------	---------------------------

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL H015	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
------------------------	--	--------------------------------------

64 TITULO DE LA INVENCION  
METODO Y SU CORRESPONDIENTE APARATO AMPLIFICADOR LASER.

71 SOLICITANTE (S)  
JERSEY NUCLEAR-AVCO ISOTOPES, INC.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE  
777-106th Avenue Northeast, C-00777 Bellevue, WASHINGTON 98009,  
Estados Unidos.

72 INVENTOR (ES)  
Charles T. Pike; Richard H. Levy, ambos de nacionalidad canadiense.

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE  
D. BERNARDO UNGRIA GOIBURU

EXTRACTO DE LA DESCRIPCION

Se describe un sistema de amplificador láser que tiene una multiplicidad de circuitos de amplificación de radiación láser en paralelo a partir de un solo oscilador láser estable. La multiplicidad de canales de amplificación láser se excita para producir impulsos secuenciales de radiación de salida amplificada que se entrelazan por medio de un sistema de combinación óptico de manera que se obtenga un solo haz de radiación amplificada en forma de impulsos de frecuencia de repetición acelerada.

AMBITO DEL INVENTO

El invento se refiere a sistemas de amplificador láser y en particular a un sistema que tiene una multiplicidad de canales paralelos de amplificación láser para radiación procedente de un solo oscilador láser.

ANTECEDENTES DEL INVENTO

En la técnica de enriquecimiento láser que se describe por ejemplo en la patente de los Estados Unidos, número 3.772.519 o en las solicitudes de patente números de serie 328.954 del dos de febrero de 1973 y 469.407, del 13 de mayo de 1974, que se incorporan aquí a título de referencia, se utiliza radiación láser para excitar de manera isotópicamente selectiva una circulación de vapor de uranio. Con el objeto de obtener una frecuencia de impulsos más elevada en la radiación láser aplicada con el fin de aumentar el rendimiento del sistema se ha sugerido, según se indica por ejemplo en la solicitud de patente de los Estados Unidos copendiente, número de serie 438.029, del 30 de enero de 1974, que se incorpora aquí a título de referencia, utilizar un sistema de óptica giratoria para combinar una secuencia de impulsos de radiación procedentes de una multiplicidad de canales de radiación en un solo canal combinado de radiación con mayor frecuencia de

repetición de impulsos. Para su utilización en este sistema, se necesita un aparato para generar una multiplicidad de canales de radiación láser en forma de impulsos, estando los impulsos de cada canal relacionados de una manera predeterminada en el tiempo, y conservando sin embargo la estabilidad y la reproducibilidad espectral de la radiación láser de cada canal de modo que el haz combinado sea adecuado para efectuar una eficaz fotoexcitación isotópicamente selectiva.

BREVE RESUMEN DEL INVENTO

De acuerdo con un modo de realización preferido del invento, se describe un sistema para generar una pluralidad de canales separados de radiación laser en forma de impulsos con una intensidad elevada y una pureza espectral adecuadas para el enriquecimiento láser eficaz. En la descripción del modo de realización preferido, se utiliza un láser de colorante único, de baja potencia, que funciona por impulsos o de manera continua, que presenta un haz de salida de radiación laser estabilizada que incluye una línea de absorción de un isótopo contenido en el medio irradiado sin incluir al mismo tiempo una línea de absorción de cualquier otro tipo de isótopo. La salida del oscilador laser es estabilizado se inyecta en paralelo en una multiplicidad de amplificadores de célula de colorante con bombeo transversal que amplifican a la frecuencia del oscilador láser. Los amplificadores incluyen una región de forma alargada de solución de colorante bombeada transversalmente que presenta una superficie transversal reducida para aumentar la amplificación. La célula de colorante bombeada transversalmente está mantenida exenta de elementos de determinación de frecuencia, así como de reflexiones de realimentación para no producir ningún cambio de frecuencia ni inestabilidad alguna en el tramo de amplificación de la célula de coloran

te que serían capaces de destruir la homogeneidad espectral obtenida mediante la utilización de un solo oscilador láser.

Las células de colorante múltiples situadas en los canales de amplificación láser en paralelo están excitadas por impulsos producidos por una multiplicidad de láseres bombeados con una secuencia tal que se obtenga una idéntica separación entre los impulsos procedentes de cada célula de colorante, pero estando los impulsos procedentes de todas las demás células de colorante escalonados para que sea posible combinar ópticamente los impulsos procedentes de las múltiples células de colorante en un haz de impulsos láser combinados de separación entre impulsos idéntica y con una frecuencia de repetición de impulsos más elevada.

Antes de aplicar los impulsos de radiación láser amplificada procedente de cada célula de colorante a la óptica de combinación de haz, cada impulso amplificado puede ser alargado para obtener el máximo rendimiento del sistema de enriquecimiento.

#### BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Estas características del invento así como otras podrán entenderse más claramente leyendo la siguiente descripción de un modo de realización preferido del invento que se da a título de ilustración y sin carácter limitativo, conjuntamente con los dibujos que la acompañan y en los cuales:

la figura 1 es un diagrama de programación en el tiempo de las formas de onda, útil para entender el invento;

la figura 2 es un diagrama del sistema de amplificación láser según el invento;

las figuras 3 y 4 son diagramas de un oscilador láser estabilizado destinado a ser empleado en el invento;

las figuras 5 y 6 son vistas ortogonales de uno

de los amplificadores de la multiplicidad de amplificadores de célula de colorante destinados a ser utilizados en el invento;

la figura 7 es un diagrama de un sistema de alargamiento de los impulsos láser que puede ser empleado en el invento y;

la figura 8 es un diagrama de un sistema de combinación óptico de haz láser destinado a ser utilizado en el invento.

DESCRIPCION DETALLADA DEL MODO DE REALIZACION PREFERIDO

El invento prevé un sistema para proporcionar una multiplicidad de haces láser de radiación laser en forma de impulsos con una intensidad, una estabilidad y un contenido espectral consistente para la excitación isotópicamente selectiva de las partículas contenidas en un medio en circulación. Los múltiples haces de radiación láser en forma de impulsos se combinan para permitir la realización de una frecuencia de impulsos más elevada con el objeto de obtener una más completa excitación de las partículas contenidas en el medio en circulación.

La distribución en el tiempo de los impulsos contenidos en los canales múltiples separados y únicos puede entenderse más claramente haciendo referencia a la figura 1, que representa un diagrama de programación de tiempo de los impulsos láser. Una multiplicidad de haces de impulsos láser que pueden tener una duración de hasta una fracción notable de microsegundo, se ilustra en las formas de onda 12, 14, 16 y 18, y están producidos cada uno por uno de los amplificadores de la multiplicidad de amplificadores láser según el invento. Los impulsos procedentes de cada amplificador que se ilustran en las formas de onda 12-18 se combinan para proporcionar un haz de salida compuesto que se ilustra por la forma de onda 20 que consiste en una serie de impulsos

láser equidistantes con una frecuencia de repetición superior a la frecuencia de cualquiera de los amplificadores individuales 12-18 en un factor igual al número de canales amplificadores se parados. Utilizando la técnica de combinación óptica que se ilustra en la solicitud de patente de los Estados Unidos mencionada más arriba, número de serie 438.029, es posible conseguir frecuencias de repetición del haz de salida compuesto ilustrado en la forma de onda 20 igual a varias decenas de kHz que se desea para obtener una eficaz separación isotópica en el enriquecimiento del uranio.

El haz combinado que se ilustra por la forma de onda 20 necesita que todos los impulsos tengan esencialmente las mismas características espectrales, es decir estabilidad, frecuencia central y excursión de frecuencia, para asegurar que se obtenga con la radiación láser procedente del haz combinado una excitación isotópicamente selectiva muy eficaz. Por tanto, es necesario que unas pequeñas variaciones de frecuencia u otras perturbaciones no se produzcan en los canales amplificadores múltiples necesarios para producir la serie de impulsos amplificados separados que se ilustran por los diagramas de forma de onda 12, 14, 16 y 18.

El aparato que permite obtener esta homogeneidad espectral se ilustra en la figura 2 que es un diagrama de conjunto de un oscilador láser y de una multiplicidad de sistemas amplificadores en paralelo para producir un conjunto de haces de radiaciones láser amplificada del tipo ilustrado en los diagramas de forma de onda 12-18 y de un aparato para prolongar la duración de los impulsos y para combinar los canales de impulsos con el fin de conseguir el haz compuesto de impulsos que se ilustra en la forma de onda 20.

Como se ilustra en la figura 2, un oscilador lá-

ser del tipo de colorante de onda sostenida 22 está excitado por un láser de argón 24, típicamente para generación de un haz láser continuo a una frecuencia definida con precisión y con una anchura de banda que permita la excitación isotópicamente selectiva del isótopo de uranio U-235. Una frecuencia en la porción roja-naranja del espectro visible se elige de manera típica para la frecuencia de salida de este oscilador cuando se desean tres pasos de energía de fotoexcitación isotópicamente selectiva. El sistema del tipo de la figura 2 puede emplearse para uno o varios pasos de energía. El oscilador de excitación de argón 24 puede ser un Spectra-Physics, modelo 165, o modelo 170 según la potencia necesaria.

El oscilador laser de colorante del tipo de onda sostenida 22 tendrá típicamente una potencia de salida de aproximadamente 10-100 mw por canal de amplificación láser al cual se aplique. Aunque sea preferible utilizar un láser de colorante de onda sostenida para el oscilador patrón 22, pueden utilizarse otros láseres que incluyen láseres de impulsos que tienen una frecuencia de impulsos de salida que corresponde por lo menos a la que se ilustra en la forma de onda 20.

A partir del láser de colorante 22 del tipo de onda sostenida, se obtiene un haz de salida 26 que tiene una característica espectral precisa y de alta estabilidad. Un láser de colorante estabilizado particularmente útil para el oscilador 22 puede ser el que se representa en la solicitud de patente de los Estados Unidos, copendiente, número de serie 434.078, del 17 de enero de 1974, que se incorpora aquí a título de referencia. Los detalles de un sistema de este tipo se ilustran en las figuras 3 y 4 e incluye, de manera típica, un láser de colorante sintonizable y una cavidad conjuntamente con un sistema de estabili

zación de realimentación de la radiación láser. En particular, una célula de colorante 30 contiene una solución colorante que forma el medio de generación de oscilaciones láser y está asociada con una cavidad y un dispositivo de sintonización para controlar la frecuencia de oscilaciones láser. La célula de colorante 30 se ilustra más detalladamente en la figura 4 y se ve que incluye una primera y segunda ventanas de célula 32 y 34 que tienen en ellas unos revestimientos antireflectantes a la frecuencia de la radiación laser deseada y mantenidas conjuntamente por unas placas de compresión 36 y 38 y unas juntas de anillo tórico 40. La solución colorante utilizada en la célula de colorante 30 como medio de generación de radiaciones láser, penetra y sale de la región entre las placas 32 y 34 bajo la forma de una circulación continua desde una bomba hasta un depósito, no ilustrado por medio de conductos respectivos 42 y 44.

Haciendo referencia a la figura 3, se ve que la cavidad de formación de oscilaciones láser además de la célula de colorante 30, incluye un espejo de salida 46 que tiene una superficie cóncava 48 parcialmente reflectante y una lente externa convexa 50 para el control de divergencia del haz laser. En el otro lado de la célula 30, una lente 51 está también dispuesta en el trayecto del haz láser para alinear de nuevo la radiación procedente de la célula 30 en el trayecto 52 para su reflexión a través de la cavidad. Un espejo dicróico 54 está situado en la cavidad y refleja la radiación realineada a través de un filtro patrón Fabry Perot controlado 56 que puede, de manera típica, estar montado de manera pivotante alrededor de un eje central 58 y cuya rotación está controlada por un elemento piezoeléctrico 60 en respuesta a una señal aplicada a una línea 62. El filtro Fabry Perot incluye de manera típica un conjunto de ventanas de si

licio fundido situadas paralelamente para definir una cavidad, con una transmisividad que aumenta en los puntos de resonancia de la cavidad. La frecuencia de la radiación que atraviesa el filtro Fabry Perot 56 se sintonizará de manera fina en correspondencia con el ángulo del filtro patrón 56 de la manera que se explicará más adelante. La cavidad incluye además un prisma 64 en el lado alejado del filtro 56 y un espejo de reflexión total 66 los cuales constituyen conjuntamente una definición de variación de frecuencia de la radiación láser procedente de la célula de colorante 30.

La radiación de excitación para invertir las poblaciones de estado de energía en el colorante contenido en la célula 12 de modo que tome el estado de generación de radiaciones laser se obtiene a partir del láser de argón 24 a través del espejo dicróico 54 situado en el trayecto 52. La radiación láser de argón superpuesta excita el medio colorante contenido en la célula 30 hasta que tome un estado de energía excitada. La transición particular a una estrecha gama de uno o varios estados de nivel más bajo está definida por la frecuencia a la cual se sintoniza la cavidad, eligiéndola típicamente para que corresponda a la línea de absorción del isótopo U-235 en el caso de enriquecimiento del uranio. De acuerdo con este sistema, la frecuencia de oscilación láser estará definida de manera estrecha y corresponderá a una línea de absorción particular del isótopo deseado sin que incluya a la vez una línea de absorción adyacente que corresponde a otros tipos de isótopos. Unas líneas de absorción de uranio apropiadas para esta finalidad pueden elegirse en las tablas publicadas o gracias a la espectroscopia básica en la porción que se extiende desde el rojo al naranja del espectro visible. De manera típica, la diferencia entre líneas de absorción

de los isótopos U-235 y U-238 en esta porción del espectro visible, puede no ser superior a una fracción de la longitud de onda ( $\text{cm}^{-1}$ ).

Un divisor de haz 68 toma una muestra, típicamente un pequeño porcentaje de la radiación del haz de salida 26, y la conduce a través de un filtro patrón estable, tipo Fabry Perot 70. El filtro 70 tiene una camisa de control de temperatura 72 alimentada a través de la tubería 74 por un baño de control de temperatura 76. Se regula la temperatura del baño para que la temperatura del filtro patrón se mantenga con variaciones de temperatura preferentemente inferiores a  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

El filtro patrón 70 incluirá típicamente un separador entre los espejos del filtro o, generalmente, unas ventanas. El separador está formado preferentemente de silicato de titanio con coeficiente de dilatación extremadamente reducido, que puede obtenerse en el comercio, con un coeficiente de dilatación de aproximadamente  $3 \times 10^{-8}/^{\circ}\text{C}$  a la temperatura ambiente. Cuando se efectúa un control de temperatura con una precisión de  $0,1^{\circ}\text{C}$ , se obtiene una estabilidad superior a una parte en  $10^8$ , es decir  $6 \times 10^{-5}$  angstroms en la gama de 6.000 angstroms aproximadamente.

La muestra de radiación, después de atravesar el filtro patrón produce una red de interferencia cuando se forma su imagen por medio de un telescopio 78 entre un par de fotodetectores 80 y 82.

El filtro patrón Fabry Perot 70 proporciona la transmisividad máxima a la frecuencia y el ángulo de transmisión, para los cuales un número entero de medias longitudes de onda se adapta entre las ventanas de filtro. Por consiguiente, varios ángulos diferentes proporcionarán la transmisividad máxima a cualquier frecuencia dada, conduciendo a una configuración de

anillos. Cuando se varía la frecuencia de la radiación incidente, la posición de los anillos cambia radialmente debido a los diferentes ángulos separados a los cuales se produce la transmisividad máxima. El campo de observación de la lente 78 selecciona una corta sección de línea, un punto, de un anillo, y la enfoca en un punto situado entre los fotodetectores 80 y 82. Típicamente, los fotodetectores están separados en una línea radial de la configuración de anillos.

La salida de los detectores 80 y 82 se aplica a través de las resistencias de entrada correspondientes 84 y 86 a las entradas inversora y no inversora de un amplificador diferencial 88 que puede incluir una o varias etapas de amplificación. La entrada no inversora está conectada a masa a través de una resistencia 90 mientras que la entrada inversora recibe una señal suplementaria procedente del circuito de realimentación que consiste en una resistencia 92 que determina la ganancia, en paralelo con un condensador 94 de estabilización de la frecuencia.

La salida del amplificador 88 se aplica al mecanismo de accionamiento piezoeléctrico 60 por la línea 62. Un brazo pivotante 96 del filtro patrón 58 está aplicado sobre el eje de salida mecánica 98 del dispositivo de accionamiento piezoeléctrico 60 y está mantenido elásticamente contra este eje por un muelle 100.

Este control de realimentación del ángulo del filtro 58 proporciona la estabilización de frecuencia deseada para el haz de salida 26 aplicado a través del sistema ilustrado en la figura 2.

Volviendo ahora a la figura 2, el haz de salida 26 procedente del laser de colorante de onda sostenida 22 es reflejado por un espejo 102 hacia un primer divisor de haz 104 que

dirige una parte de la radiación del haz 26 a través de una lente 106 hasta una célula de colorante 108 que actúa como amplificador láser no resonante. La célula de colorante 108 está excitada por los impulsos de radiación procedentes de un laser de nitrógeno 110 a través de una lente de enfoque cilíndrica 112 que proporciona una excitación transversal por impulsos de una región alargada del medio colorante contenido en la célula 108. El haz amplificado de impulsos de radiación láser procedente de la célula de colorante 108 se aplica a través de una lente 114, y de un filtro 116 que puede ser utilizado en variante para limitar la sobre-radiación del haz de salida 118 procedente de la célula de colorante 108, a un divisor de haz 120 que forma parte de un ensanchador de impulsos 122 del tipo ilustrado en la solicitud de patente de los Estados Unidos, número de serie 360.176, del 14 de mayo de 1973 y en la solicitud de patente de los Estados Unidos, número de serie 360.178, del 14 de mayo de 1973, que se incorporan aquí ambas a título de referencia. El impulso de radiación más largo contenido en el haz 18 es reflejado a partir del divisor de haz 120 y se aplica a un sistema óptico de combinación 124 del tipo ilustrado en la solicitud de patente de los Estados Unidos mencionada más arriba, número de serie 438.029.

Unos canales de amplificación laser suplementarios reciben otra radiación procedente del haz 26 de la manera ilustrada con el divisor de haz 104', la lente 106' y otros componente generalmente idénticos a los que se describen más adelante y que se identifican con los signos prima en el dibujo de la figura 2. Pueden utilizarse tantos canales separados de amplificación láser en paralelo como se desee o como sean necesarios para que sean combinados por la óptica de combinación 124 con el objeto de obtener la frecuencia de repetición de impulsos desea-

da y de acuerdo con la potencia disponible en el haz de salida 26 procedente del láser de colorante de onda sostenida 22.

Las lentes 106 ó 106' enfocan la radiación del haz 26 en una estrecha sección transversal situada en la región  
5 alargada de la célula de colorante 108. Para representar esto más claramente, se ilustra detalladamente en las figuras 5 y 6 la célula de colorante 108. En la figura 5, se ve que la célula de colorante incluye un trayecto de haz láser 126 entre unas ventanas laterales de vidrio 128 y 130. El trayecto 126 del láser forma un  
10 ángulo con relación a las ventanas 128 y 130 para impedir reflexiones de radiación que podrían afectar la estabilidad de frecuencia de la radiación amplificada. Como se representa en sección transversal en la figura 6, el trayecto 126 de la radiación láser es una pequeña zona que corresponde aproximadamente a  $1 \text{ mm}^2$ . La  
15 lente 106 enfoca la radiación derivada del haz 26 en esta pequeña zona de sección transversal para aumentar el efecto de amplificación con una zona de radiación excitada más pequeña. De manera similar, la lente cilíndrica 112 enfoca la excitación en forma de impulsos procedente del laser de nitrógeno 110 en una superficie  
20 transversal de radiación excitada correspondientemente pequeña, que mide aproximadamente  $0,1 \times 1,0 \text{ mm}$ . La longitud del trayecto 126 de la radiación láser es típicamente de 5 cm pudiendo utilizarse longitudes diferentes de acuerdo con la amplificación deseada. De manera típica, la longitud de 5 cm producirá un impulso de salida de una duración de varios nanosegundos y con una  
25 potencia de cresta de 5 kw utilizable para el enriquecimiento láser. Ya que no existen elementos reflectantes para definir una cavidad en la célula de colorante 108, no se producirá ningún efecto sobre la radiación altamente estable procedente de la célula de colorante de onda sostenida 22 durante su paso a través de  
30

la célula de colorante 108, salvo su amplificación.

La construcción física de la célula de colorante 108 se ilustra en las figuras 5 y 6 en las cuales se ve que el colorante en circulación atraviesa la célula desde un orificio de entrada 132 a través de una pantalla 134 destinada a evitar la formación de turbulencia y burbujas, y penetra en un pasillo limitado 136 donde está situado el trayecto de radiación láser 126. Un elemento posterior 138 que forma la pared trasera de la zona limitada 136 es preferentemente ópticamente reflectante, mientras que la pared opuesta 140 está constituida por una ventana de cuarzo que facilita la entrada de los impulsos de excitación de radiaciones procedentes del láser de nitrógeno 110.

Examinando de nuevo la figura 2, se ve que se ilustra en ella un secuenciador 142 que proporciona impulsos de disparo destinados a los ensanchadores de impulsos 122 ... 122' con los cuales a su vez se activan los láseres 110 ... 110' para producir la excitación mediante impulsos de las células de colorante 108 ... 108' en la secuencia ilustrada en los diagramas de forma de onda 12-18 de la figura 1.

El ensanchador de impulsos 122 se describe más particularmente en la solicitud de patente de los Estados Unidos mencionada más arriba, número de serie 360.178, mientras que la óptica de combinación 124 se describe más completamente en la solicitud de patente de los Estados Unidos, número de serie 438.029.

En los ensanchadores de impulsos que se ilustran en la figura 7, el impulso de salida 144 procedente del láser de colorante 108 que se representa en el gráfico 142 como de duración corta, es decir un impulso de cinco nanosegundos, tiene preferentemente una gama espectral estrecha. El haz de salida 144 se orienta adecuadamente situando el láser 108 de modo que esté

polarizado horizontalmente y aplicado a un divisor de haz 146. La mayor parte de la radiación del haz 144 atraviesa el divisor de haz y llega a un cristal de polarización de Glan-Thompson 148 que está orientado para dejar pasar la radiación del haz 144 hasta la

5      célula de colorante 150. La célula 150 asegura la amplificación láser. El haz 144 después de atravesar la célula de colorante 150 se aplica a través de una placa de retardo de una cuarta parte de longitud de onda 152 que transforma típicamente la polarización horizontal en polarización circular. A continuación, el haz

10     es reflejado por un espejo de reflexión total 154 y vuelve a través de la placa de retardo de cuarta longitud de onda 152 a la célula de colorante 150 para una segunda amplificación. En este momento, la radiación ha sido desplazada en polarización  $90^{\circ}$  y por tanto al salir de la célula colorante 150 después de la segunda

15     amplificación, la radiación es reflejada por el cristal de polarización Glan-Thompson 148. Esta onda reflejada se aplica a una placa de retardo de media onda 156 para restablecer la polarización horizontal. El haz polarizado horizontalmente puede aplicarse a continuación a un prisma angular de Brewster 158 para obtener una selectividad de frecuencia suplementaria. El haz que sale

20     del prisma 158 se aplica a un espejo de reflexión total 160 que lo dirige de nuevo hacia el divisor de haz 146. Se elige el divisor de haz 146 de modo que tenga una reflectividad para la radiación procedente del espejo 160 de modo que devuelva una parte pre-

25     determinada de esta radiación a la célula de colorante 150 a través del cristal 148 en un circuito de realimentación. La porción predeterminada se elige preferentemente de modo que sea igual a la inversa de la amplificación del haz en sus múltiples pasadas a través de la célula de colorante 150. Además, el circuito óptico

30     del haz 144 durante su recorrido circular desde el divisor de haz

146 a través de la célula de colorante 150 y de nuevo al divisor de haz 146 a partir del espejo 160 se elige preferentemente de modo que sea igual por lo menos al ancho del impulso, de tal manera que la porción predeterminada reflejada por el espejo 146 sea aplicada de nuevo a la célula de colorante 150 directamente después del impulso anterior para producir una secuencia continua de impulsos de igual amplitud según se ilustra en el gráfico 162. La configuración ilustrada permite extraer los impulsos amplificados del amplificador láser aisladamente de la radiación de entrada para que no se aplique de nuevo ninguna radiación de salida al láser 108, lo que sería capaz de perturbar su funcionamiento. La duración de la secuencia de impulsos será determinada por el periodo durante el cual la célula de colorante 150 se mantiene en estado de generación de oscilaciones láser. A este efecto, la célula de colorante 150 se excita de modo que genere oscilaciones láser creando una inversión de población en las moléculas de colorante gracias a la aplicación de la energía de excitación procedente de una lámpara de destellos 164. La lámpara de destellos 164 se activa por medio de una fuente de suministro de energía 166. Para proporcionar una sincronización adecuada entre la activación de la fuente de suministro de energía 166 y la radiación de excitación resultante procedente de la lámpara de destellos 164 y el disparo del láser de nitrógeno 110 de la célula de colorante 108, se utiliza un fotodiodo 168 para detectar la iluminación de excitación procedente de la lámpara de destellos 164 y aplicarla a un detector de umbral 170. En variante, una señal que representa la corriente aplicada a la lámpara de destellos 164 puede ser elegida por medio de un conmutador 172 para ser aplicada al detector de umbral 170 en lugar de la señal procedente del fotodetector 168. El detector de umbral 170 puede ser ajustado por un control 174 para

proporcionar una señal de salida a través de una puerta 176 con una amplitud predeterminada en la señal detectada por el fotodetector o en la corriente de la lámpara de destellos. En el modo de realización preferido del invento, la puerta 178 se abre para  
5 . . . conducir la señal procedente del detector de umbral 170 con el objeto de activar una fuente de suministro de energía 178 del láser 110, solamente durante un corto intervalo de tiempo definido por un circuito monoestable 180. El circuito monoestable 180 es disparado por un circuito de retardo 182, cuyo retardo puede ser  
10 . . . cambiado por medio de un mando de control 184. El circuito de retardo 182 responde a una señal de activación de lámpara de destellos procedente de la fuente de suministro de energía 166, y por tanto la puerta 176 se abre tan solo durante un corto periodo de tiempo directamente como consecuencia de la energización de la  
15 . . . lámpara de destellos 40. Un generador de impulsos 186, disparado por el secuenciador 142, puede ser utilizado para proporcionar la activación periódica de la fuente de suministro de energía 166 para generar impulsos a una frecuencia de repetición y con una programación en el tiempo predeterminadas, según se ilustra en  
20 . . . la figura 1.

El reglaje del detector de umbral 170 es preferentemente tal que el impulso de radiación del haz 144 sea aplicado a la célula de colorante 150 en un momento en el cual se ha  
25 . . . aplicado una cantidad de energía suficiente a la célula de colorante para asegurar la amplificación láser, pero antes de que se haya creado un estado de auto-oscilación de la célula de colorante 150. De este modo se conserva la pureza espectral en la aplicación de absorción selectiva de isótopos que se describe a título de ejemplo. Es posible intercalar en el circuito del haz del láser  
30 . . . los elementos de sintonización adicionales que se juzgen ne-

cesarios.

En la figura 8, se ilustra un sistema de combinación típico en el cual un conjunto radial de haces láser 188 procedentes de los ensanchadores 122 ... 122' están dirigidos hacia un punto central. Alrededor del punto central se halla un conjunto 190 de espejos fijos 192 que forman un ángulo de  $45^{\circ}$  para reflejar cada impulso secuencial de radiación procedente de los haces láser 188 en una multiplicidad de trayectos 194 coaxiales a un eje central 196 del conjunto de espejos 190. Los trayectos son equidistantes respecto al eje 196 y están separados igualmente alrededor de un cilindro imaginario situado alrededor de este eje. El conjunto 190 es conveniente para la aplicación de las radiaciones láser. Se entiende que puede utilizarse de manera equivalente cualquier otro sistema o disposición que asegure una simetría cilíndrica o cónica en el circuito del haz láser.

La radiación de los circuitos 194 se aplica a un prisma rómbico sólido giratorio 198 que tiene unas primera y segunda superficies reflectoras paralelas 200 y 202 en sus bordes opuestos. La primera superficie reflectora 200 está orientada para interceptar cada impulso de radiación procedente de las superficies reflectoras 192. El eje de rotación del rombo 198 coincide con el eje 196 y pasa a través de la segunda superficie reflectante 202. Un trayecto de haz de salida de eje común 204 está dispuesto después de la reflexión del haz de entrada a partir de las superficies 200 y 202. Un sistema de accionamiento 206 del prisma rómbico 198 está controlado por el secuenciador 142 para asegurar que todos los impulsos de radiación procedentes de cada superficie reflectante 192 estarán adecuadamente programados en el tiempo de modo que se centren en la primera superficie reflectora 200 del prisma rómbico 198. El haz de impulsos resultante en el eje

204 que se ilustra en la forma de onda 20 de la figura 1 tiene una frecuencia de repetición más elevada y mantiene sin embargo la pureza espectral y la estabilidad de radiación de cada impulso.

5

A la luz del modo de realización preferido que se acaba de describir, los peritos en la materia podrán idear otros aparatos para llevar a la práctica el invento sin alejarse de su espíritu y de su alcance. Por tanto, el alcance del invento está limitado solamente por las reivindicaciones que siguen.

10

TRADUCCION DE LAS INSCRIPCIONES DE LOS DIBUJOS ORIGINALES

Figura 2

- 110' . - Láser N<sub>2</sub>
- 108' . - Célula de colorante
- 15 110 . - Láser N<sub>2</sub>
- 108 . - Célula de colorante
- 142 . - Secuenciador
- 122' . - Ensanchador de impulsos
- 122 . - Ensanchador de impulsos
- 20 124 . - Optica de combinación
- 22 . - Láser de colorante de onda sostenida
- 24 . - Oscilador láser de argón

Figura 3

- 54 . - Espejo dicróico
- 25 56 . - Patrón Fabry Perot
- 60 . - Accionamiento piezoeléctrico
- 60A . - Reglaje de frecuencia basto
- 64 . - Prisma
- 66 . - Espejo de reflexión total
- 30 88 . - Amplificador diferencial

- 88A . - Detector de dos segmentos
- 76 . - Baño de control de temperatura
- 76A . - Patrón Fabry Perot estable
- 26 . - Salida
- 5 68 . - Divisor de haz
- 46 . - Espejo de salida
- 30 . - Célula de colorante
- 51 . - Lente

Figura 4

- 10 A . - Depósito
- B . - Revestimiento de AR en todas las superficies

Figura 6

- C . - Entrada de colorante
- D . - Salida de colorante

15 Figura 7

- 110 . - Bomba láser  $N_2$
- 108 . - Láser de colorante
- 144 . - Polarización horizontal
- 178 . - Fuente de suministro de energía
- 20 176 . - Puerta
- 180 . - Multivibrador monoestable
- 170 . - Detector de umbral
- 182 . - Retardo
- 166 . - Fuente de suministro de energía
- 25 186 . - Generador de impulsos periódicos
- 142 . - Desde 142
- 164 . - Lámpara de destellos
- 150 . - Célula de colorante

Figura 8

- 30 142 . - Secuenciador

Nº 442.275.

1 208.- Accionamiento

204.- Haz combinado

En resumen, la presente patente de invención que se solicita deberá recaer en las siguientes:

5

REIVINDICACIONES

1.- Método y su correspondiente aparato amplificador láser cuyo aparato incluye:

un oscilador láser con salida de radiación de frecuencia estabilizada;

10

una multiplicidad de canales de amplificación láser;

15

un dispositivo para distribuir la radiación láser procedente de dicho oscilador láser, a cada uno de los canales de dicha multiplicidad de canales de amplificación láser en paralelo y medios para la activación del impulso secuencial de cada canal de amplificación láser, dichos medios para la activación del pulso secuencial incluye unos medios para proporcionar una activación secuencial repetida, dando como resultado una serie de pulsos láser de salida desde cada canal de amplificación láser.

20

2.- Aparato amplificador láser según la reivindicación 1, caracterizado porque:

25

dicha multiplicidad de canales de amplificación láser incluye unos medios para asegurar la amplificación en forma de impulsos de la radiación láser procedente de dicho oscilador láser;

30

dichos medios para la activación secuencial por pulsos de cada uno de los múltiples canales de amplificación láser producen un intervalo idéntico entre los impul-

1            sos producidos por cada canal individual y dentro de  
2            dicho intervalo producen unos impulsos a partir de  
3            cada uno de los canales de amplificación laser dis-  
4            tribuidos uniformemente en todo el intervalo.

5  
6                    3.- Aparato amplificador láser según la rei-  
7                    vindicación 2, caracterizado además porque incluye unos me-  
8                    dios para combinar los impulsos de radiación láser proceden-  
9                    tes de cada uno de los canales de amplificación láser for-  
10                    mando un haz compuesto con una frecuencia de repetición de  
11                    impulsos más elevada.

12                   4.- Aparato amplificador láser según la rei-  
13                   vindicación 3, caracterizado además porque incluye unos me-  
14                   dios que responden al haz compuesto produciendo la fotoexci-  
15                   tación isotópicamente selectiva de uno de los isótopos de  
16                   uranio presentes en el vapor.

17                   5.- Aparato amplificador láser según reivindi-  
18                   cación 4, caracterizado además porque incluye unos medios  
19                   para aumentar la duración de cada impulso de radiación en los  
20                   impulsos proporcionados por los canales de amplificación láser.

21                   6.- Aparato amplificador láser según la reivin-  
22                   dicación 5, en el que el oscilador láser estabilizado por un  
23                   circuito de regulación de reacción que comprende:

24                   medios para secuenciar la radiación del oscila-  
25                   dor láser.

26                   medios para producir una señal de control depen-  
27                   diente de la frecuencia de la radiación secuencial del osci-  
28                   lador láser; y

29                   medios que en respuesta a la señal de control  
30                   ajusten la frecuencia del oscilador láser a una frecuencia

1 deseada.

7.- Aparato amplificador láser según la reivindicación 1, caracterizado porque cada uno de dichos múltiples canales de amplificador láser incluye un amplificador láser con bombeo transversal.

8.- Aparato amplificador láser según la reivindicación 7, caracterizado porque dichos amplificadores láser de bombeo transversal incluyen superficies de separación reflectantes situadas en ángulos no rectos al trayecto del láser de bombeo transversal de la radiación del oscilador láser para impedir la alteración de la frecuencia de radiación láser causada por reflejos de las superficies de separación reflectantes.

9.- Aparato amplificador láser según la reivindicación 7 caracterizado porque dicha multiplicidad de canales de amplificadores láser incluye además:

un láser de excitación;  
una célula de colorante que tiene un canal de colorante alargado con una pequeña sección transversal de dicha célula de colorante.

un dispositivo para enfocar la radiación procedente de dicho láser de excitación en la región de forma alargada y de sección transversal reducida de dicha célula de colorante.

10.- Aparato amplificador láser según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha multiplicidad de canales amplificadores incluye:

un dispositivo para suministrar impulsos de radiación láser amplificada procedente de un oscilador;

un dispositivo para prolongar la duración de

1 los impulsos de radiación láser amplificada.

11.- Aparato amplificador láser según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho oscilador láser incluye un oscilador láser de onda sostenida.

5 12.- Aparato amplificador láser según la reivindicación 1, caracterizado porque:

dichos canales amplificadores láser incluyen unos medios para proporcionar impulsos de radiación láser amplificada procedente de dicho oscilador; y

10 dicho oscilador láser incluye un oscilador láser de impulsos que tiene una frecuencia de impulsos sustancialmente superior a la frecuencia de los impulsos que se obtienen en cada canal de amplificación láser.

13.- Aparato amplificador láser según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho oscilador láser es un oscilador láser de baja potencia y estabilidad elevada sintonizado para la excitación isotópicamente selectiva de un isótopo de uranio.

14.- Aparato amplificador láser según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho oscilador láser incluye una fuente de excitación láser a base de argón y un laser de colorante de onda sostenida.

15.- Aparato amplificador láser según la reivindicación 1, caracterizado porque la salida de radiación de dicho oscilador láser es aproximadamente 0,01 a 0,1 watio por canal de amplificación . .

16.- Aparato amplificador láser según la reivindicación 15, caracterizado porque dicha pluralidad de canales de amplificación láser incluyen medios para proporcionar una radiación de salida láser en forma de impulsos con una poten-

30

1           cia de cresta de al menos aproximadamente 5 kw.

5           17.- Aparato amplificador láser según la reivindicación 1, caracterizado además porque incluye un dispositivo que responde a la radiación láser procedente de dicha multiplicidad de canales de amplificación láser para combinar la radiación de estos canales en un solo haz.

10           18.- Aparato amplificador láser según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha multiplicidad de canales amplificadores láser incluye:

10           una región de generación de oscilaciones láser de forma alargada con bombeo transversal con una superficie de sección estrecha, a la cual se aplica dicha radiación del oscilador láser;

15           un dispositivo para condensar la radiación láser procedente de dicho oscilador láser en la sección estrecha de dicha región de generación de oscilaciones laser con bombeo transversal; y

20           un dispositivo para alinear la radiación láser amplificada procedente de dicha región activa y alargada de generación de oscilaciones láser.

25           19.- Aparato amplificador láser según la reivindicación 1 caracterizado porque dicho oscilador incluye un oscilador láser del tipo de colorante y de onda sostenida que proporciona una radiación láser de salida sintonizada para la excitación isotópicamente selectiva de un isótopo de uranio;

30           dicha multiplicidad de canales de amplificación que definen el amplificador láser tienen una región de amplificación láser de reducida sección y con

1 bombeo transversal;

dicho dispositivo de distribución incluye un dispositivo para dirigir la radiación láser procedente de dicho oscilador láser del tipo de colorante de onda sostenida en paralelo a través de cada una de dichas regiones de amplificación láser de forma alargada;

dicho dispositivo de activación de impulso secuencial incluye una fuente de excitación en forma de impulsos para su aplicación transversal a la región alargada de amplificación láser con lo cual una multiplicidad de impulsos de radiación láser amplificada procedentes de dicho oscilador láser del tipo de colorante y de onda sostenida, son producidos por cada región de dicha multiplicidad de regiones de amplificación láser de forma alargada;

estando los impulsos procedentes de dichas regiones dispuestos en una secuencia escalonada en el tiempo;

se proporcionan unos medios que responden a los impulsos amplificados de radiación láser procedentes de cada una de dichas regiones de amplificación láser de forma alargada proporcionando un incremento en la duración de los impulsos de radiación láser; y

se proporcionan unos medios que responden a los impulsos alargados de radiación láser procedentes de cada una de dichas regiones de amplificación láser de forma alargada para combinar sus impulsos en un solo haz de radiación láser con frecuencia de impulsos más elevada.



1 un sistema óptico giratorio organizado se-  
cuencialmente para recibir cada uno de los impulsos alar-  
gados procedentes de cada uno de los amplificadores de  
dicha multiplicidad de amplificadores láser en circuitos  
5 de entrada separados y para dirigir de nuevo dichos im-  
pulsos en un solo circuito de salida con el objeto de  
formar un haz compuesto con una frecuencia de impulsos  
más elevada.

10 21.- Método y su correspondiente aparato  
amplificador láser cuyo método incluye las operaciones que  
consiste en:

generar una oscilación láser con una fre-  
cuencia de radiación de salida estabilizada;

15 distribuir la oscilación láser en cada uno  
de los canales amplificadores láser de una multiplicidad  
de canales amplificadores láser dispuestos en paralelos;

activar secuencialmente cada uno de los cana-  
les de amplificador laser para producir un impulso de salida  
de radiación laser amplificada; y

20 repetir las anteriores etapas para producir una  
serie continua de impulsos de salida laser, cuya serie inclu-  
ye una pluralidad de impulsos desde cada uno de los canales  
de amplificación laser.

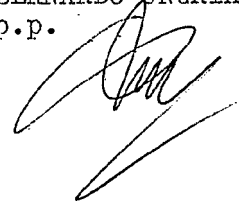
25 22. Se reivindica por último como objeto sobre  
el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita:  
METODO Y SU CORRESPONDIENTE APARATO AMPLIFICADOR LASER.

1

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de veintinueve páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

5

Madrid, 31 de Octubre 1.975  
BERNARDO UNGRIA  
P.P.



10

15

20

25

30

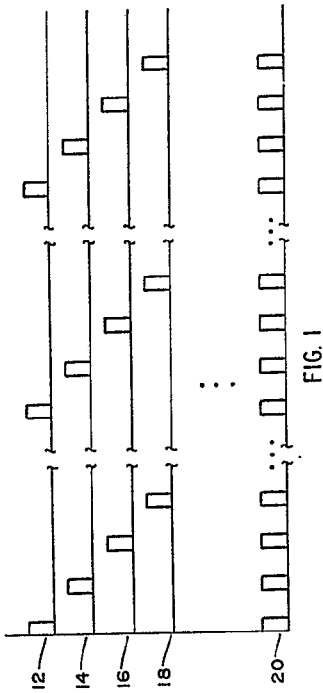


FIG. 1

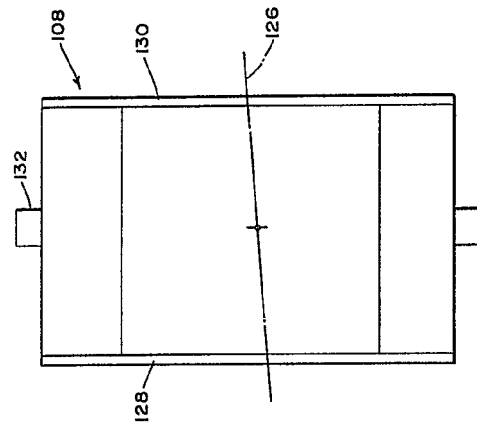


FIG. 5

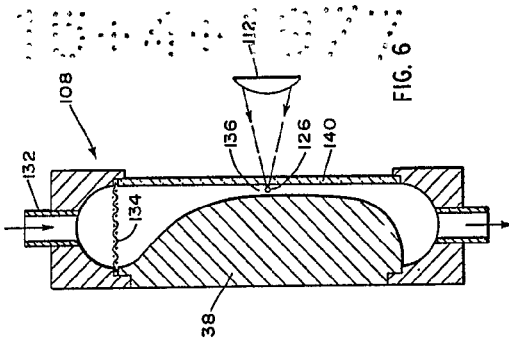


FIG. 6

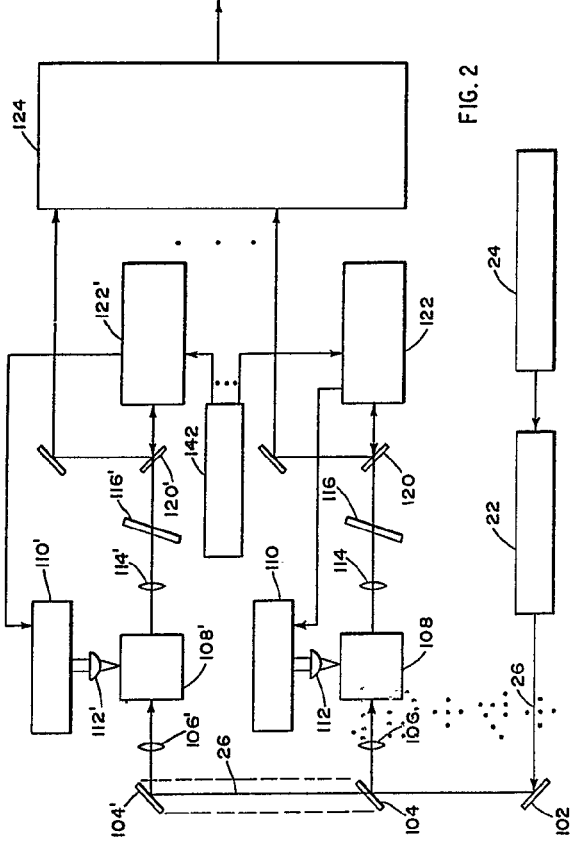


FIG. 2

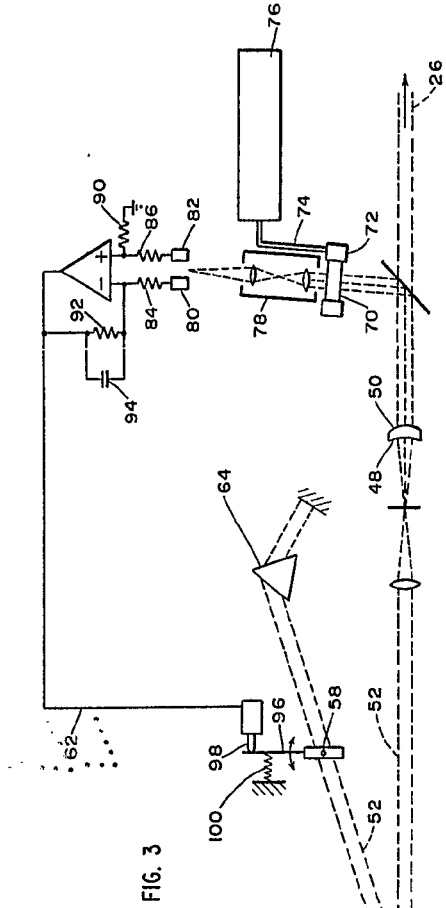


FIG. 3

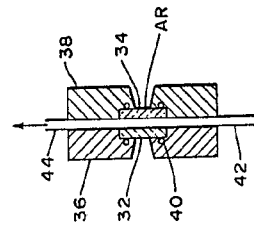


FIG. 4

ESCALA VARIABLE  
 Madrid, 31 octubre 1975  
 BERNARDO UNGRIA

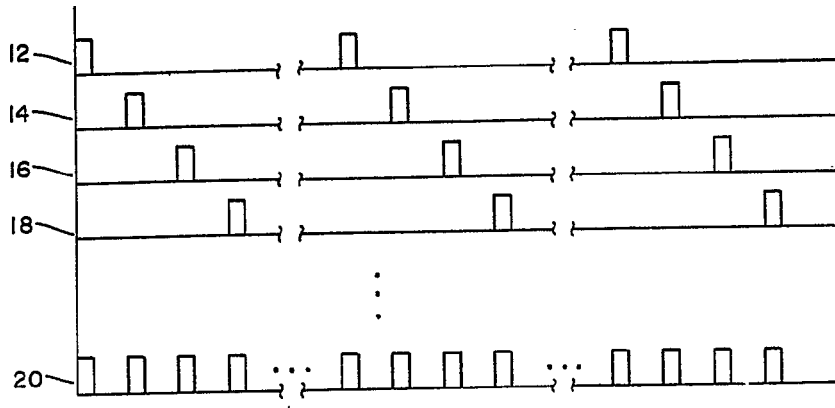


FIG. 1

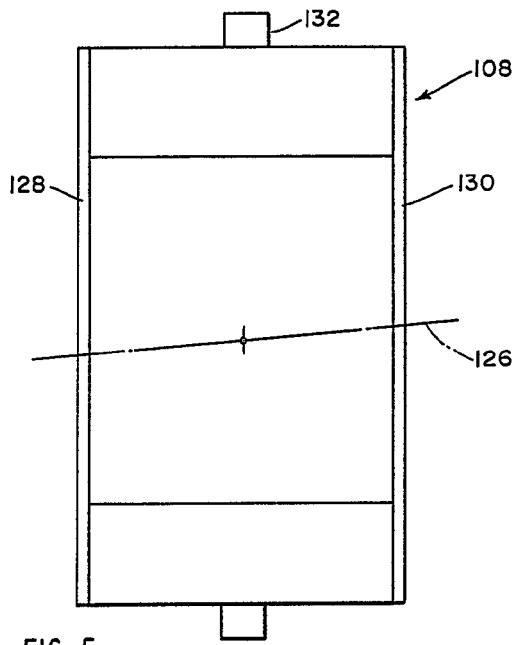


FIG. 5

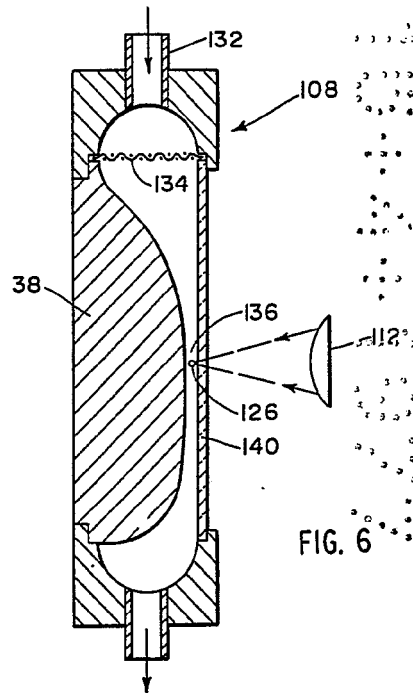


FIG. 6

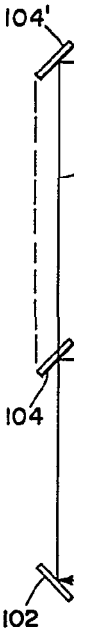


FIG. 3

100.

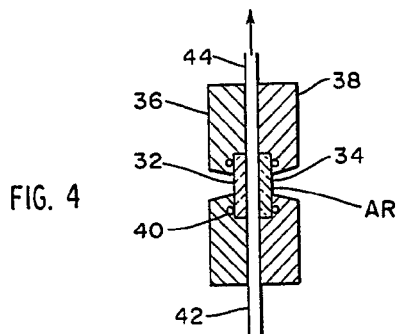
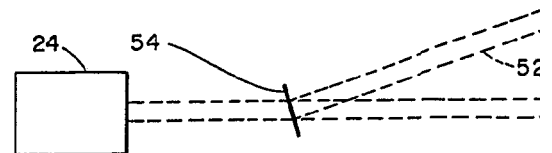


FIG. 4



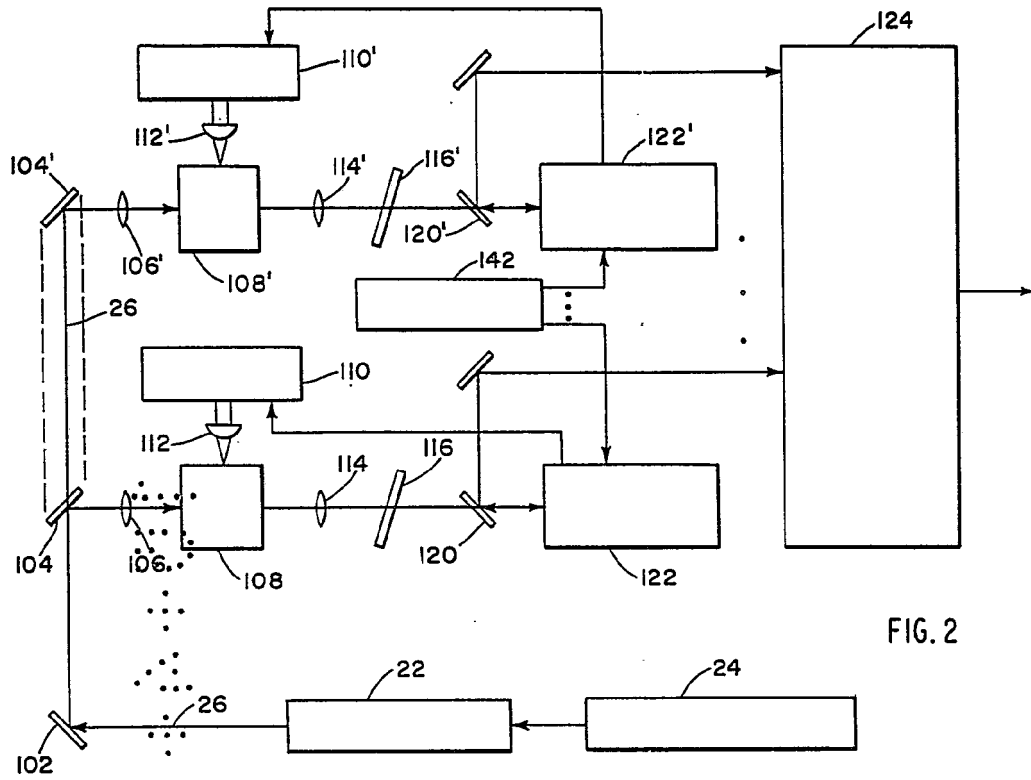


FIG. 2

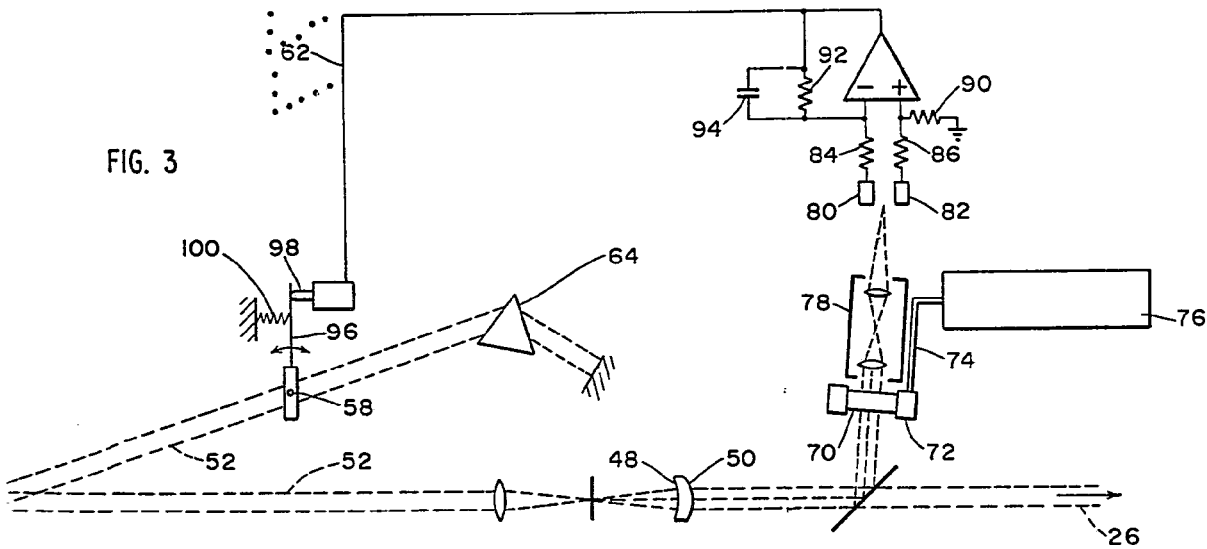


FIG. 3

ESCALA VARIABLE  
 Madrid, 31 octubre 1975  
 BERNARDO UNGRIA

FIG. 7

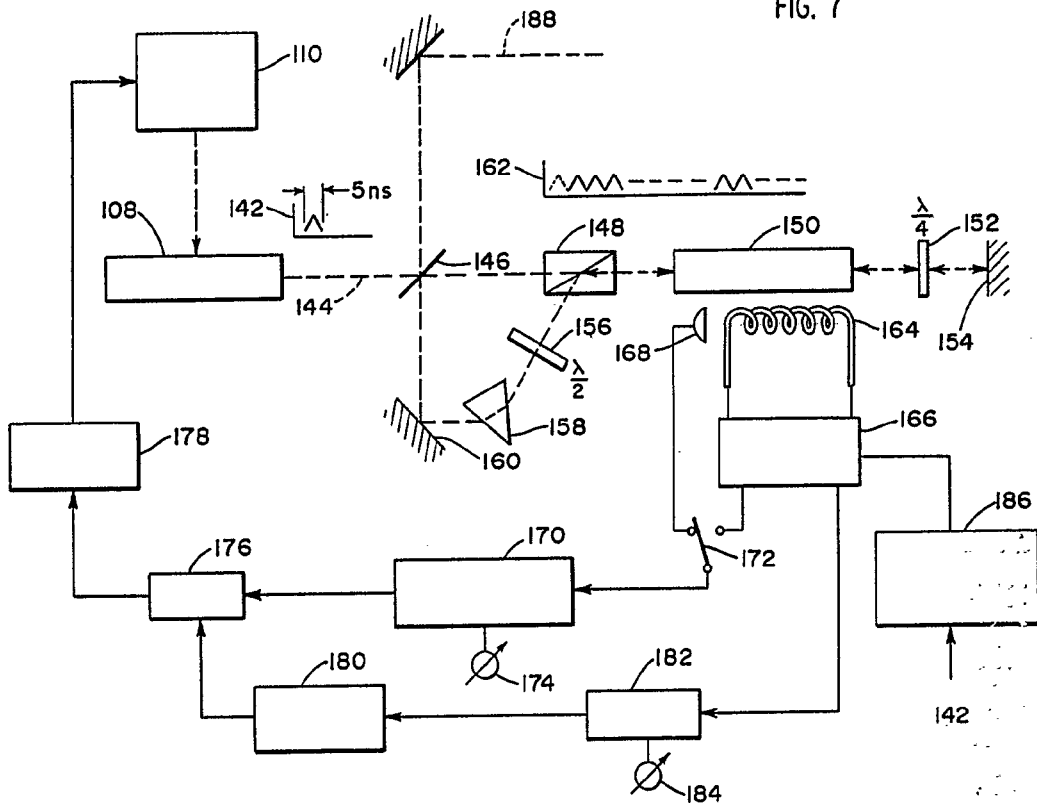
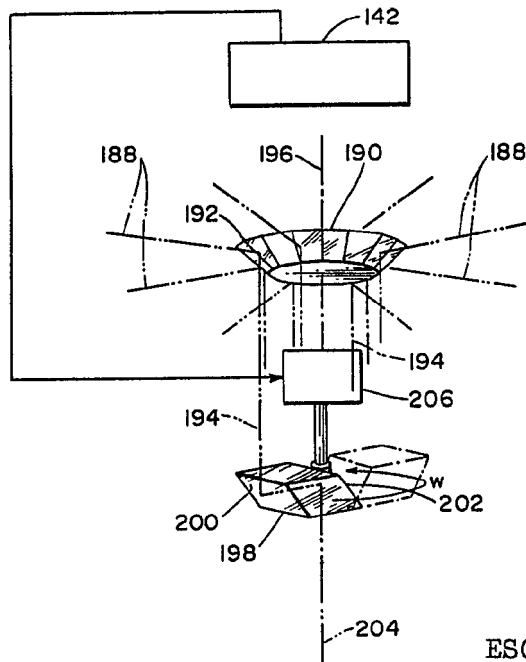


FIG. 8



ESCALA VARIABLE  
 Madrid, 31 octubre 1.975  
 BERNARDO UNGRIA  
 p.p.