

①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



①1 Número de publicación: **1 069 405**

②1 Número de solicitud: U 200802582

⑤1 Int. Cl.:
G01C 11/00 (2006.01)

①2

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

②2 Fecha de presentación: **18.12.2008**

⑦1 Solicitante/s: **SACYR, S.A.U.**
Paseo de la Castellana, 83-85
28046 Madrid, ES

④3 Fecha de publicación de la solicitud: **16.03.2009**

⑦2 Inventor/es: **Esteban Hoyas, Antonio;**
González Jiménez, Javier;
Ramírez Rodríguez, Antonio;
Blanco Clareco, José Luis;
Moreno Dueñas, Francisco Ángel;
Arévalo Espejo, Vicente y
Galindo Andrades, Cipriano

⑦4 Agente: **Carpintero López, Mario**

⑤4 Título: **Vehículo terrestre para el análisis topográfico de firmes de infraestructuras lineales.**

ES 1 069 405 U

DESCRIPCIÓN

Vehículo terrestre para el análisis topográfico de firmes de infraestructuras lineales.

5 Objeto de la invención

La presente invención se refiere a un vehículo terrestre para el levantamiento de mapas en tres dimensiones de firmes de infraestructuras lineales, es decir de carreteras y ferrocarriles. De manera más concreta, el objeto de la invención es el de proporcionar un vehículo con capacidad para obtener con fines topográficos, medidas en tres dimensiones del firme de infraestructuras lineales, y de manera que dichas medidas se obtienen de forma automática, con alto rendimiento y gran precisión.

Antecedentes de la invención

Actualmente para la obtención de un levantamiento del estado de una carretera en 3 dimensiones, en primer lugar es necesario conseguir una definición geométrica en tres dimensiones del trazado de la carretera (planta, alzado, peraltes y secciones tipo). Si se cuenta con los datos del proyecto original y es posible emplear el mismo sistema de coordenadas, basta con introducir las alineaciones, peraltes y secciones en un programa de trazado o convertir los archivos de aplicaciones comerciales, con lo que se logra definir matemáticamente las coordenadas de cualquier punto en el espacio en el entorno de la carretera. Si estos datos no están disponibles, o es necesario adaptarlos a una nueva cartografía o sistema de coordenadas, es necesario obtener entonces esta definición a partir del trabajo de campo, y posteriormente geometrizar el trazado, deduciendo los parámetros analíticos de las alineaciones en planta y alzado.

La tarea sin duda más costosa es la toma de perfiles transversales de la carretera y estado del firme, ya que en general es necesario cortar el tráfico y por consiguiente suele realizarse de noche, con las dificultades y el coste extra que implica. Para que el muestreo sea válido se suelen tomar perfiles cada 5 metros, y entre 3 y 10 puntos para cada perfil, dependiendo del tipo de proyecto. Esto resulta en la obtención de 2.000 puntos de medida por kilómetro de carretera. Si el levantamiento se ejecutara con estaciones totales digitales, es necesario una persona para controlar el aparato de medida y otra con el jalón, teniendo que apuntar al prisma para cada punto. Este proceso manual es lento y costoso.

Descripción de la invención

La presente invención se refiere a la configuración de un vehículo terrestre para la captura automática de datos sobre infraestructuras lineales como carreteras y ferrocarriles, permitiendo la obtención de medidas en tres dimensiones de la vía con un elevado número de puntos, un gran rendimiento y precisión. El vehículo se caracteriza porque su constitución comprende al menos un escáner láser posicionado de tal forma que puede emitir un haz láser dirigido hacia la superficie por la que circula el vehículo durante su normal utilización.

El vehículo también incorpora al menos un dispositivo para su localización de manera precisa, y un equipo electrónico que comunica el escáner láser y dicho dispositivo de localización para recibir y procesar datos procedentes de ambos elementos.

Dicho equipo electrónico comprende de forma convencional al menos un microprocesador, y está configurado internamente para procesar los datos recibidos del escáner láser y del dispositivo de detección de posición. Esta configuración interna del equipo electrónico se obtiene mediante un programa almacenado en su memoria interna y que es ejecutado por el microprocesador. Este equipo electrónico está implementado preferentemente mediante un ordenador personal, un microcontrolador o una combinación de ambos.

Mediante el vehículo objeto de la invención es posible proveer a organismos y empresas encargadas del mantenimiento de carreteras y autovías, de información detallada y precisa que pueda ser crítica a la hora de evaluar la necesidad de posibles reparaciones o reconstrucciones en el firme existente. Dicha información se obtiene de manera más rápida que las mediciones manuales utilizadas en la actualidad, consiguiendo además mayor precisión y mayor cantidad de información cuantitativa.

La obtención automatizada de las coordenadas tridimensionales del firme ofrece una serie de ventajas para el desarrollo de proyectos de mantenimiento de carreteras y refuerzos de firme. Entre ellas destacan las siguientes:

- disminución significativa de tiempo en la toma de perfiles transversales. Se ha estimado que la toma de datos de perfiles transversales pueda realizarse desplazando el vehículo a una velocidad de entre 5 y 10 Km/h, lo cual supone multiplicar la producción del equipo de topografía de 10 a 20 veces.
- reducción considerable de las precauciones de seguridad y molestias al tráfico rodado. La velocidad en la adquisición de datos hace posible que el tiempo para el que sería necesario cortar el tráfico rodado sea mucho menor. Además, también sería posible ocupar un solo carril con el vehículo convenientemente señalizado sin cortar completamente el tráfico. Esta última opción haría posible el trabajo diurno, con la consiguiente reducción de costes.

- aumento de la precisión y cantidad de datos obtenidos. El vehículo objeto de la invención permite tomar más de. 50 puntos por perfil (contra los 3 a 10 del sistema manual), y tomar un perfil cada metro, en lugar de los 5 a 10 actuales. Con este sistema se obtendrían hasta 50.000 puntos por kilómetro medido (unas 25 veces más que por el sistema tradicional), con las ventajas implícitas en cuanto a la calidad de la información obtenida.

- fácil integración del sistema con cámaras digitales. La modularidad del sistema propuesto permite que se pueda integrar fácilmente con una o dos cámaras digitales. Esto permitiría la toma de fotografías digitales de alta calidad que estarían georeferenciadas en sus coordenadas, lo cual puede servir por ejemplo para obtener inventarios de los elementos susceptibles de mantenimiento existentes, como señales de tráfico, pintura de señalización o barreras de las medianas, etc.

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1.- muestra una vista en perspectiva de una posible realización practica del vehículo objeto de la invención.

La Figura 2.- la figura (2a) muestra una vista lateral y la figura (2b) una vista posterior de una posible configuración del vehículo con un escáner láser montado en la parte trasera del vehículo rastreando la carretera. El plano de escaneo sobre el que se mueve el haz láser es perpendicular a la superficie del terreno a analizar. En la figura Zs es la altura del sensor. En la figura 2b r es la distancia medida, θ es el ángulo medido, y θ_{max} es el ángulo máximo.

La Figura 3.- es una representación similar a la de la figura anterior, pero con el plano de escaneo oblicuo respecto a la superficie del terreno a analizar.

La figura 4.- es una representación similar a la de la figura 2 pero empleando dos escáneres láser en la parte posterior del vehículo.

La figura 5.- muestra una vista en alzado (a), planta superior (b) y perfil (c) del bastidor que incorpora el vehículo para el montaje de los escáneres láser, dispositivos de localización, y cualquier otro elemento del que se quiera dotar al vehículo.

La figura 6.- muestra un ejemplo de un levantamiento en tres dimensiones de una sección de carretera obtenida mediante el vehículo objeto de la invención. El propio equipo electrónico del que está dotado el vehículo, está capacitado para representar visualmente los resultados obtenidos. La altura de las medidas se ha exagerado un factor de 10 para hacer reconocibles las imperfecciones del firme.

La figura 7.- muestra esquemáticamente los componentes de un escáner láser.

Realización preferente de la invención

En una realización preferente de la invención, el vehículo es eléctrico y está guiado de forma manual o automática. El uso de un vehículo eléctrico reduce las vibraciones con objeto de no afectar a las medidas, y además reduce la emisión de gases contaminantes a la atmósfera. El vehículo es de reducidas dimensiones para permitir su transporte a bordo de una furgoneta o camión, y tiene una autonomía para trabajar alrededor de 5 horas y es capaz de transportar hasta 3 personas, además de las baterías y equipo necesario para la inspección de la carretera.

Con referencia a la figura 1, el vehículo (1) objeto de la invención comprende un primer y un segundo escáner láser (2, 2') posicionados adecuadamente para "barrer" transversalmente el firme de una carretera (15) respecto a la dirección de avance del vehículo. Para ello, el primer y el segundo escáner están montados a nivel superior en la parte trasera del vehículo, situados de forma alineada sobre una línea transversal (x) a un eje longitudinal (Z) del vehículo, tal y como se aprecia claramente en la vista en planta de la figura 5b.

El empleo de los escáneres láser permite obtener medidas muy precisas y a una frecuencia muy alta comparado con otros sistemas alternativos (como sónares e infrarrojos), en tiempos totales inferiores a 70ms, obteniéndose además medidas correctas sobre casi todo tipo de superficies.

El vehículo comprende además varios dispositivos de posicionamiento para determinar en todo instante y de manera precisa la localización absoluta 6D del vehículo: tres coordenadas espaciales y tres ángulos. Estos dispositivos son:

- dos GPS de precisión milimétrica (3, 3') (sistema de posicionamiento global combinado con posicionamiento mediante láser) para estimar la posición y los ángulos de guiñada o *yaw* (respecto al eje perpendicular al suelo) y de alabeo o *roll* (respecto a la dirección de avance).

ES 1 069 405 U

- un sistema inercial o IMU (16) (Inertial Measurement Unit) capacitado para medir de forma incremental inclinaciones, giros y aceleraciones mediante la combinación de un conjunto de acelerómetros y giróscopos.

La posición preferente de los dos GPS (3, 3') es la representada en las figuras 1 y 5, es decir los dos GPS están situados en la parte frontal del vehículo alineados sobre una línea transversal (Y) a un eje longitudinal (Z) del vehículo.

Todas estas medidas de posición y orientación son procesadas mediante un algoritmo de integración secuencial de datos (por ejemplo un Filtro de Kalman) que se ejecuta en un equipo electrónico (normalmente un computador).

La constitución de cada escáner láser se ha representado en la figura 7. Cada escáner está formado por una superficie reflectante (7) por ejemplo perteneciente a un prisma óptico (8), una carcasa (11) dentro de la que aloja un emisor láser (5), un receptor láser (6) y un motor eléctrico (9) asociado mecánicamente con dicha superficie reflectante (7) mediante un reductor (10) para hacer girar dicha superficie reflectora. Dicho emisor láser está posicionado para emitir un haz láser (13) sobre dicha superficie reflectora (7), la cual lo refleja para dirigirlo hacia el exterior del dispositivo. De forma análoga, el receptor láser está posicionado para recibir un haz láser reflejado (12) redireccionado por dicha superficie reflectora (9) procedente del exterior del dispositivo. El haz láser (13) y el haz láser reflejado (12) realizan un recorrido paralelo y la superficie reflectante está situada preferentemente a 45° respecto a dichos haces.

Se hace girar la superficie reflectante (7) de forma que el haz láser efectúe un recorrido angular pudiendo realizar un barrido de hasta 180°. Este haz láser (13) incide sobre un objeto del entorno y rebota en dicho objeto (en este caso la superficie de una carretera por ejemplo), de forma que el haz láser reflejado (12) llega al sensor láser. El escáner láser dispone de unos medios electrónicos que determinan "el tiempo de vuelo" del rayo es decir el tiempo que tarda desde que sale del emisor y regresa al receptor láser, determinándose a partir de este dato la distancia hasta el objeto relativa a la posición del láser. De esta forma se puede detectar cualquier tipo de irregularidad de la superficie, tal como grietas, baches etc.

Las medidas promocionadas por los escáneres, en forma de pares <distancia, ángulo> relativas a la posición de éstos han de ser transformadas a un sistema de referencia absoluto terrestre (por ejemplo, coordenadas UTM). Para tal fin, estos datos son almacenados y procesados en el equipo electrónico que puede consistir por ejemplo en un computador, el cual recibe también información exacta de la posición y orientación absoluta del vehículo. Este posicionamiento absoluto del vehículo y de los escáneres láser respecto a éste son necesarios para poder transformar matemáticamente las medidas locales de cada escáner en puntos 3D absolutos, debiendo, por tanto, llevarse a cabo de manera síncrona con los barridos de éste (varios por segundo, dependiendo del modelo de escáner). El posicionamiento absoluto del vehículo se obtiene mediante los sensores descritos en el párrafo anterior, mientras que el posicionamiento de los escáneres en referencia al vehículo se lleva a cabo mediante técnicas de calibración.

Preferentemente, el par de escáneres láser instalados en el vehículo funcionan de forma sincronizada, de manera que el giro de sus espejos rotatorios están desfasados 180°. De este modo, durante el tiempo en el que uno de los escáneres está barriendo el firme, el espejo del otro dispositivo está girando orientado hacia la parte trasera del escáner, esto es, sin realizar su barrido. De esta manera se evitan las interferencias entre los rayos emitidos por los diferentes escáneres, consiguiendo unas mejores prestaciones del sistema dual de escáneres láser.

Como se aprecia en la figura 1, el vehículo incorpora un bastidor (4) de configuración rectangular, el cual está montado a nivel superior del vehículo y dispuesto longitudinalmente respecto al vehículo y horizontalmente respecto a la superficie sobre la que apoya normalmente el vehículo. Este bastidor está formado por perfiles de aluminio para obtener una estructura resistente pero ligera. Los escáneres láser (2, 2'), los GPS (3, 3') y el dispositivo inercial (16), están fijados en dicho bastidor.

Un primer GPS milimétrico (3') está montado en la parte frontal izquierda del vehículo y un segundo GPS milimétrico (3) está montado en la parte frontal y derecha del vehículo, con objeto de poder proporcionar, además de las posiciones, estimaciones para el cálculo de los ángulos de alabeo y guiñado.

Las figuras 2 y 3 representan una posible realización de la invención en la que el vehículo (1) dispone de un solo escáner láser (3) situado en la parte posterior y a nivel superior del vehículo. En el caso de la figura 2 el escáner está posicionado para generar un plano de escaneo perpendicular al suelo, y en el caso de la figura 3 el escáner está inclinado para generar un plano de escaneo inclinado respecto al suelo.

La figura 4 muestra la configuración con dos escáneres láser situados uno al lado del otro sobre un mismo plano, de forma que generan un plano de escaneo perpendicular al suelo. Los escáneres están colocados en la parte trasera del vehículo a una altura aproximada de 2 metros y con los planos de escaneo perpendiculares al suelo. La utilización de dos escáneres permite aumentar la cobertura del barrido (H) sin sacrificar la resolución espacial, simplemente aumentando la distancia de separación entre los sensores. Además, la redundancia de datos obtenidos se puede promediar para mejorar el resultado final.

Alternativamente los dos escáneres láser de la figura 4 se pueden posicionar en el vehículo de forma inclinada para generar un plano de escaneo oblicuo al suelo.

ES 1 069 405 U

Por otro lado, el vehículo dispone de un armario (14) adecuado para instalar los equipos electrónicos, interruptores de potencia, baterías, conexiones eléctricas etc.

5 Además de las baterías propias del vehículo para su propulsión, el vehículo incorpora un segundo grupo de baterías (no representado) que alimentan a través de los correspondientes convertidores de tensión, a los diversos dispositivos electrónicos del vehículo anteriormente descritos.

10 Opcionalmente, el vehículo puede estar dotado de una pantalla situada en la zona de conducción del vehículo para la visualización de la captura de los datos durante la operación del vehículo, así como de un teclado numérico para la configuración de los parámetros.

Diversas posibilidades de realizaciones prácticas de la invención, se describen en las adjuntas reivindicaciones dependientes.

15

20

25

30

35

40

45

50

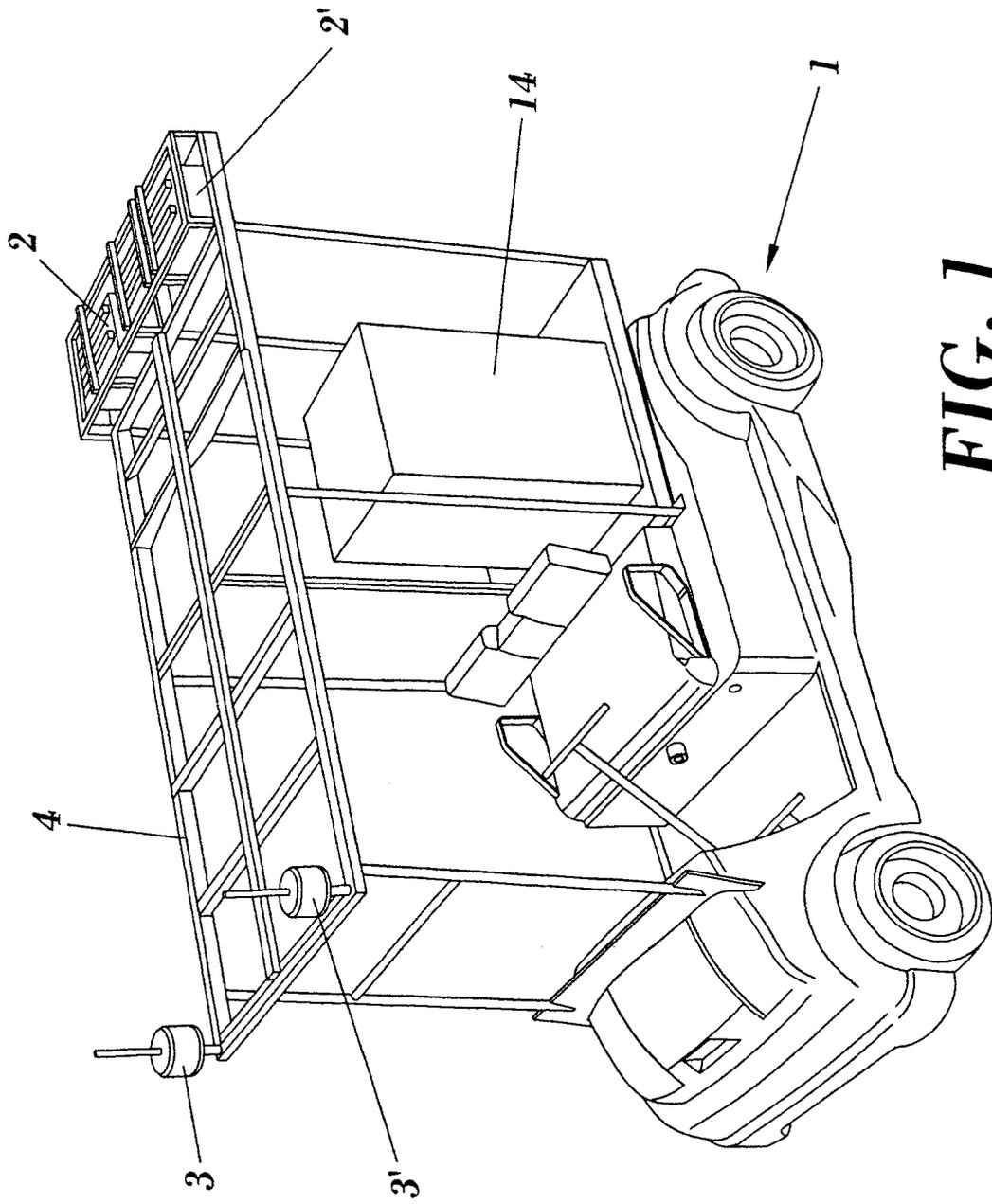
55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Vehículo terrestre para el análisis topográfico de infraestructuras lineales, **caracterizado** porque comprende:
- 5 al menos un escáner láser montado en dicho vehículo de tal forma que puede emitir un haz láser hacia una superficie por la que puede circular el vehículo,
- al menos un dispositivo de localización de posición montado en dicho vehículo,
- 10 un equipo electrónico montado en dicho vehículo,
- y medios que comunican eléctricamente dicho equipo electrónico con el escáner láser y con el dispositivo de localización de posición.
- 15 2. Vehículo según la reivindicación 1 **caracterizado** porque el equipo electrónico incorpora al menos un micro-procesador asociado a una memoria de datos.
3. Vehículo según la reivindicación 2 **caracterizado** porque dicho equipo electrónico está configurado para procesar los datos recibidos del escáner láser y del dispositivo de detección de posición.
- 20 4. Vehículo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque el equipo electrónico está configurado para almacenar sincronizadamente datos de la posición del vehículo tomados por dicho dispositivo de localización global, y medidas tomadas por el escáner láser.
- 25 5. Vehículo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque es un vehículo eléctrico.
6. Vehículo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 **caracterizado** porque es un vehículo con motor de combustión.
- 30 7. Vehículo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque incorpora al menos un escáner láser que está montado en la parte trasera del vehículo y a nivel superior.
8. Vehículo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque incorpora un bastidor, y porque al menos un escáner láser y al menos un dispositivo de localización de posición están fijados en dicho bastidor.
- 35 9. Vehículo según la reivindicación 8 **caracterizado** porque dicho bastidor está situado a nivel superior del vehículo montado de forma substancialmente horizontal respecto a la superficie sobre la que apoya normalmente el vehículo.
- 40 10. Vehículo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque el dispositivo de localización de posición consiste en un GPS milimétrico.
11. Vehículo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque incorpora un sistema inercial capacitado para medir de forma incremental inclinaciones, giros y aceleraciones mediante la combinación de un conjunto de acelerómetros y giróscopos.
- 45 12. Vehículo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque incorpora dos dispositivos de localización de posición, situados sobre una línea transversal a un eje longitudinal del vehículo.
- 50 13. Vehículo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque dicho escáner láser está posicionado para escanear la superficie a analizar en líneas transversales respecto a la dirección de avance del vehículo.
14. Vehículo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque dicho escáner láser está posicionado de manera que un haz láser generado incide de forma substancialmente ortogonal respecto a la superficie por la que puede circular el vehículo.
- 55 15. Vehículo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 **caracterizado** porque dicho escáner láser está posicionado de manera que un haz láser generado incide de forma inclinada respecto a la superficie por la que puede circular el vehículo.
- 60 16. Vehículo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque dispone de dos escáneres láser posicionados de forma que el desplazamiento del haz láser emitido por cada uno de ellos se puede efectuar sobre un mismo plano.
- 65 17. Vehículo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque dispone de dos escáneres láser instalados en el vehículo de forma alineada según una línea transversal al eje longitudinal del vehículo.



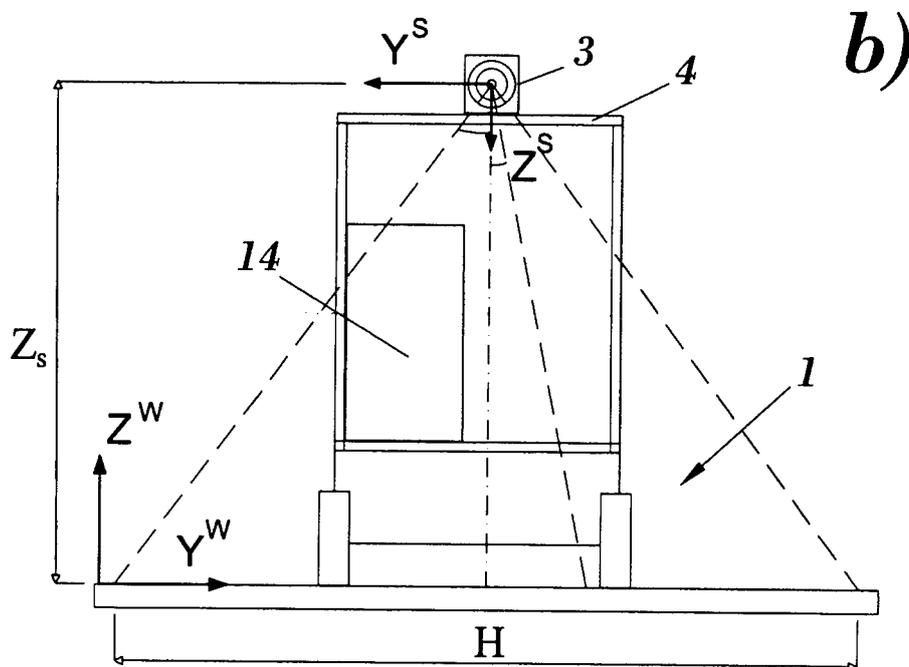
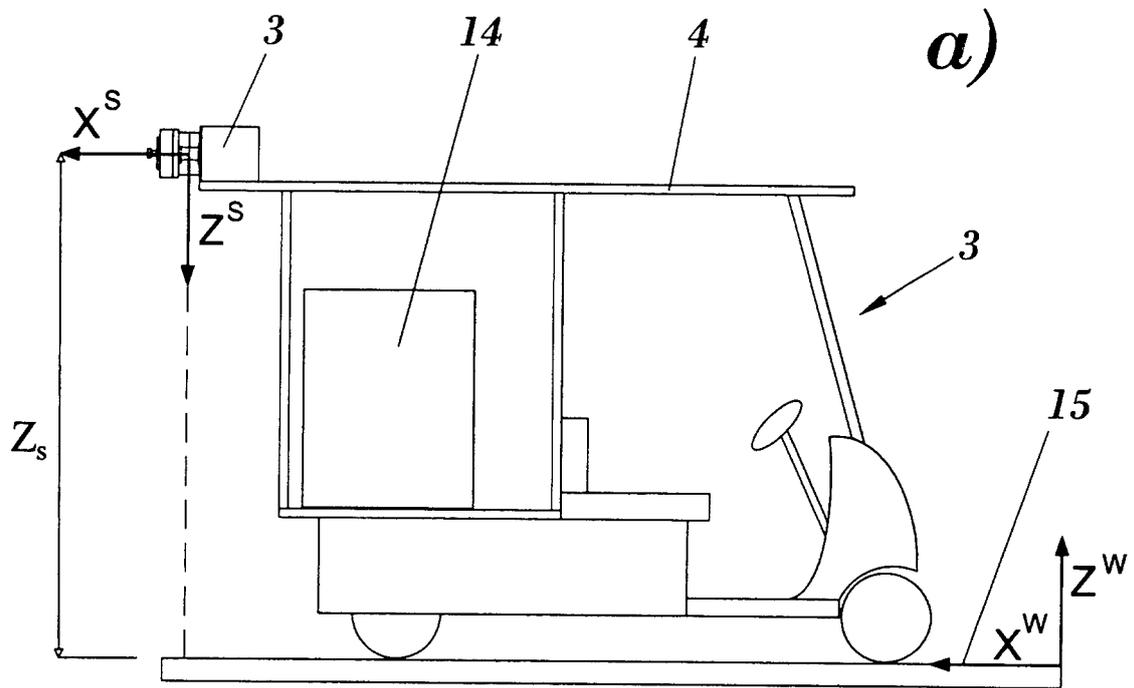


FIG. 2

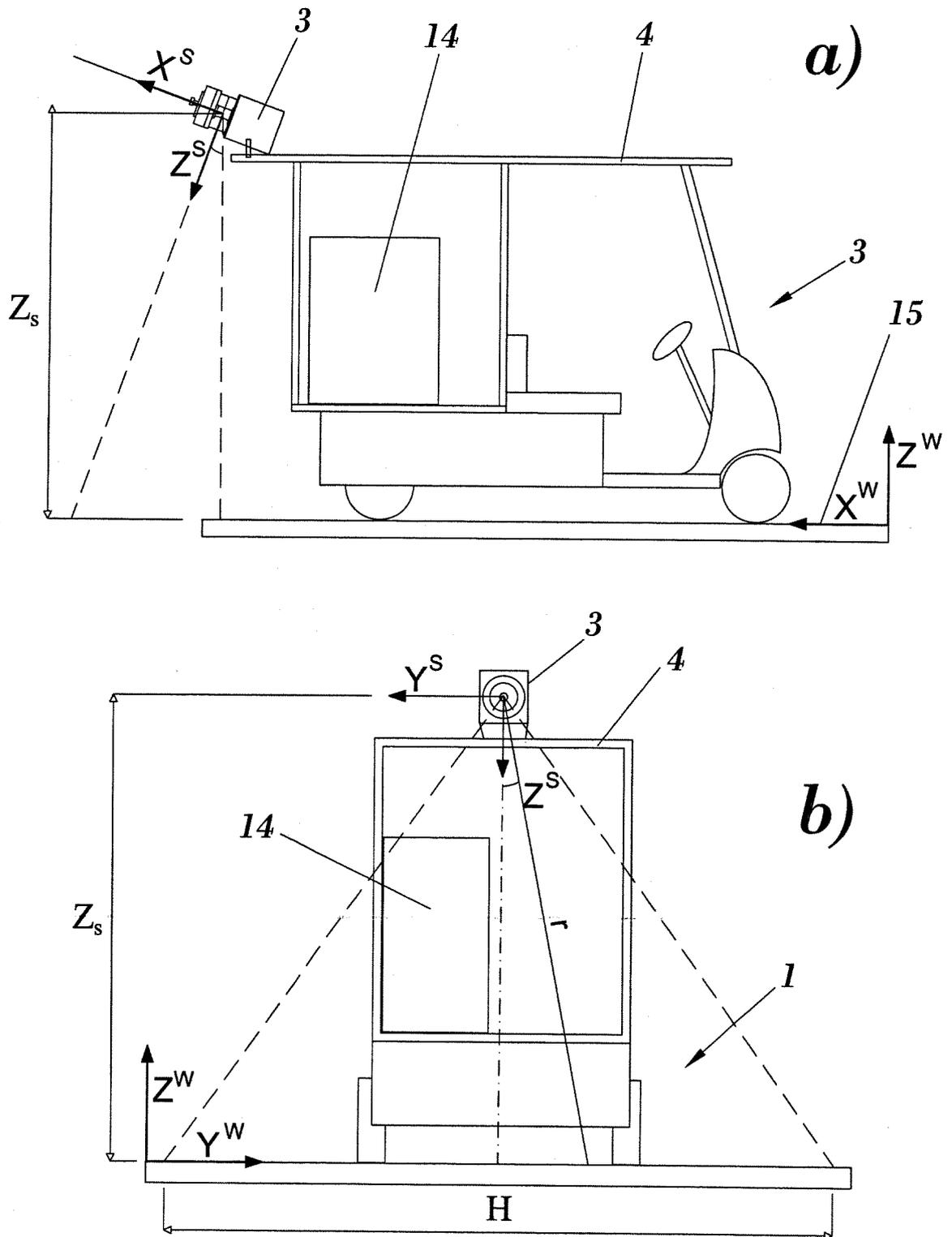


FIG. 3

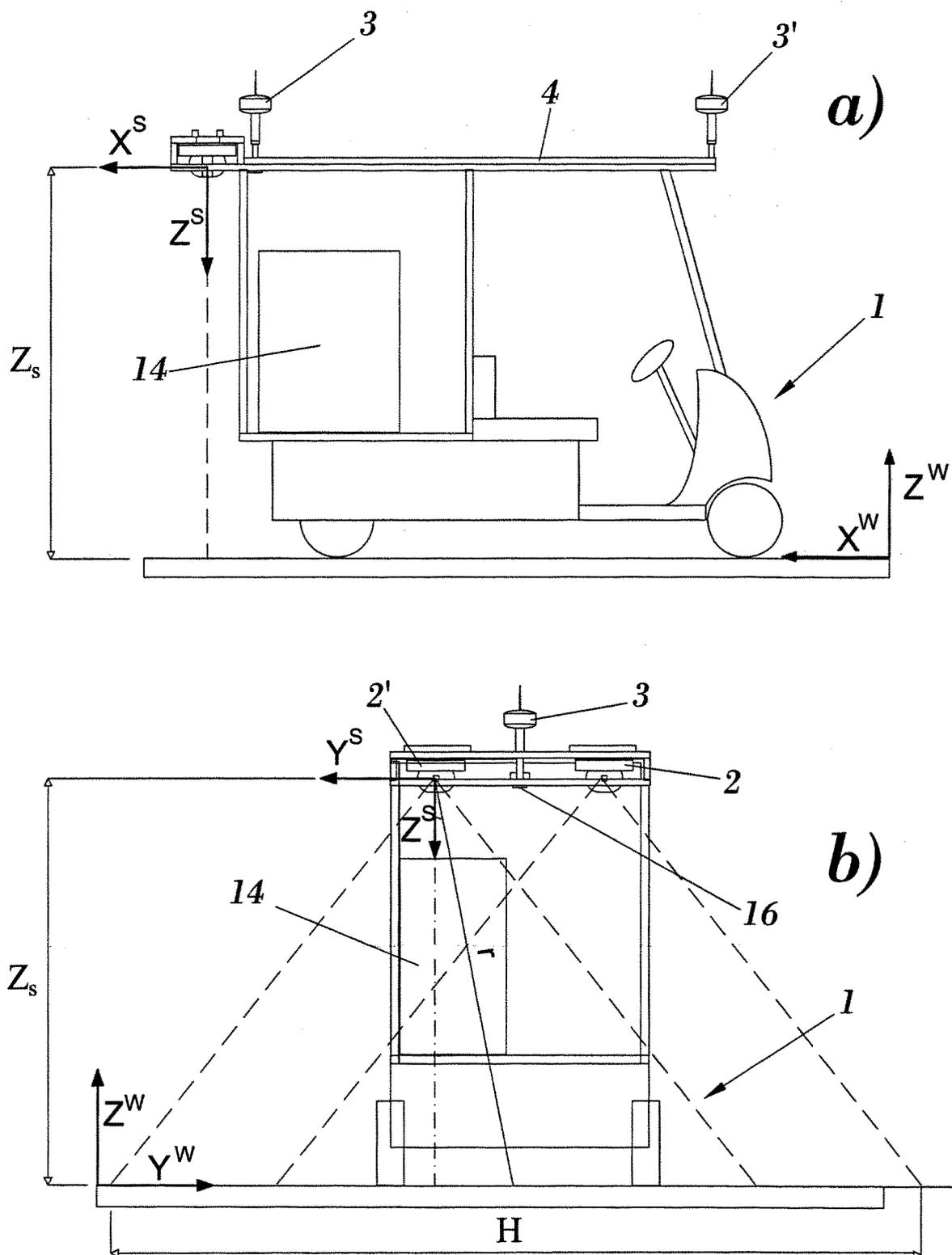


FIG. 4

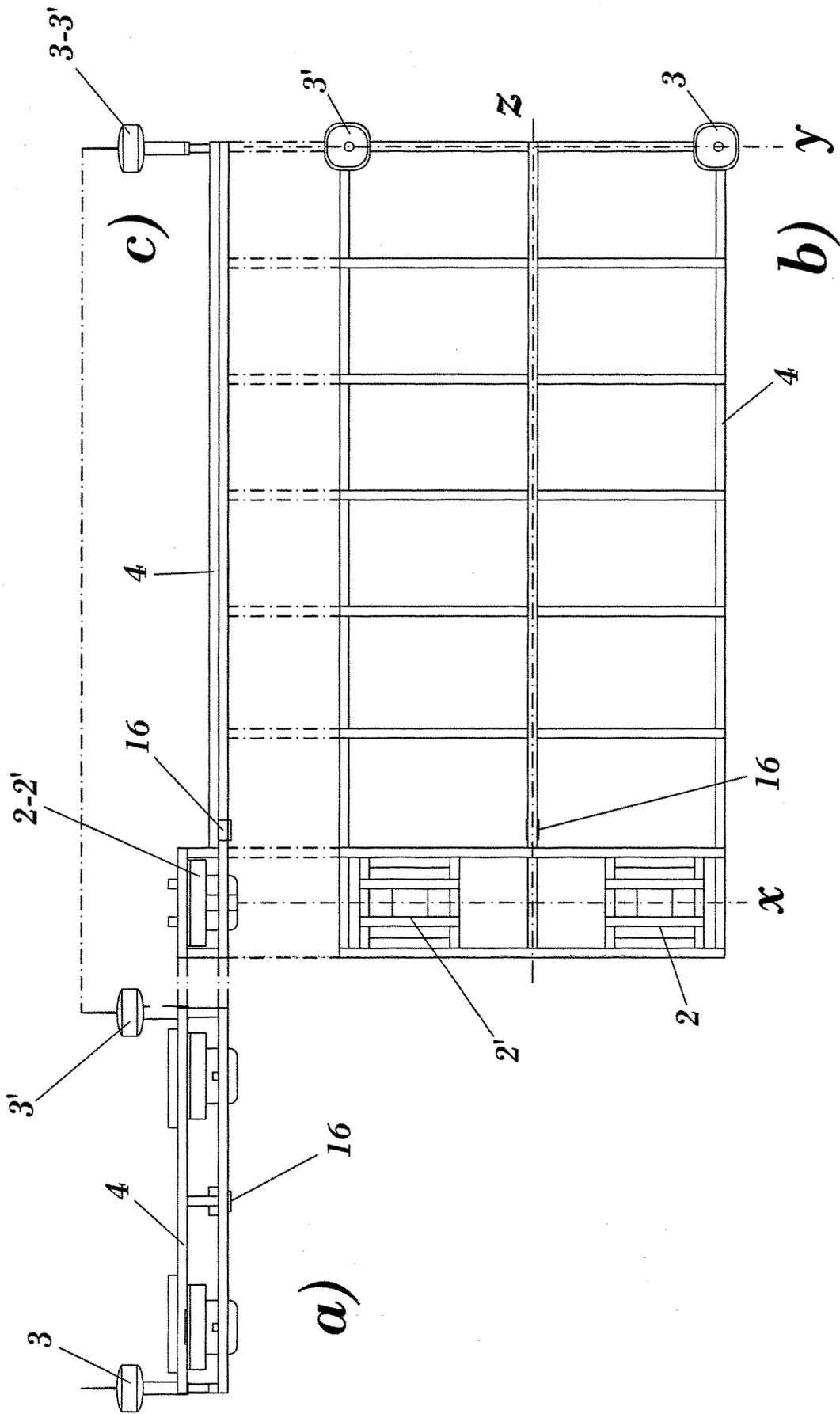


FIG. 5

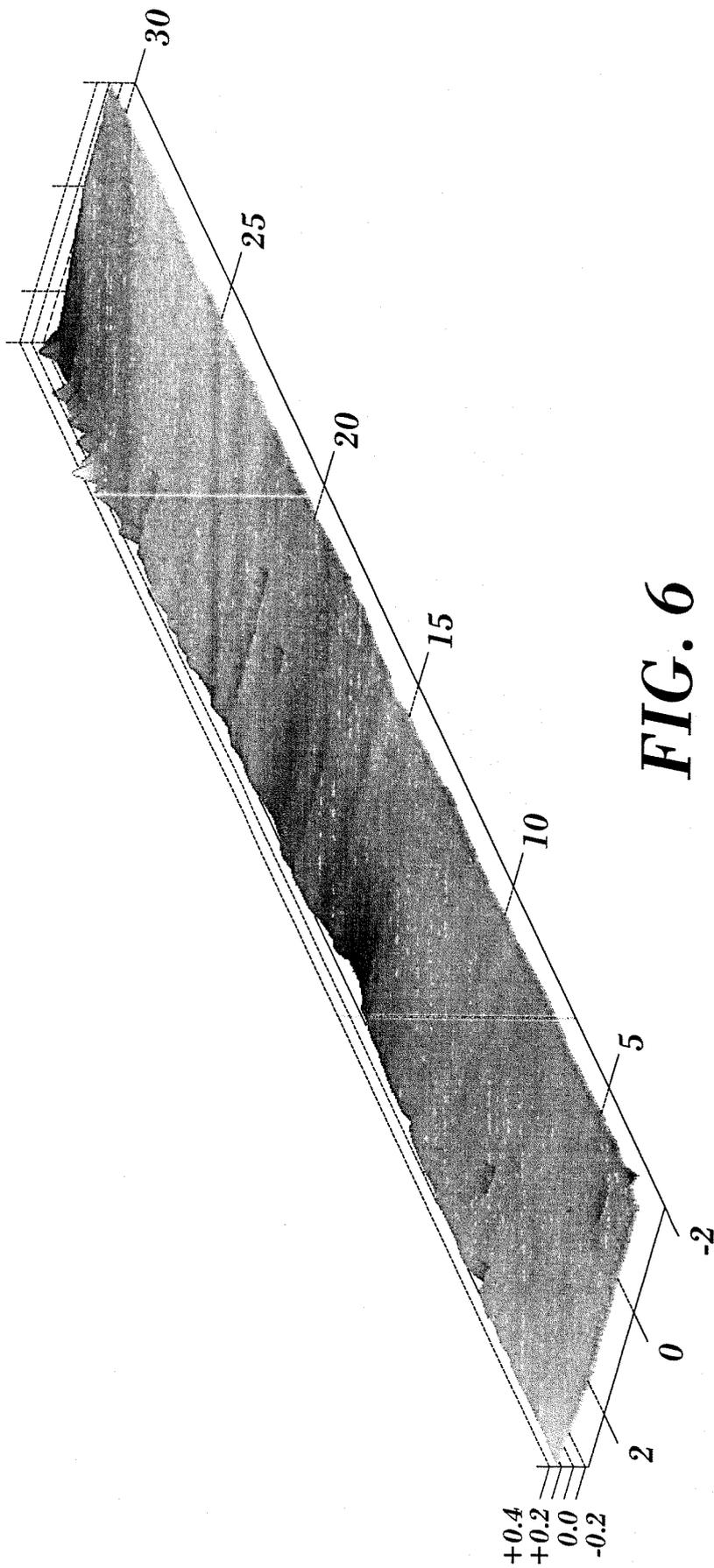


FIG. 6

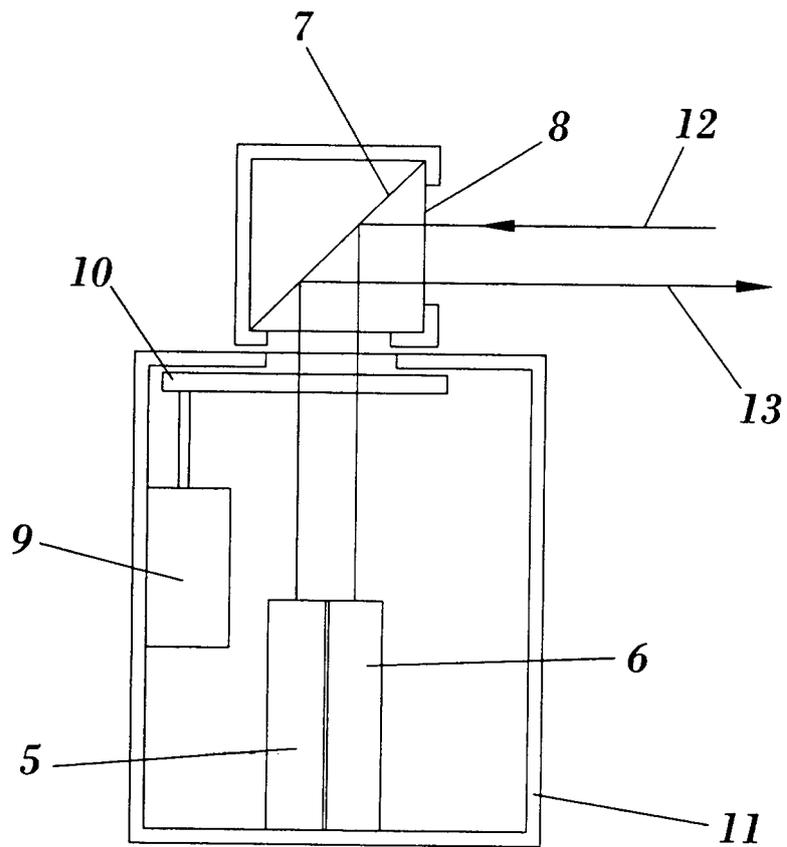


FIG. 7