Ciemat 738
ISSN 0214-087X

PUESTA A PUNTO DEL DIAGNÓSTICO DE FLUORESCENCIA INDUCIDA POR LÁSER. MEDIDAS DE DENSIDAD DE Cr EN "GLOW DISCHARGE" DE NEÓN

Tafalla, D.
Cal, E. de la
Tabarés, F.L.

CENTRO DE INVESTIGACIONES
ENERGÉTICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS

MADRID, 1994

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES:

700320
GLOW DISCHARGES
LASER RADIATION
FLUORESCENCE
NEON
PLASMA DIAGNOSTICS
SPUTTERING

Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Información y Documentación, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Ciudad Universitaria, 28040-MADRID, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesauro del DOE para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. La catalogación se ha hecho utilizando el documento DOE/TIC-4602 (Rev. 1) Descriptive Cataloguing On-Line, y la clasificación de acuerdo con el documento DOE/TIC.4584-R7 Subject Categories and Scope publicados por el Office of Scientific and Technical Information del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

Este trabajo se ha recibido para su impresión en Julio de 1993

Depósito Legal nº M-15174-1994
ISBN 84-7834-241-9
ISSN 0214-087-X
NIPO 238-94-030-1

IMPRIME CIEMAT

INTRODUCCION

Una de las mayores dificultades que en la actualidad encuentran los trabajos encaminados a conseguir un reactor de fusión es la interacción del plasma con la pared de la vasija que lo contiene (1). Debido a que el tiempo de confinamiento de partículas y energía en los campos magnéticos es limitado, las paredes son bombardeadas con altas corrientes de iones y átomos neutros. La consiguiente liberación de impurezas de la pared produce la dilución y enfriamiento del plasma impidiendo alcanzar las condiciones de fusión.

La interacción del plasma con la pared no es uniforme al ser muy diferentes los flujos de partículas incidentes en las diversas partes de la cámara (limitadores, divertores, primera pared, etc...). Esto da lugar a distintos mecanismos de liberación de impurezas: desorción, sputtering físico y químico, erosión, evaporación, producción de arcos, etc..., caracterizados por sus diferentes flujos de partículas y la distribución de energía de las mismas. Para diferenciar estos procesos y entender su significancia en el confinamiento del plasma, debemos hacer medidas locales y con resolución temporal de la densidad, las densidades de flujo y la distribución de velocidades de las partículas que participan en la interacción plasma-pared.

Si bien la espectroscopia de emisión de las diversas especies puede proporcionar información útil, ésta es a veces insuficiente, ya que la dependencia de la emisión con los parámetros locales del borde del plasma (densidad y temperatura) hace necesario el conocimiento de éstos mediante técnicas complementarias. Además, la falta de excitación en el borde puede dar lugar a que no exista emisión detectable. Una técnica más poderosa para este tipo de estudios es la fluorescencia inducida por láser (FIL) (2,3) que ha alcanzado un gran auge en los últimos años gracias al desarrollo de nuevos láseres sintonizables de alta potencia y a las técnicas de generación de armónicos. Como diagnóstico en plasmas (4,5) se aplica a la detección de átomos libres (impurezas metálicas e hidrógeno neutro), moléculas, radicales e incluso para medir campos eléctricos y magnéticos. La independencia de las señales de fluorescencia de los parámetros locales del plasma, unida a la gran sensibilidad de la técnica y su elevada resolución tanto temporal como espacial, la hace especialmente adecuada al estudio de fenómenos en el borde del plasma y de interacción plasma-pared (6-8).

En este trabajo describimos la puesta a punto de la técnica de FIL en nuestro laboratorio aplicándola a la detección de átomos de cromo producidos por "sputtering" en descargas a baja presión (glow discharge) de gas neon, pasos previos para su posterior utilización en los futuros dispositivos experimentales de la División de Fusión (TJ-I-U y TJ-II).

FUNDAMENTOS DE LA FLUORESCENCIA INDUCIDA POR LASER

La técnica de FIL se basa en la excitación resonante de átomos o moléculas libres mediante radiación láser y la observación de la flourescencia emitida espontáneamente.

La Figura 1 ilustra el esquema de niveles para una transición resonante cuando sólo intervienen las poblaciones de dos niveles, caso de la transición del cromo que estudiaremos. Para alta intensidad de láser, es decir cuando la emisión estimulada es del orden de la espontánea, la población n_2 del estado superior viene dada por:

$$n_2 = g_2/(g_1+g_2)\, n\, S/(1+S) \qquad [1]$$

donde $n = n_1 + n_2$, siendo n_1 y n_2 las densidades de partículas en los dos niveles; g_1 y g_2 son los pesos estadísticos de los niveles 1 y 2 respectivamente; $S = J(\lambda)/J_0(\lambda)$ es el parámetro de saturación;

$$J_0(\lambda) = g_1/(g_1+g_2)\, (8\pi hc^2/\lambda^5) \qquad [2]$$

es la potencia de saturación y J es la intensidad del láser.

El número de fotones emitidos por segundo en el ángulo sólido del detector ($\Delta\Omega$) viene dado por:

$$I_{LIF} = (\Delta\Omega/4\pi)\, V\Theta n_2 A_{21} \qquad [3]$$

donde V es el volumen de observación, Θ representa la eficiencia del sistema de detección, A_{21} el coeficiente de Einstein de emisión espontánea. Ya que I_{LIF} es proporcional a n_2 y a través de la ec. [1] a **n**, se puede llegar a conocer la densidad total mediante el calibrado del sistema.

Para $S<<1$ I_{LIF} es proporcional a la potencia del láser (régimen lineal), mientras que para $S>>1$ es independiente (régimen de saturación). En este último, I_{LIF} no aumenta al subir la potencia del láser, mientras que la luz de fondo si lo hace, resultando un

empeoramiento de la relación señal/ruido, ya que las longitudes de onda del láser y la fluorescencia son las mismas en un sistema de dos niveles. Estos problemas de luz de fondo se eliminan trabajando en un esquema de tres niveles (2-8) donde la excitación y la fluorescencia son entre niveles distintos con longitudes de onda diferentes.

EXPERIMENTAL

En la Figura 2 se muestra un esquema del dispositivo experimental empleado. Las medidas fueron realizados en una cámara de descargas en gases a baja presión (glow discharge), cilíndrica, de 1000 cm^3 de volumen. El ánodo es un cilindro de acero inoxidable mientras que la propia cámara, de aprox. 600 cm^2 de superficie, actua como cátodo. Una bomba rotatoria permite alcanzar un vacío base de 10^{-3} torr y los gases son introducidos mediante válvulas de aguja.

La obtención de alta potencia láser sintonizable en un amplio rango de longitudes de onda se consigue mediante el uso de un láser de colorante bombeado por otro de excímero (9). Este último (Lambda Physics LPX 205*i*) emplea XeCl emitiendo pulsos de 28 ns FWHM a 308 nm. La energía del pulso puede variarse entre 200 y 400 mJ controlando el alto voltaje aplicado a la descarga. La máxima frecuencia de trabajo es de 50 Hz y la potencia promediada máxima 20 W (50 Hz, 21 KV).

El láser de excímeros bombea otro de colorante (Lambda Physics FL 3002 E) que consigue una alta potencia por medio de dos etapas amplificadoras. El cambio de colorante permite la obtención de luz láser entre 320 y 1000 nm, pudiendo trabajar en ultravioleta por debajo de 320 nm mediante el empleo de cristales dobladores de frecuencia. Para detectar los átomos de cromo en este trabajo se empleó como colorante Coumarina 120, sintonizable entre 420 y 460 nm, cuya eficiencia alcanza el 15% de la energía de bombeo a 440 nm. En la Figura 3 se muestra el perfil espacial de energía del pulso láser donde puede verse que la mayor parte se concentra en una zona de aprox. 1.2 mm de diámetro.

La entrada y la salida del haz láser en la cámara de descargas se produce a través de ventanas colocadas al ángulo de Brewster permitiendo la máxima transmitancia de la luz polarizada en el plano de incidencia. Un colimador de 3 mm de diámetro colocado a la entrada de la cámara permite sólo el paso de la parte más intensa del láser eliminando la luz proveniente de la emisión espontánea

del colorante. Tanto el colimador como las piezas donde van las ventanas fueron pintadas de negro con el fin de disminuir la luz de fondo que, como dijimos, representa un gran problema al trabajar en un esquema de dos niveles.

La fluorescencia se observa en el centro de la descarga, a través de una ventana de la cámara en dirección perpendicular a la del láser de excitación. La luz es recogida por una lente y enviada, a través de un filtro de interferencia centrado en 429 nm y con 10 Å de ancho de banda, a un fotomultiplicador (Hamamatsu R928). El volumen de detección tiene una sección de 1.13 mm^2, determinada por la sección del láser, y una londitud de 10 mm, determinada por una rendija situada a la entrada del fotomultiplicador. La salida de éste es recogida por un analizador digital (Tektronix DSA 601) que permite una velocidad de muestreo de hasta 1 GS/s. La señal proveniente de un fotodiodo rápido se emplea como trigger del sistema y como referencia de la potencia del láser.

La ventana de observación se separó de la zona de descarga y se aisló con Teflon para prevenir su rápida metalización, que provocaría una disminución de la trasmitancia durante el experimento.

CALIBRADOS DEL SISTEMA

1. Longitud de onda y ancho de banda del haz láser

Con el fin de conocer con exactitud la longitud de onda en que está emitiendo el láser en cada momento es necesaria una referencia externa. Esto se consigue haciendo pasar una parte del haz láser por una lámpara de cátodo hueco cuya descarga tenga transiciones en aquellas líneas que nos interesan como referencia. Cuando la longitud de onda del láser coincide con una transición en la lámpara se observa una señal optogalvánica en la corriente que pasa por la misma. En nuestro caso se empleó una lámpara con cátodo de cromo y neon como gas de llenado. En la Figura 4 se muestra su espectro optogalvánico indicando la linea que corresponde a la transición del cromo a 428.973 nm, perteneciente al multiplete a^7S - z^7P^0, cuya fluorescencia vamos a estudiar. De este modo estamos continuamente viendo la referencia y podemos corregir la longitud de onda nominal del láser que tiene pequeñas derivas posiblemente debidas a las variaciones de temperatura en las cubetas del colorante.

La anchura de banda del haz láser se midió a 430 nm con ayuda de un etalon Fabry Perot con un rango espectral libre de 0.67 cm^{-1}. En la figura 5 se muestra el patrón de bandas obtenido, a partir del cual puede estimarse una anchura de línea a mitad de altura (FWHM) de aprox. 30 mÅ. Dicha anchura puede reducirse 5 veces mediante el uso de un etalon en el interior de la cavidad resonante del láser, haciéndolo adecuado para el estudio de la distribución de velocidad de las impurezas producidas por sputtering midiendo sus anchuras Doppler (8,10).

2. Calibrado del sistema óptico mediante scattering Rayleigh

Con el fin de realizar medidas absolutas de la densidad de especies a partir de las señales de fluorescencia, debe hacerse un calibrado de todo el sistema (11). Éste puede realizarse por elementos, considerando la potencia del láser, transmisión de componentes ópticos, sensibilidad del detector, ángulo sólido, etc... resultando un procedimiento tedioso y difícil de repetir en cada sesión de medida. La forma más usual es calibrar in-situ el sistema óptico completo mediante el empleo del scattering Rayleigh llenando la cámara con un gas de sección eficaz conocida. La intensidad de emisión (fotones/s) de scattering Rayleigh para un gas determinado viene dada por:

$$I_{SR} = \sigma_i \, J \, n_i \, V_{SR} \, P_R \, T(\lambda) \qquad [4]$$

Donde σ_i es la sección eficaz de scattering, J la intensidad del láser (fot/s cm^2), n_i la concentración del gas a la presión de medida, V_{SR} el volumen de scattering, P_R representa un factor geométrico debido a la anisotropía de la radiación de scattering y $T(\lambda)$ un término que engloba todos los factores de ángulo sólido, trasmisión y sensibilidad debidos al sistema de detección. Este último término será igual para el scattering Rayleigh que para la señal de fluorescencia. Por tanto la señal absoluta de fluorescencia se obtiene de la comparación entre ambas.

En la Figura 6 se muestra la dependencia lineal de la intensidad de scattering Rayleigh con la presión, según la ec. [4], para dos gases (N_2 y CO_2). La relación entre las intensidades de ambos coincide con la conocida entre sus secciones eficaces, $\sigma_{CO_2}/\sigma_{N_2} = 2.3$ (12). El valor a vacío ($p \leq 10^{-2}$ torr) es la luz de fondo residual del sistema debida a la dispersión del láser en las distintas partes de la cámara.

MEDIDAS DE DENSIDAD DE CROMO EN DESCARGAS DE NEON

La figura 7 muestra el espectro de emisión de una descarga de gas neon a $5x10^{-2}$ torr y 250 mA de corriente tomado con un monocromador de 0.5 nm de resolución espectral. Puede apreciarse claramente el triplete correspondiente al cromo producido por "sputtering" con líneas a 425.4, 427.5 y 429.0 nm, siendo esta última transición la que vamos a estudiar mediante FIL siguiendo el esquema de dos niveles comentado arriba, es decir excitando y observando la emisión en la misma longitud de onda.

La señal típica de fluorescencia láser de átomos de cromo a 428.973 nm en la descarga de neon se muestra en la Figura 8, junto con la referencia del pulso láser procedente del fotodiodo rápido. Puede observarse la diferencia entre los tiempos de caida de las dos señales; mientras para el láser se obtiene un valor de $\tau = 10$ ns, para la fluorescencia tenemos $\tau \approx 30$ ns correspondiente a la vida media radiativa del estado excitado (13).

Aunque las señales mostradas son el resultado del promedio de aproximadamente 50 pulsos de modo que los ruidos parásitos sean eliminados, los niveles de las señales individuales (un sólo pulso de láser) son suficientemente detectables. Esto último es importante porque al aplicar la técnica a las máquinas de confinamiento magnético, cuya operación no es continua, las medidas deben realizarse en este régimen de un sólo pulso de láser.

La Fig 9 muestra la variación de la señal de fluorescencia del cromo en función de la potencia del láser, representada por la señal proveniente del fotodiodo rápido (sin calibrar). Puede observarse como al aumentar la potencia láser se obtiene la saturación de la señal de fluorescencia. Como ya hemos mencionado, la luz de fondo residual no satura con la potencia y en consecuencia la relación señal/ruido empeora al subir la potencia.

La proporcionalidad de la señal LIF, y por tanto de la concentración de cromo, con la corriente del plasma, se observa en la Figura 10.

Para determinar la densidad absoluta de átomos de cromo producidos por sputtering debemos recurrir al calibrado por scattering Rayleigh. Puesto que los factores geométricos y de sensibilidad son los mismos en ambos casos y, por aproximación, consideramos los mismos volúmenes de scattering la relación de las ecuaciones [3] y [4] nos da:

$$I_{LIF} / I_{SR} = n_2 A_{21} / \sigma_i J n_i P_R \quad [5]$$

siendo $n_2 = n\, g_2/(g_1+g_2)$ en la zona de saturación (S>>1) y los valores $A_{21} = 0.3 \times 10^8\ s^{-1}$, $g_1 = 7$ y $g_2 = 5$ para la transición de cromo estudiada. El scattering Rayleigh fue realizado en nitrógeno al atm ($\sigma_{N_2} = 1.5 \times 10^{-27}\ cm^2$, $n_i = 2.7 \times 10^{19}\ cm^{-3}$) y consideramos el factor de anisotropía $P_R = 1.5$ (14).

De la Figura 10 obtenemos, a 100 mA de corriente, una señal de flourescencia de cromo, restando el fondo, $I_{LIF} = 37$ mV. En las mismas condiciones se obtuvo $I_{SR} = 30$ mV a 1 atm de nitrógeno. La energía del láser fue 0.1 mJ estando en la zona de saturación de la Figura 9. A esta energía corresponde un flujo de 7.7×10^{23} fot/s cm^2 para la longitud de onda de la transición estudiada tomando el diámetro del haz de 1.2 mm. Sustituyendo todos los valores en la ec. [5] se obtiene una densidad total de cromo $n = 4.6 \times 10^9\ cm^{-3}$.

Estos valores concuerdan con los estimados aplicando un modelo de transporte difusivo para los átomos de cromo producidos por sputtering en las pared de la cámara (15). En nuestro caso las medidas fueron realizadas en el centro de la descarga, aproximadamente a 3 cm de la pared, y por tanto suficientemente lejos como para suponer la completa termalización de los átomos de cromo con los de neon a la presión de trabajo. En estas condiciones la densidad de cromo se puede aproximar como (15):

$$n = \Gamma\ (A/V)\ /\ (D/\Lambda^2) \quad [6]$$

donde Γ es el flujo de átomos de cromo producidos por sputtering, A y V el área y el volumen de la cámara y D/Λ^2 representa la frecuencia de pérdidas de partículas debido a la difusión, siendo D el coeficiente de difusión y Λ la longitud de difusión. Un flujo $\Gamma = 9.4 \times 10^{13}\ cm^{-2}s^{-1}$ se obtiene multiplicando la densidad de corriente (0.167 mA/cm^2 por la eficiencia de sputtering de cromo por átomos de neon ($\gamma \approx 0.6$ a 400 eV (16)) y por la proporción de cromo en el material de la cámara (aprox. 15% en acero inoxidable). El factor de pérdidas por difusión, D/Λ^2, se puede estimar considerando la geometría cilíndrica de la cámara y aproximaciones basadas en la teoría cinética de los gases (15). De este modo y considerando un valor de la velocidad promedio de los átomos de cromo $v = 4.0 \times 10^4\ cms^{-1}$, típico de las partículas neutras termalizadas en "glow discharge" (17), y un coeficiente de reflexión de las partículas en las paredes R = 0, se obtiene un valor $D/\Lambda^2 = 1.12 \times 10^4\ s^{-1}$ y finalmente una densidad $n = 5.0 \times 10^9\ cm^{-3}$ en buena concordancia con los valores medidos.

A pesar de la buena concordancia entre los valores estimados y los medidos, hay que indicar la falta de reproducibilidad de éstos, debida a la dependencia de la eficiencia de sputtering con el estado de oxidación de la superficie y la falta de control del mismo en las medidas realizadas. En efecto, se ha encontrado una disminución de hasta un factor 50 al pasar de pared de cromo metal a óxido de cromo (18). Como en nuestro experimento no disponemos de control sobre el estado de la superficie, no es de extrañar la alta dispersión en los valores de densidad de cromo obtenidos, llegando hasta un orden de magnitud en medidas realizadas aparentemente en las mismas condiciones.

Es nuestro propósito inmediato instalar la técnica de FIL en la cámara empleada para el estudio de descargas de acondicionamiento de pared (9), dotada de un analizador de gases residuales que permite un mejor control del estado de la superficie. De esta forma, podremos definir unas condiciones estandard de la pared y alcanzar una buena reproducibilidad en los resultados. La aplicación de la técnica nos permitirá avanzar en los trabajos sobre mecanismos de deposición de películas de carbono amorfo que actualmente desarrollamos en nuestro laboratorio (19). En concreto, la variación del sputtering de cromo durante la etapa de carburización (previo al crecimiento de la película de carbono) nos permitirá evaluar el flujo de iones carbono a la pared y la contribución relativa de los mismos en el proceso de deposición.

Finalmente, la técnica de FIL será implementada en los futuros dispositivos de la División de Fusión (torsatrón TJ-I-U y heliac TJ-II) donde se llevará a cabo un programa de investigación sobre los distintos procesos de interacción plasma-pared y transporte de impurezas en plasmas calientes y con confinamiento magnético.

REFERENCIAS

(1) véase por ejemplo:
R. Behrisch, J. Roth, G. Staudenmaier and H. Verbeek. Nucl. Instr. and Meth. **B18**, 629 (1987).
P.C. Stangeby and G.M. McCracken. Nucl. Fus. **30**, 1225 (1990).

(2) W. Demtröder. *Laser Spectroscopy: Basic Concepts and Instrumentation*. Springer-Verlag. N.Y. 1982.

(3) *Laser Spectroscopy and its Applications*. Optical Engeneering Series, Vol. 11. L.J. Radziemsky, R.W. Solarz and J.A. Paisner eds. Dekker. N.Y. 1987.

(4) K. Muraoka and M. Maeda. Proc. ISPP-9 *Diagnostics for Contemporary Fusion Experiments*, P.E. Scott, D.K. Akulina, G. Goreini and E. Sindoni (Eds), SIF, Bolognia 1991, pag. 305.

(5) F.L. Tabarés. Proc. IV Workshop on Magnetic Confinement Fusion. Diagnostics for Tokamak and Stellerators. En prensa.

(6) E. Hintz. J. Nucl. Mater. **93&94**, 86 (1980).

(7) E. Hintz, D. Rusbüldt, B. Schweer, J. Bohdansky, J. Roth and A.P. Martinelli. J. Nucl. Mater. **93&94**, 656 (1980).

(8) H.L. Bay. Nucl. Instr. and Meth. **B18**, 430 (1987).

(9) F.L. Tabarés, E. de la Cal and D. Tafalla. Report EUR-CIEMAT 91/25 (1990).

(10) A. Elbern, E. Hintz and B. Schweer. J. Nucl. Mat. **76&77**, 143 (1978).

(11) M. Hamamoto, M. Maeda, K. Muraoka and M. Azazaki. Jap. J. Appl. Phys. **20**, 1709 (1981).

(12) D.E. Evans and J. Katzenstein. Rep. Prog. Phys. **32**, 207 (1969).

(13) G. Reinhold, J. Hackmann and J. Uhlenbusch. J. Nucl. Mat. **121**, 231 (1984).

(14) E. Pasch, P. Bogen and Ph. Mertens. J. Nucl. Mat. **176 & 177**, 455 (1990).

(15) P.J. Chantry. J. Appl. Phys. **62**, 1141 (1987).

(16) J. Roth, J. Bohdansky and W. Ottenberger. IPP Rep. 9/26 (1979).

(17) B. Chapman. *Glow Discharge Processes.* Wiley, N.Y. 1980. pag. 52

(18) W. Husinsky and G. Betz. Nucl. Instr. Meth. **B15**, 165 (1986).

(19) E. de la Cal, D. Tafalla and F.L. Tabarés. J. Appl. Phys. **73**, 948 (1993).

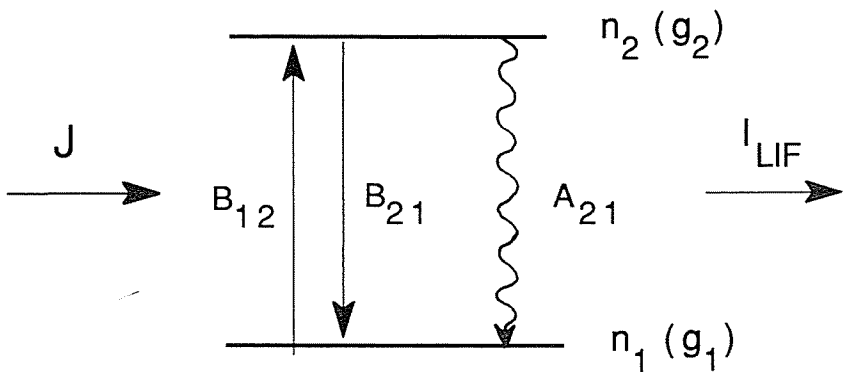

Figura 1

Esquema de dos niveles para la FIL
(los símbolos se explican en el texto).

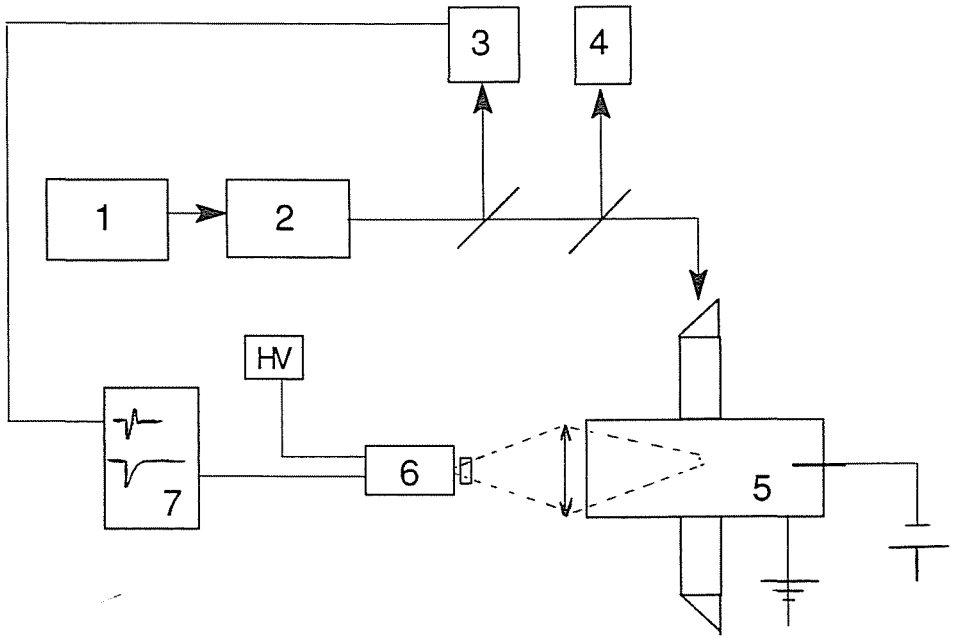

Figura 2

Diagrama del dispositivo experimental. 1) láser de excímero. 2) láser de colorante. 3) fotodiodo rápido. 4) lámpara de cátodo hueco. 5) cámara de descargas. 6) fotomultiplicador con filtro de interferencia. 7) digitalizador de señal.

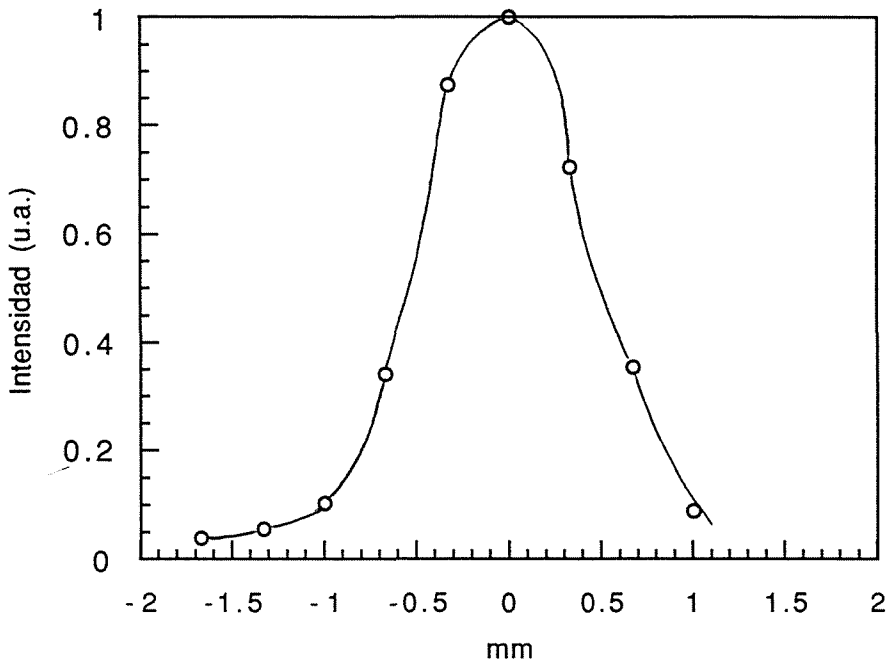

Figura 3

Perfil de energía del haz láser. Medido con un fotodiodo después de ampliar el haz mediante una lente divergente. El diámetro del haz a la mitad de la altura es de aprox. 1.2 mm.

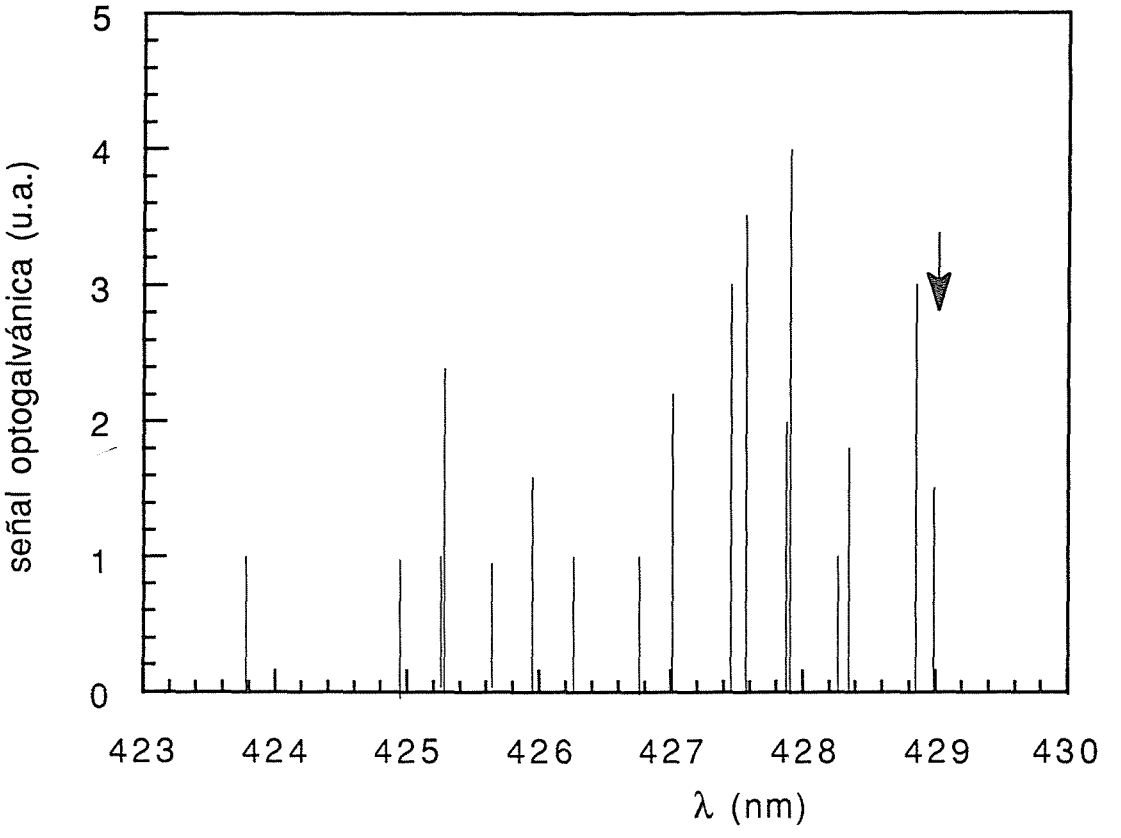

Figura 4

Espectro optogalvánico de la lámpara de cátodo hueco utilizada como referencia de la longitud de onda del láser. La flecha indica la transición a aprox. 429.0 nm donde se detectan los átomos de cromo mediante FIL.

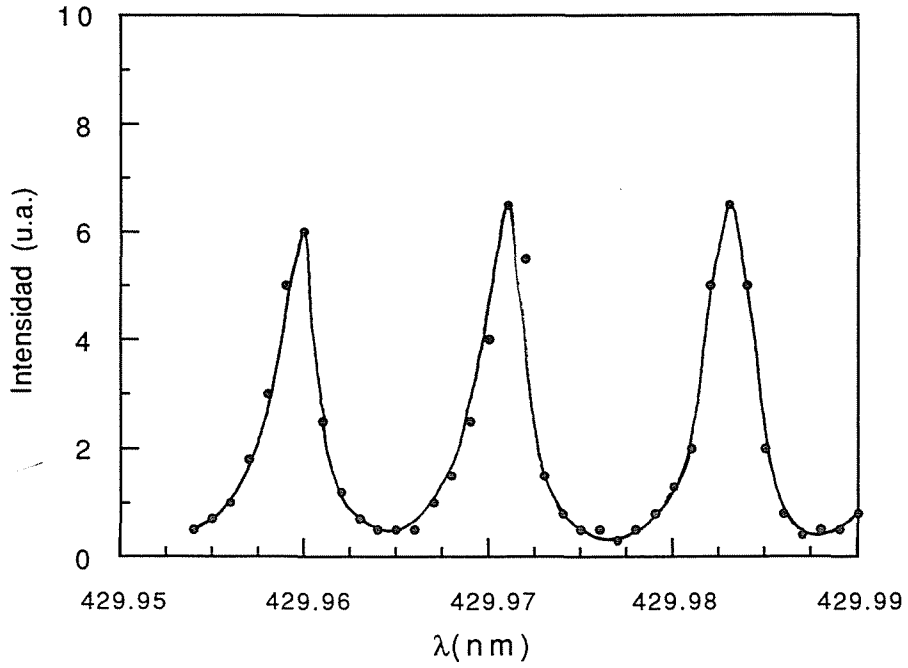

Figura 5

Patrón de bandas obtenido empleando un etalon Fabry-Perot a la salida del láser. La anchura de línea del haz puede estimarse en 30 mÅ en estas longitudes de onda.

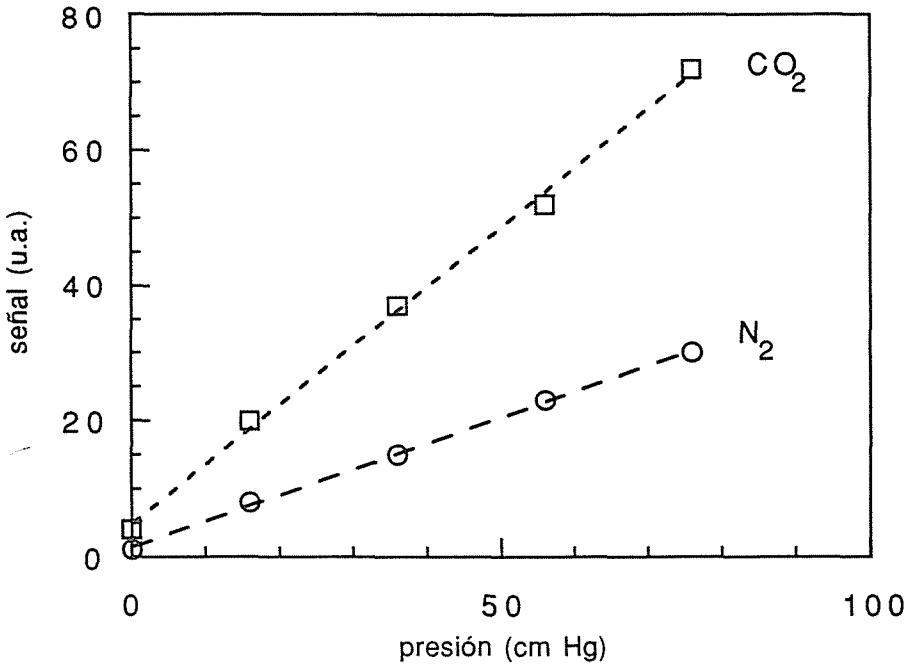

Figura 6

Medidas de scattering Rayleigh en CO_2 y N_2 para determinar la luz de fondo del sistema experimental.

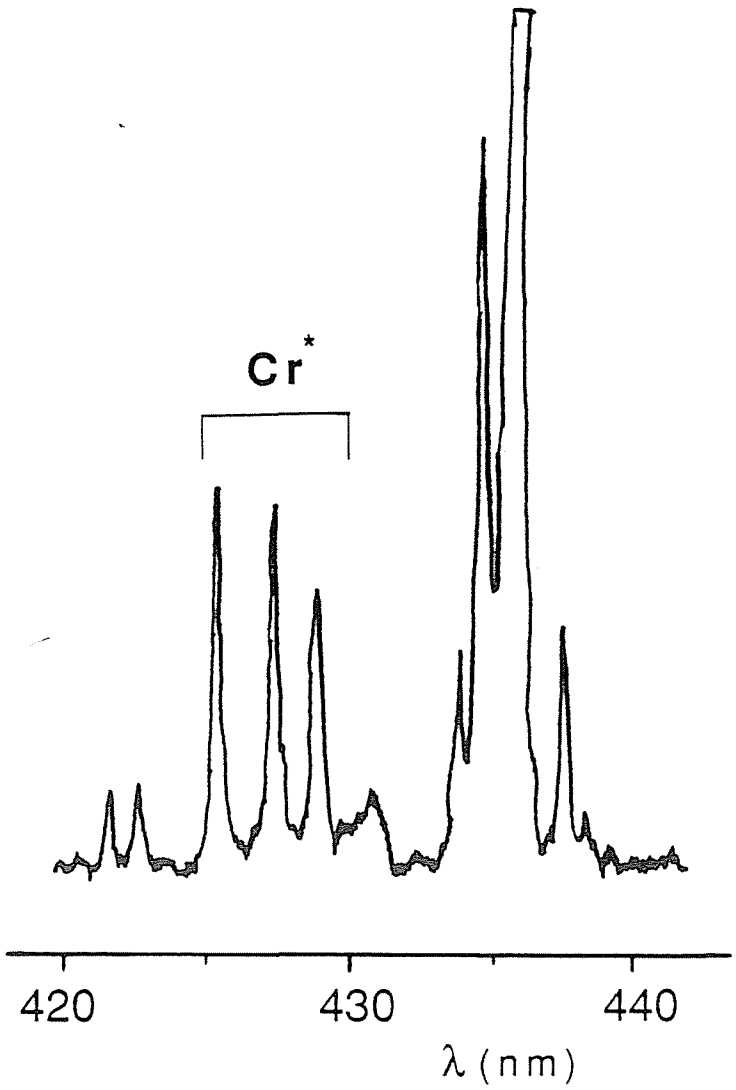

Figura 7

Espectro de emisión de una descarga de neon a 5×10^{-2} torr y 250 mA mostrando el triplete correspondiente a la transición $a^7S - z^7P^0$ del cromo.

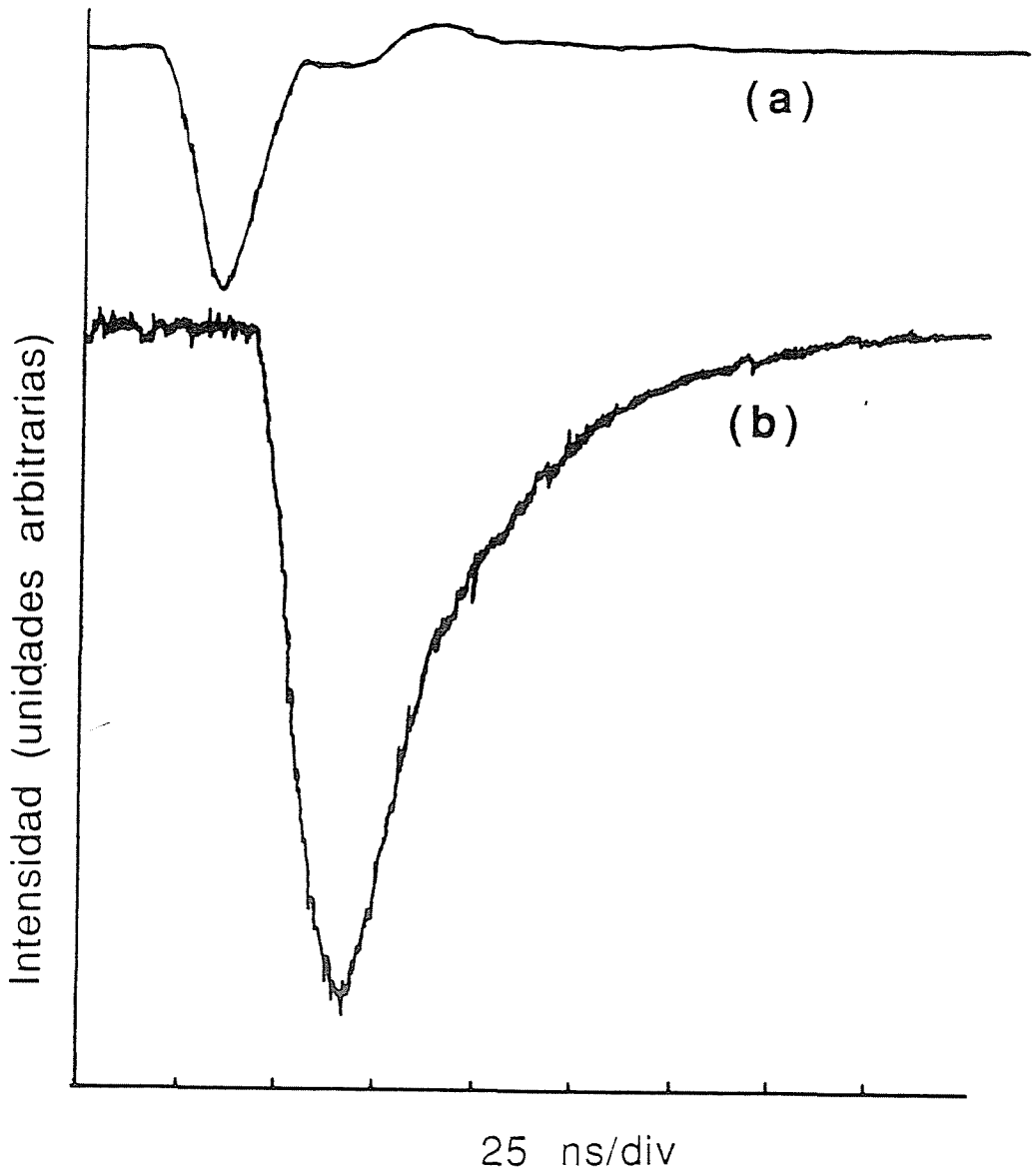

Figura 8

a) Pulso láser en el fotodiodo rápido de referencia.
b) Señal de fluorescencia de cromo a 428.973 nm en la descarga de neon (5×10^{-2} torr, I_p=250 mA).

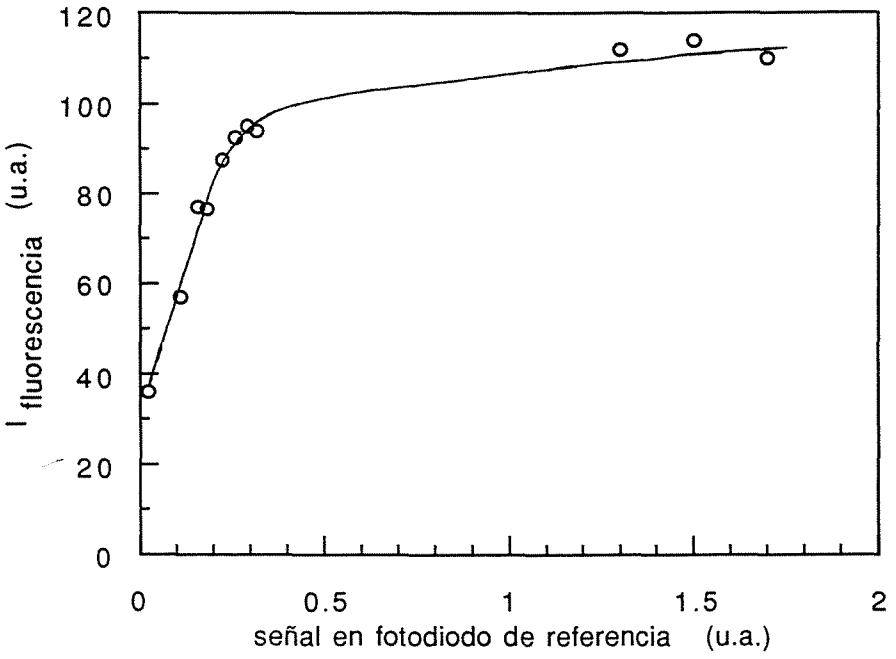

Figura 9

Curva de saturación de la señal de fluorescencia con la potencia del láser.

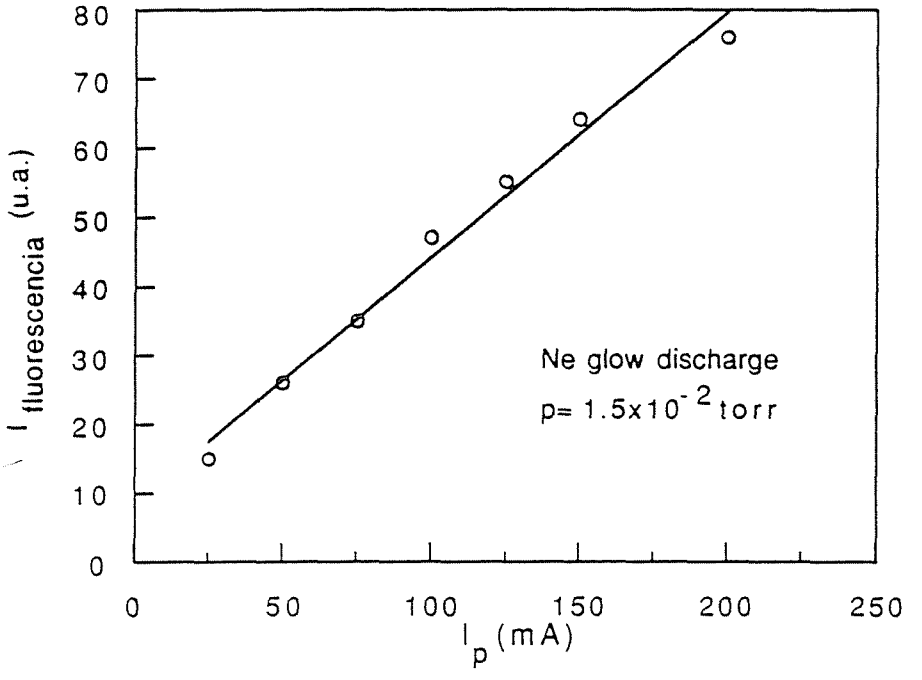

Figura 10

Dependencia de la señal de fluorescencia con la corriente del plasma

CIEMAT-738

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Investigación Básica.

"Puesta a punto del diagnóstico de fluorescencia inducida por láser. Medidas de densidad de Cr en "Glow discharge" de Neón".

TAFALLA, D., CAL, E. de la, TABARÉS, F.L. (1994) 28 pp.; 10 figs.; 19 refs.

Se ha instalado la técnica de fluorescencia inducida por láser (FIL) para su aplicación como diagnóstico de plasmas en la División de Fusión. Como experimento de puesta a punto se midió la densidad de átomos de cromo producidos por "sputtering" en una descarga tipo "glow discharge" de gas neon. Previamente, el haz láser fue caracterizado mediante el calibrado de su longitud de onda, anchura de banda y perfil de energía y se empleó la técnica de scattering Rayleigh en N_2 para calibrar el sistema óptico. La densidad absoluta de átomos de cromo fue estimada en $n \approx 5x10^9$ cm^{-3} para descargas a 1.5 x 10^{-2} torr y 100mA de corriente encontrándose una dependencia lineal de la señal de FIL con la corriente. Estos valores coinciden cuantitativamente con los estimados en base a la termalización y transporte difusivo de los átomos de cromo originados por "sputtering" en las paredes de la cámara.

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES: 700320. Glow discharges. Laser radiation. Fluorescence. Neon. Plasma diagnostics. Sputtering.

CIEMAT-738

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Investigación Básica.

"Puesta a punto del diagnóstico de fluorescencia inducida por láser. Medidas de densidad de Cr en "Glow discharge" de Neón".

TAFALLA, D., CAL, E. de la, TABARÉS, F.L. (1994) 28 pp.; 10 figs.; 19 refs.

Se ha instalado la técnica de fluorescencia inducida por láser (FIL) para su aplicación como diagnóstico de plasmas en la División de Fusión. Como experimento de puesta a punto se midió la densidad de átomos de cromo producidos por "sputtering" en una descarga tipo "glow discharge" de gas neon. Previamente, el haz láser fue caracterizado mediante el calibrado de su longitud de onda, anchura de banda y perfil de energía y se empleó la técnica de scattering Rayleigh en N_2 para calibrar el sistema óptico. La densidad absoluta de átomos de cromo fue estimada en $n \approx 5x10^9$ cm^{-3} para descargas a 1.5 x 10^{-2} torr y 100mA de corriente encontrándose una dependencia lineal de la señal de FIL con la corriente. Estos valores coinciden cuantitativamente con los estimados en base a la termalización y transporte difusivo de los átomos de cromo originados por "sputtering" en las paredes de la cámara.

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES: 700320. Glow discharges. Laser radiation. Fluorescence. Neon. Plasma diagnostics. Sputtering.

CIEMAT-738

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Investigación Básica.

"Puesta a punto del diagnóstico de fluorescencia inducida por láser. Medidas de densidad de Cr en "Glow discharge" de Neón".

TAFALLA, D., CAL, E. de la, TABARÉS, F.L. (1994) 28 pp.; 10 figs.; 19 refs.

Se ha instalado la técnica de fluorescencia inducida por láser (FIL) para su aplicación como diagnóstico de plasmas en la División de Fusión. Como experimento de puesta a punto se midió la densidad de átomos de cromo producidos por "sputtering" en una descarga tipo "glow discharge" de gas neon. Previamente, el haz láser fue caracterizado mediante el calibrado de su longitud de onda, anchura de banda y perfil de energía y se empleó la técnica de scattering Rayleigh en N_2 para calibrar el sistema óptico. La densidad absoluta de átomos de cromo fue estimada en $n \approx 5x10^9$ cm^{-3} para descargas a 1.5 x 10^{-2} torr y 100mA de corriente encontrándose una dependencia lineal de la señal de FIL con la corriente. Estos valores coinciden cuantitativamente con los estimados en base a la termalización y transporte difusivo de los átomos de cromo originados por "sputtering" en las paredes de la cámara.

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES: 700320. Glow discharges. Laser radiation. Fluorescence. Neon. Plasma diagnostics. Sputtering.

CIEMAT-738

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Investigación Básica.

"Puesta a punto del diagnóstico de fluorescencia inducida por láser. Medidas de densidad de Cr en "Glow discharge" de Neón".

TAFALLA, D., CAL, E. de la, TABARÉS, F.L. (1994) 28 pp.; 10 figs.; 19 refs.

Se ha instalado la técnica de fluorescencia inducida por láser (FIL) para su aplicación como diagnóstico de plasmas en la División de Fusión. Como experimento de puesta a punto se midió la densidad de átomos de cromo producidos por "sputtering" en una descarga tipo "glow discharge" de gas neon. Previamente, el haz láser fue caracterizado mediante el calibrado de su longitud de onda, anchura de banda y perfil de energía y se empleó la técnica de scattering Rayleigh en N_2 para calibrar el sistema óptico. La densidad absoluta de átomos de cromo fue estimada en $n \approx 5x10^9$ cm^{-3} para descargas a 1.5 x 10^{-2} torr y 100mA de corriente encontrándose una dependencia lineal de la señal de FIL con la corriente. Estos valores coinciden cuantitativamente con los estimados en base a la termalización y transporte difusivo de los átomos de cromo originados por "sputtering" en las paredes de la cámara.

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES: 700320. Glow discharges. Laser radiation. Fluorescence. Neon. Plasma diagnostics. Sputtering.

CIEMAT-738

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Tecnología Nuclear.

"Setting-up of the Laser Induced Fluorescence diagnostic. Measurements of Cr density in a neon glow discharge".

TAFALLA, D., CAL, E. de la, TABARÉS, F.L. (1994) 28 pp.; 10 figs.; 19 refs.

A plasma diagnostic based on the Laser Induced Fluorescence (LIF) technique has been set up in the Fusion Division at the CIEMAT. In a preliminary experiment, the density of sputtered chromium atoms produced in a neon glow discharge was measured. Firstly, the laser beam was characterized by calibration of its wavelength, bandwidth and energy profile and Rayleigh scattering in N_2 was used for the optical system calibration. An absolute density of Cr atoms of $n \approx 5x10^9$ cm^{-3} was obtained in discharges at 100 mA and pressure of 15 mTorr and a linear dependence of the LIF signal vs. current was found. These values are in agreement with those expected from the tabulated sputtering yields and the thermalization and diffusion of the sputtered atoms into the Ne plasma.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: 700320. Glow discharges. Laser radiation. Fluorescence. Neon. Plasma diagnostics. Sputtering.

CIEMAT-738

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Tecnología Nuclear.

"Setting-up of the Laser Induced Fluorescence diagnostic. Measurements of Cr density in a neon glow discharge".

TAFALLA, D., CAL, E. de la, TABARÉS, F.L. (1994) 28 pp.; 10 figs.; 19 refs.

A plasma diagnostic based on the Laser Induced Fluorescence (LIF) technique has been set up in the Fusion Division at the CIEMAT. In a preliminary experiment, the density of sputtered chromium atoms produced in a neon glow discharge was measured. Firstly, the laser beam was characterized by calibration of its wavelength, bandwidth and energy profile and Rayleigh scattering in N_2 was used for the optical system calibration. An absolute density of Cr atoms of $n \approx 5x10^9$ cm^{-3} was obtained in discharges at 100 mA and pressure of 15 mTorr and a linear dependence of the LIF signal vs. current was found. These values are in agreement with those expected from the tabulated sputtering yields and the thermalization and diffusion of the sputtered atoms into the Ne plasma.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: 700320. Glow discharges. Laser radiation. Fluorescence. Neon. Plasma diagnostics. Sputtering.

CIEMAT-738

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Tecnología Nuclear.

"Setting-up of the Laser Induced Fluorescence diagnostic. Measurements of Cr density in a neon glow discharge".

TAFALLA, D., CAL, E. de la, TABARÉS, F.L. (1994) 28 pp.; 10 figs.; 19 refs.

A plasma diagnostic based on the Laser Induced Fluorescence (LIF) technique has been set up in the Fusion Division at the CIEMAT. In a preliminary experiment, the density of sputtered chromium atoms produced in a neon glow discharge was measured. Firstly, the laser beam was characterized by calibration of its wavelength, bandwidth and energy profile and Rayleigh scattering in N_2 was used for the optical system calibration. An absolute density of Cr atoms of $n \approx 5x10^9$ cm^{-3} was obtained in discharges at 100 mA and pressure of 15 mTorr and a linear dependence of the LIF signal vs. current was found. These values are in agreement with those expected from the tabulated sputtering yields and the thermalization and diffusion of the sputtered atoms into the Ne plasma.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: 700320. Glow discharges. Laser radiation. Fluorescence. Neon. Plasma diagnostics. Sputtering.

CIEMAT-738

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
Instituto de Tecnología Nuclear.

"Setting-up of the Laser Induced Fluorescence diagnostic. Measurements of Cr density in a neon glow discharge".

TAFALLA, D., CAL, E. de la, TABARÉS, F.L. (1994) 28 pp.; 10 figs.; 19 refs.

A plasma diagnostic based on the Laser Induced Fluorescence (LIF) technique has been set up in the Fusion Division at the CIEMAT. In a preliminary experiment, the density of sputtered chromium atoms produced in a neon glow discharge was measured. Firstly, the laser beam was characterized by calibration of its wavelength, bandwidth and energy profile and Rayleigh scattering in N_2 was used for the optical system calibration. An absolute density of Cr atoms of $n \approx 5x10^9$ cm^{-3} was obtained in discharges at 100 mA and pressure of 15 mTorr and a linear dependence of the LIF signal vs. current was found. These values are in agreement with those expected from the tabulated sputtering yields and the thermalization and diffusion of the sputtered atoms into the Ne plasma.

DOE CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: 700320. Glow discharges. Laser radiation. Fluorescence. Neon. Plasma diagnostics. Sputtering.