

Doctor:

JOSÉ LUIS SALAZAR

Director de Nuevas Creaciones

Superintendencia de Industria y Comercio

E. S. D.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 14-185631-00007-0000

Fecha: 2016-03-18 12:18:10 Dep. 2020 DIR.NUEVASCI
Tra. 2 PATENTES Eve: 1 REGDEPOSITO
Act. 523 RESPUESTA Folios: 36

REFERENCIA: Expediente **14-185631** PATENTE DE INVENCION

ASUNTO: Respuesta a Requerimiento Artículo 45.

**“DISPOSITIVO PARA DEPÓSITO EN ÁNGULO OBLICUO DE MATERIALES A ESCALA
NANO Y MICROMÉTRICA MEDIANTE TÉCNICAS PVD”**

FELIPE EDUARDO FIGUEROA CARDOZO, identificado como aparece al pie de mi firma, abogado en ejercicio, portador de la Tarjeta Profesional No. 140.243 expedida por el Consejo Superior de la Judicatura, actuando en nombre y representación de la UNIVERSIDAD DEL VALLE, solicitante de la patente de invención **“DISPOSITIVO PARA DEPÓSITO EN ÁNGULO OBLICUO DE MATERIALES A ESCALANANO Y MICROMÉTRICA MEDIANTE TÉCNICAS PVD”**, radicada en el Expediente 14-185631, procedo a dar contestación al auto dictado por ese Despacho, **Oficio 15302** notificado por fijación en lista de fecha 22/12/2015.

1. Descripción.

Con el ánimo de subsanar las objeciones indicadas por el Señor Examinador, se presenta a su consideración la reorganización del capítulo descriptivo, exponiendo al detalle cada uno de los elementos o partes de la invención, según el nuevo capítulo de Figuras que se allega al Expediente, el cual, fue modificado de acuerdo a las directrices plasmadas en el requerimiento.

2. Reivindicaciones.

Con el ánimo de subsanar las objeciones indicadas por el Señor Examinador, y en aras de brindar una mayor claridad y concisión, se presenta a su consideración un nuevo pliego reivindicatorio que consta de 10 cláusulas, con la inclusión de la totalidad de las recomendaciones planteadas en el Oficio de requerimiento, en el cual se eliminaron, tanto los términos imprecisos, como las expresiones consideradas como resultados a alcanzar, siendo reemplazadas por las características esenciales, estructurales y funcionales de la invención, cumpliendo a cabalidad con las reglas de concisión que rigen la presentación del capítulo reivindicatorio.

En estas condiciones, se plantea un nuevo pliego reivindicatorio en el cual se eliminaron las expresiones de las reivindicaciones dependientes señaladas por la Señora Examinadora en el escrito de requerimiento.

2. Anexos.

- i) Copia del capítulo descriptivo con la reorganización del capítulo de Figuras sugerida por el Señor Examinador.
- ii) Copia del nuevo capítulo reivindicatorio compuesto por cinco(5) cláusulas que reemplaza el anteriormente presentado y en el cual se han acogido la totalidad de las recomendaciones formuladas por el Señor Examinador.

3. Petición.

En virtud de lo anteriormente expuesto, ruego a usted proceder a estudiar los documentos allegados al presente escrito y, en consecuencia, continuar el privilegio de patente a la invención tramitada bajo el Expediente de la Referencia.

Atentamente,



FELIPE EDUARDO FIGUEROA CARDOZO
C.C. 16.940.582
T.P. 140243 C.S de la J.

DISPOSITIVO PARA DEPÓSITO EN ANGULO OBLICUO DE MATERIALES A ESCALA NANO Y MICROMETRICA MEDIANTE TECNICAS PVD

OBJETO DE LA INVENCION:

La presente solicitud de Patente de Invención, se refiere a un dispositivo para controlar el ángulo de crecimiento de un material aportante evaporado sobre la superficie de un sustrato sin necesidad de emplear una maquina que funcione a partir de servo-motores, con el objetivo de depositar materiales en forma de película delgada a un determinado ángulo oblicuo en procesos de recubrimiento de superficies tales como el PVD (Deposición en fase de Vapor, en ingles Vapor Phase Deposition), la cual posee sus respectivos procedimientos tales como pulverización catódica o en ingles magnetron sputtering (MS) y deposición física en fase de vapor con haz de electrones o ingles electron beam Physical Vapor Deposition (EB-PVD).

ANTECEDENTES DE LA INVENCION:

Dentro del estado de la técnica, se encuentran los avances de la ciencia moderna, como en este caso los procesos de manufactura en recubrimiento de superficies de materiales, con el objetivo de optimizar algunas propiedades o cualidades de la micro estructura de la superficie del sustrato o material tratado, tales como adhesión, resistencia a la corrosión, resistencia al desgaste, resistencia a las ralladuras entre otras.

La microestructura de películas delgadas ha sido objeto de interés por varias décadas ya que propiedades magnéticas, ópticas, eléctricas y mecánicas de materiales a escala manométricamente y micrométricamente son afectadas por estructuras columnares, especialmente son considerables las similitudes estructurales entre varios materiales depositados por diferentes procesos, lo cual sugiere mecanismos comunes de nucleación y crecimiento, tal y como se observa en la figura No.1, donde diferentes tipos de materiales depositados por procesos de manufactura en PVD y CVD (Deposición química de Vapor o ingles Chemical Vapor Deposition) presentan similitudes en su microestructura de crecimiento.

Se evidencia que las observaciones realizadas a películas (b') depositadas a ángulos oblicuos, revelan que las columnas están orientadas hacia la fuente de vapor y el flujo de evaporación (a') tal y como se ilustra en la figura No.2. El ángulo β entre las columnas y la normal al sustrato (c') generalmente es menor que el ángulo α formado por la dirección de la fuente (b') y la normal al sustrato (c'). Algunas simulaciones por computador (Ver figura No.3) han contribuido en aclarar la formación y el papel que juega el efecto de "**sombreado**" en la formación de estructuras columnares.

Dentro del estado de la técnica se encuentran varios métodos de recubrimiento de superficies, tal y como se ilustra en la figura No.4, se observa un montaje experimental para la deposición en ángulo oblicuo que consiste en que el haz colimado de evaporación de la fuente de deposición (d') (en el caso ideal) tiene un gran ángulo de incidencia α con respecto a la superficie normal del sustrato (c'). Por lo tanto, podemos tratar el flujo de entrada de vapor como un vector F , como se muestra en la figura No.4 (a). El flujo tiene dos componentes, un componente vertical $F_{\perp} = F \cos \alpha$ y un componente lateral $F_{\parallel} = F \sin \alpha$ de esta manera la superficie del sustrato (c') puede recibir el flujo de vapor desde ambos componentes tal y como se muestra en la figura No.4 (b).

En los actuales procesos de recubrimiento y deposición de un material sobre un sustrato plano, inicialmente los átomos incidentes pueden aleatoriamente formar islas sobre el sustrato. A medida que la deposición avanza, las primeras islas que se han formado pueden actuar como centros de "sombreado", así las islas más altas pueden recibir mayor cantidad de átomos incidentes en comparación con las más cortas (efecto de sombreado). Este proceso competitivo conduce a que solamente las islas más altas crezcan en forma de columnas, formándose así una película nano-columnar como se puede observar en la figura No.5.

Se demuestra que el depósito bajo ángulo oblicuo, genera una película compuesta de columnas con un ángulo de inclinación β , ya que la componente $F_{||}$ permanece constante durante todo el proceso. El resultado lo podemos observar en las micrografías SEM en sección transversal (Ver la Figura No.6) para películas de Si depositadas a ángulos α de 0° , 30° , 60° y 80° . Se puede ver que estas son porosas, poseen estructuras nano-columnares y el tamaño y densidad de las nano-columnas cambia en función del ángulo α .

Asimismo, se evidencia que dentro del estado del arte diferentes autoridades académicas han mencionado que mediante la variación de ciertos parámetros de deposición se pueden controlar y modificar la estructura de crecimiento de diversos materiales evaporados. Cada uno de los métodos que han sido desarrollados tales como la deposición en ángulo oblicuo (oblique angle deposition – OAD) y su posterior paso hacia la técnica deposición en ángulo subtendido (glancing angle deposition – GLAD) han abierto el campo de la investigación de la manipulación de nano y microestructuras representados en múltiples artículos publicados que abarcan el estudio de propiedades ópticas hasta el efecto de la geometría de estas estructuras sobre la dureza del recubrimiento obtenido.

Cada una de estas técnicas o métodos de recubrimiento desarrollados, posee para el movimiento del sustrato (c') o material a tratar, un sistema de control incorporado, así como un módulo de software usado para controlar el movimiento a lo largo de la deposición del material aportante y una fuente de evaporación (e') tal y como se puede observar en la figura No.7(a), asimismo se observa en esta figura No.7 (a) que es necesario contar con 2 servo-motores para poder generar el efecto de "sombreado" durante el crecimiento de la película generando diversos tipos de microestructura que actualmente abren nuevos campos de investigación acerca de las propiedades de materiales a nano y micro escala, algunas de estas microestructuras se pueden observar en la figura No.8.

Tal y como se observa en la figura No.7 (b) la aplicación de los recubrimientos desarrollados en cada una de las técnicas implementadas sobre el sustrato (c') o material a tratar que poseen un sistema de control incorporado, un módulo de software y una fuente de evaporación (e') observado en la figura 7(a), tienen un comportamiento estructural condicionado por las variables que actúan en el proceso por ejemplo el rayo incidente (f') que actúa sobre el sustrato (c') la cual genera una sombra (g') sobre el sustrato (c') la cual genera estructuras nano-columnares que cambian en función del ángulo α y también por el adatom difusion (h') producido por el rayo incidente (f') donde dicho adatom difusion (h') son los átomos que se encuentran sobre las superficies de los cristales que forman a nivel manométrico y molecular el material.

Debido a la necesidad de contar con maquinas que poseen servo-motores en los procesos de recubrimiento para superficies, resulta muy costoso su implementación, más aún en laboratorios de investigación, cuyos equipos para realizar depósitos mediante el proceso de PVD (Deposición en fase de Vapor, en ingles Vapor Phase

Deposition) no han sido contruidos y concebidos para incluir este tipo de maquinas, generando en los equipos su adaptación invasiva, con modificaciones mayores e incluso no garantizando la funcionalidad de dicho equipo, generando sobre costos, poca flexibilidad y restrictividad en las pruebas investigativas y ocasionando una única exclusividad en este campo de investigación.

Dentro del estado de la técnica, se encuentran múltiples diseños y configuraciones constructivas de equipos, maquinas y dispositivos que hacen diferentes procesos de manufactura y en especial los recubrimientos para superficies, en este caso los recubrimientos mediante el proceso en PVD, es por esto que se presentan algunos documentos a continuación.

Tal y como se observa en la patente de invención estadounidense US 6045667 (Abril 4 del 2000) del solicitante Everhard Moll GmbH [DE], describe una patente de invención, que consiste en proporcionar un sistema y un proceso para el tratamiento de la substratos utilizando iones a partir de una descarga de arco de baja tensión.

En la patente de invención estadounidense US 6238533 (Mayo 29 de 2001) del solicitante Applie Materials, Inc [US], describe un sistema integrado de PVD para un aluminio relleno de huecos usando capa de adherencia de metal ionizado.

En la patente de invención estadounidense US 6485616 (Noviembre 26 de 2002) del solicitante Desposition sciences, Inc [US], describe un sistema y método para el revestimiento de sustratos con una mayor capacidad y uniformidad.

En la patente de invención estadounidense US 6488824 (Diciembre 3 de 2002) del solicitante Raycom Technologies, Inc [US], describe un aparato de bombardeo iónico y proceso para revestimientos de alta tasa.

En la patente de invención estadounidense US 7226643 (Junio 5 de 2007) del solicitante National science Council [CN], describe un método térmico de deposición de vapor químico para sintetizar materiales nano-carbón.

En la patente de invención estadounidense US 8597797 (Diciembre 3 de 2013) del solicitante Kabushiki Kaisha Riken [JP], describe un recubrimiento de cromo nitruro con revestimiento iónico y su método de producción, aplicado a un anillo de pistón usado para el motor de combustión interna.

En la patente de invención china CN 103590003 (Febrero 19 del 2006) del solicitante UNIV NORTHEASTERN [CN]; se describe un método para la preparación de un recubrimiento de amortiguación dura en la superficie de la rotación de la cuchilla a través de la maquinaria de PVD (deposición física de vapor).

En la patente de invención europea EP 2355126 (Enero 19 del 2014) del solicitante OERLIKON TRADING AG [CH]; se describe una capa de material duro.

En la patente de invención europea EP 2548992 (Julio 5 del 2012) del solicitante KOBE STEEL LTD [JP]; se describe aparato de deposición de vacío.

DESCRIPCIÓN GENERAL Y DETALLADA DE LA INVENCION:

El problema técnico objetivo de la presente solicitud, consiste en que no hay una maquina o equipo con servo-motores que este diseñado para realizar a bajo costo el proceso de manufactura que consiste en depositar materiales en forma de película delgada y en un determinado ángulo oblicuo en los procesos de recubrimiento de superficies tales como el PVD (Deposición en fase de Vapor, en ingles Vapor Phase Deposition) e igualmente en llevar a cabo en el mismo proceso, la aplicación simultanea de un voltaje polarizador (biasvoltage) a la superficie del sustrato sobre la cual se realizara el crecimiento del material aportante sobre la superficie tratada mediante el proceso de PVD, en donde dicho proceso de manufactura no es posible llevar a cabo en otros equipos o maquinas existentes que empleen servo-motores en el mercado.

La presente patente de invención, tiene como objetivo aportar la solución al problema mediante un dispositivo para controlar el ángulo de crecimiento de un material aportante evaporado sobre la superficie de un sustrato sin necesidad de emplear una maquina que funcione a partir de servo-motores, con el objetivo de depositar materiales en forma de película delgada a un determinado ángulo oblicuo en procesos de recubrimiento de superficies tales como el PVD (Deposición en fase de Vapor, en ingles Vapor Phase Deposition), la cual posee sus respectivos procedimientos tales como pulverización catódica o en ingles magnetron sputtering (MS) y deposición física en fase de vapor con haz de electrones o ingles electron beam Physical Vapor Deposition (EB-PVD). Asimismo el dispositivo permite depositar materiales en forma de película delgada bajo un ángulo oblicuo, aplicando simultáneamente un voltaje polarizador (biasvoltage) a la superficie del sustrato sobre el cual se realizará el crecimiento del material, procedimiento que no es posible llevar a cabo en otros equipos existentes en el mercado que utilizan servo-motores. Lo anterior es importante ya que el bombardeo con iones de argón (Ar^+) genera una limpieza por plasma (plasma cleaning) con lo cual se obtendrá una superficie libre de contaminantes mejorando la adherencia del material, permitiendo estudiar el efecto de la aplicación de diversos voltajes de polarización sobre las propiedades físico-químicas, tribológicas, mecánicas y ópticas de las estructuras depositadas bajo ángulo oblicuo.

Se presentan los documentos que hacen parte del estado de la técnica del mismo campo tecnológico de la solicitud, tal y como se observan en las patentes de invención estadounidenses US6045667, US6238533, US6485616, US 6488824, US 7226643, US 8597797, la patente china CN10359003 y las patentes europeas EP 2355126 y EP 2548992.

Con base a lo anterior, se referencian dichos documentos que hacen parte del estado de la técnica, con el fin de exponer los antecedentes que hacen diferente la presente solicitud mediante sus características técnicas constructivas que solucionan el problema técnico objetivo planteado en la solicitud.

La presente solicitud de patente de invención describe un dispositivo (1) para la deposición in situ de películas delgadas a un ángulo oblicuo por el método de recubrimiento de PVD (Deposición en fase de Vapor, en ingles Vapor Phase Deposition), a partir de una sola fuente de evaporación (c).

Este dispositivo (1) permite variar el ángulo α que se genera entre la normal (d) a la superficie (b) del sustrato (a) y el flujo de material evaporado (f) proveniente de la fuente de evaporación (c) (ver figura No.9). El ángulo α al ser variado mediante el movimiento controlado del sustrato (a), trae como consecuencia el efecto de

“sombreado” permitiendo el crecimiento de las microestructuras tal y como se muestran en las figuras No.1, No.3, No.5, No.6, No.7 y No.8.

Debido a que el dispositivo (1) objeto de la presente solicitud de patente de invención, no se compone de elementos tales como servo-motores ó motores paso a paso para realizar el movimiento necesario que permite modificar el ángulo α , fue necesario producir y transmitir dicho movimiento a partir del acoplamiento interior de dicho dispositivo (1) a un eje impulsado (2) por medio de la rosca interior (2.1) que hace parte del eje (2), asimismo este eje impulsado (2) está conectado a un piñón (3.1) que a su vez se engrana a una cadena (3) conectada a un motor (4), donde dicho eje impulsado (2) rota en la parte externa de una cámara de vacío (5) que hace parte de una planta semi industrial (6) llamada Magnetron Sputtering Intercovamex V4 (ver figuras No.10, No.11 y No.20).

Teniendo en cuenta la disposición del montaje anteriormente enunciado, fue necesario diseñar un dispositivo (1) con un mecanismo que permitiese transmitir este movimiento pero sin que se modificara la ubicación de la superficie del sustrato (a) con respecto al flujo principal del material evaporado (f), ya que de ocurrir esto, el sustrato (a) quedaría en una zona que estaría por fuera del flujo de material evaporado (f) afectando la tasa de deposición y el efecto de sombreado.

En la figura No.12a se puede observar una posición inicial del sustrato (a) con respecto a la fuente de evaporación (c). Cuando se realiza el movimiento de giro transmitido por un eje cambia el ángulo α , la cual se puede observar que parte del sustrato (a) queda por fuera del flujo principal del material evaporado (f) lo cual no es deseado ya que esto afecta la homogeneidad de crecimiento de la película que se quiere obtener (ver figura No.12b).

Para solucionar los problemas anteriormente enunciados, se diseñó un dispositivo (1) para depósito en ángulo oblicuo de material a escala manométrica y micrométrica, mediante técnicas en PVD (Deposición en fase de Vapor, en ingles Vapor Phase Deposition), que se conforma de los siguientes componentes estructurales: Un tubo (1.1) de diámetro mayor, dos ejes verticales (1.2, 1.4), un eje horizontal (1.3), una transmisión de engranajes que se conforma de un engranaje conductor de geometría especial (1.5), un engranaje conducido de geometría especial (1.6), dos porta-sustratos superior (1.7) e inferior (1.8), una varilla de amarre o sujeción (1.9) y una lamina de sujeción (1.10). (Ver figuras No.13, No.14, No.15 y No.16).

El tubo (1.1) se ubica de manera vertical dentro del dispositivo (1), dicho tubo (1.1) tiene en su parte superior una estructura de sujeción (1.1.1) que tiene dos partes, una parte de diámetro mayor (1.1.2) y otra de diámetro menor (1.1.2'), la parte de diámetro mayor (1.1.2) tiene una rosca exterior (1.1.3) con el fin de acoplarse con la rosca interna superior (1.1.4) del tubo (1.1) y la parte de diámetro menor (1.1.2') tiene en su extremo superior una rosca exterior (1.1.3') con el fin de acoplarse a la rosca interior (2.1) del eje impulsado (2) (Ver figuras No.10, No.11, No.13 y No.17). El tubo (1.1) en su parte interior contiene el eje vertical (1.2) la cual están ensamblado entre sí mediante un rodamiento de bolas (1.2.1) ubicado dentro del tubo (1.1) de manera horizontal. El eje vertical (1.2) ubicado en el interior del tubo (1.1) en su parte inferior se conecta con el eje horizontal (1.3) mediante un tornillo goloso (1.3.3), donde dicho eje horizontal (1.3) pasa por una abertura media (1.1.5) que tiene el tubo (1.1). El tubo (1.1) en su parte inferior esta acoplado con un engranaje conductor de geometría especial (1.5). (Ver figuras No.13, No.14, No.15, No.16, No.18 y No.19).

El eje horizontal (1.3) tiene una forma geométrica alargada en forma de paleta cuadrada, que tiene un extremo alargado delgado (1.3.1) y un extremo cuadrado ancho (1.3.2), en el extremo (1.3.1) está conectado con el eje vertical (1.2) mediante un tornillo goloso (1.3.3) y el extremo (1.3.2) se acopla al eje vertical (1.4) la cual están acoplados entre sí mediante un rodamiento de bolas (1.3.4) ubicado centralmente en la parte superior del extremo (1.3.2) de manera horizontal. (Ver figuras No.13, No.14, No.15, No.16, No.18 y No.19).

El eje (1.4) se ubica de manera vertical dentro del dispositivo (1) de manera paralela al tubo (1.1), dicho eje (1.4) se conecta en su parte media al eje horizontal (1.3) mediante el rodamiento de bolas (1.3.4) ubicado en el extremo (1.3.2) de dicho eje horizontal (1.3). El eje vertical (1.4) cuenta con dos extremos, un extremo superior (1.4.1) y un extremo inferior (1.4.2), cada uno de ellos cuenta con una ranura frontal de superficies planas (1.4.1', 1.4.2') para acoplar en cada una de dichas ranuras frontales un porta-substrato superior (1.7) y un porta-substrato inferior (1.8), la cual dichos porta-substratos están conectados al eje vertical (1.4) mediante tornillos de sujeción (1.7.1, 1.8.1). Cada porta-substrato (1.7, 1.8) tiene una forma rectangular, en sus caras frontales (1.7.2, 1.8.2) tiene tres ranuras circulares (1.7.3', 1.7.3'', 1.7.3''', 1.8.2', 1.8.2'', 1.8.2''') no pasantes alineadas entre sí de manera horizontal ubicadas en la parte superior de la cara frontal (1.7.2) y ubicadas en la parte inferior de la cara frontal (1.8.2), asimismo cada ranura circular (1.7.3', 1.7.3'', 1.7.3''', 1.8.2', 1.8.2'', 1.8.2''') cuenta con tornillos de sujeción (1.7.4', 1.7.4'', 1.7.4''', 1.8.4', 1.8.4'', 1.8.4''') para sujetar las probetas de laboratorio (7). El eje vertical (1.4) en su extremo inferior (1.4.2) esta acoplado con un engranaje conducido de geometría especial (1.6). (Ver figuras No.13, No.14, No.15, No.16, No.17, No.18 y No.19).

La varilla de amarre o sujeción (1.9), a lo largo de su longitud, tiene un roscado exterior, junto con un extremo superior (1.9.1) y extremo inferior (1.9.2), en el extremo superior (1.9.1) de la varilla (1.9) se acopla a una lamina de sujeción (1.10) mediante la rosca interior de una arandela de teflón (1.11) insertada dentro de la lamina (1.10) que se encuentra ubicada a un extremo de dicha lamina (1.10), la varilla de amarre (1.9) se asegura a la lamina (1.10) mediante tuercas hexagonales (1.11.1, 1.11.2) tanto en la superficie superior como en la superficie inferior de la lamina (1.10) (Ver figuras No.13, No.14, No.15 y No.16). La varilla de amarre (1.9) en su extremo inferior (1.9.2) se encuentra acoplada mediante una rosca interior (1.3.5) ubicada en la parte media del eje (1.3), donde dicha varilla de amarre (1.9) se asegura al eje (1.3) mediante tuercas hexagonales (1.11.3, 1.11.4) tanto en la superficie superior como en la superficie inferior del eje (1.3) (Ver figuras No.13, No.14, No.15 y No.16). La lámina de sujeción (1.10) cuenta con dos tornillos laterales (1.12, 1.13) ubicados hacia los extremos de dicha lamina (1.10) con el fin de sujetarse a la parte interior de la cámara de vacío (5) de la planta semi industrial (6) Magnetrón Sputtering Intercovamex V4. (Ver figuras No.13, No.14, No.15, No.17 y No.19).

En el dispositivo (1), el tubo (1.1) cumple con dos funciones, una de ellas es la de servir como estructura de soporte de todo el dispositivo (1), ya que el tubo (1.1) se encuentra acoplado al eje impulsado (2), donde este es impulsado por un motor (4), asimismo la otra función del tubo (1.1) es la de transmitir el movimiento de rotación del eje impulsado (2) al eje (1.4) por medio de la transmisión de engranajes (1.5, 1.6) a los porta-substratos (1.7, 1.8) y por ende a las probetas de laboratorio (7) la cual actúan como substratos con el fin de modificar el ángulo α oblicuo para realizar el proceso de recubrimiento de PVD (Deposición en fase de Vapor, en ingles Vapor Phase Deposition). (Ver figuras No.13, No.14, No.15, No.17 y No.19).

Con base a lo anterior, el eje vertical (1.2) del dispositivo (1), al estar acoplado al rodamiento de bolas (1.2.1) permite que el giro del tubo (1.1) se transmita mediante los engranajes (1.5, 1.6) al eje vertical (1.4) para el movimiento de los porta-substratos (1.7, 1.8) y por ende a las probetas de laboratorio (7), asimismo dicho eje vertical (1.2) cumple con la función de soportar al eje horizontal (1.3) mediante su conexión con un tornillo goloso (1.3.3). El eje horizontal (1.3) mediante una rosca interna (1.3.5) está unida al extremo inferior (1.9.2) de una varilla de sujeción o amarre (1.9), donde a su vez el extremo superior (1.9.1) de dicha varilla (1.9) se acopla a la rosca interna de una arandela de teflón (1.11) insertada a una lamina de sujeción (1.10), donde la lamina de sujeción (1.10) mediante dos tornillos laterales (1.12, 1.13) se sujeta a la parte interior de la cámara de vacío (5) de la planta semi industrial (6) Magnetron Sputtering Intercovamex V4. El eje horizontal (1.3) tiene la función de sostener los porta-substratos (1.7, 1.8) acoplados al eje vertical (1.4) mediante el rodamiento de bolas (1.3.4). El eje vertical (1.4) al pasar a través del rodamiento de bolas (1.3.4) y al acoplarse con el engranaje (1.5) mediante el engranaje (1.6) permite el cambio del ángulo α en los porta-substratos (1.7, 1.8) y a su vez a las probetas de laboratorio (7) la cual actúan como substratos. (Ver figuras No.13, No.14, No.15, No.17 y No.19).

Para proporcionar mayor estabilidad durante el movimiento en los porta-substratos (1.7, 1.8), se adicionó un varilla de sujeción o amarre (1.9) que consiste en una varilla roscada la cual atraviesa el eje horizontal (1.3) y está atornillada a la lamina de sujeción (1.10) en la parte superior del dispositivo (1). Esta lamina de sujeción (1.10) no está en contacto con el tubo (1.1) y debido a que la varilla de sujeción o amarre (1.9) que pasa por la lámina (1.10), está aislada eléctricamente mediante una arandela de teflón (1.11) del resto de la estructura, es posible aplicar un voltaje polarizador al substrato (biasvoltaje) (i') (ver figura No.17) para la generación de limpieza por plasma mediante el bombardeo de iones de Ar^+ sobre el substrato (7) y a la película durante su crecimiento. (Ver figuras No.13, No.14, No.15, No.16, No.17, No.18 y No.19).

En la figura No.18 se puede observar como el movimiento transmitido por el eje impulsado (2) al dispositivo (1) a través del tubo (1.1) produce un movimiento en los engranajes (1.5, 1.6) que permite modificar el ángulo α y obtener depósitos bajo ángulos oblicuos.

En las figuras No.21 y No.22, se pueden observar los resultados preliminares para películas de Circonia estabilizada con Itria (YSZ) obtenidas por la técnica magnetron sputtering no reactivo y empleando el dispositivo (1). Se puede observar la inclinación producto del cambio en el ángulo α generando estructuras en zig – zag, con un buen control del espesor y orientación de las columnas. Este tipo de crecimiento se puede reproducir para cualquier material que sea factible de ser procesado por técnicas PVD.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS:

Figura No.1. Muestra tres imágenes TEM en sección transversal de varias películas delgadas, evidenciando varias microestructuras columnares, a) Stuttering aleación Co – Cr – Ta, b) Silicio por CVD, c) Sttupering Tungsteno.

Figura No.2. Muestra la geometría de deposición de películas (b') depositadas en ángulo oblicuo. α : Ángulo entre la normal a la superficie del substrato (c') y el flujo de evaporación (a'). β : Ángulo entre las columnas y la normal al substrato (c').

Figura No.3. Muestra la simulación computarizada de la microestructura de una película de Ni durante la deposición a diferentes tiempos para temperaturas del sustrato de a) 350 K y b) 420K. El ángulo α es 45° .

Figura No.4. Muestra en la figura (a) el montaje experimental para la deposición en ángulo oblicuo que consiste en que el haz colimado de evaporación de la fuente de deposición (d') (en el caso ideal) tiene un gran ángulo de incidencia α con respecto a la superficie normal del sustrato (c'). En la figura (b) el flujo F de vapor puede descomponerse en dos componentes diferentes $F_{\perp}$ (flujo perpendicular al sustrato (c')), $F_{\parallel}$ (flujo paralelo al sustrato).

Figura No.5. Muestra en la figura (a) la nucleación inicial para formar centros de sombreado; en la figura (b) se muestra estructuras columnares formadas debidas al efecto de sombreado.

Figura No.6. Muestra una figura en que se muestra las micrografías SEM transversal de películas de Si depositadas a diferentes ángulos de incidencia α de 0° , 30° , 60° y 80° .

Figura No.7. Muestra en la figura (a) un esquema ilustrativo de la técnica o métodos de recubrimiento desarrollados, posee para el movimiento del sustrato (c') o material a tratar, un sistema de control incorporado, así como un módulo de software usado para controlar el movimiento a lo largo de la deposición del material aportante y una fuente de evaporación (e') asimismo se muestra el efecto de sombreado. En la figura b) se muestra sobre la microestructura de crecimiento del recubrimiento mediante la aplicación de los recubrimientos desarrollados en cada una de las técnicas implementadas sobre el sustrato (c') o material a tratar que tienen un comportamiento estructural condicionado por las variables que actúan en el proceso como por ejemplo el rayo incidente (f') que actúa sobre el sustrato (c') la cual genera una sombra (g') sobre el sustrato (c') la cual genera estructuras nano-columnares que cambian en función del ángulo α y también por el adatom diffusion (h') producido por el rayo incidente (f') donde dicho adatom diffusion (h') son los átomos que se encuentran sobre las superficies de los cristales que forman a nivel manométrico y molecular el material.

Figura No.8. Muestra las micrografías SEM (a, b, c, d, e, f, g, h, i) en sección transversal de películas delgadas depositadas por la técnica GLAD.

Figura No.9. Muestra en forma esquemática la variación del ángulo α cuando el dispositivo (1) permite variar dicho ángulo α que se genera entre la normal (d) a la superficie (b) del sustrato (a) y el flujo de material evaporado (f) proveniente de la fuente de evaporación (c).

Figura No.10. Muestra en forma esquemática el montaje del dispositivo (1) para realizar el movimiento necesario que permite modificar el ángulo α mediante un eje impulsado (2) por medio de una cadena (3) conectada a un motor (4), donde dicho dispositivo (1) está ubicado dentro de una cámara de vacío (5) que hace parte de una planta semi industrial (6) llamada Magnetron Sputtering Intercovamex V4.

Figura No.11. Muestra mediante una vista en explosivo, el acople del dispositivo (1) mediante su tubo (1.1) que tiene en su parte superior una estructura de sujeción (1.1.1) que tiene dos partes, una parte de diámetro mayor (1.1.2) y otra de diámetro menor (1.1.2'), en la parte de diámetro menor (1.1.2') tiene en su extremo superior una rosca exterior (1.1.3') con el fin de acoplarse a la rosca interior (2.1) del eje

impulsado (2).

Figura No.12. En la figura (a) se muestra en forma esquemática una posición inicial del sustrato (a) con respecto a la fuente de evaporación (c). En la figura (b) se muestra en forma esquemática cuando se realiza el movimiento de giro transmitido por un eje cuando cambia el ángulo α .

Figura No.13. Muestra una vista lateral del dispositivo (1), enseñando sus características técnicas y su respectivo ensamblaje.

Figura No.14. Muestra una vista lateral del dispositivo (1), enseñando sus características técnicas y su respectivo ensamblaje.

Figura No.15. Muestra una vista lateral del dispositivo (1), enseñando sus características técnicas y su respectivo ensamblaje.

Figura No.16. Muestra una vista isométrica o tridimensional del dispositivo (1), enseñando sus características técnicas y su respectivo ensamblaje.

Figura No.17. Muestra una vista lateral esquemática de ensamble del dispositivo (1), enseñando todas sus características técnicas y su respectivo ensamblaje junto con la planta semi industrial (6) llamada Magnetron Sputtering Intercovamex V4.

Figura No.18. Muestra una vista superior de la acción de los porta-sustratos (1.7, 1.8) en el dispositivo (1) cuando las probetas (7) están recibiendo el proceso de recubrimiento de PVD por medio de la fuente de evaporación (c).

Figura No.19. Muestra una fotografía del dispositivo (1) instalado e implementado en la cámara de vacío (5) de la planta semi industrial (6) Magnetron Sputtering Intercovamex V4.

Figura No.20. Muestra una fotografía de la planta semi-industrial (6) Magnetron Sputtering Intercovamex V4 donde se acopló el dispositivo (1).

Figura No.21. Muestra una representación grafica junto con una fotografía de los resultados preliminares para películas de circonia en dos sustratos con posiciones y espesores diferentes, donde h_1 y h_2 = distancia blanco – sustrato y t_1 y t_2 = espesor del recubrimiento. Resultados de laboratorio en la Universidad del Valle con el dispositivo (1) que se desea proteger en esta solicitud.

Figura No.22. Muestra una representación grafica junto con una fotografía de los resultados preliminares para películas de circonia en donde se muestra a un sustrato en dos posiciones con dos capas en diferente dirección una encima de la otra y asimismo con diferente espesor. Resultados de laboratorio en la Universidad del Valle con el dispositivo (1) que se desea proteger en esta solicitud.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) para deposito en ángulo oblicuo de materiales a escala nano y micrométrica mediante técnicas PVD, que se conforma de los siguientes componentes estructurales: Un tubo (1.1) de diámetro mayor, dos ejes verticales (1.2, 1.4), un eje horizontal (1.3), una transmisión de engranajes que se conforma de un engranaje conductor de geometría especial (1.5), un engranaje conducido de geometría especial (1.6), dos porta-substratos superior (1.7) e inferior (1.8), una varilla de amarre o sujeción (1.9) y una lamina de sujeción (1.10) **caracterizada porque** se conforma de los siguientes elementos estructurales:
 - a) El tubo (1.1) se ubica de manera vertical dentro del dispositivo (1), dicho tubo (1.1) tiene en su parte superior una estructura de sujeción (1.1.1) que tiene dos partes, una parte de diámetro mayor (1.1.2) y otra de diámetro menor (1.1.2'), la parte de diámetro mayor (1.1.2) tiene una rosca exterior (1.1.3) con el fin de acoplarse con la rosca interna superior (1.1.4) del tubo (1.1) y la parte de diámetro menor (1.1.2') tiene en su extremo superior una rosca exterior (1.1.3') con el fin de acoplarse a la rosca interior (2.1) del eje impulsado (2). El tubo (1.1) en su parte interior contiene el eje vertical (1.2) la cual están ensamblados entre sí mediante un rodamiento de bolas (1.2.1) ubicado dentro del tubo (1.1) de manera horizontal. El eje vertical (1.2) ubicado en el interior del tubo (1.1) en su parte inferior se conecta con el eje horizontal (1.3) mediante un tornillo goloso (1.3.3), donde dicho eje horizontal (1.3) pasa por una abertura media (1.1.5) que tiene el tubo (1.1). El tubo (1.1) en su parte inferior esta acoplado con un engranaje conductor de geometría especial (1.5).
 - b) El eje horizontal (1.3) tiene una forma geométrica alargada en forma de paleta cuadrada, que tiene un extremo alargado delgado (1.3.1) y un extremo cuadrado ancho (1.3.2), en el extremo (1.3.1) está conectado con el eje vertical (1.2) mediante un tornillo goloso (1.3.3) y el extremo (1.3.2) se acopla al eje vertical (1.4) la cual están acoplados entre sí mediante un rodamiento de bolas (1.3.4) ubicado centralmente en la parte superior del extremo (1.3.2) de manera horizontal.
 - c) El eje vertical (1.4) se ubica de manera vertical dentro del dispositivo (1) de manera paralela al tubo (1.1), dicho eje (1.4) se conecta en su parte media al eje horizontal (1.3) mediante el rodamiento de bolas (1.3.4) ubicado en el extremo (1.3.2) de dicho eje horizontal (1.3). El eje vertical (1.4) cuenta con dos extremos, un extremo superior (1.4.1) y un extremo inferior (1.4.2), cada uno de ellos cuenta con una ranura frontal de superficies planas (1.4.1', 1.4.2') para acoplar en cada una de dichas ranuras frontales un porta-substrato superior (1.7) y un porta-substrato inferior (1.8), la cual dichos porta-substratos están conectados al eje vertical (1.4) mediante tornillos de sujeción (1.7.1, 1.8.1). Cada porta-substrato (1.7, 1.8) tiene una forma rectangular, en sus caras frontales (1.7.2, 1.8.2) tiene tres ranuras circulares (1.7.3', 1.7.3'', 1.7.3''', 1.8.2', 1.8.2'', 1.8.2''') no pasantes alineadas entre sí de manera horizontal ubicadas en la parte superior de la cara frontal (1.7.2) y ubicadas en la parte inferior de la cara frontal (1.8.2), asimismo cada ranura circular (1.7.3', 1.7.3'', 1.7.3''', 1.8.2', 1.8.2'',

1.8.2''') cuenta con tornillos de sujeción (1.7.4', 1.7.4'', 1.7.4''', 1.8.4', 1.8.4'', 1.8.4''') para sujetar las probetas de laboratorio (7). El eje vertical (1.4) en su extremo inferior (1.4.2) esta acoplado con un engranaje conducido de geometría especial (1.6).

- d) La varilla de amarre o sujeción (1.9), a lo largo de su longitud, tiene un roscado exterior, junto con un extremo superior (1.9.1) y extremo inferior (1.9.2), en el extremo superior (1.9.1) de la varilla (1.9) se acopla a una lamina de sujeción (1.10) mediante la rosca interior de una arandela de teflón (1.11) insertada dentro de la lamina (1.10) que se encuentra ubicada a un extremo de dicha lamina (1.10), la varilla de amarre (1.9) se asegura a la lamina (1.10) mediante tuercas hexagonales (1.11.1, 1.11.2) tanto en la superficie superior como en la superficie inferior de la lamina (1.10). La varilla de amarre (1.9) en su extremo inferior (1.9.2) se encuentra acoplada mediante una rosca interior (1.3.5) ubicada en la parte media del eje (1.3), donde dicha varilla de amarre (1.9) se asegura al eje (1.3) mediante tuercas hexagonales (1.11.3, 1.11.4) tanto en la superficie superior como en la superficie inferior del eje (1.3). La lámina de sujeción (1.10) cuenta con dos tornillos laterales (1.12, 1.13) ubicados hacia los extremos de dicha lamina (1.10) la cual están acoplados a la parte interior de la cámara de vacío (5) de la planta semi industrial (6) Magnetron Sputtering Intercovamex V4.

2. Dispositivo (1) para deposito en ángulo oblicuo de materiales a escala nano y micrométrica mediante técnicas PVD, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** se conecta eje impulsado (2) que está conectado a un piñón (3.1) que a su vez se engrana a una cadena (3) conectada a un motor (4).
3. Dispositivo (1) para deposito en ángulo oblicuo de materiales a escala nano y micrométrica mediante técnicas PVD, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** la transmisión de engranajes que se conforma de un engranaje conductor de geometría especial (1.5) y un engranaje conducido de geometría especial (1.6).
4. Dispositivo (1) para deposito en ángulo oblicuo de materiales a escala nano y micrométrica mediante técnicas PVD, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** las probetas de laboratorio (7) son los substratos al cual se varían el ángulo α oblicuo para depositar el recubrimiento de PVD.
5. Dispositivo (1) para deposito en ángulo oblicuo de materiales a escala nano y micrométrica mediante técnicas PVD, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** la lamina de sujeción (1.10) no está en contacto con el tubo (1.1), debido a que la varilla de sujeción o amarre (1.9) que pasa por la lámina (1.10), está aislada eléctricamente mediante una arandela de teflón (1.11) del resto de la estructura del dispositivo (1).

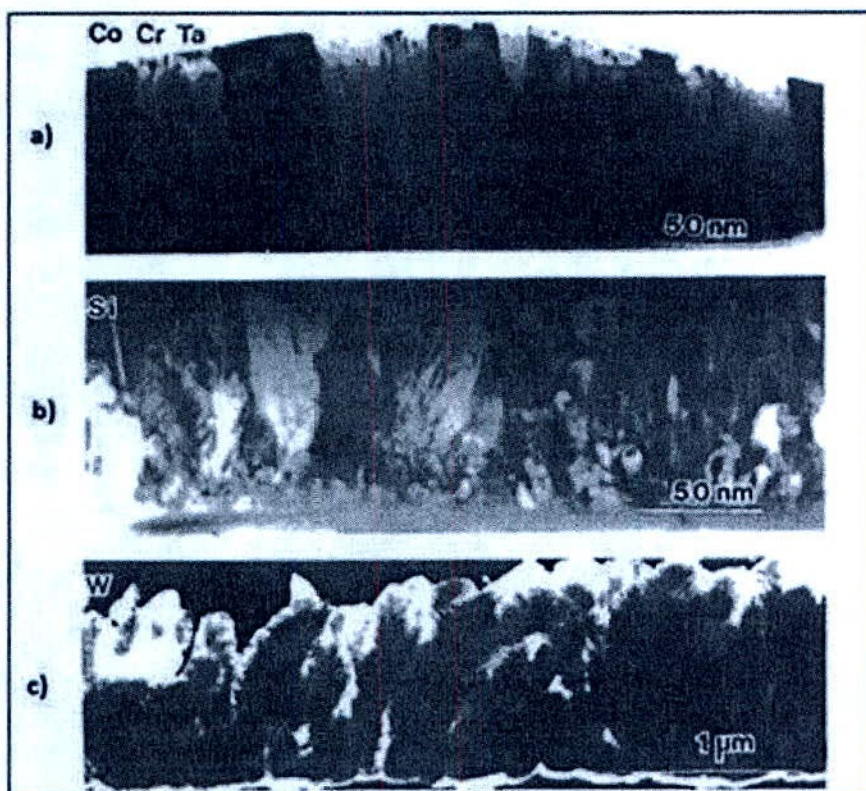


Fig. No.1

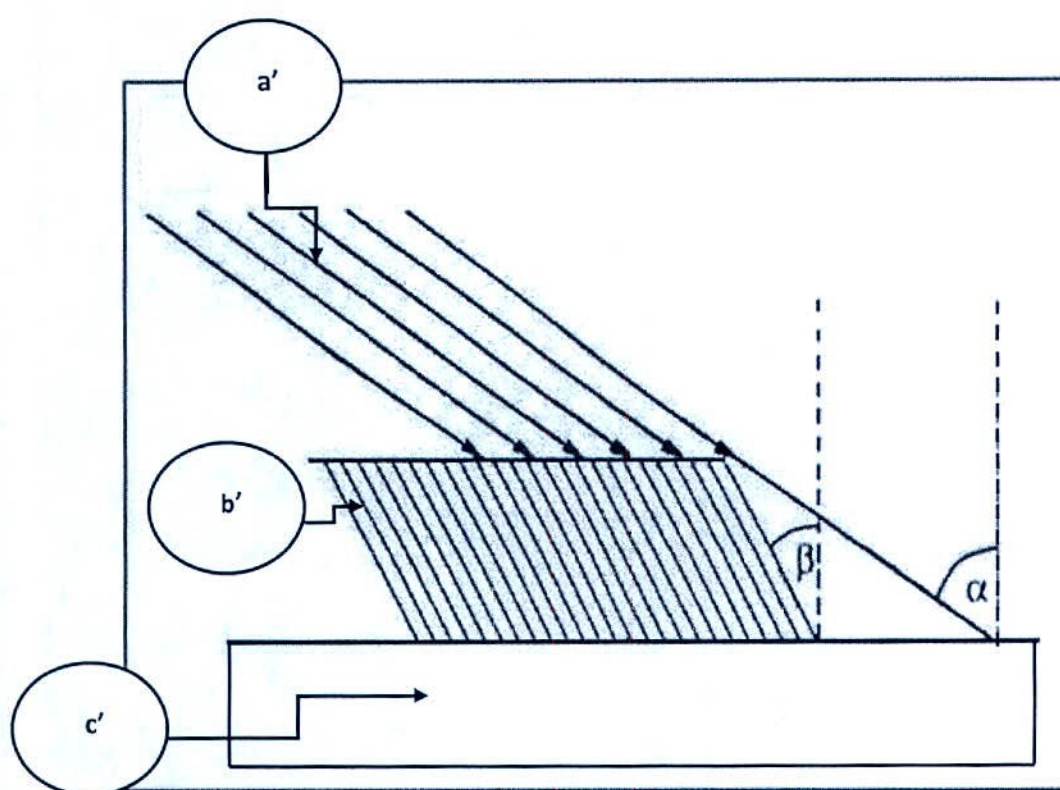


Fig. No.2

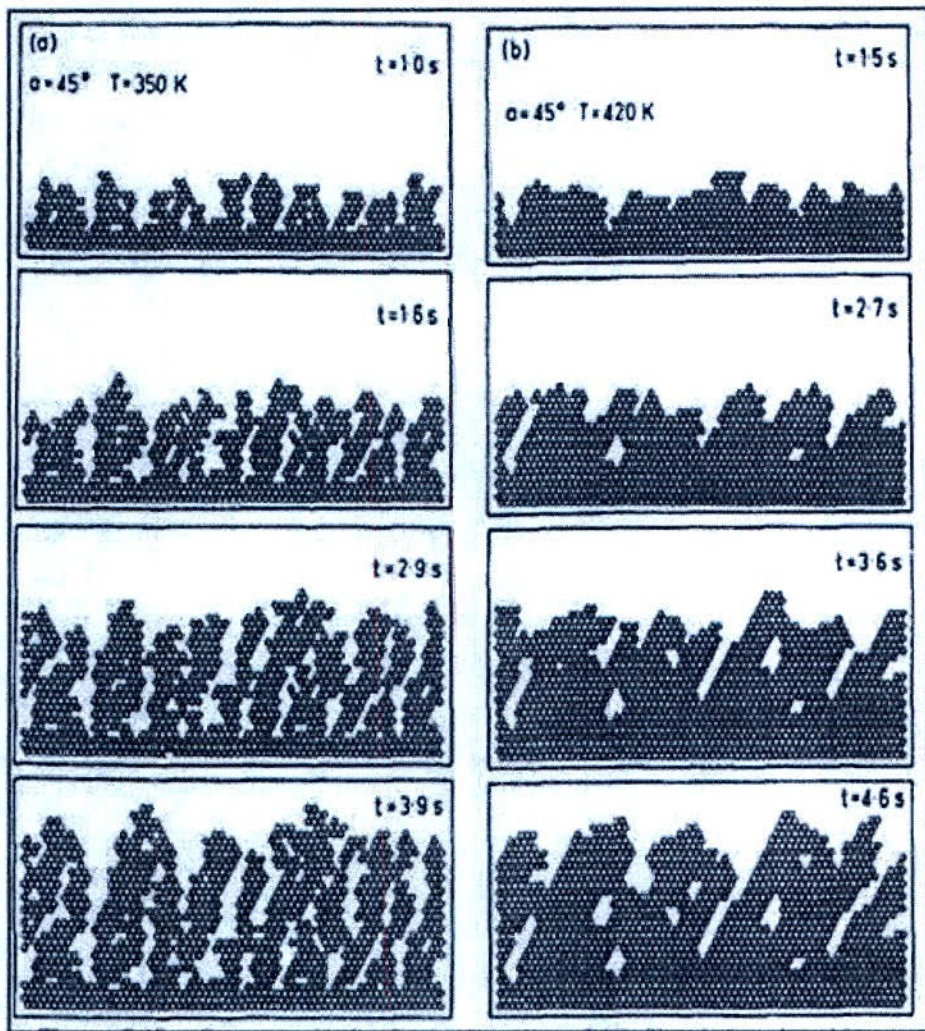


Fig. No.3

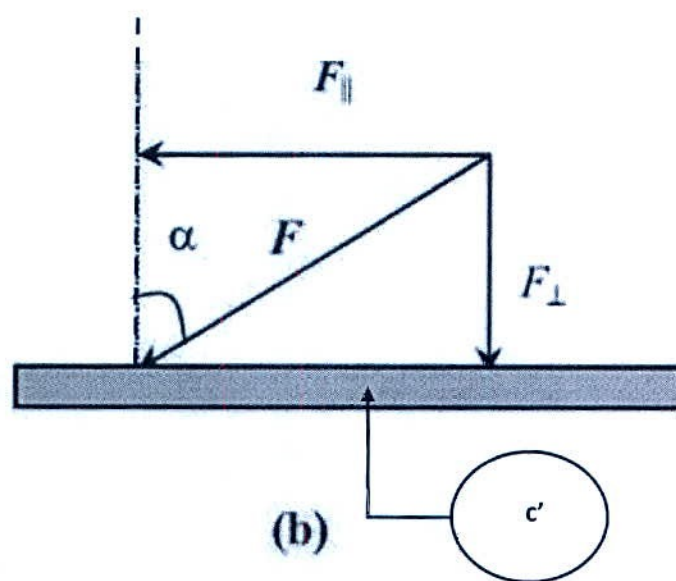
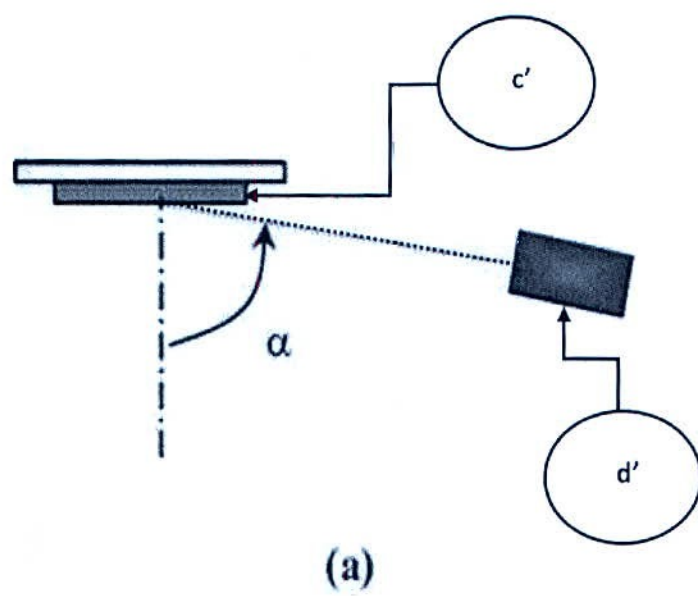


Fig. No.4

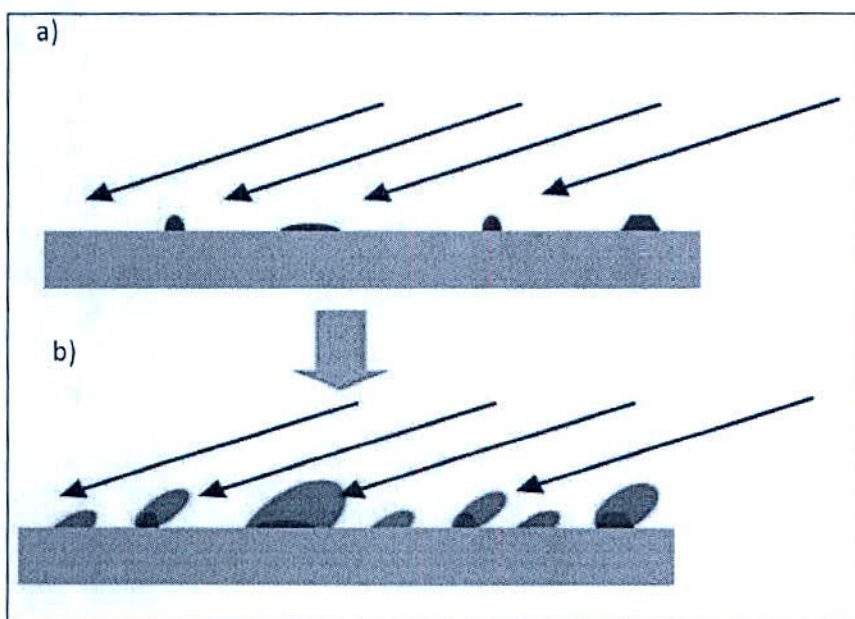


Fig. No.5

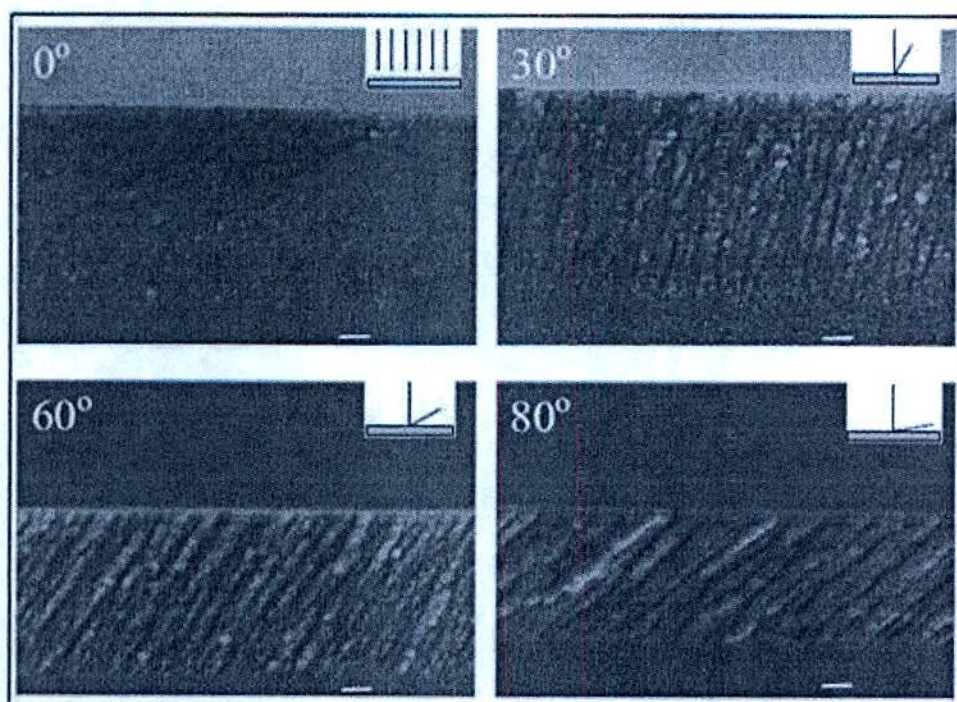


Fig. No.6

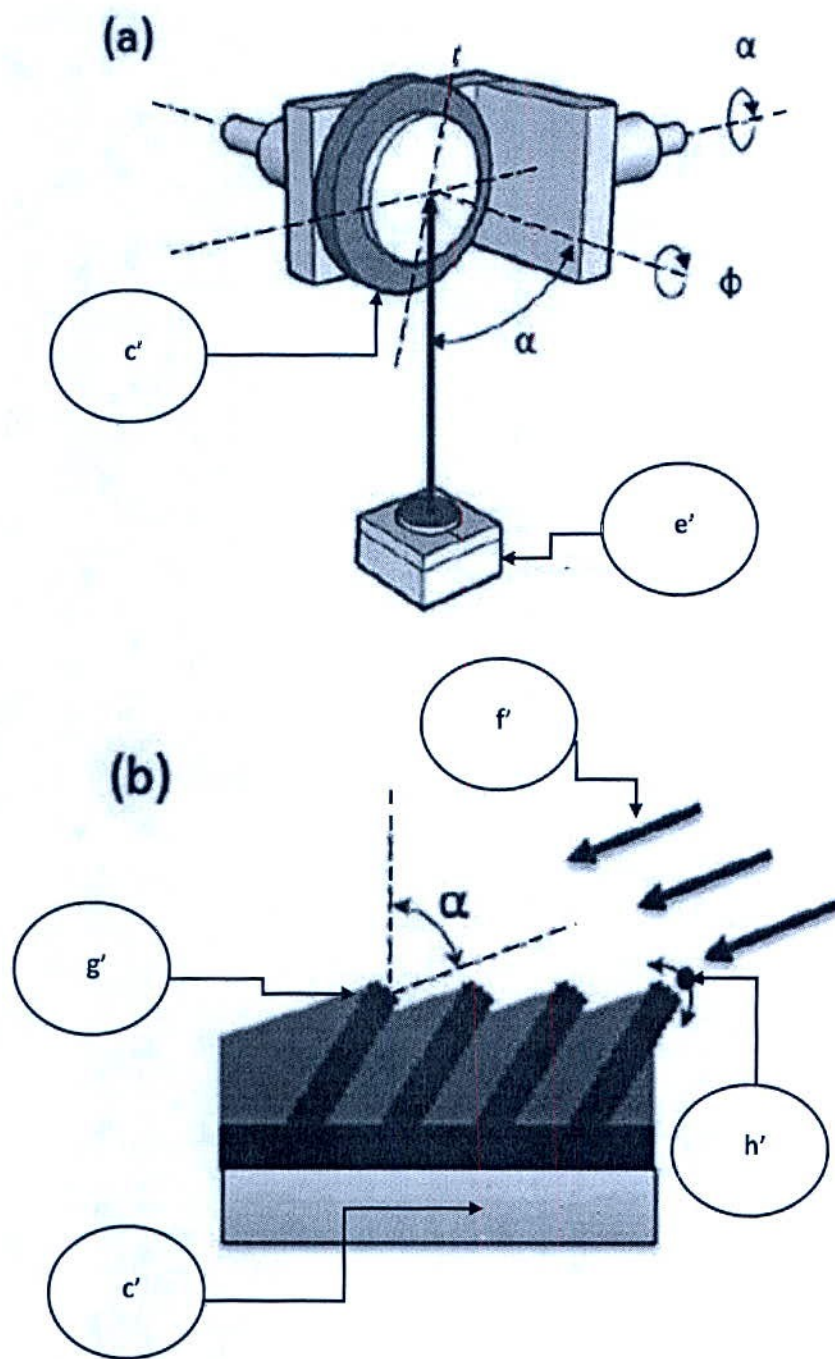


Fig. No.7

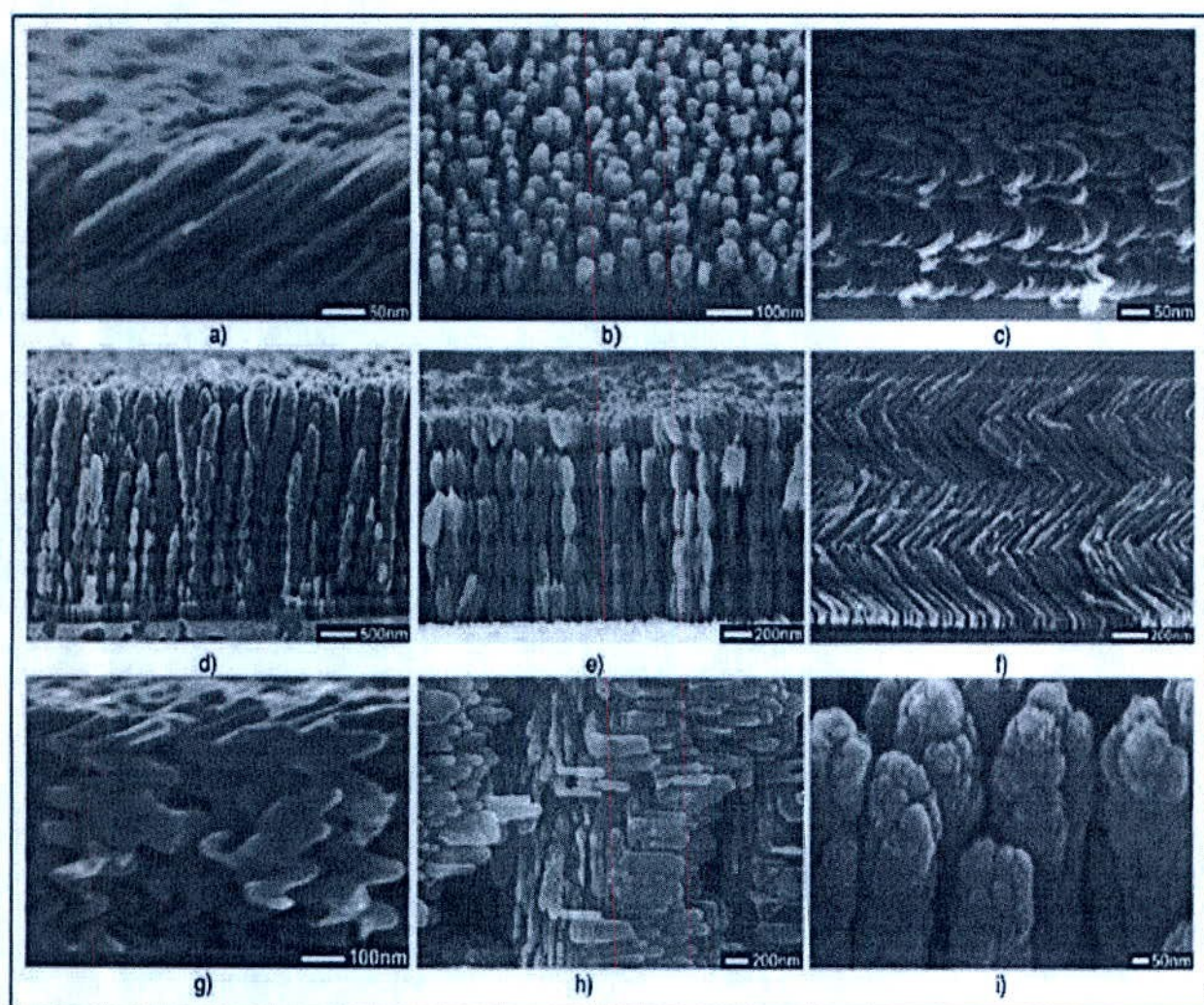


Fig. No.8

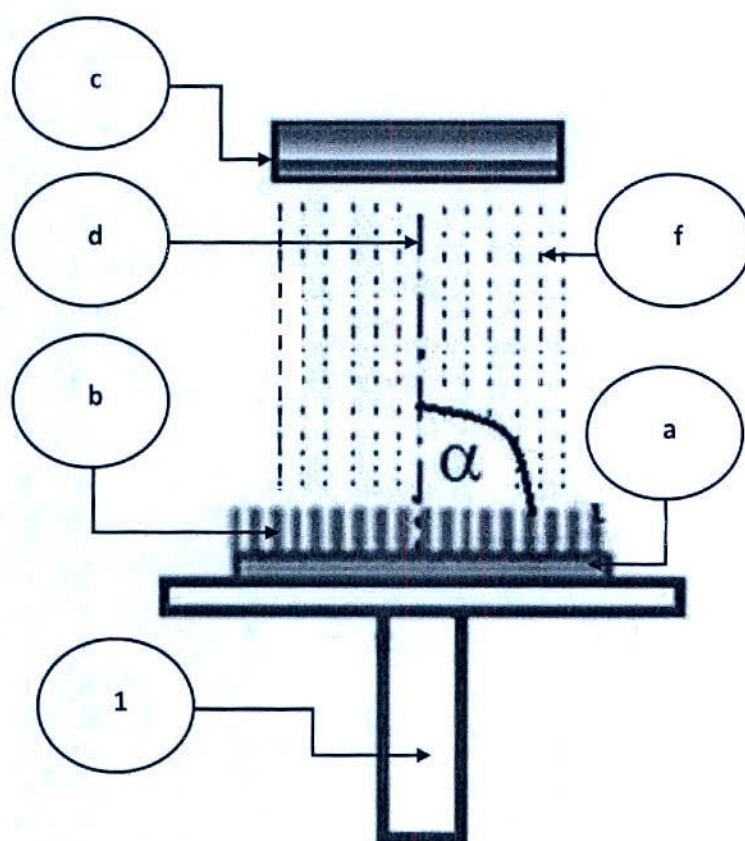


Fig. No.9

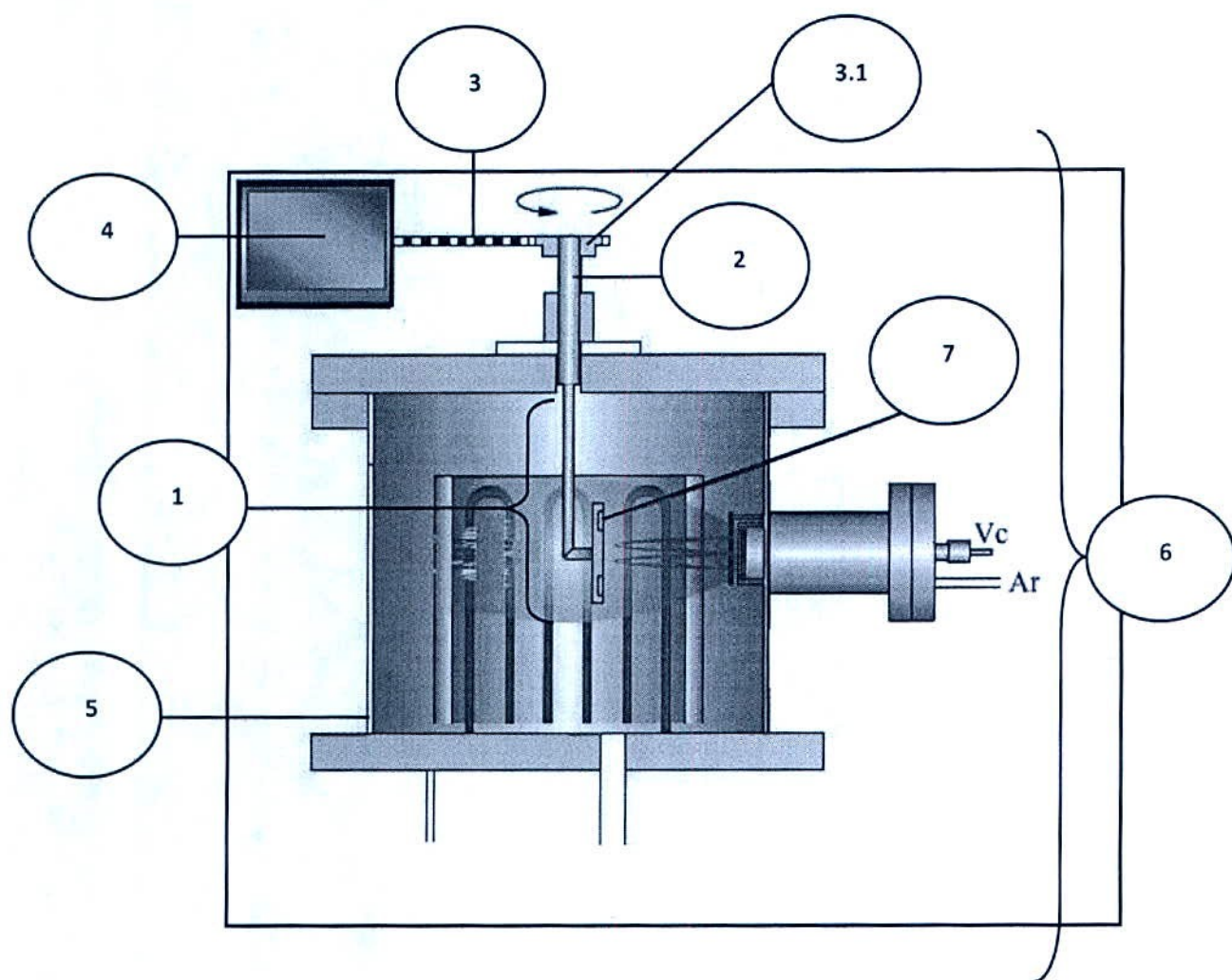


Fig. No.10

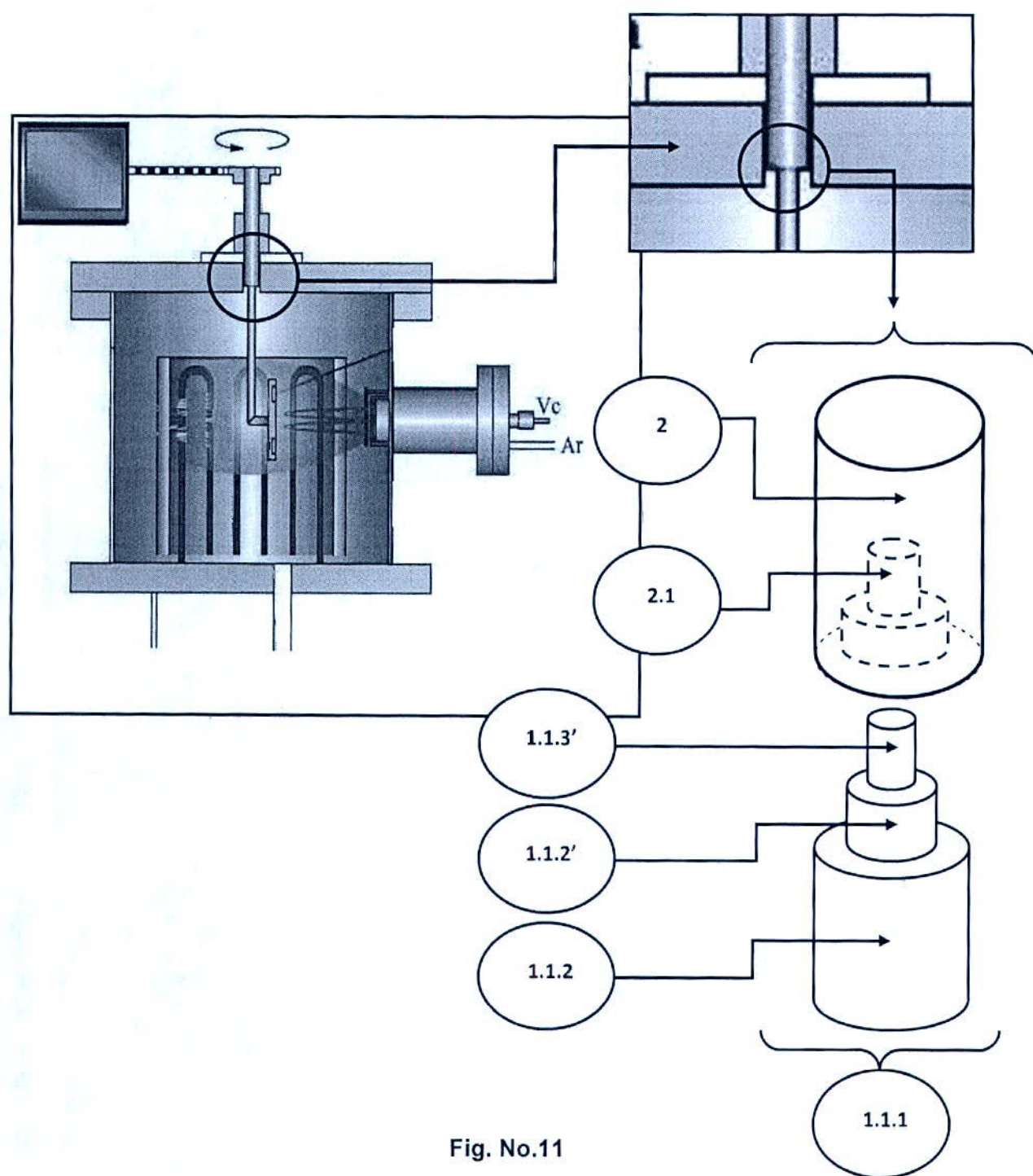


Fig. No.11

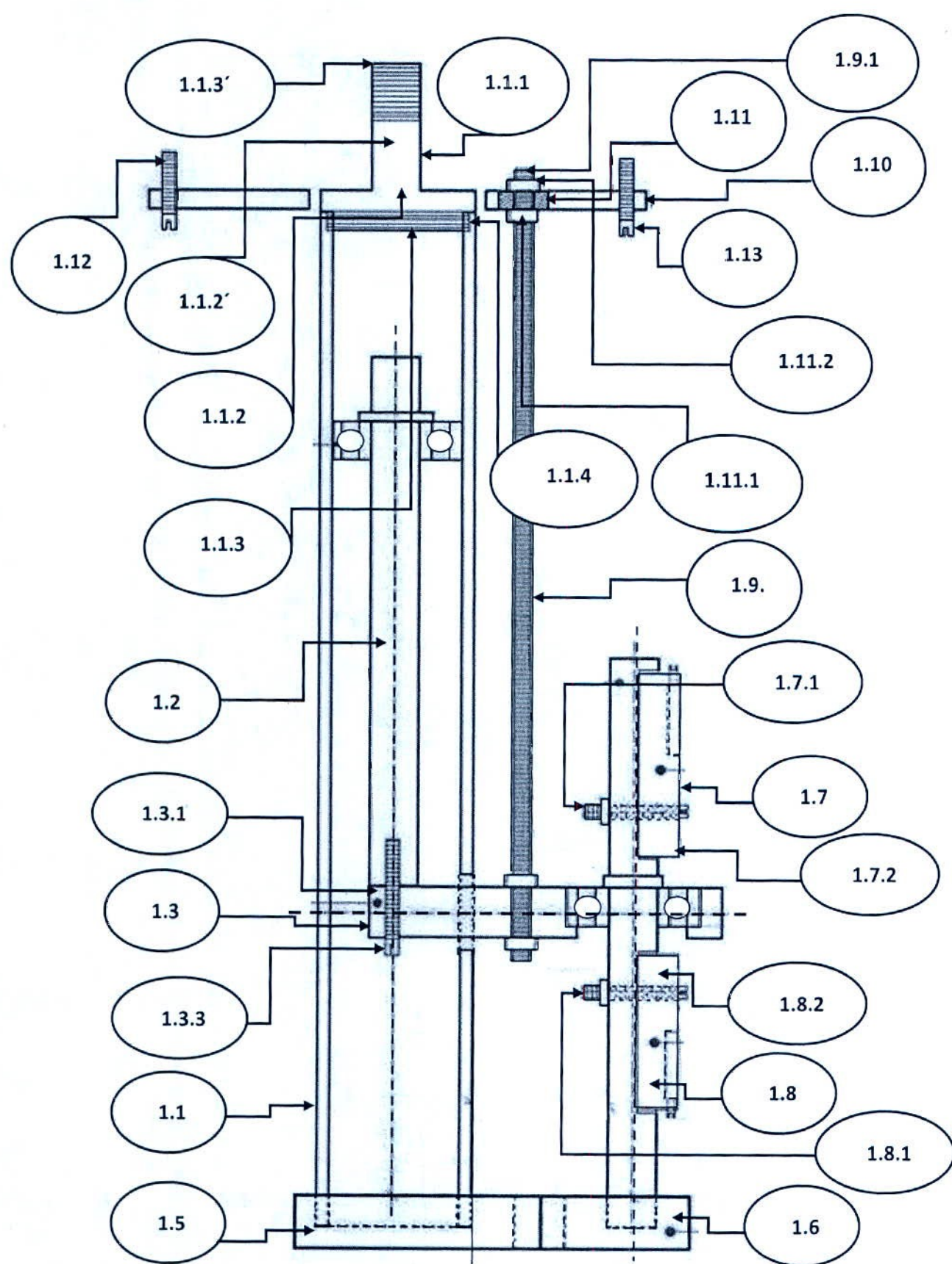
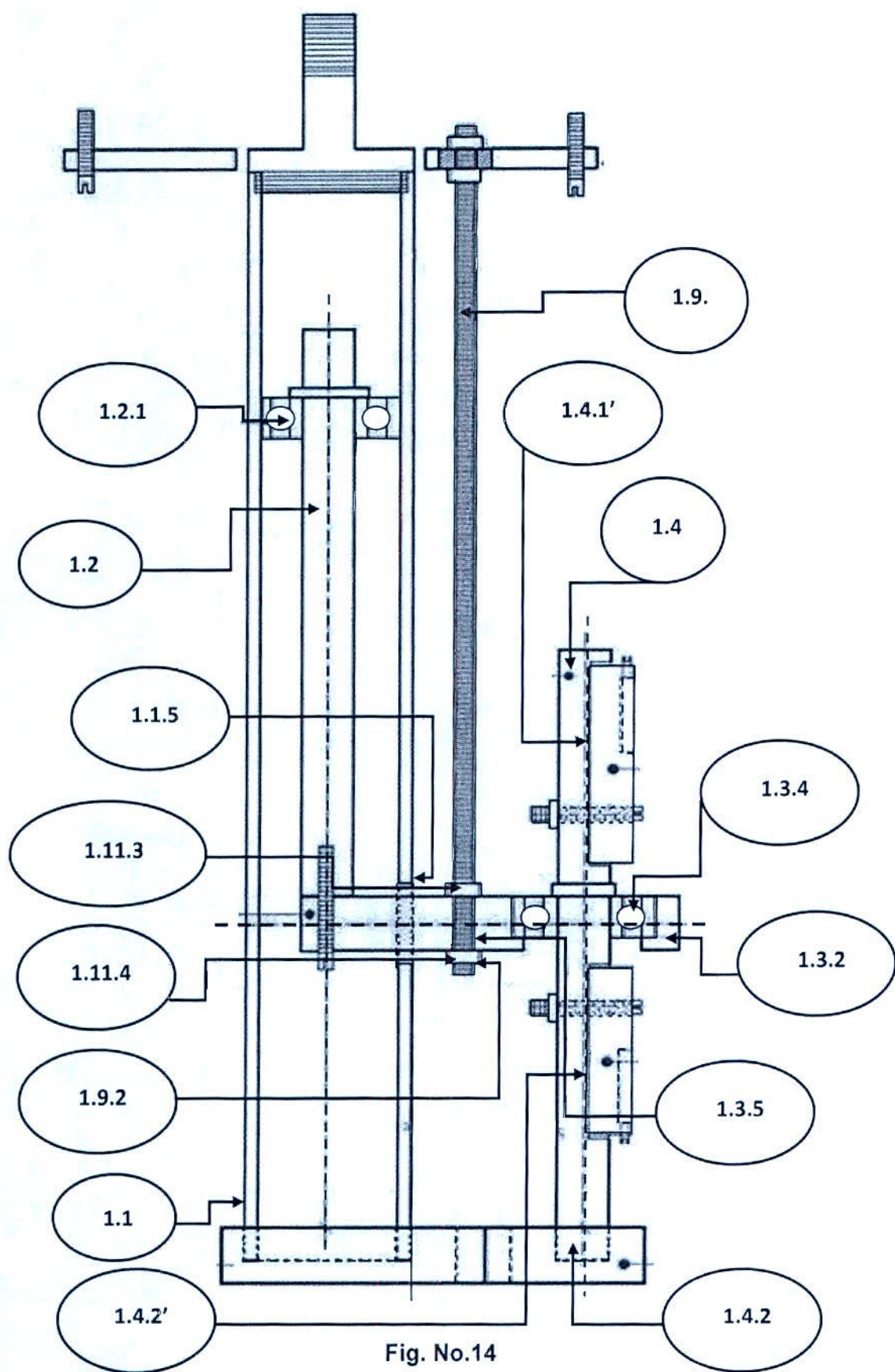


Fig. No.13



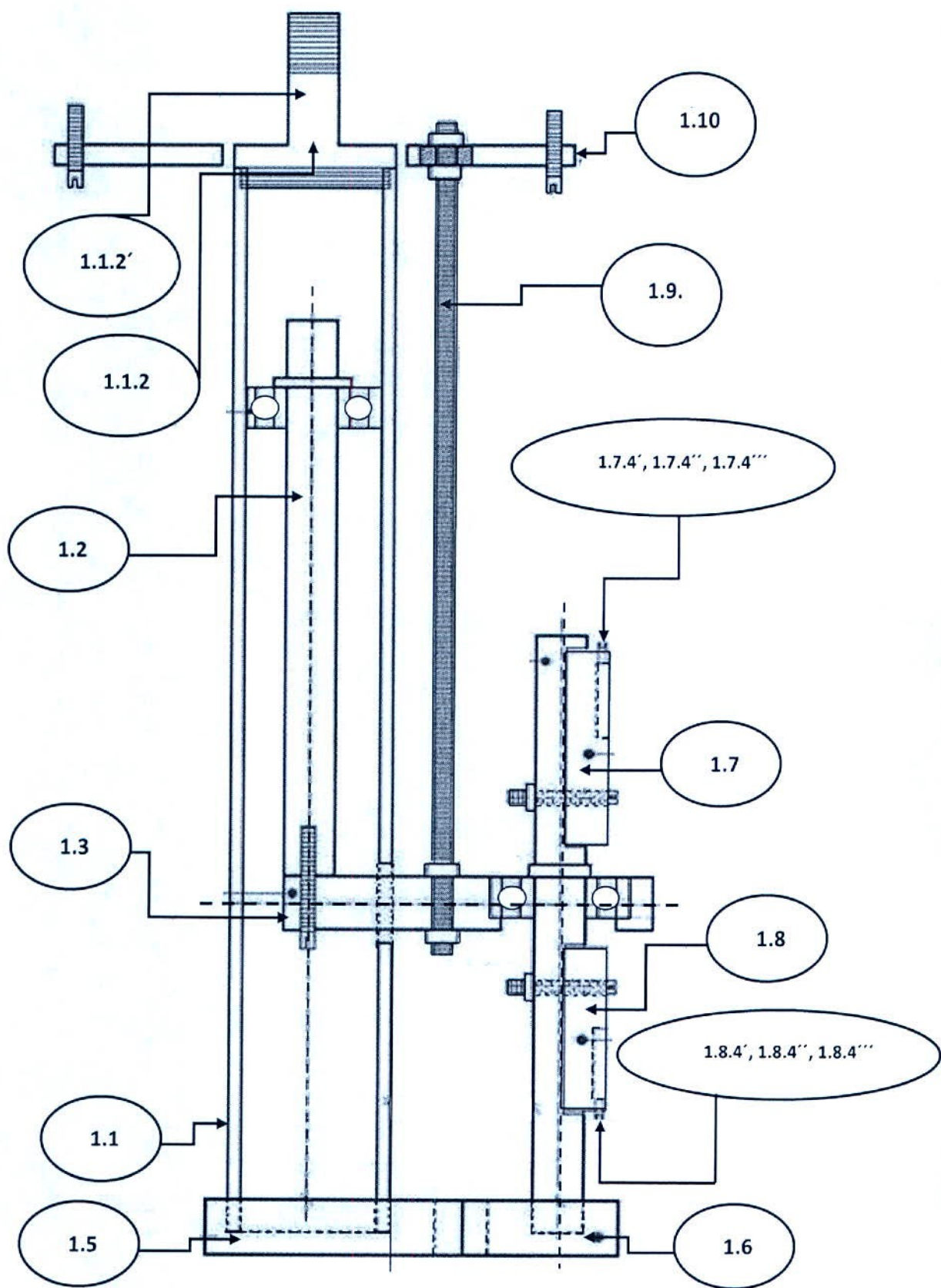


Fig. No.15

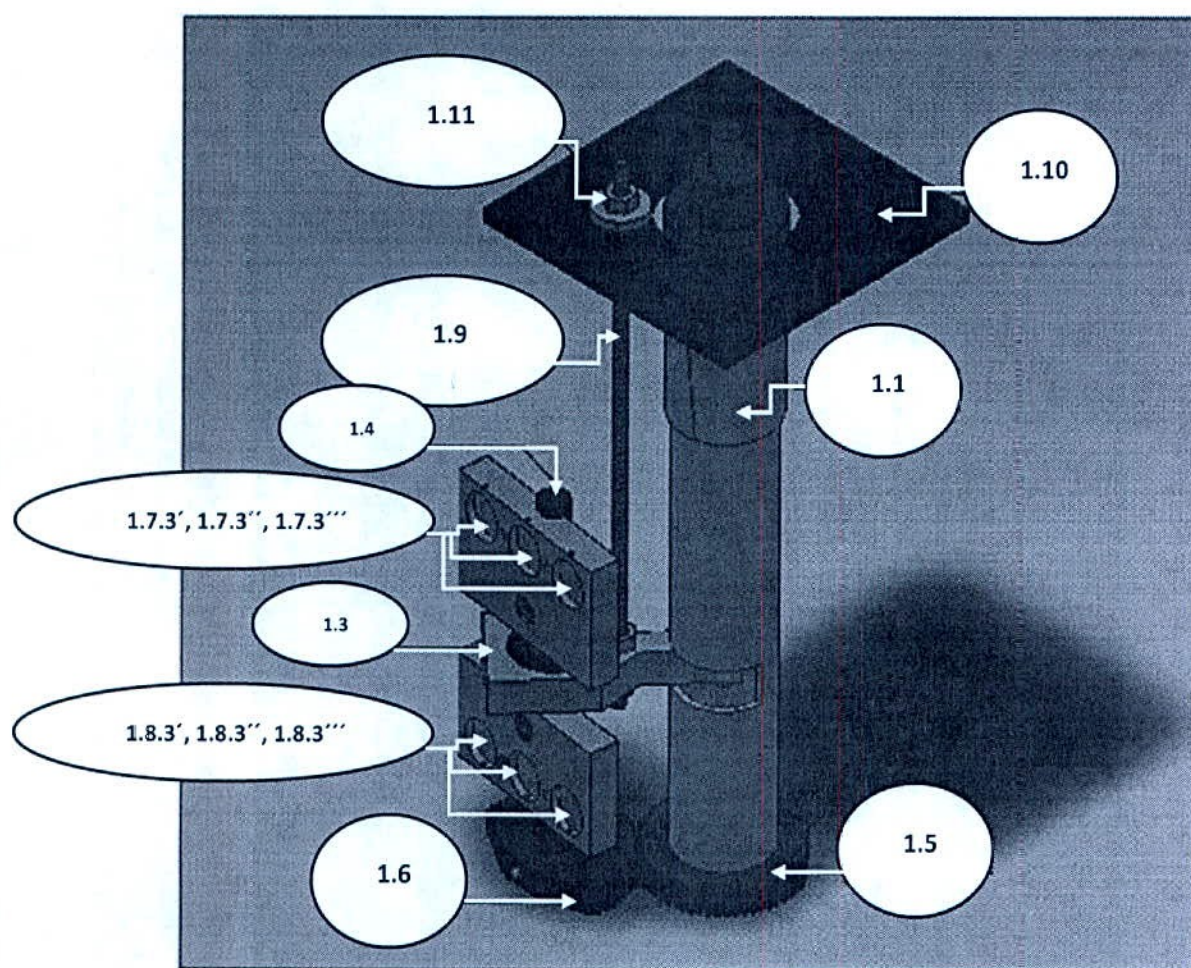


Fig. No.16

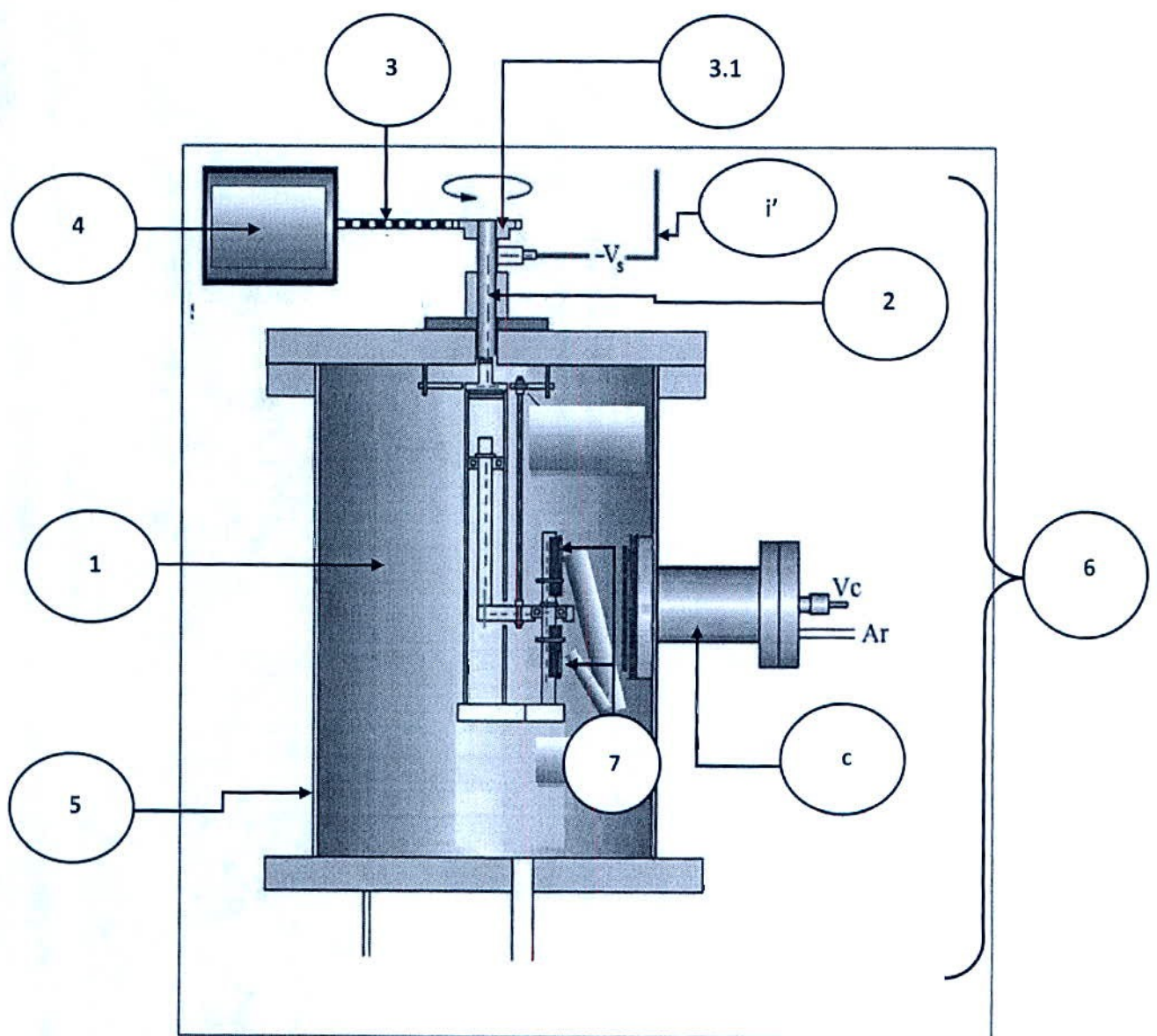


Fig. No.17

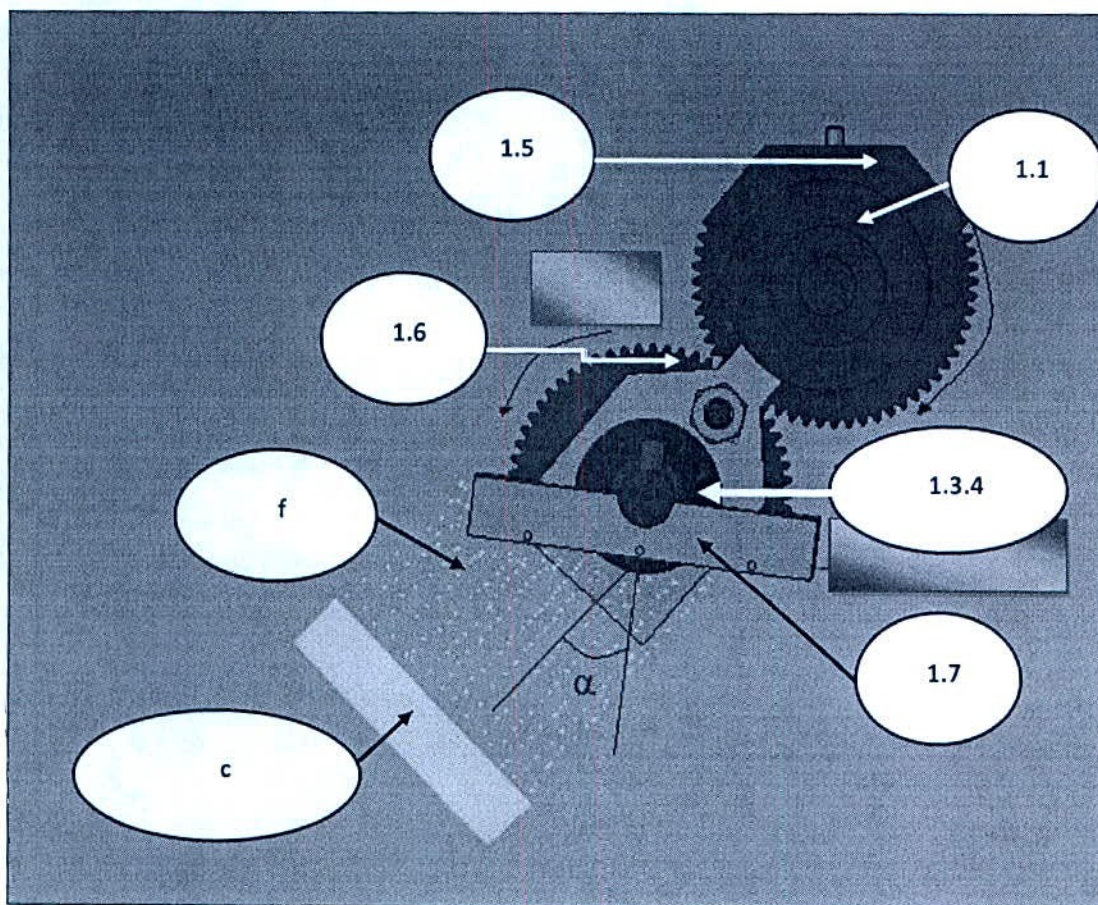


Fig. No.18

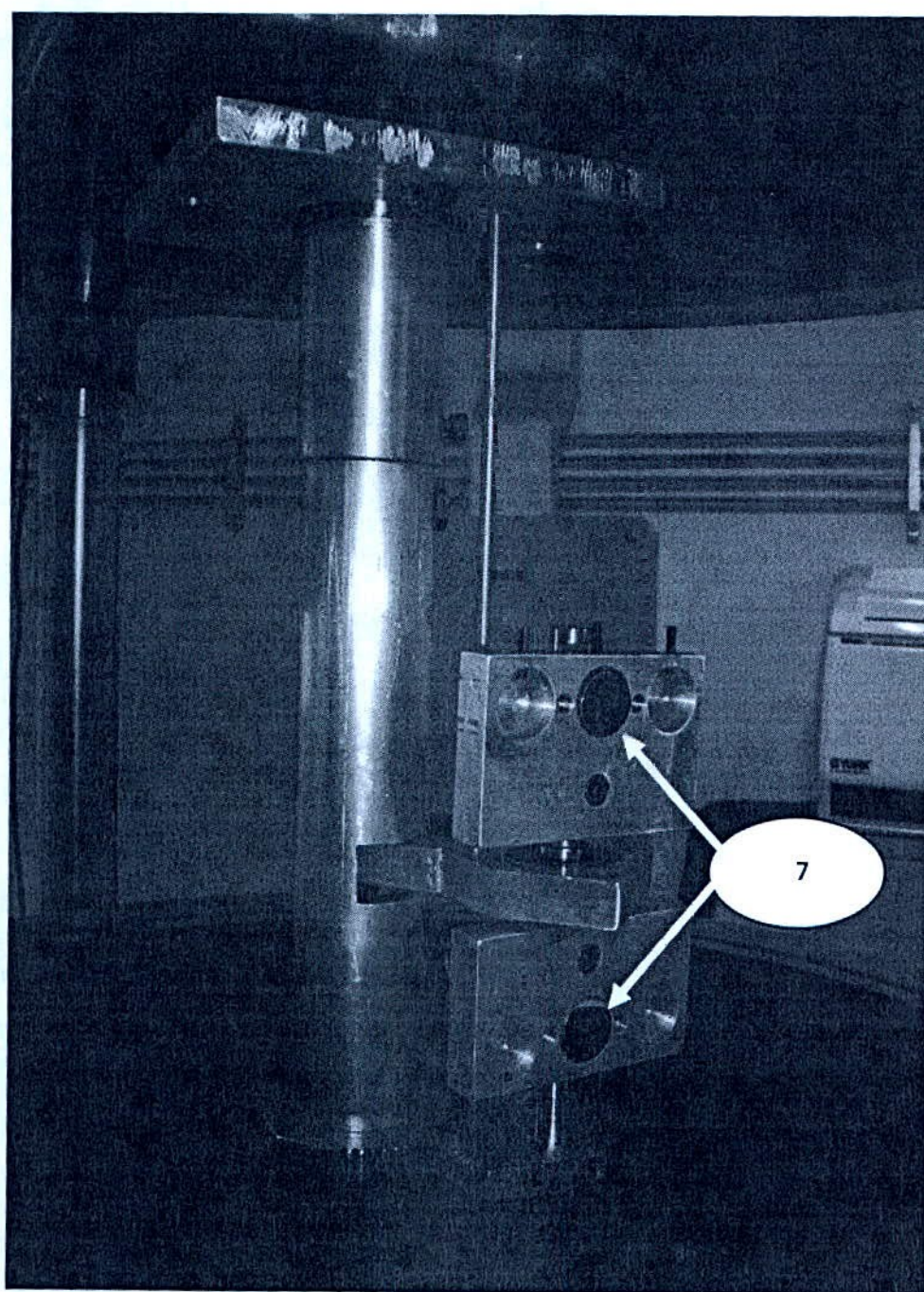


Fig. No.19

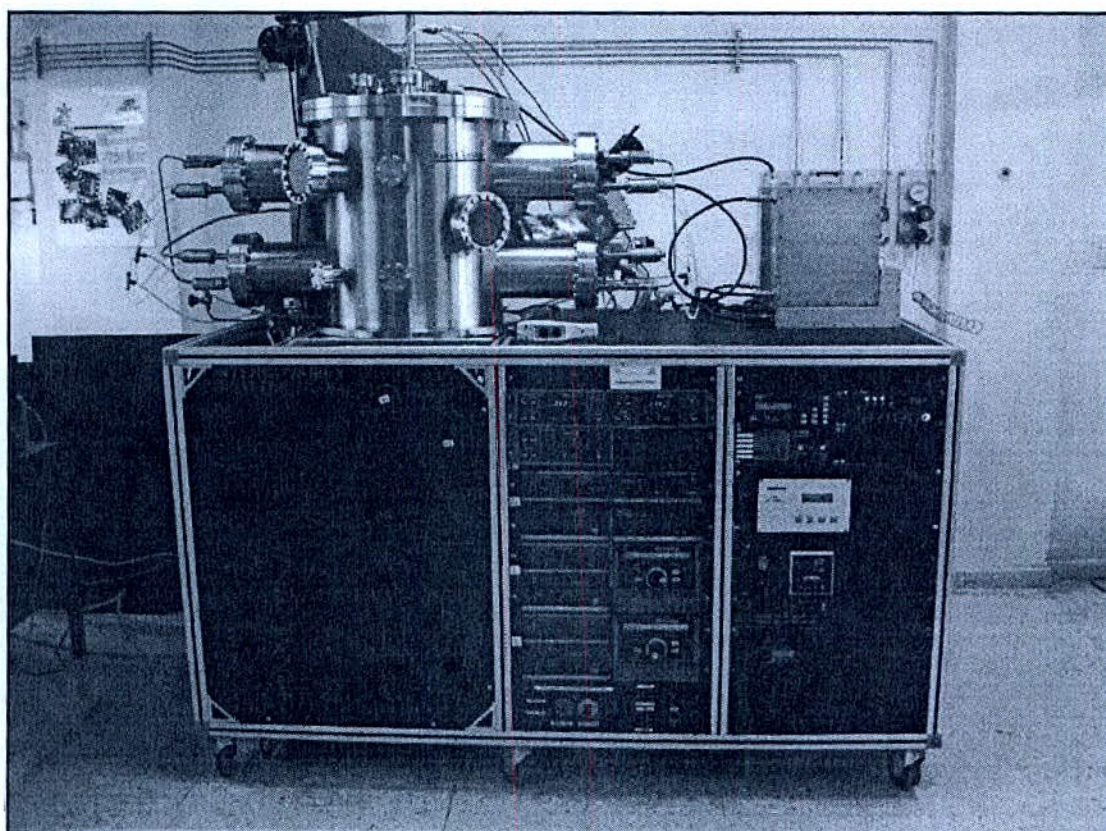


Fig. No.20

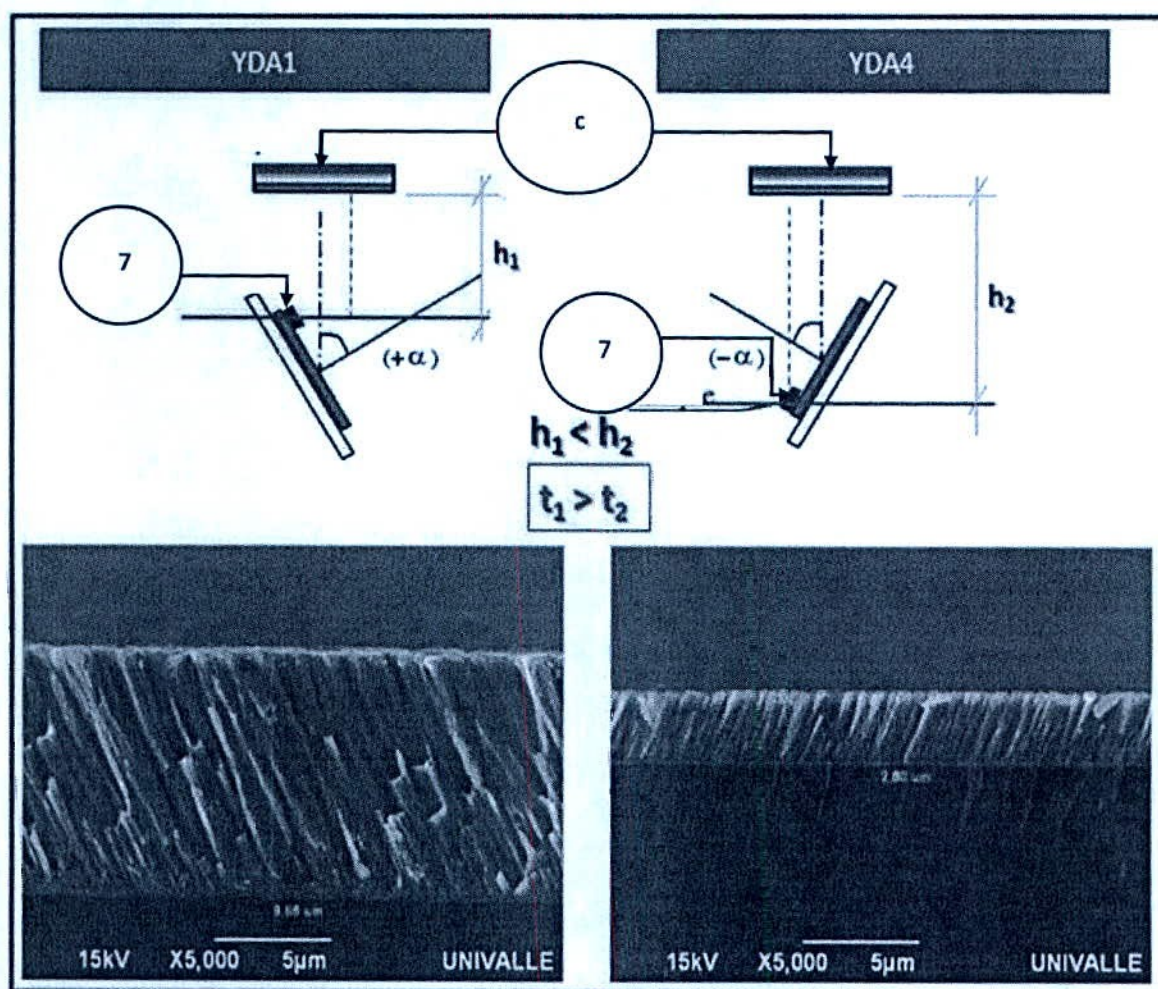


Fig. No.21

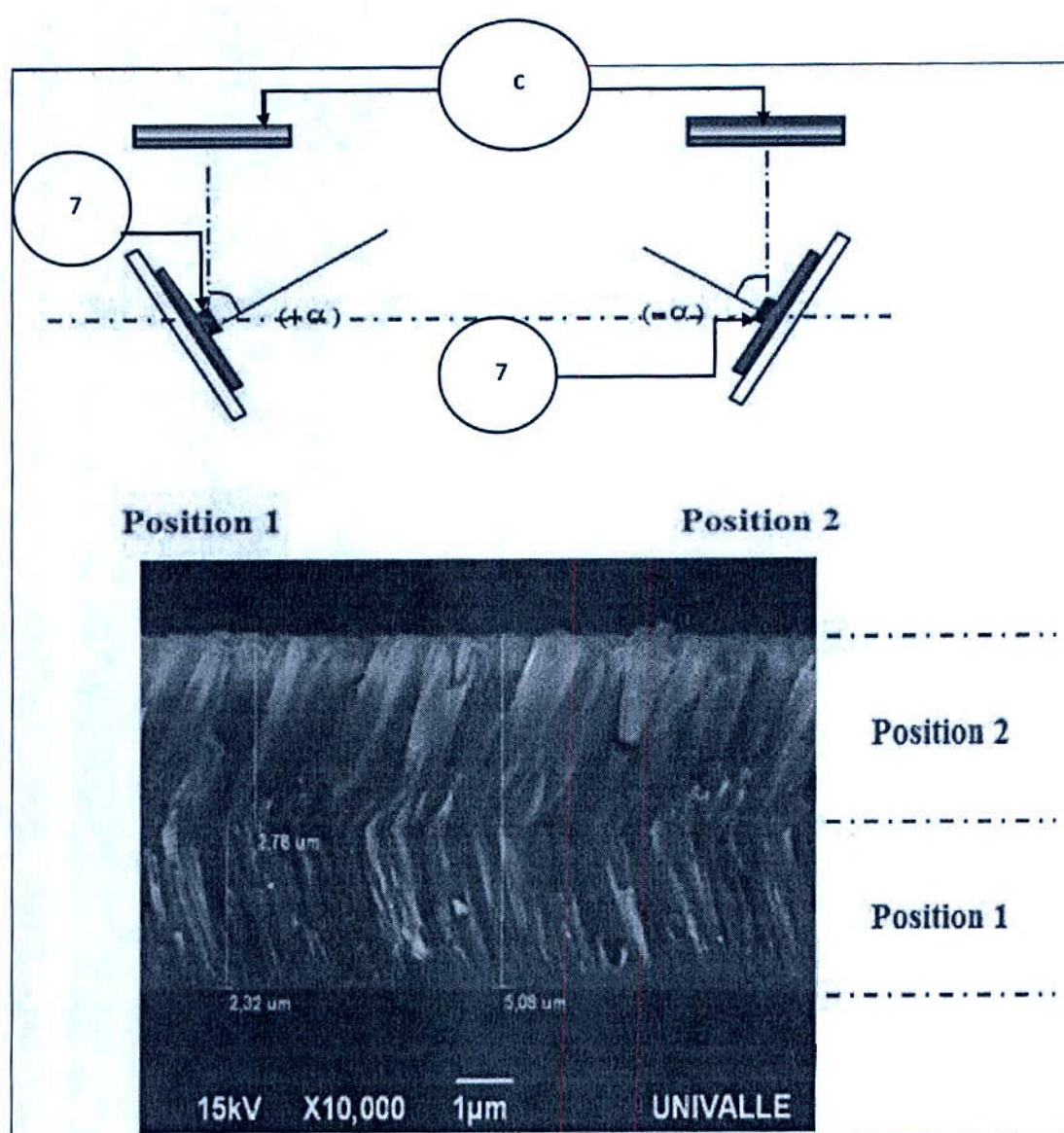


Fig. No.22

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) para depósito en ángulo oblicuo de materiales a escala nano y micrométrica mediante técnicas PVD caracterizado porque se conforma de los siguientes elementos estructurales: Un tubo (1.1); dos ejes verticales (1.2, 1.4); un eje horizontal (1.3); una transmisión de engranajes que se conforma de un engranaje conductor (1.5) y un engranaje conducido (1.6); dos porta-substratos superior (1.7) e inferior (1.8); una varilla de amarre o sujeción (1.9) y una lamina de sujeción (1.10).
2. Dispositivo (1) para depósito en ángulo oblicuo de materiales a escala nano y micrométrica mediante técnicas PVD, según la reivindicación No.1, caracterizado porque el tubo (1.1) se ubica de manera vertical dentro del dispositivo (1), dicho tubo (1.1) tiene en su parte superior una estructura de sujeción (1.1.1) que tiene dos partes, una parte (1.1.2') con diámetro tres veces menor que el diámetro de la otra parte (1.1.2), la cual tiene una rosca exterior (1.1.3) que se ensambla con la rosca interna superior (1.1.4) del tubo (1.1); presenta una rosca exterior (1.1.3') con el fin de acoplarse a la rosca interior (2.1) del eje impulsado (2).
3. Dispositivo (1) para depósito en ángulo oblicuo de materiales a escala nano y micrométrica mediante técnicas PVD, según la reivindicación No.1, caracterizado porque El tubo (1.1) en su parte interior contiene el eje vertical (1.2) ensamblados entre sí mediante un rodamiento de bolas (1.2.1) ubicado dentro del tubo (1.1) de manera horizontal. El eje vertical (1.2) ubicado en el interior del tubo (1.1) se conecta con el eje horizontal (1.3) mediante un tornillo goloso (1.3.3), donde dicho eje horizontal (1.3) pasa por una abertura media (1.1.5) que tiene el tubo (1.1). El tubo (1.1) en su parte inferior esta acoplado con un engranaje conductor.
4. Dispositivo (1) para depósito en ángulo oblicuo de materiales a escala nano y micrométrica mediante técnicas PVD, según la reivindicación No.1, caracterizado porque El eje horizontal (1.3) está conectado con el eje vertical (1.2) mediante un tornillo goloso (1.3.3) y el extremo (1.3.2) se acopla al eje vertical (1.4) entre sí mediante un rodamiento de bolas (1.3.4) ubicado centralmente en la parte superior del extremo (1.3.2).
5. Dispositivo (1) para depósito en ángulo oblicuo de materiales a escala nano y micrométrica mediante técnicas PVD, según la reivindicación No.1, caracterizado porque el eje vertical (1.4) se ubica dentro del dispositivo (1) de manera paralela al tubo (1.1), dicho eje (1.4) se conecta en su parte media al eje horizontal (1.3) mediante el rodamiento de bolas (1.3.4).
6. Dispositivo (1) para depósito en ángulo oblicuo de materiales a escala nano y micrométrica mediante técnicas PVD, según la reivindicación No.1, caracterizado porque El eje vertical (1.4) cuenta con dos extremos, un extremo superior (1.4.1) y un extremo inferior (1.4.2), cada uno de ellos cuenta con una ranura frontal de superficies planas (1.4.1', 1.4.2') en las que se acopla en cada una de dichas ranuras frontales un porta-substrato superior (1.7) y un porta-substrato inferior (1.8).

7. Dispositivo (1) para depósito en ángulo oblicuo de materiales a escala nano y micrométrica mediante técnicas PVD, según las reivindicaciones No.1 y No. 6, **caracterizado porque** los porta-substratos superior e inferior presentan tres ranuras circulares (1.7.3', 1.7.3'', 1.7.3''', 1.8.2', 1.8.2'', 1.8.2''') no pasantes alineadas entre sí de manera horizontal, donde cada ranura circular (1.7.3', 1.7.3'', 1.7.3''', 1.8.2', 1.8.2'', 1.8.2''') cuenta con tornillos de sujeción (1.7.4', 1.7.4'', 1.7.4''', 1.8.4', 1.8.4'', 1.8.4''') para probetas de laboratorio (7).
8. Dispositivo (1) para depósito en ángulo oblicuo de materiales a escala nano y micrométrica mediante técnicas PVD, según la reivindicación No.1, **caracterizado porque** la varilla de amarre o sujeción (1.9), a lo largo de su longitud, tiene un roscado exterior, junto con un extremo superior (1.9.1) y extremo inferior (1.9.2), en el extremo superior (1.9.1) de la varilla (1.9) se acopla a una lamina de sujeción (1.10) mediante la rosca interior de una arandela de teflón (1.11) insertada dentro de la lamina (1.10) que se encuentra ubicada a un extremo de dicha lamina (1.10), la varilla de amarre (1.9) se asegura a la lamina (1.10) mediante tuercas hexagonales (1.11.1, 1.11.2) tanto en la superficie superior como en la superficie inferior de la lamina (1.10). La varilla de amarre (1.9) en su extremo inferior (1.9.2) se encuentra acoplada mediante una rosca interior (1.3.5) ubicada en la parte media del eje (1.3), donde dicha varilla de amarre (1.9) se asegura al eje (1.3) mediante tuercas hexagonales (1.11.3, 1.11.4) tanto en la superficie superior como en la superficie inferior del eje (1.3). La lámina de sujeción (1.10) cuenta con dos tornillos laterales (1.12, 1.13) ubicados hacia los extremos de dicha lamina (1.10) acoplados a la parte interior de la cámara de vacío (5).
9. Dispositivo (1) para depósito en ángulo oblicuo de materiales a escala nano y micrométrica mediante técnicas PVD, según la reivindicación No.1, **caracterizado porque** el eje impulsado (2) está conectado a un piñón (3.1) que a su vez se engrana a una cadena (3) conectada a un motor (4).
10. Dispositivo (1) para depósito en ángulo oblicuo de materiales a escala nano y micrométrica mediante técnicas PVD, según la reivindicación No.1, **caracterizado porque** la lamina de sujeción (1.10) no está en contacto con el tubo (1.1), debido a que la varilla de sujeción o amarre (1.9) que pasa por la lámina (1.10), está aislada eléctricamente mediante una arandela de teflón (1.11) del resto de la estructura del dispositivo (1).