

(19) REPUBLICA DE CUBA



Oficina Cubana de la  
Propiedad Industrial

(11) No de publicación:

**CU 22401 A1**

(21) No. de solicitud : **116/93**

(51) Int. Cl<sup>6</sup>: **G01J 4/04, G01N 21/21**

(12)

## Certificado de Autor de Invención

---

(22) Fecha de presentación: 1993.12.15

(71) Solicitantes: Centro de Desarrollo de Equipos e Instrumentos Científicos; (CU)

(30) Prioridad:

(72) Inventor/es: Fajer Avila, Víctor L. (CU) ; Duarte Marrero, Nicolás G. (CU) ; López Chacón, Juan Carlos (CU) ; Colomé Rodríguez, Tania (CU) ; Torres Pérez, Ricardo (CU) ; Díaz Morera, José L. (CU) ; Combarro Romero, Andrés; (CU)

(45) Fecha de publicación: 1996.01.31

(73) Titular: Centro de Desarrollo de Equipos e Instrumentos Científicos ,domiciliado en Luz 375, e/ Compostela y Picota, H.V.; (CU)

(74) Agente: López Chacón, Juan Carlos; (CU)

---

### (54) Título: POLARIMETRO FOTOELECTRICO AUTOMATICO CON MICROCOMPUTADORA

(57) Resumen:

Está relacionada con el diseño y la construcción de un instrumento (polarímetro) para la medición de la rotación óptica de materiales ópticamente activos en una solución. La invención se relaciona particularmente a la construcción de un polarímetro láser de precisión que incluye: el desarrollo de la generación de pulsos de corriente en forma de rampa (dientes de serrucho) para la compensación, las reflexiones múltiples en el núcleo de la celda compensadora 6 y un mecanismo automático de extensión de la escala 7, el cual aumenta el rango óptico de trabajo de la bobina compensadora 6 hasta  $\pm 40,00$  una precisión de  $\pm 0,01$ . El instrumento de las características antes mencionadas ha sido usado para el control de la calidad en fábricas de azúcar, laboratorios químicos y bioquímicos y para investigación y desarrollo en otras temáticas.

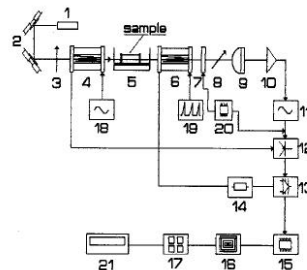


FIG. 1

**MEMORIA DESCRIPTIVA**

116/93

**POLARIMETRO FOTOELECTRICO AUTOMATICO CON  
MICROCOMPUTADORA**

Esta invención se relaciona con el desarrollo de un instrumento enmarcado dentro del área del diseño y el desarrollo de instrumentos científicos, específicamente aquellos que se utilizan para realizar las mediciones de la rotación óptica causada por sustancias ópticamente activas tales como: soluciones de azúcar, materias primas y productos farmacéuticos.

Ciertas sustancias en solución poseen la propiedad de rotar en el plano de vibración de la luz polarizada. La cantidad de rotación por unidad de distancia de la solución atravesada por la luz varía de acuerdo a la concentración de la sustancia anteriormente mencionada. En condiciones específicas (temperatura, concentración y longitud de la celda de muestra) de las sustancias anteriormente mencionadas cada compuesto ópticamente activo tiene un ángulo de rotación específico. El ángulo puede ser positivo o negativo.

Algunos de los polarímetros comerciales conocidos usan fuentes de luz filtradas (lámparas con filtros de interferencia) o radiación coherente proveniente de láseres. En el caso de los primeros aquí mencionados presentan baja intensidad y su ancho de banda en la longitud de onda es de unos pocos nanómetros (DE 2 924 438), (DE 3 830 310), (US 4 988 199). Por otra parte el uso de la radiación láser permite una adecuada penetración en las soluciones de sustancias que son objetos de análisis, así como se asegura un prolongado funcionamiento de la fuente de luz y una monocromaticidad que incrementa las posibilidades de obtención de altos niveles de precisión (FR 2 393 296), (US 5 012 101), (PI 7 803 313).

El empleo de dispositivos mecánicos especialmente para realizar la modulación se ha difundido en el mundo comercial y científico (US 3 901 603), (GB 9 121 658), (DE 3 830 310), (US 5 046 850). Para el mismo propósito, se ha empleado además la modulación magneto-óptica con simple recorrido del haz por el núcleo de la celda de Faraday, con un número de variantes referidas al núcleo de vidrio utilizado en este tipo de instrumento (US 4 988 199). Cuando nos referimos a la frecuencia de modulación casi todos estos dispositivos han sido usados a frecuencias de trabajo entre 50 Hz y 500 Hz en régimen resonante (DE 924 438), (US 3 740 151) y (US 3 450 478) y sólo en pocos casos la frecuencia de modulación sobrepasa estos valores (US 5 012 101).

Otros instrumentos usan la compensación de Faraday con un simple recorrido del haz por el núcleo de la bobina compensadora (US 3 520 617). En este caso la luz polarizada es dirigida a la muestra, la cual provoca una rotación del plano de polarización de la radiación que es compensada por una celda de Faraday. El término de celda de Faraday es empleado al referirnos a un dispositivo que

**incluye un devanado, el cual está enrollado alrededor de un núcleo de Faraday. Este núcleo es una barra de vidrio sólida o una cámara que contiene un líquido o un gas. En esta celda el núcleo es de un material determinado, el cual posee propiedades magneto-ópticas caracterizadas por la constante de Verdet. En estos sistemas la acción de corrientes alternas y directas producen un campo magnético que produce un retorno de la dirección de polarización del haz de luz, en sentido contrario a la desviación provocada por la muestra, compensando la misma haciendo regresar al sistema a su valor original (3 164 662). La corriente de la compensación es directamente proporcional al ángulo de rotación y la eficiencia de la celda depende fundamentalmente del diseño del devanado (recorrido óptico) y el grado magneto-óptico específico (constante de Verdet) del núcleo de Faraday.**

**El uso de motores de paso para rotar el analizador es otro principio ampliamente difundido en la polarimetría. Esta técnica se basa en el uso de los codificadores angulares, que combinan el conteo óptico de eventos con un diseño electrónico (EXE) para incrementar la precisión requerida (DE 2 924 438). Otras variantes incluyen la rotación del analizador sobre el eje perpendicular al cuerpo del mismo a una velocidad constante (GB 1 570 067), (GB-B 1 570 068), (US 5 005 977). Con la rotación del analizador la señal eléctrica en el detector de luz tiene forma de  $\sin^2$  y cuando la muestra es colocada entre el polarizador y el analizador, la fase de la señal de salida del detector está desplazada con respecto a la posición angular del polarizador por una cantidad que es proporcional a la rotación óptica introducida por la muestra. La medición de esta diferencia de fase por uno u otro principio ha sido empleado particularmente en detectores polarimétricos para HPLC (5 012 101), para determinación de glucosa en los líquidos provenientes del cuerpo humano (US 4 988 199) y en la determinación de presencia de enzimas en determinadas soluciones (WO 91/12314).**

**La presente invención está particularmente relacionada con un polarímetro fotoeléctrico automático láser con una microcomputadora incorporada, el cual tiene escalas de medición en grados angulares, en la Escala Internacional Azucarera ( $^{\circ}$  Z) y en concentración de glucosa. Además ofrece la posibilidad de extraer las mediciones a través de un impresor.**

**El objeto de esta invención es la construcción de un instrumento con un rango útil para mediciones farmacéuticas y bioquímicas de  $40,00^{\circ}$  y además para la realización de mediciones en productos azucareros ( $-105,00$  a  $105,00$   $^{\circ}$ Z) basado en el multirrecorrido del haz del láser 1 por las celdas compensadora 6 y moduladora 4. Esta versión presenta una precisión de  $0,01^{\circ}$ . El instrumento además incluye la posibilidad de que con un simple recorrido en ambas celdas 4,6, pueda obtener un rango de medición de  $2,000^{\circ}$  y una precisión de  $0,001^{\circ}$ . En el instrumento se utiliza como fuente de luz un láser de He-Ne, una celda moduladora de Faraday 4, en cuyo núcleo 22 se efectúa un recorrido de haz del láser 1, en forma de zig-zag y un sistema de compensación lineal 6,7,20 que está formado por una celda de Faraday 6, circuitos electrónicos de control 20 y un sistema automático de extensión de la escala 7.**

El desarrollo aquí expuesto de un polarímetro láser en el cual un polarizador 3, un analizador 8 y una muestra están localizadas en el eje óptico a lo largo del cual un haz de luz es transmitido y además el polarizador 3 y el analizador 8 se encuentran cerca de la posición de extinción y la novedad radica en el diseño de un sistema de compensación lineal 6,7 que está además localizado en el eje óptico del instrumento entre la cámara de muestras 5 y el analizador 8. Como otro aspecto novedoso se utiliza una celda de Faraday compensadora 6, la cual es alimentada por un circuito 19 de pulsos de corriente en forma de rampa, el cual tiene la primicia de lograr una adecuada compensación de las variaciones de la temperatura producto de la disipación de potencia a que se ve sujeta la celda compensadora 6. En el polarímetro objeto de esta invención la actividad de compensación está sustentada por una celda de Faraday, en cuyo núcleo ocurren 4 reflexiones en el recorrido óptico del haz por espejos dieléctricos (disminuyen la polarización elíptica indeseada). Este arreglo de múltiple reflexiones incrementa el poder rotatorio de la celda 6, contribuyendo en gran medida a la medición de rotaciones, no convencionales por este método. Otro elemento importante en la novedad es el desarrollo de un sistema automático de extensión de la escala 7, que acoplado a circuitos de control 20 y a una linealización a través de la microcomputadora garantiza un rango adecuado para la medición.

Las descripciones realizadas en esta invención aparecerán ilustradas por los siguientes dibujos:

FIG. 1. Es un diagrama de bloque detallado del polarímetro láser que se incorpora a esta invención.

FIG. 2. Es un esquema detallado del multirrecorrido del haz por el núcleo de las celdas de Faraday incluidas en esta invención.

FIG. 3. Es un esquema del movimiento del plano de polarización del haz del láser a lo largo del instrumento.

FIG. 4. Es un gráfico que ilustra la forma de los pulsos de rampa esbozados en esta invención.

FIG. 5. Es un diagrama electrónico del circuito generador de pulsos de rampa utilizados en esta invención.

FIG. 6. Es el mecanismo automático de extensión de la escala referido en esta invención.

En el polarímetro automático fotoeléctrico con microcomputadora ilustrado en la FIG. 1 de esta invención se encuentran a continuación sobre el mismo eje óptico, un láser de He-Ne 1, un sistema de posicionado del mismo 2, un polarizador 3, una celda moduladora de Faraday 4, una cámara de muestras 5, un mecanismo lineal de compensación 6,7,20, un analizador 8 y un elemento fotosensitivo 9. Este polarímetro incluye además un control automático de ganancia 10, un filtro

electrónico 11, un detector de fase 12, un sistema muestreador-retenedor 13, que censa la resistencia en el resistor 14 y un conversor análogo-digital 15. El instrumento consta además de una microcomputadora 16, un teclado para el manejo de los datos 17, un oscilador 18 para alimentar la celda moduladora de Faraday 4, una fuente de corriente de pulsos en forma de rampa 19 y undisplay de 4½ dígitos 21.

La fuente de radiación 1 es un láser gaseoso de He-Ne, el cual emite radiación en el modo TEM<sub>00</sub> con alto nivel de monocromaticidad a la longitud de onda de 632,8 nm y con cerca de 2 mW de potencia. El sistema de posicionado del láser a la celda moduladora, adicionalmente permite el centrado del haz del láser en la cámara de muestras para el correcto desarrollo de las mediciones. Este sistema de posicionado 2 consiste en dos monturas de inclinación ajustable, con tres grados de libertad. En cada montura se coloca un espejo de aluminio que constituye el objeto de movimiento en el ajuste. El haz es dirigido posteriormente al polarizador 3 (comercialmente conocido como Polaroid), con lo cual se logra la polarización del haz del láser. Por tanto la fuente de luz 1, el sistema de posicionado del haz 2, y la lámina polarizadora 3 constituyen la fuente de luz plano polarizada, la cual viaja como un haz confinado a lo largo del eje óptico del instrumento hacia la celda moduladora de Faraday 4 y los elementos restantes del mismo.

La celda moduladora de Faraday 4 descrita en detalle, consiste en un núcleo de vidrio 22 rodeado de un devanado concéntrico multicapa de cobre barnizado. El núcleo 22 comprende en esencia, un cilindro de vidrio (u otra estructura sólida elongada de un material adecuado) que es atravesado por el haz polarizado. Particularmente, en esta invención las caras externas del núcleo de vidrio están recubiertas por una estructura de espejos dieléctricos 23. Esta estructura 23 comprende una distribución de espejos con una entrada y una salida del haz de luz. Este arreglo garantiza que se produzcan reflexiones múltiples 24 una vez que el haz entra en el núcleo con cierto ángulo de entrada. El principio de operación de este núcleo 22 es el efecto Faraday por el cual ciertos materiales bajo la influencia de un campo magnético longitudinal, causan la rotación del plano de polarización de la luz plano polarizada que atraviesa el núcleo. Esta rotación depende directamente de la magnitud del recorrido óptico a lo largo del núcleo de vidrio. La constante de Verdet (V) es el índice, que expresa la magnitud de rotación específica en cada material magneto-óptico. El valor total de la rotación angular en un instante determinado de tiempo t, está relacionado directamente con la constante de Verdet V, la longitud del recorrido del haz L y la intensidad del campo magnético instantánea H(t) por la ecuación:

$$A(t) = V \cdot L \cdot H(t) \quad (1)$$

Muchos materiales, tales como el flint ordinario y el crown exhiben este fenómeno. Sin embargo, para obtener óptimos resultados es deseable seleccionar materiales que tengan una alta constante de Verdet, debido a que se pueden obtener rotaciones relativamente elevadas con vidrios pequeños y campos magnéticos débiles. Producto de la dificultad de obtener más de 10,00° con las

condiciones antes mencionadas, se implementa una estructura de reflexiones múltiples en la celda compensadora 6 y moduladora 4, incluso con barras de vidrio que no presentan una constante de Verdet tan elevada. Este arreglo permite sobrepasar los 10,00° de rotación obtenida.

Cuando el haz del láser penetra en la celda moduladora de Faraday 4, el mismo está polarizado en el plano de polarización del polarizador, cuando el haz sale de la celda 4, su plano de polarización se encuentra oscilando alrededor de una posición media, debido a que le ha sido aplicado un campo magnético alternado al vidrio 22. Existen varias formas de corrientes que pueden activar celdas de Faraday 4: Por ej: esta puede ser operada en modo constante, lo que significa, que el devanado es activado por una corriente constante en un breve período de tiempo, pero en este modo la rotación  $A$  será constante en el tiempo. Otra forma de energizar el devanado puede ser con una señal sinusoidal de 50 ó 60 Hz, en este caso  $A(t)$  varía sinusoidalmente con el tiempo. En la presente invención la frecuencia escogida para la modulación es de 460,8 Hz, esta brinda un coeficiente aceptable de señal-ruido, cuando se trabaja en estado resonante y son usadas láminas polarizadoras. En este caso la corriente en el devanado puede ser representados por la ecuación:

$$i = i_{ac} \cdot \text{sen } \omega t \quad (2)$$

Cuando esa corriente está aplicada a la celda Faraday 4 el plano de polarización varía sinusoidal con el tiempo FIG. 3A en un ángulo  $B_0$  el cual es proporcional a la amplitud de la corriente alternada  $i_{ac}$ . Luego el ángulo de la rotación del plano de polarización producido por la celda de Faraday 4 está dada por la ecuación:

$$B = B_0 \cdot \text{sin } \omega t \quad (3)$$

El haz plano polarizado rotado y oscilando sobre una posición media sale de la celda de Faraday 4 y se transmite entonces a través de la cámara de muestras 5, donde es rotado en una magnitud que depende de la muestra. La cámara de muestras es un compartimiento construido con metal y plástico, que es atravesado por dos barras cilíndricas de acero inoxidable. En estas barras se coloca la celda de medición, que contiene a la muestra. La celda de la muestra es una cubeta fotométrica de 50 mm, la cual tiene caras plano-paralelas y está apoyada en un soporte de latón niquelado. Si el líquido en la cámara de muestras es ópticamente activa, el plano de polarización es rotado en un ángulo  $B_1$  FIG. 3B. Entonces el plano de polarización de la luz que emerge de la cámara de muestras está dada por la siguiente fórmula:

$$C = B_1 + B_0 \cdot \text{sin } \omega t \quad (4)$$

Entonces, la posición promedio del plano de polarización de la luz emergente de la celda de muestra, está desplazada en un ángulo  $B_1$  del plano vertical. Sin embargo, el plano de polarización real varía entre el rango definido por los

valores extremos  $B_0 - B_1$  y  $B_0 + B_1$ , variando de manera sinusoidal con una amplitud  $B_0$ .

El haz plano polarizado del láser que ha sido rotado en un ángulo  $B_0$  es ahora dirigido al sistema de compensación lineal 6,7. El sistema está compuesto por una celda de Faraday 6, un mecanismo automático de extensión de escala 7 y los circuitos electrónicos de control 20. La celda compensadora de Faraday 6 es un enrollado (similar a la celda moduladora) de cobre barnizado (2000 vueltas), construido con un cable de aproximadamente 1,16 mm. En el núcleo del enrollado es situado una barra de vidrio 22, en la barra anteriormente citada han sido depositados espejos dieléctricos 24 que provocan el paso del haz entre las caras de entrada y salida del haz en un recorrido de forma de zig-zag 23.

La función principal de esta celda 6 es: compensar la rotación óptica de la muestra, activándose con una cierta señal. De acuerdo a la ecuación (1) los campos magnéticos débiles podrían ser usados con materiales de alta constante de Verdet para compensar la rotación de la muestra con el objetivo de disminuir la potencia de consumo de la celda de compensación. Otra variante es incrementar la longitud de recorrido a través del núcleo con reflexiones múltiples y usar entonces materiales con una constante de Verdet más baja. Lo dicho anteriormente unido al empleo de campos magnéticos en forma de rampa, por medio de un circuito de pulsos 19 (circuito de rampa o circuito de forma de onda de diente de serrucho) con realimentación 26 permite la obtención de rotaciones de hasta  $20,00^\circ$  sin producir un indeseable calentamiento en la celda 6. La forma de onda de los pulsos es mostrada en la FIG. 4.

El circuito de rampa (FIG. 5) está conformado por un generador de onda triangular 25, un circuito de selección 27, un circuito de inyección de corriente con realimentación 26, un amplificador de corriente 28 y un relevador o relé 29, en la FIG. 5 se presenta además la celda compensadora de Faraday 6 y la resistencia de sentido 14.

Primeramente, el generador de onda triangular 25 suministra los pulsos al punto B. En la base del transistor X es aplicada la señal invertida a los pulsos cuadrados obtenidos en A. Luego de acuerdo a la relación entre los voltajes base y colector el transistor estará en corte o saturación. Cuando la señal del generador en el punto B va en ascenso, el transistor queda trabajando en corte, por tanto la señal del generador pasa al par Darlington 28, no es así cuando la señal del generador va en descenso, ya que el transistor X se polariza en la zona de saturación y como el emisor está a tierra, el voltaje en el punto B es cero, generándose así la forma de rampa mostrada en la FIG. 4. En el caso de conducción después de amplificada la señal pasa ser alimentado el relé 29 y la celda compensadora 6, posteriormente es sensada la caída de tensión en la resistencia 14, que es proporcional a la rotación compensada. El consumo de potencia en la resistencia 14 es controlado por un circuito de realimentación 26, el cual inyecta corriente a la celda compensadora 6, para compensar las variaciones de temperatura en la resistencia 14.

El arreglo antes mencionado origina pulsos de rampa, que disminuyen sensiblemente el consumo de potencia en la celda compensadora 6 y de esta manera permite una medición exenta de variaciones ocasionadas por la temperatura en un rango de  $20^\circ$  aproximadamente. Para aumentar el rango del instrumento se coloca detrás de la celda compensadora 6, el llamado mecanismo automático de extensión de la escala 7. Esta parte del instrumento consiste en un dispositivo electromecánico FIG. 6 y está formado por dos placas de control de cuarzo 30, con valores negativos definidos e introducidos en la memoria de la microcomputadora 16. Estas placas están montadas en soportes 32 a través de anillos 34 y tornillos 35 y las mismas interrumpen el haz de luz de acuerdo al valor de la rotación de la muestra analizada, por la acción de dos muelles 33 y solenoides 31, los cuales están conectados a los circuitos de control del mecanismo. Los muelles 33 relacionan los soportes 32 con un punto fijo y su función es restaurar la posición inicial de las placas una vez retirada la muestra. Todo el sistema se sostiene por el soporte 36 y es comandado por un circuito lógico de control, el cual se mantiene en un estado estable cuando la compensación es detectada por el detector de fase. Si por el contrario, la compensación no es detectada porque la muestra tiene una rotación óptica mayor de  $20,00^\circ$ , el circuito cambia su estado y ordena la salida de las placas de cuarzo 30. Si con las placas colocadas la compensación es detectada el circuito no regresa a su valor inicial si la muestra no es retirada de la cámara 5. Si incluso con las placas colocadas no se detecta la compensación, entonces la muestra objeto de medición se encuentra fuera de rango. El uso de la microcomputadora permite corregir cualquier inclinación del mecanismo de placas 7 con respecto al eje óptico.

Con la implementación de un sistema de compensación lineal 6,7,20 que incluye la celda de Faraday 6, con 4 reflexiones en las caras del núcleo de vidrio 22 y el mecanismo automático de extensión de la escala 7 el polarímetro diseñado es capaz de medir muestras de rotaciones ópticas de hasta  $40,00^\circ$  con una precisión mayor de  $0,01^\circ$ . El acople de placas de cuarzo de mayor valor que el usado puede permitir un aumento de rango de hasta  $100,00^\circ$  con la precisión anteriormente dicha.

Para las muestras de valores menores de  $2,000^\circ$ , la precisión obtenida es mejor que  $0,001^\circ$ . En esta versión no es usado el mecanismo automático de extensión de la escala y sólo con los pulsos en forma de rampa apoyadas por la inyección de corriente en la bobina para compensar las variaciones de temperatura en la resistencia 14 se obtiene la precisión anteriormente dicha.

La medición del instrumento es realizada cuando al lograr la compensación producto de la rampa de corriente suministrada a la celda 6, se obtiene en el detector 9 una señal que tiene el doble de la frecuencia de la señal modulante. La señal mencionada es amplificada automáticamente y selectivamente filtrada a la frecuencia de la señal modulante. Después de filtrada, la señal es aplicada al detector de fase 12, el cual detecta el instante en que el sistema arriba al estado de compensación. La señal resultante son pulsos de forma delta, que comanda al circuito muestreador-retenedor 13 para comenzar o detener el proceso de

**medición en la resistencia 14. El valor de la resistencia 14 es transferido a un conversor análogo-digital 15. Luego la señal digital va hacia la microcomputadora 16, la cual suministra la información a los dispositivos periféricos 17,21.**

**Las principales ventajas de esta solución son:**

- 1. El desarrollo de un polarímetro, el cual es capaz de medir sustancias ópticamente activas en un amplio rango de  $40,00^\circ$ , con una precisión de  $\pm 0,01^\circ$ .**
- 2. Por las características expuestas del mecanismo automático de extensión de la escala 7, sólo con el cambio de las placas de control de cuarzo 30 por otras de mayor valor, se logra aumentar el rango del instrumento hasta  $100,00^\circ$ , sin alterar la precisión alcanzada.**
- 3. La utilización del mecanismo automático de extensión de la escala permite una disminución considerable de la potencia disipada y una eliminación importante de la inestabilidad en la medición presentes en los diseños que pretenden medir giros mayores de  $20,00^\circ$  sólo a través del método magneto-óptico.**
- 4. En la medición de rotaciones menores de  $2,000^\circ$  de productos farmacéuticos (glucosa, manitol, dextrana, etc.) con una precisión de  $\pm 0,001^\circ$ , no se utilizan partes mecánicas movibles, debido al empleo de los pulsos de rampas FIG 4 con compensación de temperatura.**
- 5. El empleo de vidrio ordinario (flint) en la celda moduladora y compensadora 4,6, que con relativamente baja constante de Verdet, permiten a través del artificio de las reflexiones múltiples medir rotaciones del orden de  $20,00^\circ$ .**
- 6. El diseño y construcción de un polarímetro fotoeléctrico automático con microcomputadora con un costo de producción no mayor de 4 000 USD.**

## REIVINDICACIONES

**1.- Polarímetro Fotoeléctrico Automático con Microcomputadora para medir la rotación óptica causada por una sustancia ópticamente activa, que comprende un láser gaseoso, un sistema de posicionado del haz, una lámina polarizadora, una celda moduladora de Faraday, una cámara de muestras, una celda compensadora de Faraday, un analizador, un elemento fotosensible, un control automático de ganancia, un filtro electrónico, un detector de fase, un circuito muestreador-retenedor, una resistencia de sensado, un conversor análogo-digital, una microcomputadora, un teclado, un visualizador y una fuente moduladora caracterizado por un arreglo de reflexiones múltiples en el núcleo de la celda compensadora, la cual es alimentada por pulsos de forma de rampa, generados por un circuito de pulsos, que está diseñado con una estructura de inyección de corriente, la cual compensa las variaciones de temperatura en la celda compensadora y un mecanismo automático de extensión de la escala, el cual recibe el haz láser polarizado de la celda compensadora, este mecanismo automático de extensión de la escala es controlado por circuitos lógicos de control.**

**2.- Polarímetro Fotoeléctrico Automático con Microcomputadora de la reivindicación 1, además caracterizado por un arreglo de multirrecorrido en el núcleo de la celda Faraday compensadora, que tiene como objetivo la compensación de la rotación girada por la muestra analizada, utilizando una estructura de espejos depositados en las caras de este núcleo a través de los que se realizan 4 reflexiones internas que conducen a un aumento del recorrido óptico, permitiendo el funcionamiento de la celda con campos magnéticos más débiles.**

**3.- Polarímetro Fotoeléctrico Automático con Microcomputadora de la reivindicación 1, además caracterizado por un mecanismo automático de extensión de la escala, el cual interrumpe el haz del láser con placas de control de cuarzo para lograr la compensación en giros mayores de  $20,00^\circ$ .**

**4.- Polarímetro Fotoeléctrico Automático con Microcomputadora de la reivindicación 1, además caracterizado por la utilización de pulsos de corriente en forma de rampa en una celda compensadora de simple recorrido que permite medir rotaciones de hasta  $2,000^\circ$  con una precisión de  $\pm 0,001^\circ$ .**

**DIBUJOS**

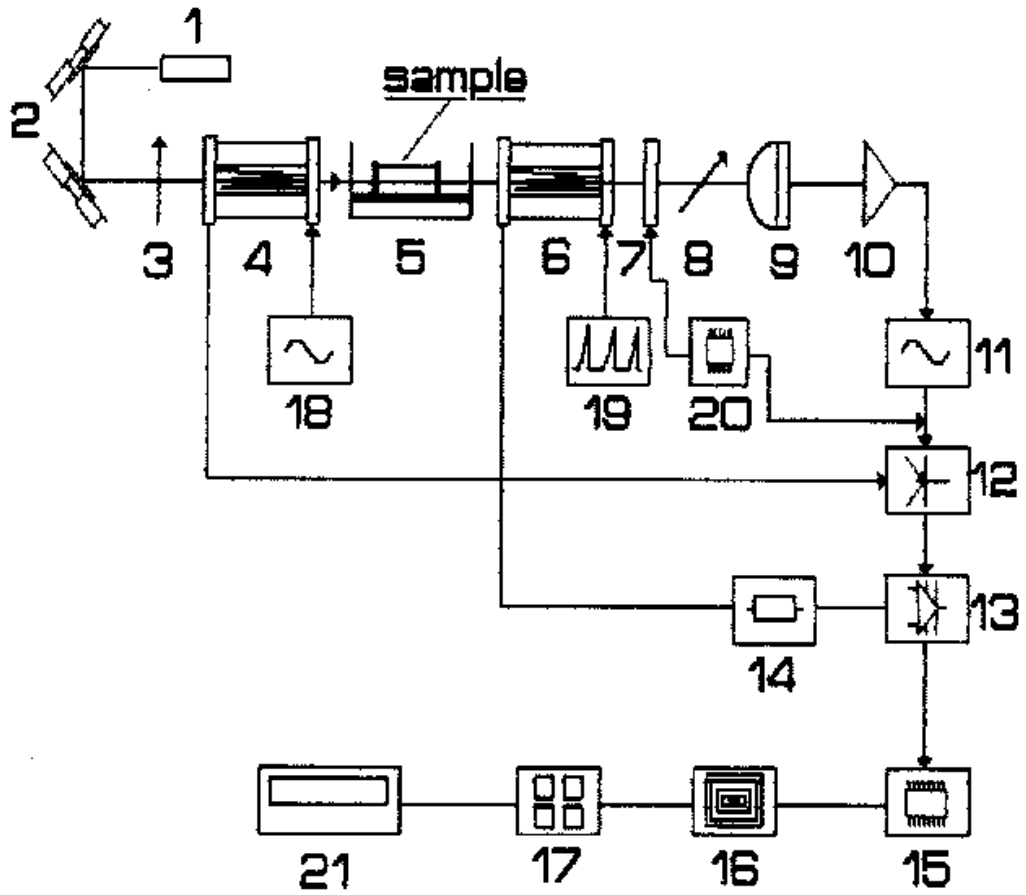
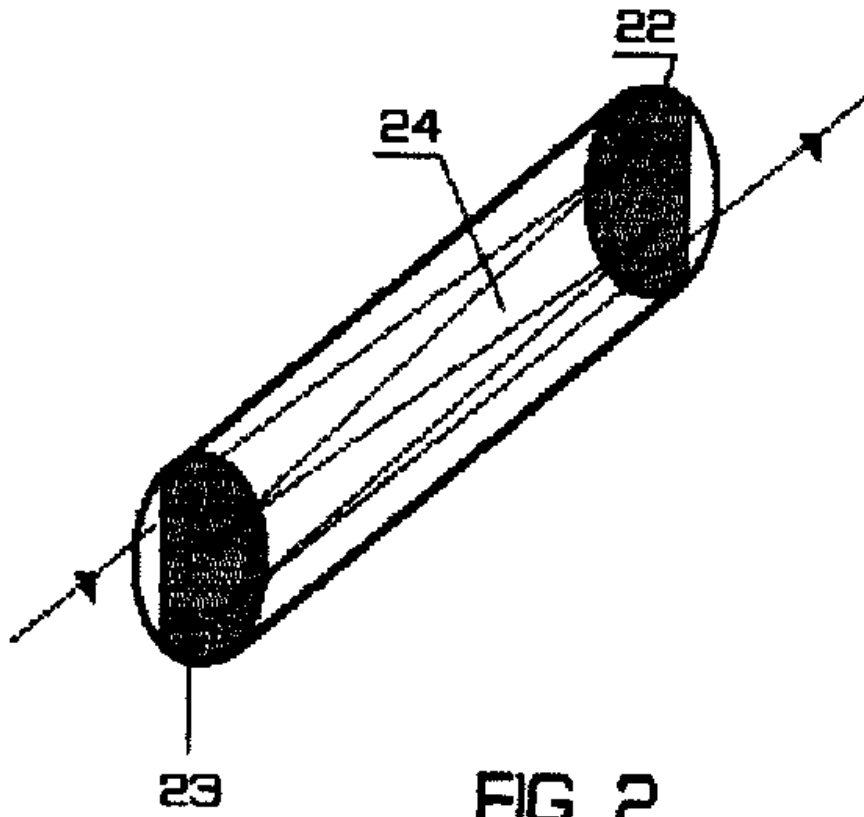


FIG. 1



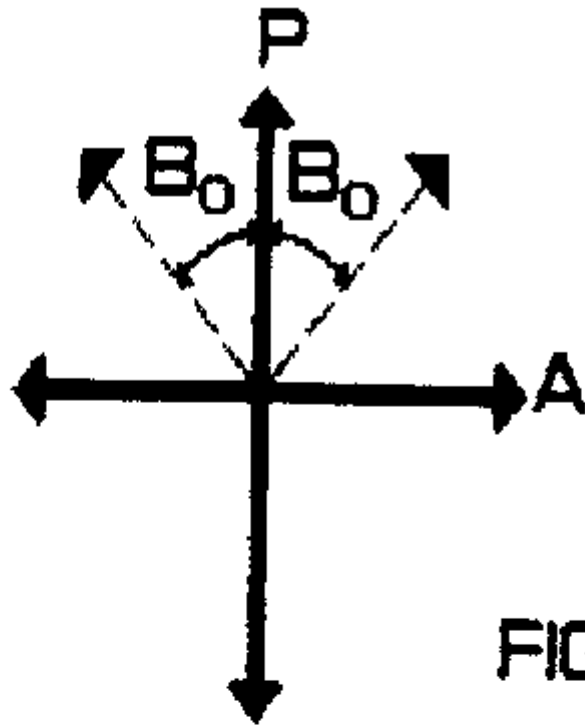


FIG. 3A

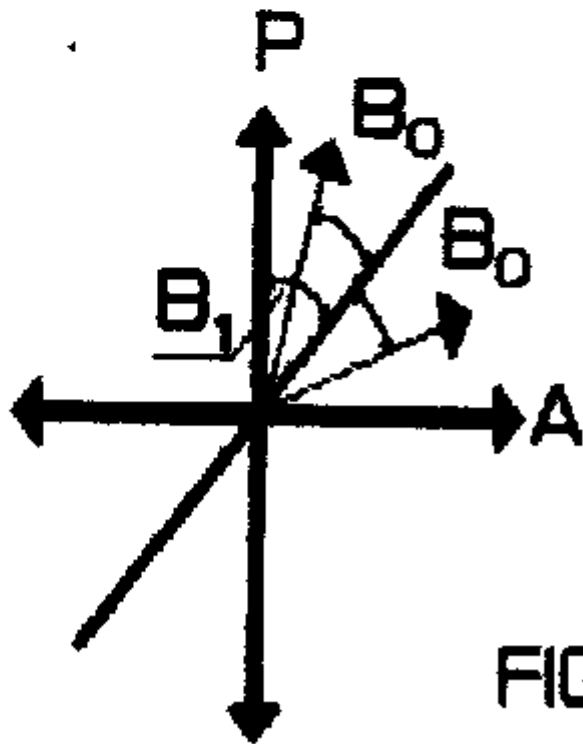


FIG. 3B

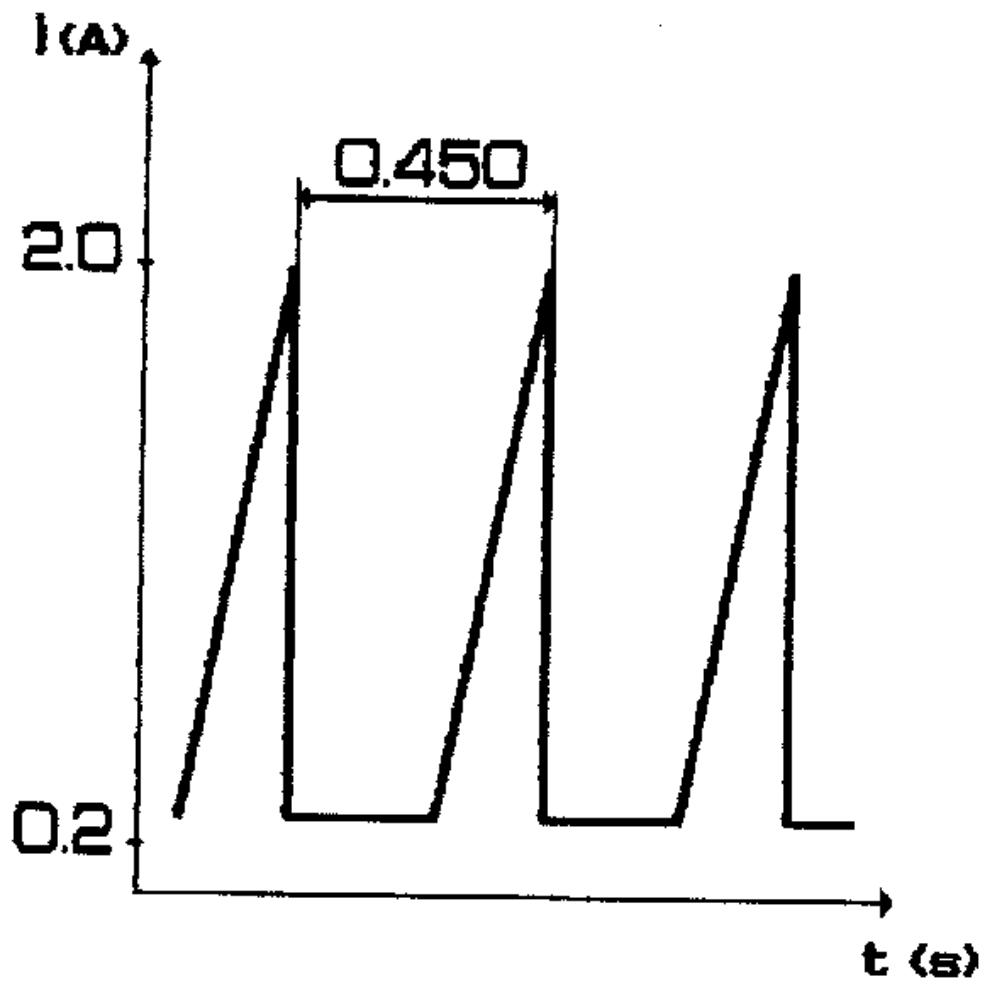


FIG. 4

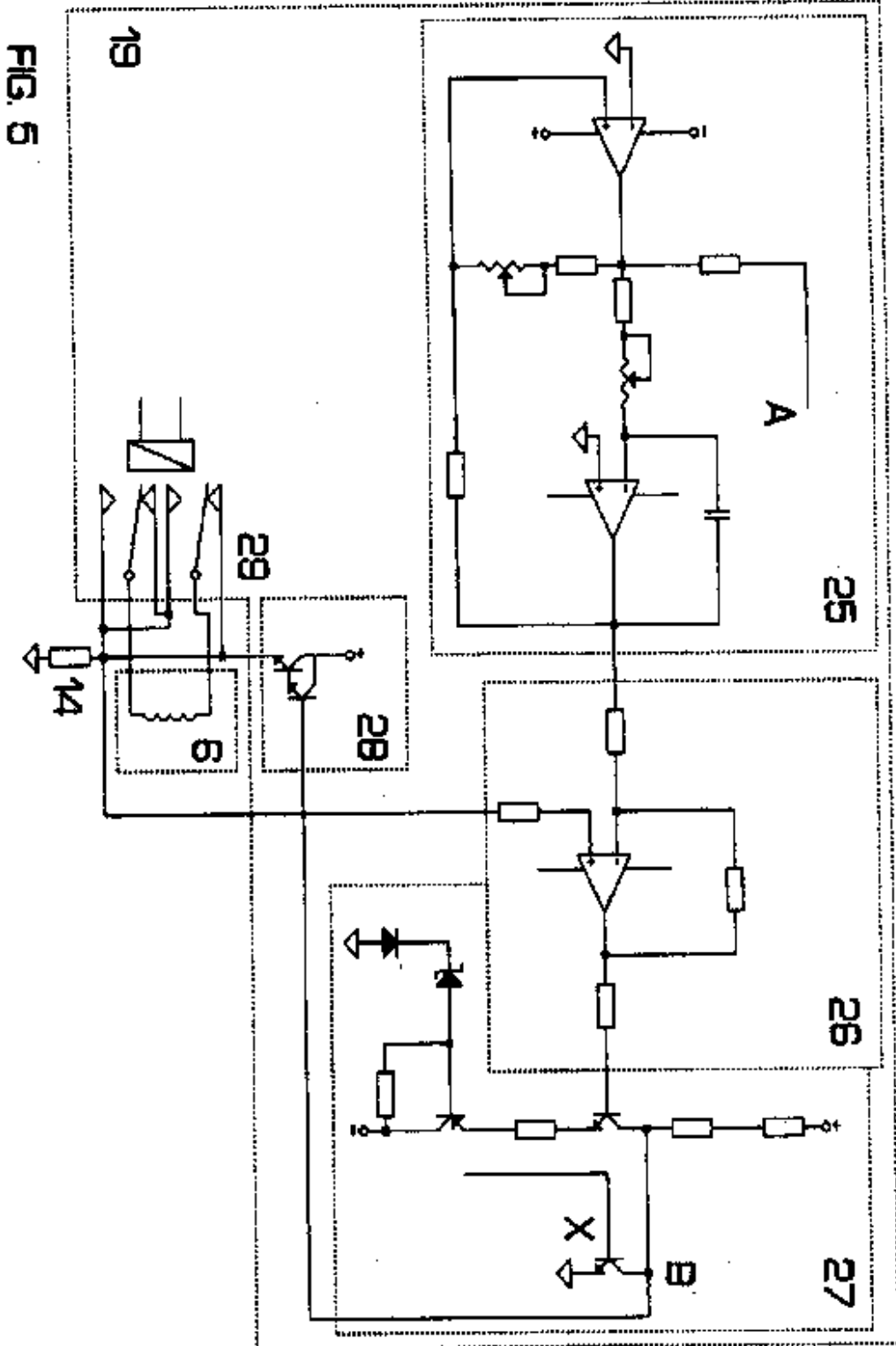


FIG. 5

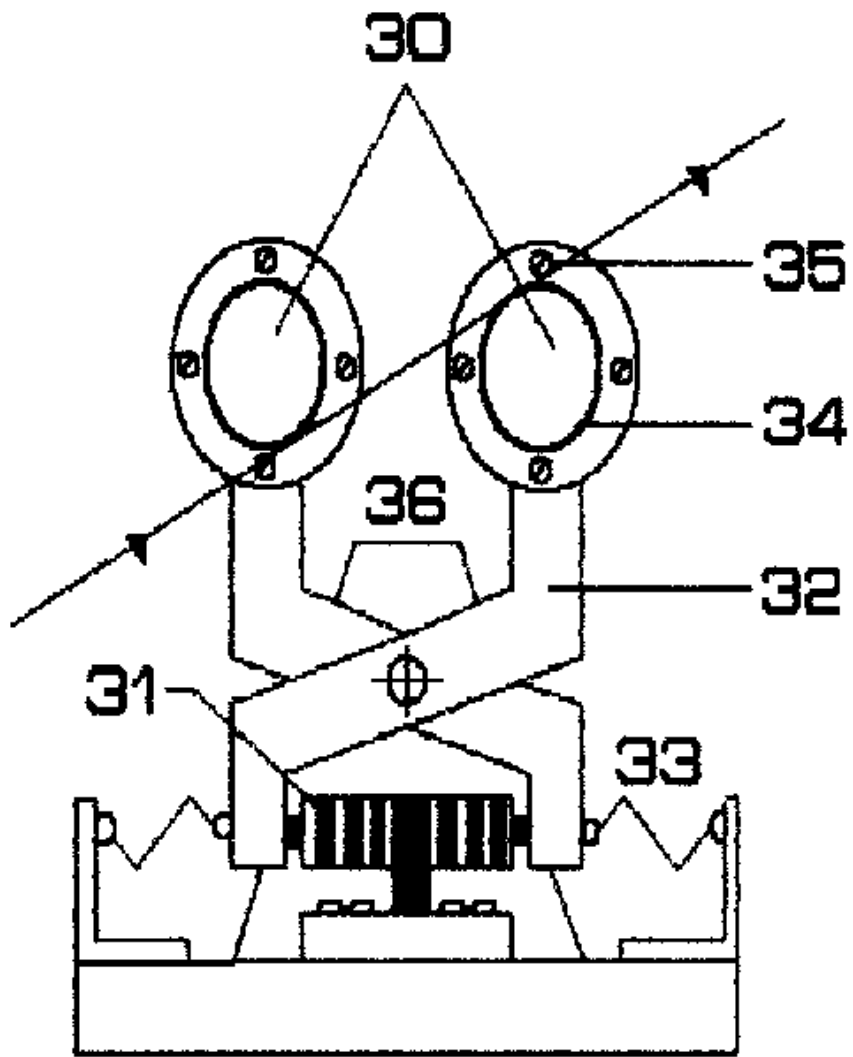


FIG. 6