

Monitores de $H\alpha$
para TJ-II

D. Tafalla
F. L. Tabarés
P. Ortíz
A. López-Sánchez
L. M. Martínez Fresno
E. Sánchez Sarabia
J. Encabo

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 Thesaurus 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.

Depósito Legal: M-14226-1995

NIPO: 238-98-002-5

ISSN: 1135-9420

Editorial CIEMAT

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES

700412

TOKAMAK DEVICES; TORSATRON STELLARATORS; PLASMA DIAGNOSTICS; BALMER
LINES; RADIATION DETECTORS; DESIGN;

"Monitores de H α para TJ-II"

Tafalla, D.; Tabarés, F. L.; Ortíz, P.; López-Sánchez, A.; Martínez Fresno, L. M.;
Sánchez Sarabia, E.; Encabo, J.
14 pp. 7 figs. 3 refs.

Resumen:

Se han instalado un conjunto de monitores para la medida de la radiación H α (656.3 nm) en las descargas del stellarator TJ-II. Estos detectores, situados directamente sobre las ventanas de la cámara, están basados en fotodiodos de Si con filtros interferenciales teniendo un diseño compacto que facilita su manejo y mantenimiento. En este trabajo se describe el diseño mecánico de los monitores y la electrónica de amplificación, se explica su colaboración en TJ-II y finalmente se dan ejemplos de su funcionamiento durante las primeras descargas de la máquina.

"H α Monitors for TJ-II"

Tafalla, D.; Tabarés, F. L.; Ortíz, P.; López-Sánchez, A.; Martínez Fresno, L. M.;
Sánchez Sarabia, E.; Encabo, J.
14 pp. 7 figs. 3 refs.

Abstract:

A set of monitors for the measurement of H α radiation (656.3 nm) have been installed in TJ-II stellarator. The detectors are placed directly on the windows of the chamber and they are built using Si photodiodes and interference filters with a compact desing that make easy their handling and maintenance. Here we decribe the mechanical and electrical design of the monitors, their position in TJ-II and some examples of their working during the first discharges of the machine.

INTRODUCCION

De toda la emisión electromagnética visible de un plasma caliente de hidrógeno una de las líneas que proporciona mayor información es la correspondiente a la primera transición de la serie de Balmer ($H\alpha$). Esta línea, a 656.3 nm, corresponde a la transición entre el nivel $n=3$ y el $n=2$ del espectro del átomo de hidrógeno (ver Figura 1).

La emisión se produce a partir de átomos de hidrógeno neutros que penetran en el plasma y son excitados mediante un mecanismo colisional. El hidrógeno atómico proviene en primer lugar de la inyección de gas en la cámara (gas puffing) necesaria para alcanzar una densidad suficiente en el plasma, pero también puede ser desorbido de la pared mediante bombardeo con partículas o estar constituido por iones neutralizados en la pared que vuelven al plasma. En consecuencia, es de esperar una localización de los flujos de estos átomos neutros cerca de las válvulas de entrada de gas y de aquellos elementos de la cámara que interaccionen más fuertemente con el plasma, como son los limitadores.

Los átomos neutros que entran en el plasma pueden ionizarse o bien dar lugar a procesos de transferencia de carga alcanzando energías que les permita llegar al centro. El fenómeno de intercambio de partículas entre el plasma y la pared se conoce como reciclado (1) siendo un proceso que es necesario estudiar y controlar con vistas a tener un mejor control sobre la densidad del plasma. La medida de la emisión de la línea $H\alpha$ es la forma más habitual de estudiar estos procesos de reciclado (2).

El TJ-II es un dispositivo en el que los procesos de interacción plasma-pared, entre ellos el reciclado, juegan un papel especialmente relevante, debido a la proximidad del centro del plasma a las protecciones del conductor central (hardcore). Este actúa como limitador toroidal en toda la cámara al que se añadirán hasta 4 (en el comienzo de la operación sólo 2) limitadores poloidales. En consecuencia, se hace necesario repartir por la cámara un conjunto de sensores que midan la emisión $H\alpha$ en distintas posiciones toroidales y permitan estudiar las posibles asimetrías en el reciclado entre las distintas partes de la cámara en contacto con el plasma.

DESCRIPCION GENERAL DE LOS MONITORES DE H α

A la hora de pensar en un sistema de monitores de H α para TJ-II se ha considerado importante que sea un sistema robusto, con facilidad para el montaje y mantenimiento así como suficientemente versátil para permitir cambiarlos de posición o añadir más monitores en caso de ser necesario. En este sentido se optó por monitores basados en el uso de fotodiodos de Si (inmunes al campo magnético) y colocados directamente sobre ventanas ópticas de la máquina. Otro sistema alternativo empleando fibras ópticas y detectores alejados de la máquina fue deshechado por la dificultad de mantener en buen estado tanto las fibras como sobre todo las conexiones de la fibra a la ventana y al detector donde pequeños desajustes pueden producir cambios drásticos en las señales recibidas.

El esquema final de los monitores, representado en la Figura 2, es muy similar al empleado en otros dispositivos de fusión, en especial TEXTOR (3) en el que nos hemos basado. El fotodiodo y el circuito electrónico para la amplificación de la señal se encuentran en una carcasa de aluminio que apantalla las posibles interferencias electromagnéticas. Esta carcasa va embutida en una pieza de plástico negro donde se coloca un filtro de interferencia cuando es necesario y una lente esférica plano convexa que enfoca la luz del plasma sobre el fotodiodo. Esta pieza mantiene aislado eléctricamente el monitor de la cámara y al ser negra impide reflexiones de luz que puedan distorsionar la medida. Finalmente el monitor se sujeta a la ventana de observación mediante otra pieza de plástico (ver Figura 3). Aunque de momento las piezas diseñadas permiten sólo el acoplo a ventanas CF63 es sencillo fabricar piezas para acoplar los monitores a ventanas ópticas de otras dimensiones. En caso de interesar más colimación en el detector (para disminuir la intensidad luminosa o definir mejor la región del plasma observada) se pueden colocar fácilmente colimadores de distinto diámetro en la entrada del detector. Todas las ventanas ópticas utilizadas llevan su correspondiente obturador para protegerlas de posibles recubrimientos que produzcan una pérdida de transmisión durante los procesos de acondicionamiento de la cámara de vacío (descargas de tipo "glow discharge", que se aplican todos los días durante la campaña de medidas, y procesos de carbonización/boronización que se aplicarán en el futuro).

En esta primera etapa de operación de TJ-II se han utilizado dos tipos de fotodiodos. Unos monitores (los que observan directamente a los limitadores) se han montado según se representa en la Figura 2 con un filtro de interferencia ANDOVER centrado en 656.3 nm y con $\Delta\lambda = 1$ nm y un fotodiodo de Si convencional (EGG, modelo FFD-100 de 5 mm² de área). En la Figura 4 se representa la respuesta espectral de los fotodiodos FFD-100 y la transmitancia de los filtros de interferencia ANDOVER. Los otros monitores (los que observan directamente la entrada del gas en la cámara) llevan fotodiodos con filtro de interferencia incorporado en la misma cápsula del fotodiodo (EALING: $\lambda = 656.3$ nm, $\Delta\lambda = 10$ nm) lo que hace que se haya eliminado el filtro en el esquema general de la Figura 2.

El diseño del circuito electrónico para la amplificación de la señal de los fotodiodos ha sido el punto más delicado de la construcción de estos monitores. Esto es así ya que debemos obtener una señal lo más limpia posible en un entorno donde abundan las interferencias electromagnéticas, tanto por la proximidad de los monitores a las bobinas de la máquina como por la influencia del campo generado por el disparo del girotron. Un esquema de la electrónica de amplificación empleada se muestra en la Figura 5. Es un proceso en dos etapas que alcanza una ganancia de conversión corriente/voltaje de 10^7 . Los amplificadores van alimentados a ± 15 V y en este caso los fotodiodos no están polarizados. El ancho de banda del sistema es aproximadamente de 25 KHz. Mediante pruebas de laboratorio con un LED pulsado se ha comprobado que los monitores responden hasta estas frecuencias sin deformar la señal.

La señal de salida va al sistema general de adquisición de datos de TJ-II que en la primera campaña de descargas fue el módulo CAMAC AEGON 3232 y posteriormente serán los módulos VXI a 100 KHz. Todos los circuitos cumplen las especificaciones sobre lazos de masas eléctricas de TJ-II.

SITUACION DE LOS MONITORES EN TJ-II

En esta primera campaña de medidas se han colocado los siguientes monitores en la cámara:

H α puffing: 4 monitores en las ventanas de entrada de inyección de gas (gas puffing) correspondientes a las ventanas laterales A4, B4, C4, D4. Estos monitores, con el filtro incorporado directamente en el

fotodiodo, están observando el punto de entrada de gas para los 4 sistemas de válvulas de inyección y su principal utilidad es el control de la entrada de gas indicando el estado de apertura de las válvulas y las posibles asimetrías entre ellas. Un calibrado relativo hecho en el laboratorio de estos monitores muestra que tienen respuestas muy similares.

H α limitadores: 2 monitores observando los limitadores (ventanas laterales A3 y C3). Estos monitores, con filtros de interferencia independientes, permiten observar áreas de interacción del plasma con los limitadores y así apreciar posibles asimetrías en la cámara.

H α tangencial: 1 monitor tangencial en la ventana A1 que observa una cuerda larga del plasma y por tanto permite obtener mayores señales siendo útil para optimizar el proceso de arranque de la descarga.

Dada la construcción modular de los monitores es relativamente sencillo colocar otros nuevos en cualquier ventana óptica de la máquina.

PRIMERAS MEDIDAS EN TJ-II

Ejemplos de las primeras medidas de H α en TJ-II se muestran en la Figura 6. En ella están representadas las trazas de los monitores situados en las ventanas A4 y C4 durante la descarga número 365. Aunque estos monitores deberían observar la entrada de gas en la cámara en este caso no se introdujo ningún gas adicional durante la descarga siendo ésta simplemente con gas base. Junto a las señales de H α se ha representado la densidad electrónica (medida con interferómetro). La ventana temporal del disparo del girotron (duración de la descarga) es de 90 ms comenzando en 140 ms en la escala de la figura. De las trazas de H α se observa que los valores medidos son prácticamente iguales en estas dos posiciones de acuerdo al hecho de estar los monitores en posiciones simétricas observando la misma sección de plasma y de acuerdo con el calibrado relativo efectuado en el laboratorio.

En la Figura 7 se muestran las señales H α de los monitores en las ventanas B4 y D4. Como puede observarse las trazas son iguales entre si, pero algo menores a las de los monitores en A4 y C4. En principio, al no introducir gas durante la descarga, las señales de los 4 monitores deberían ser prácticamente iguales. El que no lo sean

podría indicar que los monitores de los sectores A4 y C4 están observando parte de la emisión producida por la interacción del plasma con los limitadores situados en los sectores contiguos A3 y C3 bien de un modo directo o bien a través de un aumento en la luz reflejada en el interior de la cámara.

En cuanto a los monitores que observan directamente los limitadores en A3 y C3 las señales obtenidas son casi un orden de magnitud inferiores a las medidas en las ventanas de puffing. Esto es debido posiblemente a que la observación se realiza desde la parte inferior de la ventana lateral y con ángulo oblicuo y, al estar en estas descargas los limitadores bastante elevados (debido al pequeño tamaño del plasma), los mismos limitadores hacen sombra en la línea de visión de los detectores. Además, el hecho de que estos detectores lleven filtros de interferencia más estrechos, también contribuye a que la señal medida sea menor.

En los próximos meses se procederá a hacer un calibrado absoluto de los distintos monitores, lo que permitirá estimar los flujos totales de partículas a partir de las medidas de $H\alpha$ y contribuir a la estimación del tiempo de confinamiento de partículas en TJ-II. También se aumentará el número de detectores según las necesidades de operación y se instalarán conjuntos (“arrays”) de fotodiodos observando algunas partes de la cámara, p.ej. los sectores donde están situados los limitadores, con el fin de evaluar las posibles asimetrías en la interacción plasma-pared.

REFERENCIAS

- (1) G.M. McCracken and P.E. Stott. Nuclear Fusion **19**, 889 (1979).
- (2) F.L. Tabarés, B. García-Castañer, M. Liniers, N. Lorente and J. Hackman. Vacuum **41**, 1519 (1990).
- (3) T. Uckan. ORLN/Tm-10698. Report interno (1988).

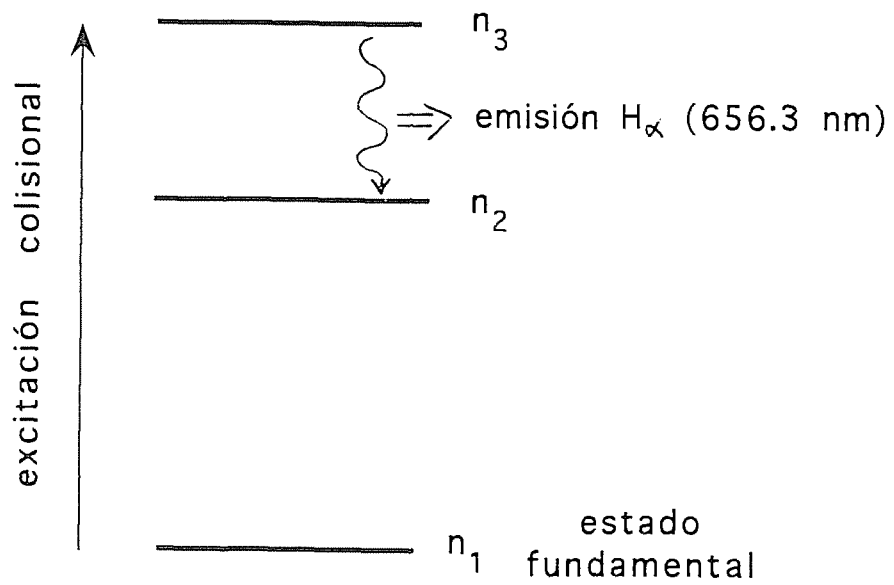


FIGURA 1

ESQUEMA DE LOS NIVELES DEL ATOMO DE HIDROGENO
MOSTRANDO LA TRANSICION H_α a 656.3 nm

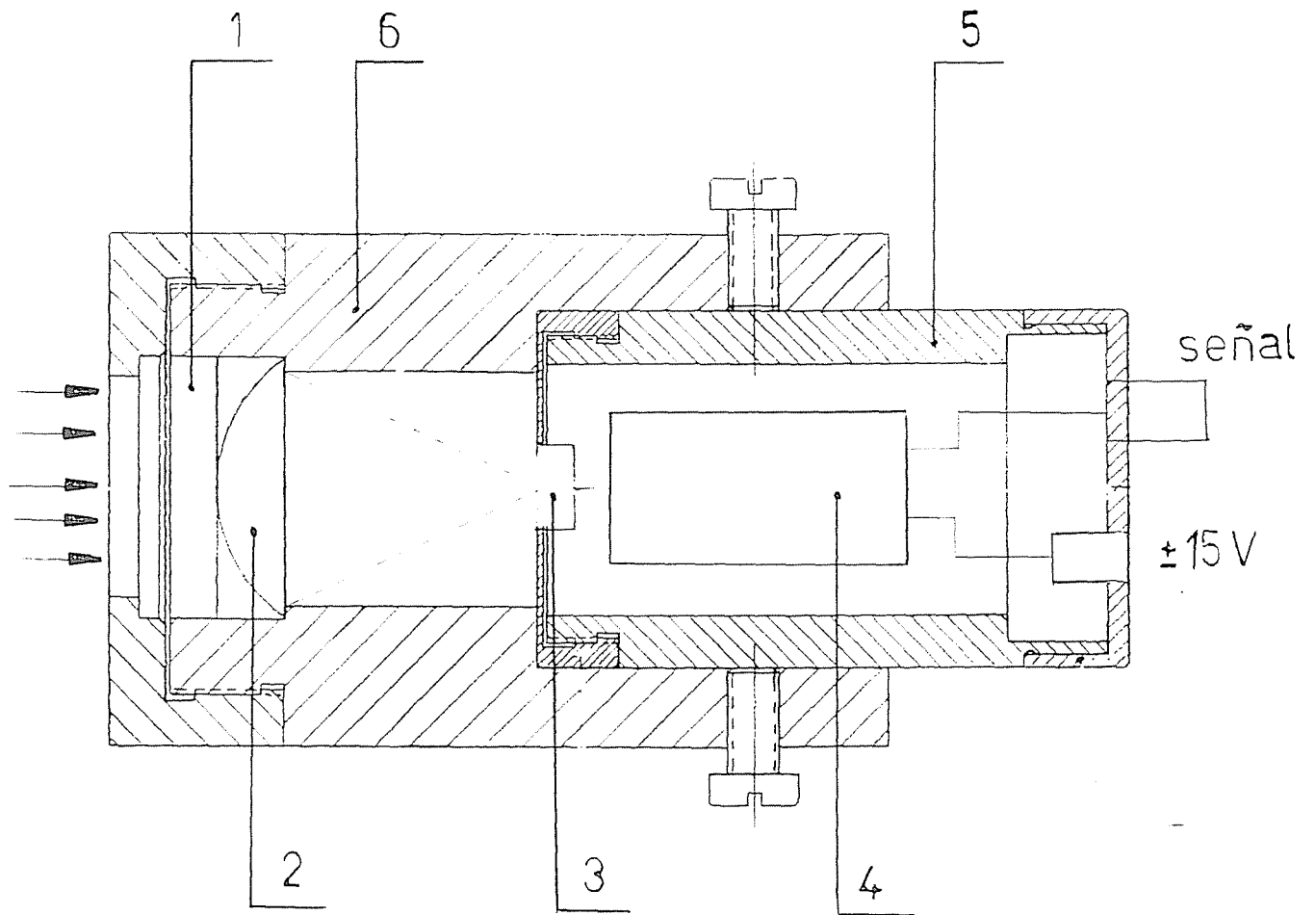


FIGURA 2

MONITOR DE $H\alpha$ PARA TJ-II

1. Filtro de interferencia, 2. Lente esférica, 3. Fotodiodo de silicio, 4. Electrónica de amplificación (ver Figura 4), 5. Carcasa de aluminio, 6. Soporte de plástico negro.

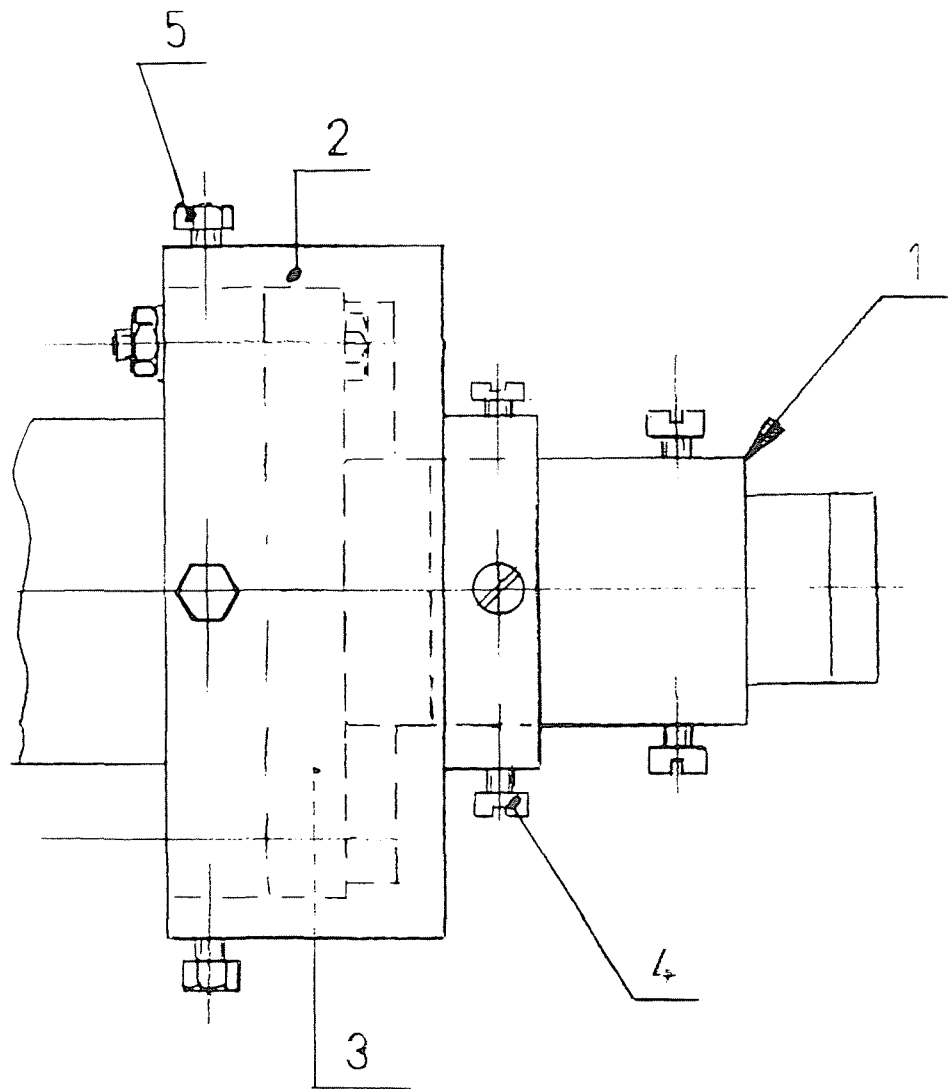


FIGURA 3

SOPORTE PARA MONITOR DE $H\alpha$

1. Monitor de $H\alpha$ (ver Figura 2), 2. Soporte de plástico, 3. ventana óptica CF63, 4. Tornillos de teflon, 5. Tornillos de latón.

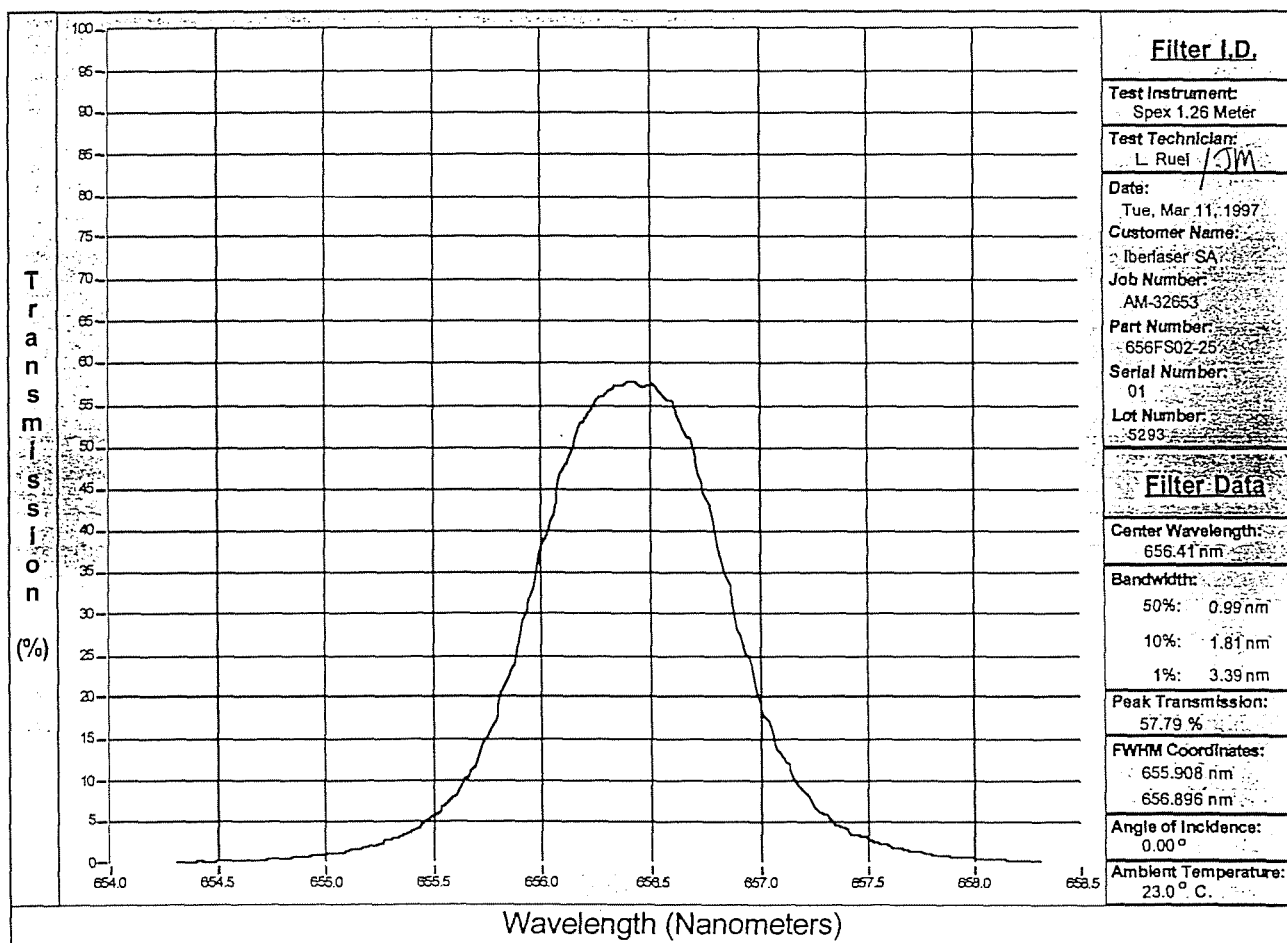
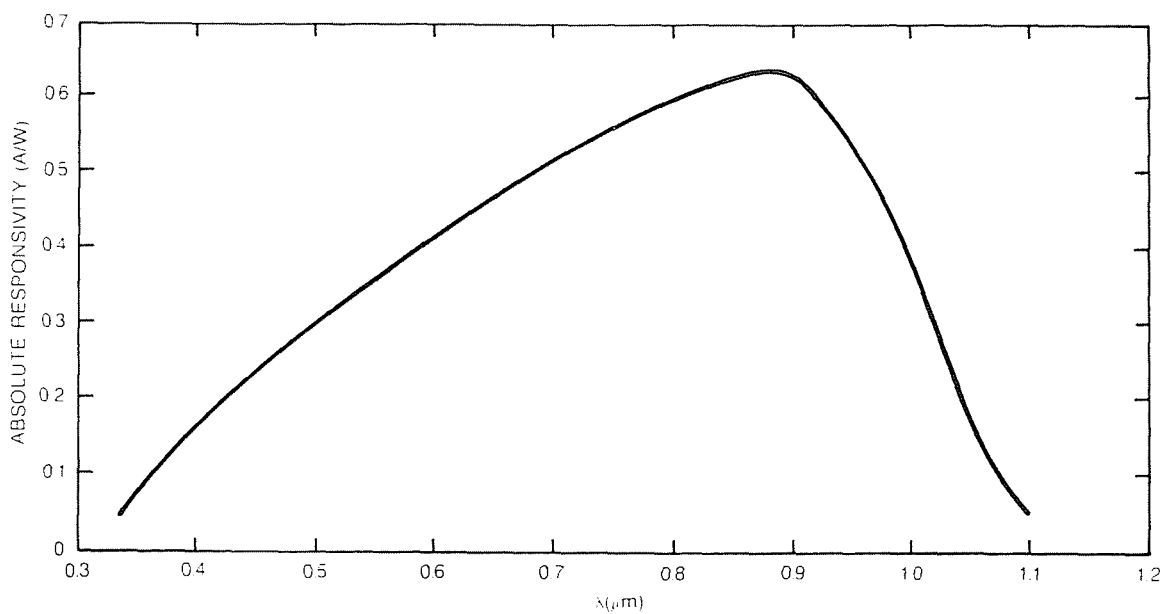


FIGURA 4

- a) Respuesta espectral de los fotodiodos EGG, FFD-100
- b) Trasmismitancia de los filtros de interferencia ANDOVER

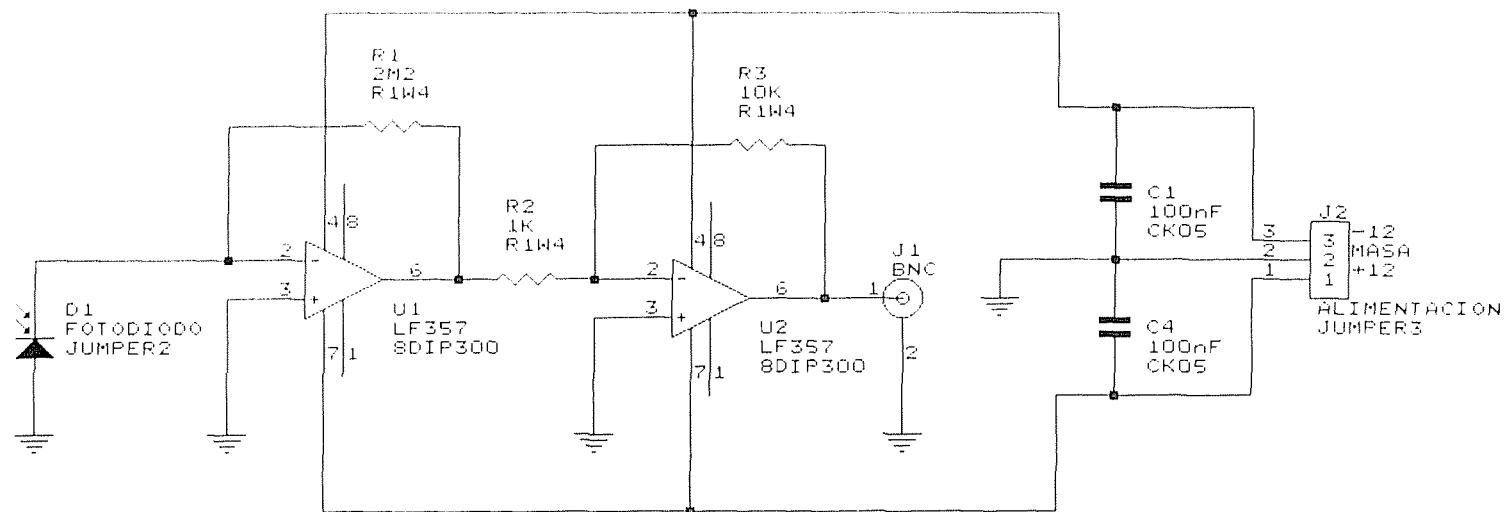


FIGURA 5

ELECTRONICA DE AMPLIFICACION DE LOS MONITORES DE $H\alpha$

GRUPO DE ELECTRONICA	
Tit. Amplificadores para Fotodiodos.	
Tipo Num. de Docum.	REV
A	(-)
Fecha: Marzo 17, 1998	Hoja 1 de 1

CAMAC/VXI SIGNALS, SHOT 365, PLOT TIME 01-Apr-98 10:40:53

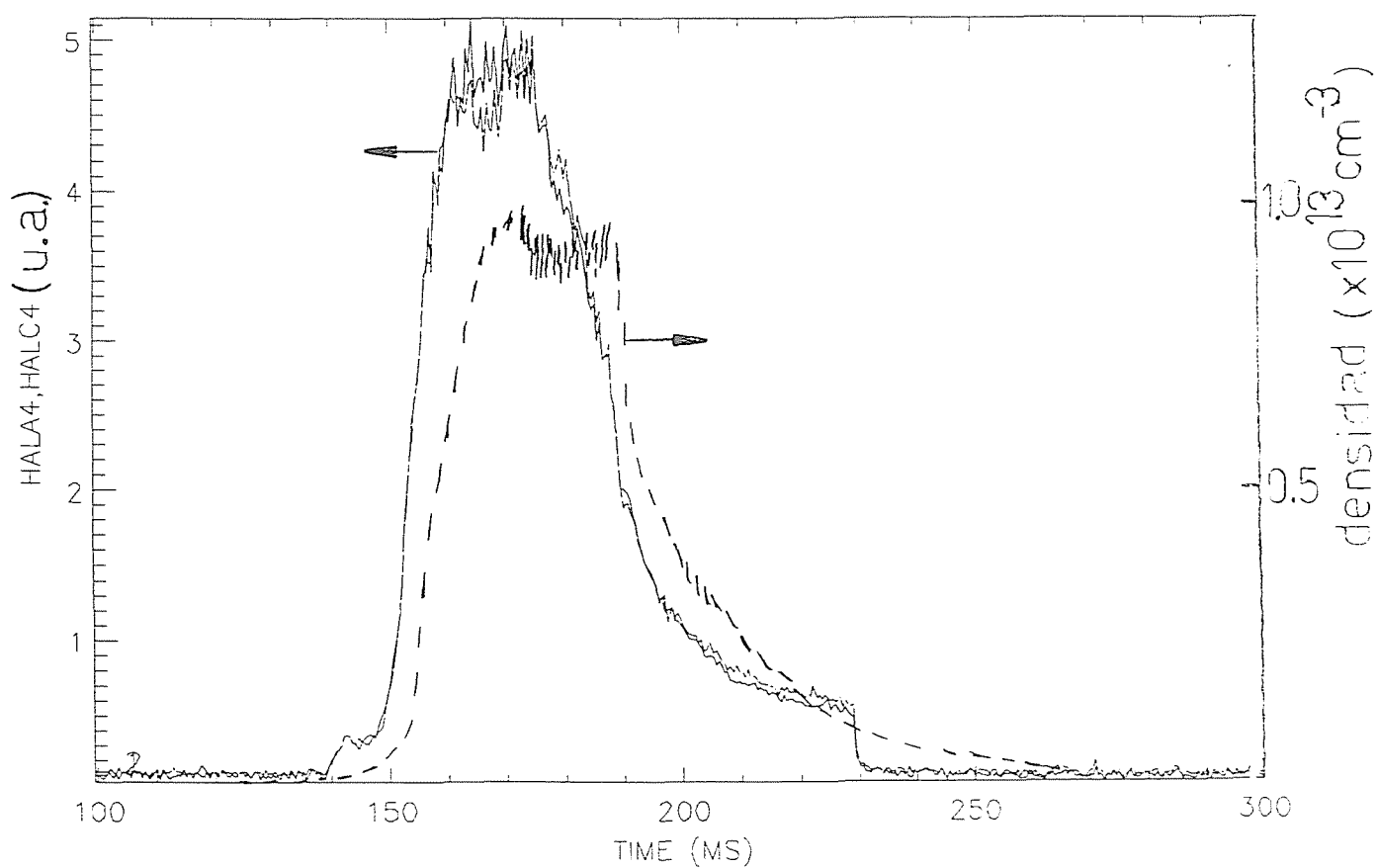


FIGURA 6

Señales de los monitores de H α (A4 y C4) y densidad electrónica durante una de las primeras descargas de TJ-II (descarga 365)

CAMAC/VXI SIGNALS, SHOT 365, PLOT TIME 01-Apr-98 14:19:25

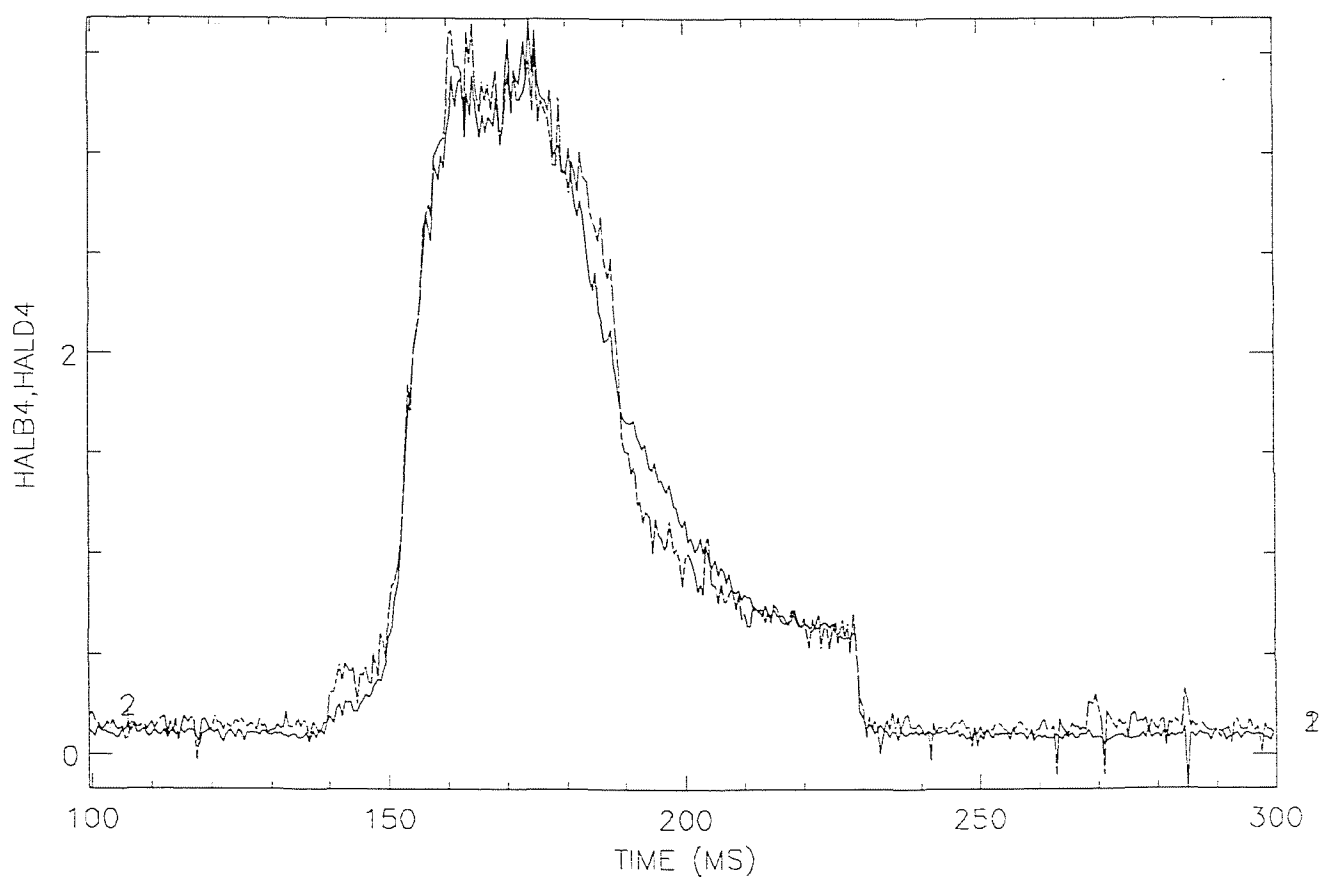


FIGURA 7

Señales de los monitores $H\alpha$ situados en B4 y D4.

