

33

SUPERINDUSTRIA Y COMERCIO
Radacion : 84281841 00000000
Fecha (AMD): 2004-08-12 15:40:00
Folios: 27
Tramite : 002 PATENTES D 1 REGISTRO/ 411 PRESENTA
Dependencia: 2020 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

MIT : 900171089-2

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 04 - 64.736
FECHA : AGOSTO 17 DE 2004

***** CONSIGNACION *****

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	Vr. PAGO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COCONSIGNACION		BANCO POPULAR	050-00110-6	27919258	28/07/2004	422,000.00

***** CONCEPTO *****

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE IN	422,000.00
		TOTAL :	422,000.00

SON: CUATROCIENTOS VEINTIDOS MIL PESOS

RESPONSABLE : _____

RECIBO DE CAJA APLICADO AL EXPEDIENTE No. _____

RECIBO OFICIAL DE CAJA : No. 44.732
 FECHA : 28/05/2004

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	PORQUE	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VAL. PAGO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION	BANCO POPULAR	000-0110-1	000-0110-1	000-0110-1	28/05/2004	433.000.00
CANT. REMITIDO	CANCELO					TOTAL CANCELADO
1 20002-01-01 SOLICITUD	1 REMITE DE SOL. DE PATENTE DE IN					433.000.00
TOTAL						

CUATRO CIENTOS VEINTIDOS MIL PESOS

RECIBO DE CASH RECIBIDO AL EXPERIENCIA

4 INVENTORES
(72)

Nombre: DIEGO FERNANDO ARIAS MATEUS

Dirección: Calle 66C # 41-36

Nacionalidad o Domicilio: Manizales -- Caldas -- Colombia

Nombre: ALFONSO DEVIA CUBILLOS

Dirección: Carrera 27 # 64 -- 60

Nacionalidad o Domicilio: Manizales -- Caldas -- Colombia

4
7

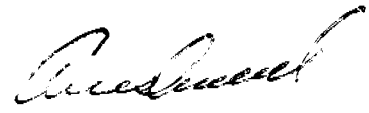
66

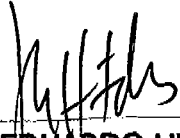
CESIÓN DE DERECHOS DE PATENTE

Las siguientes personas: **DIEGO FERNANDO ARIAS MATEUS**, identificado con c.c. 10.284.393 de Manizales, residente en la ciudad de Manizales; y **ALFONSO DEVIA CUBILLOS**, identificado con c.c. 14.995.473 de Cali, residente en la ciudad de Manizales; en calidad de Inventores del "PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE RECUBRIMIENTOS DE MULTICAPAS DE TIN/ZrN POR PAPVD POR ARCO PULSADO", autorizamos a la Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales cuyo representante legal es **JORGE EDUARDO HURTADO**, identificado con c.c. 10.246.956 de Manizales, residente en la ciudad de Manizales, Vicerrector de Sede, a solicitar la **PATENTE DE MODELO DE INVENCION** de dicho procedimiento y en el momento de que esta sea concedida cedemos los derechos de Explotación Industrial y Comercial, y/o el otorgamiento de la licencia de los mismos a terceros.

Para constancia firmamos a los quince días del mes de Julio de 2004.


DIEGO FERNANDO ARIAS MATEUS
c.c. 10.284.393 de Manizales
Inventor


ALFONSO DEVIA CUBILLOS
c.c. 14.995.473 de Cali
Inventor

X 
JORGE EDUARDO HURTADO
c.c. 10.246.956 de Manizales
Vicerrector
Representante Legal
Universidad nacional de Colombia
Sede Manizales

ANTE LA NOTARIA QUINTA DE MANIZALES	
COMPARECIO: <u>Alfonso Devia Cc 14995473</u>	
A QUIEN PERSONALMENTE IDENTIFIQUE CON C.C. <u>14995473</u>	
Y MANIFESTO QUE ES CIERTO EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO Y QUE LA FIRMA Y HUELLA EN EL PUESTAS SON SUYAS.	
EN CONSTANCIA SE FIRMA HOY: <u>22 JUL. 2004</u>	
ARTICULO 68 DEC. 960 DE 1.970 Y ARTICULO 34 DEC. 2148 DE 1.983	 <u>14995473 Cali (v)</u>





Al despacho de la NOTARIA CUARTA DE MANIZALES (CALDAS)
compareció: Diego Leonardo Arias Hoytens

quien se identificó con cédula 10.284.393 de Manizales
y dijo: que el contenido del anterior documento es cierto; que la
firma allí puesta y esta huella -índice derecho- son suyas.

En constancia firma esta diligencia hoy:

03 AGO. 2004



El compareciente

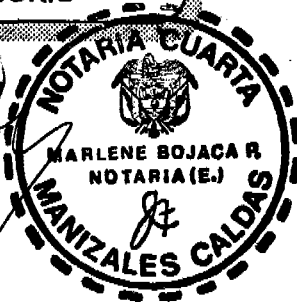
Dirección: Carrera 24 No. 20-10
Teléfono 8841340

El Notario

103001

JOSE JAVIER OSORIO

Diego Fdo. Arias H
10284393



NOTARIA SEGUNDA, MANIZALES (CALDAS)

Doy fe que la firma puesta en el anterior documento fue
confrontada con la registrada en este despacho y
corresponde a Jorge Eduardo Herik
10.286.956

De conformidad con el Artículo 73
del Decreto Ley 960 de 1.970

JORGE MANRIQUE ANDRADE
Notario

FECHA 12 AGO 2004



Donna



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MANIZALES

LA SECRETARIA DE SEDE

HACE CONSTAR:

Que por Ley 66 de 1867 se creó la Universidad Nacional de Colombia.

Que la Ley 30 de 1992, otorgó facultades extraordinarias al Presidente de la República para reestructurar la Universidad Nacional de Colombia.

Que en virtud de esas facultades, se expidió el Decreto N° 1210 de 1993, "Por el cual se reestructura el régimen orgánico de la Universidad Nacional de Colombia".

Que según el Artículo 1° del mismo Decreto la Universidad Nacional de Colombia es un ente universitario autónomo del orden Nacional, vinculado al Ministerio de Educación Nacional, con régimen especial y cuyo objeto es la Educación Superior y la investigación. Así mismo, según el Artículo 3° de este Decreto la Universidad Nacional de Colombia es un ente con gobierno, patrimonio y rentas propias, y con capacidad de organizarse, gobernarse y designar sus propias autoridades.

Que según Resolución de Rectoría N° 607 del 19 de mayo de 2003 y Acta de Posesión N° 257 del 19 de mayo de 2003, el profesor JORGE EDUARDO HURTADO GOMEZ, identificado con la cédula de ciudadanía número 10.246.956, ejerce las funciones de Vicerrector de la Sede Manizales de la Universidad Nacional de Colombia, y representante legal del Rector de la Universidad por delegación, conforme lo establece la Resolución N° 040 de 2001, modificada por la Resolución de Rectoría N° 120 de 2001.

Esta constancia se expide a los 30 días del mes de julio de 2004.


LUZ ARABANY RAMIREZ CASTAÑEDA
Secretaria de Sede

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

A 8

RECTORIA GENERAL**ACTA DE POSESIÓN 257**
FECHA: 19 DE MAYO DE 2003

EN LA CIUDAD BOGOTÁ EL DÍA 19 DE MAYO DE 2003 SE PRESENTÓ EN LA RECTORÍA GENERAL EL PROFESOR JORGE EDUARDO HURTADO GÓMEZ CON EL OBJETO DE TOMAR POSESIÓN DEL CARGO DE VICERRECTOR DE LA SEDE MANIZALES 0160171NB PARA EL CUAL FUE COMISIONADO MEDIANTE RESOLUCIÓN DE RECTORIA GENERAL NÚMERO 607 DEL 19 DE MAYO DE 2003 ADSCRITO A LA VICERRECTORIA DE LA SEDE MANIZALES.

EL POSESIONADO PRESENTÓ LA CÉDULA DE CIUDADANÍA NÚMERO 10.248.956. ASÍ MISMO JURÓ CUMPLIR CON LA LEY, LOS ESTATUTOS Y REGLAMENTOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Y CON LAS FUNCIONES Y DEBERES DEL CARGO.

PARA CONSTANCIA SE FIRMA LA PRESENTE ACTA POR EL RECTOR GENERAL Y EL POSESIONADO.

PERÍODO DE NOMBRAMIENTO: A PARTIR DEL 19 DE MAYO DE 2003.

EL PROFESOR JORGE EDUARDO HURTADO GÓMEZ CONTINUARÁ PERCIBIENDO SU ASIGNACIÓN COMO DOCENTE.

MARCO PALACIOS ROZO
RECTOR GENERAL

JORGE EDUARDO HURTADO GÓMEZ



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

RECTORIA GENERAL

ACTA DE POSESIÓN 257
FECHA: 19 DE MAYO DE 2003

EN LA CIUDAD BOGOTÁ EL DÍA 19 DE MAYO DE 2003 SE PRESENTÓ EN LA RECTORÍA GENERAL EL PROFESOR JORGE EDUARDO HURTADO GÓMEZ CON EL OBJETO DE TOMAR POSESIÓN DEL CARGO DE VICERRECTOR DE LA SEDE MANIZALES 016017LNR PARA EL CUAL FUE COMISIONADO MEDIANTE RESOLUCIÓN DE RECTORIA GENERAL NÚMERO 607 DEL 19 DE MAYO DE 2003 ADSCRITO A LA VICERRECTORIA DE LA SEDE MANIZALES.

EL POSESIONADO PRESENTÓ LA CÉDULA DE CIUDADANÍA NÚMERO 10.246.956. ASÍ MISMO JURÓ CUMPLIR CON LA LEY, LOS ESTATUTOS Y REGLAMENTOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Y CON LAS FUNCIONES Y DEBERES DEL CARGO.

PARA CONSTANCIA SE FIRMA LA PRESENTE ACTA POR EL RECTOR GENERAL Y EL POSESIONADO.

PERIODO DE NOMBRAMIENTO: A PARTIR DEL 19 DE MAYO DE 2003.

EL PROFESOR JORGE EDUARDO HURTADO GÓMEZ CONTINUARÁ PERCIBIENDO SU ASIGNACIÓN COMO DOCENTE.

MARCO PALACIOS ROZO
RECTOR GENERAL

JORGE EDUARDO HURTADO GÓMEZ

10
6

RESUMEN

Procedimiento para la obtención de recubrimientos de multicapas de TiN/ZrN por PAPVD por arco pulsado. El procedimiento consiste en la evaporación de un material metálico (Titanio, Zirconio) en alto vacío, mediante descargas de arco. El material extraído reacciona con un gas reactivo (Nitrógeno) presente en la cámara y forma un compuesto que se deposita sobre el sustrato formando una película delgada. La obtención de los recubrimientos inicia con la preparación de las piezas, y su montaje en el ánodo del sistema de descargas. Se selecciona el blanco y se ubica en el cátodo. Se sella la cámara, se fija la distancia interelectródica, se obtiene el vacío requerido y se realizan purgas. Se produce una descarga *Glow*. Se obtiene la presión de trabajo y se realizan las descargas pulsadas. Se obtiene vacío, se inyecta gas reactivo. Se obtiene presión ambiente, se intercambia blanco y se repite la secuencia del proceso.

HA 11

PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE RECUBRIMIENTOS DE MULTICAPAS DE TiN/ZrN POR PAPVD POR ARCO PULSADO

DESCRIPCIÓN

En las sociedades industrializadas hay un incremento en la demanda para reducir o controlar la fricción y el desgaste de materiales de ingeniería. El principal ímpetu detrás de este esfuerzo está relacionado con aspectos económicos y ambientales. La necesidad de ampliar la eficiencia de la maquinaria, optimizar el consumo de energía, conservar los recursos de materiales escasos y reducir el uso de lubricantes son algunos de los ejemplos. En la primera parte del siglo XX estos objetivos se han logrado mejorando el material en bloque o refinando las técnicas de lubricación. Una herramienta que pueda resistir el desgaste debe tener alta dureza, resistencia a la temperatura y ser químicamente estable¹. Con el fin de reducir la fricción, se debe ser capaz de formar un componente estable al contacto de la interfase para controlar la fricción resultante y el desgaste².

Como generalmente se conoce, es imposible combinar todas estas propiedades al mismo tiempo en un simple material de una herramienta convencional. Sin embargo, hoy en día, se diseñan materiales con propiedades adecuadas para aplicaciones específicas. Una gran variedad de propiedades funcionales pueden ser optimizadas separadamente por un material, en bloque y superficie, por aplicación de un recubrimiento apropiado.

Las aplicaciones de los recubrimientos duros de los metales de transición para aumentar la vida de las herramientas de corte han sido muy exitosas³. La buena resistencia al desgaste de estos recubrimientos es atribuida tanto a su alta dureza como a su buena estabilidad química⁴; además los recubrimientos cerámicos en multicapas pueden mejorar la resistencia a la fractura en comparación con la monocapa^{5,6,7}. Las multicapas tienen una alta dureza^{8,9,10} y excelente resistencia a la corrosión¹¹.

Los recubrimientos de multicapas se componen de un gran número de capas delgadas de dos o más materiales diferentes, mutuamente solubles a fin de promover el desarrollo de interfaces altamente adherentes entre ellos con alta compatibilidad de enlaces químicos y coeficientes de expansión térmica. El material de la primera capa tiene por función principal promover una buena adherencia entre el recubrimiento y el sustrato, en tanto que los materiales de las capas siguientes se eligen para promover la dureza, resistencia al desgaste y resistencia química con el entorno, logrando así un óptimo desempeño en las aplicaciones.

Las propiedades químicas y físicas de las multicapas son fuertemente determinadas por sus múltiples interfases y son muy sensibles a las técnicas y condiciones de crecimiento. Las propiedades estructurales son de gran importancia incluyendo la rugosidad de la interfase, interdifusión, nanoestructura, orientación de cada capa individual y coherencia cristalina interfacial.

Los recubrimientos duros en multicapas pueden ser obtenidos mediante diversas técnicas de deposición. En general, los procesos de deposición se pueden dividir en dos tipos: (i) aquellos que involucran transferencia de gotas como pulverización por plasma, pulverización por arco, pulverización por filamento, y (ii) aquellos que involucran transferencia de átomo a átomo como en los procesos de deposición física en fase de vapor tales como la evaporación, plateado iónico, sputtering, deposición química en fase de vapor (CVD) y electrodeposición¹².

- **Deposición química en fase de vapor (CVD)**

La deposición química en fase de vapor (CVD) es un proceso por medio del cual un material sólido es depositado de un vapor por la reacción química que se presenta sobre o en las vecindades de la superficie de un sustrato normalmente caliente. El material sólido es obtenido como un recubrimiento, polvo o cristales. Variando las condiciones experimentales (material del sustrato, temperatura del sustrato, composición de la mezcla de gas de reacción, presión total del flujo de gas, etc.), se pueden crecer materiales con diferentes propiedades.

Un rasgo característico de la técnica CVD es su excelente potencia de lanzamiento, capacidad de producir recubrimientos de espesores uniformes y propiedades con baja porosidad incluso sobre sustratos de formas complejas. Otro rasgo característico es la posibilidad de deposición localizada o selectiva sobre el sustrato¹³.

- **Deposición Física en Fase de Vapor (PVD)**

Los procesos PVD son aquellos en los cuales se realiza una deposición utilizando medios físicos para obtener directamente las especies de un material denominado blanco, dichas especies se evaporan y se depositan sobre el sustrato, es decir, no hacen falta reacciones químicas para sintetizar un material a partir de algún otro compuesto gaseoso como en los procesos CVD. Por tal razón, este es un proceso que demanda menos temperatura que el CVD y es posible aplicarlo a materiales que no pueden estar expuestos a altas temperaturas y que puedan experimentar un cambio de fase inconveniente. Como contraparte, dado que el transporte de las especies se realiza por medios físicos, es necesario un alto vacío (10^{-6} Torr) para que el camino libre medio de los átomos y moléculas supere la distancia blanco-sustrato y las dimensiones de la cámara de trabajo. Sin embargo, la ausencia de residuos de reacciones químicas han estimulado el crecimiento de las técnicas de PVD, siendo hoy predominantes en algunas áreas como la de recubrimientos de nitruros y carbonitruros de titanio sobre aceros¹⁴.

Existen varios caminos por los cuales el recubrimiento puede ser producido por PVD, pero gran parte de las técnicas incluyen procesos PVD asistidos por plasma (PAPVD – Plasma Assisted Physical Vapor Deposition), lo que permite aumentar la velocidad de crecimiento y mejorar las propiedades de la capa. El procesamiento de materiales por plasma involucra diversas técnicas que emplean plasma (un tipo particular de gas ionizado) para producir modificaciones superficiales o de volumen en materiales.

Normalmente el proceso PAPVD es denominado Plateado Iónico. Este consiste en un bombardeo de la superficie del sustrato con un flujo de iones altamente energizados suficiente para causar una limpieza y *sputtering* en la superficie antes y durante la formación de la película. Por otra parte, el material del recubrimiento es ionizado en el plasma por colisiones y reacciones de impacto con los electrones que son acelerados por un campo eléctrico hacia el sustrato para que se de la condensación, haciendo que la formación del recubrimiento tenga lugar bajo la influencia del bombardeo de iones. Como consecuencia, utilizando PAPVD se producen recubrimientos muy densos, que contienen muy pocos defectos microscópicos y posee muy buena adhesión^{15,16}. Los procesos de deposición física en la fase de vapor asistido por plasma se dividen principalmente en dos grandes grupos: *Evaporación* y *Sputtering*.

- **Proceso de *Sputtering***

El proceso de *Sputtering* puede ser definido como la eyección de átomos o moléculas desde la superficie de un blanco debido al choque de iones energéticos generados por

13
13

una descarga *glow*. Las especies eyectadas tienen una considerable mayor energía cinética que térmica. Las interacciones ión - superficie no son únicamente importantes en el blanco, sino que también pueden jugar un papel decisivo en la determinación de la nucleación de la película y cinética del crecimiento, evolución de la microestructura, probabilidad de la incorporación de dopantes y de las propiedades físicas de las capas depositadas ¹⁷. El uso controlado del bombardeo iónico genera capacidad de mejorar considerablemente las propiedades de las películas. La deposición por *Sputtering* es inherente a los procesos de recubrimientos en vacío. Las energías de los átomos o moléculas arrancadas por *Sputtering* a determinada velocidad de deposición son aproximadamente un orden de magnitud mayor a aquellas obtenidas por evaporación a la misma velocidad. Sin embargo, debido a que la eficiencia del *Sputtering* es en realidad baja y las corrientes iónicas son limitadas, la rata de deposición por *Sputtering* son invariablemente uno o dos ordenes de magnitud menores que en el caso de la deposición por evaporación, bajo condiciones normales. En lugar de ser intensivo, energéticamente hablando, el proceso de deposición por *sputtering* es más adecuado para la producción de películas multicomponentes, donde los distintos átomos son eyectados capa por capa de un blanco de multicomponentes y la película se forma homogéneamente con la misma composición del sustrato.

- Proceso de Evaporación

En los procesos de *evaporación*, los vapores son producidos por un material sólido el cual es calentado directamente bien sea por una resistencia, radiación, haz de electrones, láser o descarga de arco ¹⁸. El proceso se desarrolla en vacío (de 10^{-5} a 10^{-6} Torr) para que los átomos evaporados experimenten esencialmente una menor cantidad de colisiones en la trayectoria de condensación hacia el sustrato. El sustrato usualmente tiene un potencial a tierra. Las especies evaporadas, en el caso de elementos, consisten en átomos neutros que se vaporizan en forma de clusters poliatómicos (aglomerados). En el caso de aleaciones y compuestos, la vaporización está acompañada generalmente por disociación o descomposición debido a las diferencias de las presiones de vapor de los componentes o de inestabilidad térmica. Sin embargo, si los constituyentes son igualmente volátiles ocurre una deposición coherente ¹⁹.

La *evaporación por arco* en vacío es un proceso en el cual se usa el vapor del plasma del cátodo o ánodo producido por una descarga de alta corriente en un ambiente en vacío para depositar recubrimientos de películas delgadas ^{20,21,22}. Los arcos son descargas eléctricas de alta corriente las cuales son bastantes apropiadas como fuentes de calentamiento para la evaporación. Son caracterizados por: (a) la presencia de múltiples spots catódicos (pequeñas áreas móviles en la superficie del cátodo con alta densidad de corriente) en el electrodo negativo, (b) violenta evaporación del material catódico debido a la alta densidad de corriente en el spot, y (c) movimientos aleatorios de los spots sobre la superficie del cátodo ²³. Recientemente, las técnicas por arco han sido usadas para depositar metales ^{24,25} y componentes refractarios e incluso extracción de iones del plasma de arco en vacío para la deposición de películas metálicas ²⁶.

La descarga eléctrica de alta corriente es generada entre dos electrodos inmersos en una cámara de vacío (o a baja presión), la corriente que se conduce por el plasma consiste en un vapor ionizado del material electrodico. La emisión de vapor viene de los spots catódicos, el cual emite chorros de plasma cuyas velocidades son del orden de 10^3 m s^{-1} . Cada spot catódico puede mantener la emisión de corriente máxima característica, el cual depende tanto del material catódico ²⁷ como de la presión del gas en la cámara ²⁸. Los spots catódicos pueden tener una densidad de corriente del orden de $10^8 - 10^9 \text{ A/cm}^2$.

14
K1

Existen dos tipos de sistemas de arco en vacío que son el pulsado y el continuo. En el pulsado, el arco es repetidamente encendido y apagado usando un banco de capacitores que suministran la potencia al arco²⁹, la duración de la descarga eléctrica es de milisegundos o menos. El arco pulsado a pesar de la corta duración del pulso puede producir un calentamiento significativo de la superficie del sustrato, generando una buena adhesión de la película mientras que la temperatura en bloque del sustrato se mantiene constante^{30,31,32}. Cuando el sustrato es conectado al ánodo del arco, el flujo de alta energía entregado a su superficie por la alta corriente del arco pulsado puede ser empleado para producir una gran variedad de modificaciones metalúrgicas en este sólo disparo, incluyendo una rápida deposición de recubrimientos, eliminación de fases metaestables y producción de enlaces metalúrgicos entre el sustrato y el recubrimiento¹⁷.

Las películas delgadas se forman a través de procesos de nucleación y crecimiento. La microestructura de películas depositadas por la técnica en fase de vapor son frecuentemente columnares y con el eje columnar determinado por el ángulo con que llegan las especies a la superficie donde se van a depositar. La densidad del bloque de columnas depende de los procesos energéticos de condensación los cuales, a su vez, dependen del método de deposición.

El material de la película, temperatura del sustrato, presión de gas residual, ángulo de incidencia y, quizás el más importante de todos, la energía de condensación de los átomos, todos juegan un papel importante en la evolución de la microestructura de la película delgada³³.

- **Recubrimientos de nitruro de titanio y nitruro de zirconio**

El uso de recubrimientos de nitruros de metales de transición IV-B han sido investigados con éxito en las últimas décadas, debido a propiedades tales como alta dureza^{34,35}, estabilidad química³⁶, biocompatibilidad, bajo coeficiente de fricción, resistencia al desgaste y la corrosión³⁷, y estabilidad térmica^{38,39}. El nitruro metálico de transición más estudiado es el nitruro de titanio. Sin embargo, los nitruros de zirconio, vanadio y niobio entre otros, también exhiben las mismas propiedades de protección.

Los procesos de formación de estas películas tienen una alta dependencia en los detalles de los equipos empleados, y en el control riguroso de todos los parámetros utilizados⁴⁰, siendo necesario por ello encontrar las condiciones óptimas en cada equipo específico.

El desempeño de las herramientas de corte está restringido por sus propiedades superficiales y estabilidad térmica, el cual puede ser mejorado aplicando un recubrimiento duro resistente al desgaste. Las propiedades de estos recubrimientos son frecuentemente determinadas por su microestructura, que es función de los parámetros del proceso. La microestructura del recubrimiento puede llevar a aumentar la vida útil de las herramientas de corte (en más de un 500%)^{41,42}.

Normalmente la alta dureza de los recubrimientos está relacionada con una buena resistencia al desgaste. La dureza de los recubrimientos es una función de la composición, densidad y textura; las cuales pueden ser controladas durante la deposición. Generalmente aquellos recubrimientos con alta densidad son más duros que los menos densos (alta cantidad de porosidad).

El uso del nitruro de titanio como material de recubrimiento para herramientas de corte de acero rápido se ha implementado por varias décadas. La dureza del TiN incrementa la vida útil de la herramienta⁴³. Las propiedades que hacen atractivo el

TiN en la industria de las herramientas son: alta dureza^{44,45}, bajo coeficiente de fricción⁴⁶, buena estabilidad térmica y química^{47,48}, buena adhesión y buena resistencia a la corrosión⁴⁹. La principal propiedad es su dureza, la cual resulta de su alto grado de enlace metálico y covalente. El TiN adquiere su dureza debido a las pequeñas separaciones de sus átomos, a la energía superficial elevada y su alto módulo elástico (50×10^6 psi). Otra de las propiedades físicas que hacen del TiN el más usado comercialmente como recubrimiento resistente al desgaste es su alta gravedad específica y su alto punto de fusión.

El nitruro de zirconio es un compuesto del periodo V del grupo IVB que exhibe propiedades adecuadas para una variedad de aplicaciones industriales. El color dorado brillante y su resistencia al desgaste hacen del ZrN un recubrimiento decorativo ampliamente aplicable en la joyería. Recientemente ha ganado importancia en la microelectrónica por sus propiedades eléctricas y químicas⁵⁰.

En la tabla 1 aparecen resumidas las propiedades del TiN y ZrN, observándose la existencia de una gran similitud en muchas de las propiedades de estos dos nitruros, lo cual los hacen compatibles para crecer películas en las que aparezcan involucrados ambos materiales.

Propiedades	TiN	ZrN
Dureza (Gpa)	27.7-32.4 ⁵¹	15.7-28.4 ⁴⁶
Temperatura de fusión (° C)	2950 ⁵²	2950 ⁵³
Densidad (g/cc)	5.4 ⁴⁷	7.09 ⁵⁴
Resistividad (m mW W-cm)	15.0 ⁵⁵	13.6 ⁵⁶
Parámetro de Red (Å)	4.244 ⁵⁷	4.574 ⁵²
Coefficiente de fricción	0.35-0.6 ^{58,59}	0.35-0.6 ^{53,54}
Estructura Cristalina	fcc ⁵²	fcc ⁵²
Color	Dorado	Dorado

Tabla 1. Propiedades del TiN y ZrN

El color del recubrimiento del ZrN es más sensible que el del recubrimiento de TiN a una presión parcial de nitrógeno⁶⁰. El ZrN ofrece una mayor resistencia a la corrosión que el TiN^{61,62}, debido a que el comportamiento corrosivo del ZrN es controlado por la oxidación del nitruro formando una capa de oxido, mientras que el comportamiento corrosivo del TiN es controlado por el espesor y el contenido de defectos en el recubrimiento⁵⁷.

El objetivo de esta solicitud es incrementar la vida útil de herramientas de corte mediante la presentación de un procedimiento para la obtención de recubrimientos de multicapas de TiN/ZrN por PAPVD por arco pulsado, el cual hace posible obtener capas delgadas sobre diferentes piezas con buena adherencia, elevada dureza, alta resistencia al desgaste y a la corrosión, y estabilidad química con el entorno.

Este procedimiento es realizado en un equipo para la obtención de recubrimientos superficiales mediante la generación de plasmas por arcos pulsados, con monitoreo y control de variables; que se muestra de en las figura 1 y 2.

La figura 1a muestra una vista lateral del esquema general del sistema. La parte 1 muestra la cámara de vacío. La parte 2 muestra la tapa de la cámara de vacío en la cual se localiza el ánodo. La parte 3 señala la tapa de la cámara de vacío en la cual está ubicado el cátodo. La parte 4 muestra el cátodo del sistema de generación de descargas. La parte 5 muestra la cabeza intercambiable de material sólido que hace parte del recubrimiento (Ti ó Zr). La parte 6 señala el ánodo del sistema de generación de descargas. La parte 7 señala el sustrato a recubrir. La parte 8 muestra la estación de bombeo (bomba mecánica y bomba turbomolecular). La parte 9 señala la válvula electroneumática. La parte 10 señala el compresor. La parte 11 señala los cilindros contenedores de gases. La parte 12 señala la estación de suministro de gases. La parte 15 señala la fuente de disparo para iniciar descargas (Trigger). La parte 16 señala la fuente para producir descargas Glow. La parte 17 señala la fuente pulsada. La parte 18 señala el banco de condensadores. La parte 19 señala la bobina. La parte 20 señala la resistencia. La parte 21 señala la consola de control del sistema. La parte 22 señala el computador personal. La parte 23 señala el indicador del nivel de carga del banco de condensadores. La parte 24 señala el medidor de corriente en la descarga Glow. La parte 25 señala el visualizador digital de presión. La figura 26 señala el selector de modo de trabajo de banco de condensadores. La figura 27 señala el selector de tipo de descarga Glow o pulsada. La figura 28 señala el pulsador de encendido principal del sistema. La figura 29 señala el pulsador para disparar el Trigger. La figura 30 señala el pulsador arranque - pare de bomba de vacío. La figura 31 señala el pulsador arranque - pare de emergencia. La figura 32 señala el pulsador arranque - pare de fuente para generar descargas Glow. La figura 33 señala el pulsador arranque - pare de fuente para cargar banco de condensadores. La figura 34 señala el pulsador arranque - pare de fuente para iniciar descargas (Trigger). La figura 35 señala el pulsador con enclave para abrir - cerrar válvula electroneumática. La figura 36 señala el pulsador con enclave para abrir - cerrar válvula electromecánica.

La figura 1b muestra una vista frontal de la cámara de vacío en la que se pueden ver las partes 13 y 14. La parte 13 señala la válvula electromecánica para entrada de gas. La parte 14 señala la llave de paso manual tipo aguja para entrada de gas.

La figura 2 muestra una vista detallada de la cámara de vacío. La parte 1 muestra la cámara de vacío. La parte 2 muestra la tapa de la cámara de vacío en la cual se localiza el ánodo. La parte 3 señala la tapa de la cámara de vacío en la cual está ubicado el cátodo. La parte 4 muestra el cátodo del sistema de generación de descargas. La parte 5 muestra la cabeza intercambiable de material sólido que hace parte del recubrimiento (Ti ó Zr). La parte 6 señala el ánodo del sistema de generación de descargas. La parte 7 señala el sustrato a recubrir.

A continuación se describen el sistema para el crecimiento de películas delgadas y el procedimiento para la obtención de recubrimientos de multicapas de TiN/ZrN:

• Sistema de crecimiento de las películas

La deposición de las películas delgadas se realizó en un sistema PAPVD por descarga de arco pulsado no comercial. Consta de un sistema de vacío, un sistema de alimentación de gases, un sistema de suministro de energía, y un sistema de control.

El sistema de vacío está compuesto de una cámara de vacío (Parte 1, Figura 1a) (Parte 1, Figura 2), una estación de bombeo (Parte 8, Figura 1a), una válvula electroneumática (Parte 9, Figura 1a) y un compresor de aire (Parte 10, Figura 1a). La cámara de vacío (Parte 1, Figura 1a) (Parte 1, Figura 2), construida en acero inoxidable, tiene forma cilíndrica y dimensiones de 30 cm de largo, 20 cm de diámetro y 6.35 mm de espesor. La estación de bombeo (Parte 8, Figura 1a) está

compuesta de una bomba mecánica y una bomba turbomolecular que permiten alcanzar niveles de vacío del orden de 10^{-5} mbar.

El sistema de alimentación de gases consta de cilindros contenedores de gases (Parte 11, Figura 1a), estación de suministro de gases (Parte 12, Figura 1a), válvula electromecánica (Parte 13, Figura 1b) y llave de paso manual (Parte 14, Figura 1b).

El sistema de suministro de energía se compone de una fuente de disparo para iniciar descargas (Parte 15, Figura 1a), fuente para descarga Glow (Parte 16, Figura 1a), fuente pulsada (Parte 17, Figura 1a), banco de condensadores (Parte 18, Figura 1a), bobina (Parte 19, Figura 1a), cátodo (Parte 4, Figura 1a) (Parte 4, Figura 2), ánodo (Parte 6, Figura 1a) (Parte 6, Figura 2) y resistencia (Parte 20, Figura 1a). El arco es generado al descargar un banco de capacitores electrolíticos (54 mF y un voltaje máximo de 450 voltios) por medio circuito RL ($R = 0.54 \Omega$ y $L = 2.3 \text{ mH}$) entre dos electrodos enfrentados. En el sistema, el sustrato es el ánodo y el cátodo es el blanco. El sistema está acondicionado para actuar tanto en descarga glow como descarga pulsada. Un pulso de trigger de aproximadamente 5 milisegundos de duración, se encarga de iniciar la ruptura dieléctrica del gas entre el ánodo y el cátodo para que los condensadores se descarguen produciendo una corriente aproximada de 177 amperios y un voltaje de descarga que oscila entre 320 y 340 voltios según el material del blanco. En el momento en que se cierra el circuito entre los dos electrodos (cátodo-ánodo) con una presión en el interior de la cámara entre 0.53 mbar y 1.3 mbar, se produce una disminución de la corriente eléctrica que se concentra sobre el cátodo en unas pequeñas áreas llamadas spots catódicos.

El sistema de control consta de una consola de control del sistema (Parte 21, Figura 1a) en la que están ubicados todos los componentes activos para manejar el sistema (pulsadores, selectores, contactores, visualizadores, medidores)

• Procedimiento para la obtención de los recubrimientos

Para la obtención de recubrimientos en multicapas de Nitruro de Titanio (TiN) y Nitruro de Zirconio (ZrN) es necesario realizar varios pasos para obtener cada una de las capas, ya que las condiciones del equipo hacen necesario realizar un intercambio de blancos para obtener nitruros diferentes. El procedimiento para la obtención de los recubrimientos se divide en varias etapas:

- Preparación de las piezas a recubrir

Antes de su ingreso a la cámara de vacío (Parte 1, Figura 1a) (Parte 1, Figura 2) las piezas deben ser previamente pulidas; el tipo de pulido depende de su aplicación final, pero este puede realizarse empezando por una lija 100 hasta una lija 1500 para luego realizar un acabado utilizando suspensión de diamante de granulometría 1/10 de micra. Posteriormente las piezas se limpian con acetona o alcohol para eliminar grasas.

- Montaje de la pieza

La pieza (Parte 7, Figura 1a) (Parte 7, Figura 2) se introduce en la cámara de vacío (Parte 1, Figura 1a) (Parte 1, Figura 2) ubicándola en el ánodo (Parte 6, Figura 1a), (Parte 6, Figura 2).

- Montaje del blanco de trabajo

Se selecciona la cabeza intercambiable que actúa como blanco (Parte 5, Figura 1a) (Parte 5, Figura 2) de acuerdo al tipo de nitruro que se desea obtener, que puede ser Ti o Zr, y se coloca, en el cátodo (Parte 4, Figura 1a) (Parte 4, Figura 2).

- Sellamiento de la cámara y fijación de distancia interelectrónica

Se ubica la tapa lateral en la cual está localizado el ánodo (Parte 2, Figura 1a) (Parte 2, Figura 2), asegurándola mediante tornillos. Se fija la distancia entre el cátodo (Parte 4, Figura 1a) (Parte 4, Figura 2) y el ánodo (Parte 6, Figura 1a) (Parte 6, Figura 2), desplazándose el ánodo (Parte 6, Figura 1a) (Parte 6, Figura 2) hasta que haya contacto con la cabeza (Parte 5, Figura 1a) (Parte 5, Figura 2), tomándose esta medida como punto de inicio y posteriormente se retorna el ánodo (Parte 6, Figura 1a) (Parte 6, Figura 2) hasta una distancia de 7 mm tanto para las películas de Nitruro de Titanio (TiN) como para las películas de Nitruro de Zirconio (ZrN).

- Obtención de vacío y purgas

Para evacuar impurezas se procede a realizar vacío sobre la cámara (Parte 1, Figura 1a) (Parte 1, Figura 2), lo cual se hace accionando una válvula electroneumática (Parte 9, Figura 1a) mediante el pulsador para abrir - cerrar válvula electroneumática (Parte 35, Figura 1a) y accionando el botón encendido de la estación de bombeo (bomba mecánica y bomba turbomolecular) (Parte 8, Figura 1a) mediante el pulsador arranque - pare de bomba de vacío (Parte 30, Figura 1a). Esta operación se mantiene hasta alcanzar un vacío del orden de 2×10^{-4} milibar que puede observarse en el visualizador digital de presión (Parte 25, Figura 1a). Luego se suministra Nitrógeno (N_2) como gas de trabajo hasta una presión 9.0 mbar y nuevamente se evacua hasta alcanzar una presión 2×10^{-4} mbar. Este procedimiento se repite dos veces con el fin de eliminar contaminantes en el sistema y así asegurar solo la presencia del gas de trabajo.

- Realización de Descarga Glow

El siguiente paso es cerrar la válvula electroneumática (Parte 9, Figura 1a), mediante el pulsador para abrir - cerrar válvula electroneumática (Parte 35, Figura 1a), para mantener la presión en la cámara (Parte 1, Figura 1a) (Parte 1, Figura 2) de 1.7 mbar de N_2 y realizar una descarga Glow durante unos 20 minutos, esto con el fin de limpiar el blanco y calentar el sustrato. Para esto se enciende la fuente para producir descargas Glow (Parte 16, Figura 1a), mediante el pulsador arranque - pare de fuente para generar descargas Glow (Parte 32, Figura 1a), se pone el selector de tipo de descarga (Parte 27, Figura 1a) ubicado en la consola de mando (Parte 21, Figura 1a) en posición "continua", y se mueve la perilla de la fuente Glow (Parte 16, Figura 1a) para utilizar una corriente de 50 mA. Una vez transcurrido el tiempo de la descarga Glow, se coloca la el selector de tipo de descarga (Parte 27, Figura 1a) ubicado en la consola de mando (Parte 21, Figura 1a) en posición "cero" y se apaga la fuente para producir descargas Glow (Parte 16, Figura 1a), mediante el pulsador arranque - pare de fuente para generar descargas Glow (Parte 32, Figura 1a).

- Obtención de presión de trabajo

De nuevo se realiza un vacío, abriendo la válvula electroneumática (Parte 9, Figura 1a), mediante el pulsador para abrir - cerrar válvula electroneumática (Parte 35, Figura 1a), para eliminar material que se haya desprendido del blanco (Parte 5, Figura 1a) (Parte 5, Figura 2). Se introduce el gas de trabajo (Nitrógeno) y se ajusta la presión a la cual se va a realizar las descargas. La presión para obtener las películas de Nitruro de Titanio (TiN) es 1.3 mbar; y la presión para obtener las películas de Nitruro de Zirconio (ZrN) es 0.52 mbar.

- Realización de descargas de arco

Se carga el banco de condensadores (Parte 18, Figura 1a) utilizando la fuente pulsada (Parte 17, Figura 1a) y llevando el selector de modo de trabajo del banco de condensadores (Parte 26, Figura 1a) ubicado en la consola de control del sistema (Parte 21, Figura 1a) a la posición "carga". El valor del potencial depende del blanco (Parte 5, Figura 1a) (Parte 5, Figura 2) que se está utilizando, para el caso de las capas de TiN se varía a una potencia de 320 V y para las capas de ZrN se carga a un potencial de 340 V. Cuando se alcanza el nivel de carga del banco (Parte 18, Figura

1a), se lleva el selector de modo de trabajo del banco de condensadores (Parte 26, Figura 1a) ubicado en la consola de control del sistema (Parte 21, Figura 1a) a la posición "cero" y el selector tipo de descarga (Parte 27, Figura 1a) ubicado en la consola de mando (Parte 21, Figura 1a) a la posición "pulsada", se enciende la fuente de disparo para iniciar descargas (Trigger) (Parte 15, Figura 1a) mediante el pulsador arranque pare del trigger (Parte 34, Figura 1a) y se oprime el pulsador para disparar el Trigger (Parte 29, Figura 1a), hasta que el banco de condensadores (Parte 18) se descargue en la cámara de vacío (Parte 1, Figura 1a) (Parte 1, Figura 2) entre el cátodo (Parte 4, Figura 1a) (Parte 4, Figura 2) y el ánodo (Parte 6, Figura 1a) (Parte 6, Figura 2). De esta forma se ha realizado la primera descarga pulsada, la cual ha promovido la formación de la primera capa de recubrimiento, esta operación puede ser repetida tantas veces sea necesario para alcanzar el espesor deseado del recubrimiento.

- Descarga del banco de condensadores

Después de obtener el número de descargas deseadas se lleva el selector de modo de trabajo del banco de condensadores (Parte 26, Figura 1a) ubicado en la consola de control del sistema (Parte 21, Figura 1a) a la posición "tierra" y el selector tipo de descarga (Parte 27, Figura 1a) ubicado en la consola de mando (Parte 21, Figura 1a) a la posición "cero". Se apaga la fuente para iniciar descargas (Trigger) (Parte 15, Figura 1a), mediante el pulsador de arranque-pare (Parte 34, Figura 1a).

- Obtención de vacío e inyección de gas reactivo

Se abre la válvula electroneumática (Parte 9, Figura 1a), mediante el pulsador para abrir-cerrar válvula (Parte 35, Figura 1a), hasta alcanzar una presión del orden de 2×10^{-4} milibar. Se cierra la válvula electroneumática (Parte 9, Figura 1a), mediante el pulsador para abrir-cerrar válvula electroneumática (Parte 35, Figura 1a) ubicado en la consola de control del sistema (Parte 21, Figura 1a) y se abre la válvula electromecánica (Parte 13, Figura 1b) para permitir el ingreso del gas reactivo (Nitrógeno) hasta una presión de 9 mbar, que puede observarse en el visualizador de presión (Parte 25, Figura 1a). Esto con el fin de proteger el recubrimiento mientras que se enfría para proceder al cambio del blanco y efectuar la deposición de la nueva capa. Esta operación de enfriamiento dura 20 minutos.

- Obtención de presión ambiente e intercambio de blanco

En la consola de control del sistema (Parte 21, Figura 1a) se acciona el pulsador arranque-pare (Parte 30, Figura 1a) de la estación de bombeo (Parte 8, Figura 1a) para alcanzar la presión ambiente. Hasta este momento se ha obtenido la primera capa del recubrimiento. Para realizar las multicapas se debe intercambiar el blanco (Parte 5, Figura 1a) (Parte 5, Figura 2) entre Ti o Zr según el caso. Posteriormente se retira la tapa en la que está ubicado el ánodo (Parte 2, Figura 1a) (Parte 2, Figura 2), y se procede a desmontar el blanco (Parte 5, Figura 1a) (Parte 5, Figura 2) y montar el nuevo blanco de trabajo (Parte 5, Figura 1a) (Parte 5, Figura 2) para producir la nueva capa. En este punto se repiten todas las operaciones del proceso a partir del sellamiento de la cámara, teniendo en cuenta las condiciones de presión y potencial de carga de los condensadores según la capa que se desea obtener.

El número de descargas y de capas depende del espesor que se desea obtener de acuerdo a las aplicaciones que se vayan a dar a la pieza recubierta.

El último material en depositarse siempre es ZrN debido a que tiene mayor resistencia a la corrosión, bajo coeficiente de fricción; además es un material mas denso lo cual favorece la dureza.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la obtención de recubrimientos de multicapas de TiN/ZrN por PAPVD por arco pulsado. Mediante este procedimiento es posible obtener capas delgadas sobre diferentes piezas con buena adherencia, elevada dureza, alta resistencia al desgaste, a la corrosión, y estabilidad química con el entorno; con el fin de prolongar su vida útil. Dicho procedimiento está caracterizado porque comprende las siguientes etapas: preparación de la pieza a recubrir, montaje de la pieza, montaje del blanco de trabajo, sellamiento de la cámara, fijación de la distancia interelectródica, obtención de vacío, realización de purgas, realización de descarga Glow, obtención de presión de trabajo, realización de descarga de arco, descarga del banco de condensadores, obtención de vacío, inyección de gas reactivo, obtención de presión ambiente.
2. Procedimiento para la obtención de recubrimientos de multicapas de TiN/ZrN por PAPVD por arco pulsado, según la reivindicación 1, caracterizado porque el diseño de las multicapas consiste en la formación de varias capas de Nitruro de Titanio (TiN) y Nitruro de Zirconio (ZrN) de la forma TiN/ZrN/.../TiN/ZrN.
3. Procedimiento para la obtención de recubrimientos de multicapas de TiN/ZrN por PAPVD por arco pulsado, según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque las etapas del proceso a partir del montaje del blanco de trabajo, deben ser repetidas en un número de veces igual a las capas que se desean obtener en la multicapa.
4. Procedimiento para la obtención de recubrimientos de multicapas de TiN/ZrN por PAPVD por arco pulsado, según las reivindicaciones 1, 2 y 3, caracterizado porque el montaje del blanco en el cátodo debe intercambiarse entre Titanio y Zirconio según la capa que se desea obtener de acuerdo al diseño de la multicapa.
5. Procedimiento para la obtención de recubrimientos de multicapas de TiN/ZrN por PAPVD por arco pulsado, según la reivindicación 1, caracterizado porque entre los electrodos debe haber una distancia de 7 mm tanto para las películas de Nitruro de Titanio (TiN) como para las películas de Nitruro de Zirconio (ZrN).
6. Procedimiento para la obtención de recubrimientos de multicapas de TiN/ZrN por PAPVD por arco pulsado, según la reivindicación 1, caracterizado porque durante el proceso se deben realizar purgas que permitan limpiar internamente la cámara, para ello se requiere alcanzar un vacío del orden de 2×10^{-4} milibar y posteriormente suministrar Nitrógeno (N₂) hasta una presión 9.0, realizándose esta operación durante varios ciclos.
7. Procedimiento para la obtención de recubrimientos de multicapas de TiN/ZrN por PAPVD por arco pulsado, según la reivindicación 1, caracterizado porque se realiza una descarga Glow durante unos 20 minutos, a una presión de 1.7 mbar de N₂, con el fin de limpiar el blanco y calentar el sustrato.

- 21
8. Procedimiento para la obtención de recubrimientos de multicapas de TiN/ZrN por PAPVD por arco pulsado, según la reivindicación 1, caracterizado porque las capas son depositadas mediante la realización de descargas de arco en la cámara de vacío entre el cátodo y el ánodo, a unos valores determinados de presión y voltaje.
 9. Procedimiento para la obtención de recubrimientos de multicapas de TiN/ZrN por PAPVD por arco pulsado, según la reivindicaciones 1 y 8, caracterizado porque para obtener las películas de Nitruro de Titanio (TiN) se debe mantener una presión de 1.3 mbar, y para obtener las películas de Nitruro de Zirconio (ZrN) una presión de 0.52 mbar.
 10. Procedimiento para la obtención de recubrimientos de multicapas de TiN/ZrN por PAPVD por arco pulsado, según la reivindicaciones 1 y 8, caracterizado porque el valor del potencial para obtener las películas de TiN es de 320 V y para las capas de ZrN es de 340 V.
 11. Procedimiento para la obtención de recubrimientos de multicapas de TiN/ZrN por PAPVD por arco pulsado, según la reivindicación 1, caracterizado porque después de obtener las películas se ingresa Nitrógeno hasta una presión de 9 mbar, con el fin de proteger el recubrimiento mientras que se enfría.

Referencias bibliográficas

02
22

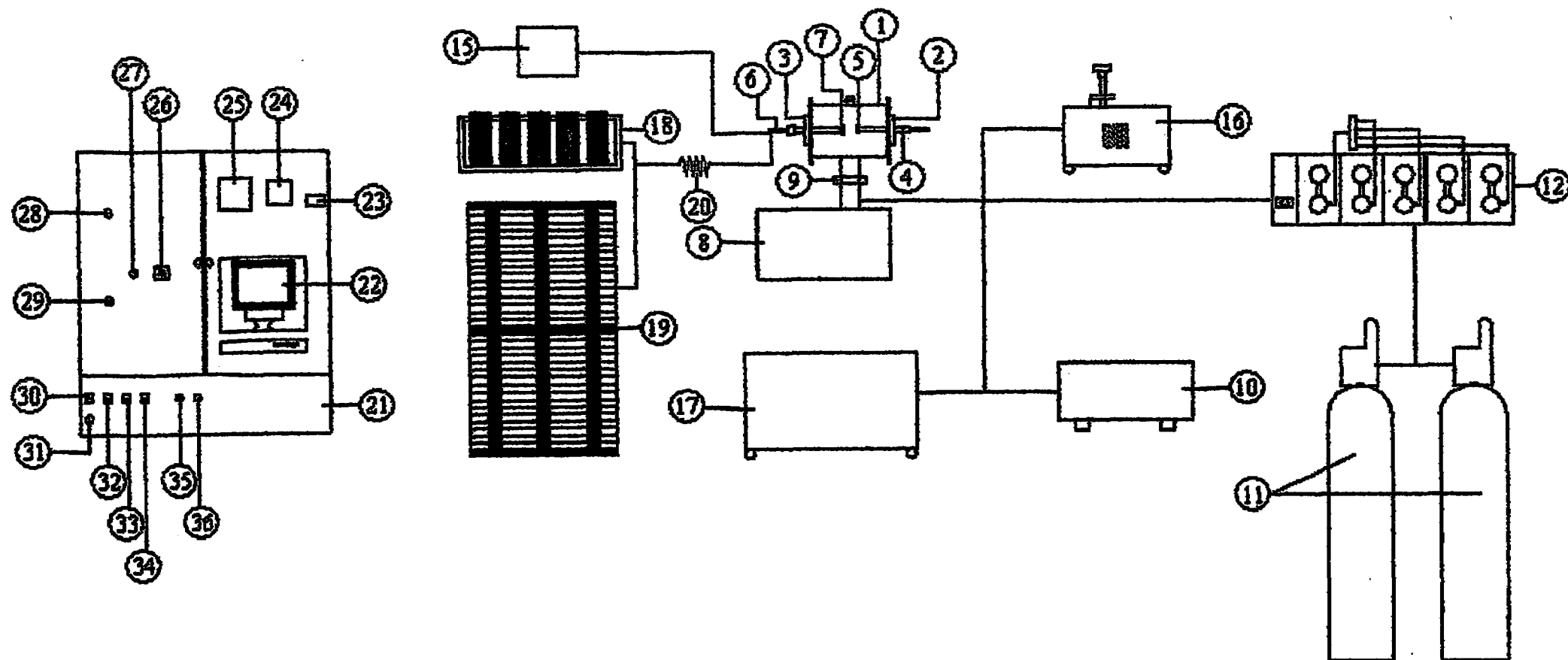
- ¹ L.E. Toth, Transition Metal Carbides and Nitrides, Academic Press, New York, (1971).
- ² K. Holmberg, A. Matthews, Coating Tribology, Tribology Series 28, D. Dowson (ed), Elsevier, Amsterdam, (1994)
- ³ H. Boelens, Veltrop. Surf. Coat. Technol. 33(1987) 63.
- ⁴ M.Z. Huq, J.P. Celis. Surf. Coat Technol. 113(1999) 242.
- ⁵ U. Wiklund, P. Hedenqvist, S. Hogmark, Surf. Coat. Technol. 97 (1-3) (1997) 773.
- ⁶ M. Larsson, M. Bromark, P. Hedenqvist, S. Hogmark, Surf. Coat. Technol. 76 (1-3) (1995) 202-205.
- ⁷ M. Larsson, P. Hollman, P. Hedenqvist, S. Hogmark, U. Wahlstroem, L. Hultman, Surf. Coat. Technol. 86-87 (1-3) (1996) 351-356.
- ⁸ Y. Huang, H. W. Zhang, Acta Metall. Mater. 41 (1993) 1523.
- ⁹ U. Helmersson, S. Todorova, S. A. Barnett, J. E. Sundgren, L. C. Markert, J. E. Greene, J. Appl. Phys. 62 (2) (1987) 481.
- ¹⁰ X. Chu, S. A. Barnett, M. S. Wong, W. D. Sproul, Surf. Coat. Technol. 57 (1993) 13.
- ¹¹ M. Herramen, U. Wiklund, J. O. Carlsson, S. Hogmark, Surf. Coat. Technol. 99 (1-2) (1998) 13.
- ¹² Bunshah Rointan F., Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings. Pags. 133-134. (1994).
- ¹³ J. Carlsson, Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings. Pags. 374-375 (1994).
- ¹⁴ Sonia P. Brühl, Cuarto Curso Latinoamericano de Procesamiento de Materiales por Plasma. Buenos Aires, Agosto 2001. Pág. 105.
- ¹⁵ D.S. Rickerby, S.J. Bull, Surf. Coat. Technol. 39-40, 315 (1989).
- ¹⁶ O. Knotek, F. Löffler, G Krämer, Surf. Coat. Technol. 59, 14 (1993).
- ¹⁷ J.A. Thornton, J.E. Greene, Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings. Pags 249-250.
- ¹⁸ K. Holmberg, A. Matthews, Coatings Tribology, D. Dowson (Ed.), Tribology series 28 Elseiver, Amsterdam, (1994).
- ¹⁹ K. L. Chopra, I. Kaur. Thin Film Device Applications. Plenum Press, New York, 1983.
- ²⁰ R. L. Boxman, "Early history of vacuum arc deposition", IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 29, pp. 759-761, Oct. 2001
- ²¹ R. L. Boxman, P. Martin, and D. Sanders, Eds., Handbook of Vacuum Arc Science and Technology. Park Ridge, NJ: Noyes, 1995.
- ²² R. L. Boxman, S. Goldsmith, and A. Greenwood, "Twenty-five years of progress in vacuum arc research and utilization", IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 25, pp. 1174-1186, Dec. 1997.
- ²³ J. M. Lafferty, Vacuum Arcs. New York: Wiley, 1979, Wiley-Interscience, p- 120.
- ²⁴ L.P. Sabalev et al., U.S. Patent 3,783,231, January 1, 1974 and 3,793,179, February 19, 1974.
- ²⁵ A. M. Dorodnov, Soviet Phys. Tech. Phys. 23, 1058 (1978).
- ²⁶ V. A. Osipov et al., Soviet Rev. Sci. Inst. 21, 1651 (1978).
- ²⁷ Harris L. P. 1980 Vacuum Arcs ed. J. M. Lafferty (New York: Wiley). P 134.
- ²⁸ Kimblin C. W. 1974 J. Appl. Phys. 45 5235.
- ²⁹ Gilmour, A. S. Jr., Lockwood, D. L., Proc. IEEE, 60:No. 8:977-991 (1972).
- ³⁰ Boxman R L, Goldsmith S, Shalev S, Yaloz H and Brosh N 1986 Thin Solid Films 139 41.
- ³¹ Yan P and Yang S 1994 Phys. Statu Solidi a 145 K29.
- ³² Sokolowski M, Sokolowska A, Michalski A, Romanowski Z, Rusek Mazurek and Wronikowski M1981 Thin Solid Films 80 249.
- ³³ P.J. Martin, Handbook of Vacuum Arc Science and Technology, pág. 367-368.
- ³⁴ C. P. Constable, J. Yarwood, and W. D. Münz, Surf. Coat. Technol. v. 116, p. 155, 1999.
- ³⁵ W. D. Sproul, Thin Solid Films, v. 107, p. 141, 1983.
- ³⁶ G. V. Samsonov, Soviet Physics-Technical Physics, v. 1, p. 695, 1967.
- ³⁷ P. Panjan, B. Navinšek, A. Cvelbar, A. Zalar, and I. Milošev, Thin Solid Films, v. 298,p.281, 1996
- ³⁸ P. Honer, R. Sanjines, F. Levy, Surf. Coat. Technol. 94/95 (1997) 398.
- ³⁹ J.W. Lim, J.S. Park, S.W. Kang, J. Appl. Phys. 87 (9) (2000) 4632.
- ⁴⁰ R. Hubler, Surf. Coat. Technol. 158-159 (2002) 680-684.
- ⁴¹ J. Sundgren, B. Johansson and S. Karlsson, Thin Solid Films 105 (1983) 353-366.
- ⁴² W. Sproul, Cutting Tool Engineering (1994) 52-57.
- ⁴³ R. Hatschek, American Machinist (1983) 129-144.
- ⁴⁴ J. Sundgren and L. Hultman, in "Materials and Processes for Surface and Interface Engineering" edited by Y. Pauleau (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1995) pp. 453-474.
- ⁴⁵ S. Didziulis, j. Lince, t. Stewart and e. Eklund, Inorg. Chem. 33 (1994) 1979-1991.
- ⁴⁶ D. Monaghan and K. Laing, Finishing 17(11) (1993) 1-6.
- ⁴⁷ A. Dunand, H. Flack and K. Yvon, Phys. Rev. B 31(4) (1985) 2299-2315.
- ⁴⁸ J. Sundgren, Thin Solid Films 128 (1985) 45-55.
- ⁴⁹ N. Heide and J. Schultze, Nuclear Instruments and Methods in Physic Research B 80/81 (1993) 467-471.

- 23
23
- ²⁹ D. Ross McGregor, Tesis, Growth Optimisation and Characterization of Reactively Sputtered Zirconium Nitride Thin Films for III - V Buffer Layer Applications, pag. 54, (2002).
 - ³⁰ J.R. Tuck, A.M. Korsunsky, D.G. Bhat, S.J. Bull, Surf. Coat. Technol. 139 (2001) 63-74.
 - ³¹ T. Wakabayashi, J. Williams and I. Hutchings, Surf. Coat. Technol. 57 (1993) 183-189.
 - ³² M. Wittmer, J. Vac. Sci. Technol. A, v. 3 pag. 1797, 1985.
 - ³³ V.R. Juza, A. Rabenau and I. Nitschke, Z. anorg. Allg. Chemie, v.332, pag.1, 1964.
 - ³⁴ B.I. Chen, W.K. Pan, G.P. Yu, J.H. Huang, Surf. Coat. Technol. 111 (1999) 16.
 - ³⁵ L. Krusin-Elbaum and M. Wittmer, Thin Solid Films, v. 107, pag. 111, 1983.
 - ³⁶ 2000 JCPDS - International Centre for Diffraction Data. PCPDFWIN v. 2.1
 - ³⁷ www.richterpresis.ion.com/coatingdata.htm
 - ³⁸ www.heat-treatment.cn/doce/powd.htm
 - ³⁹ M. Nose, M. Zhou, E. Honbo, M. Yokota, S. Saji, Surf. Coat. Technol., 142-144 (2001) 211-217.
 - ⁴⁰ L. van Leaven, M.N. Alias, R. Brown, Surf. Coat. Technol. 53 (1992) 25.
 - ⁴¹ R. Brown, M.N. Alias, R. Fontana, Surf. Coat. Technol. 62 (1993) 467.

94
24

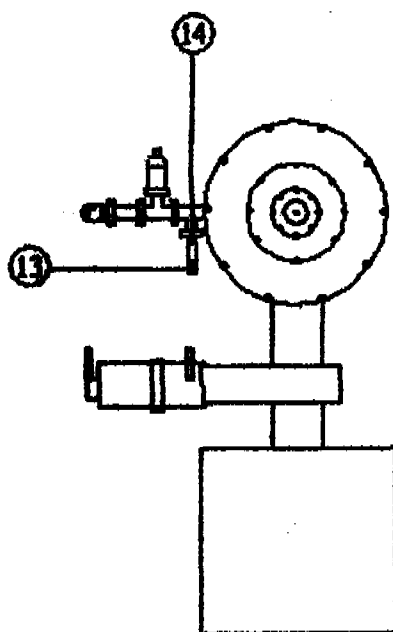
ANEXOS GRÁFICOS

Figura 1a. Esquema general del sistema



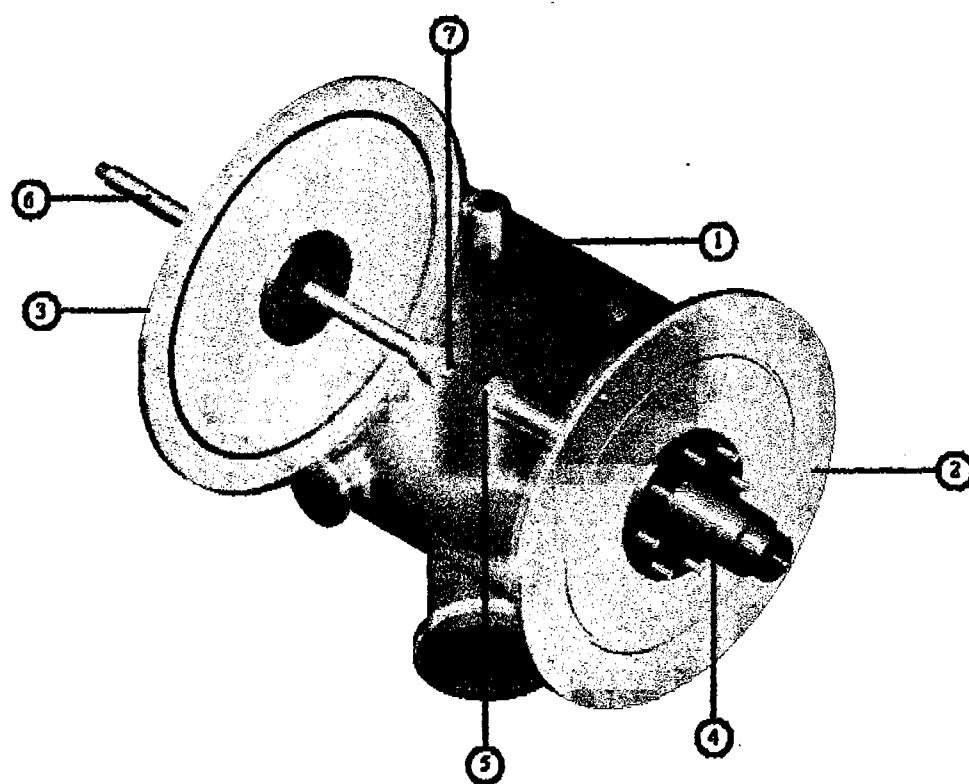
26
26

Figura 1b. Vista frontal de la cámara de vacío



27
27

Figura 2. Vista detallada de la cámara de vacío





Folio 28

2020
Bogotá D.C.,

Doctor
JORGE EDUARDO HURTADO GÓMEZ
Representante Legal

REFERENCIA:	Radicación No.	04 201041
	Trámite	002
	Evento	001
	Actuación	416
	Oficio No.	1393
	Folios	001

Teniendo en cuenta que la solicitud de privilegio de patente que se tramita bajo el expediente indicado en la referencia, reúne los requisitos de forma establecidos en los artículos 26 y 27 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, y en las demás disposiciones vigentes sobre la materia, se envía el extracto de la solicitud a la Oficina de Comunicaciones para efecto de su publicación en la Gaceta de Propiedad Industrial, conforme lo establece el artículo 40 de la misma Decisión.

Siendo manifestación expresa del interesado, la solicitud no será publicada antes de los seis (6) meses contados a partir de la fecha de presentación, por lo tanto la publicación en este caso no se hará antes del día 12 de febrero de 2005.

Cúmplase

Dado en Bogotá DC, a los

31 ABO 2004


ALIX CARMENZA CÉSPEDES DE VERGEL
Jefe de la División de Nuevas Creaciones

Carrera 13 No. 27-00 Pisos 5, 7 y 10
Conmutador: 382 0840
Fax: 350 5220
E-mail: info@sic.gov.co
www.sic.gov.co
Bogotá, D.C., Colombia