

Impactos de los Neutros
de Shine Through en la
Cámara de Vacío del TJ-II
durante NBI

J. Guasp,
M. Liniers



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: 238-95-010-2

ISSN: 0214-087X

Editorial CIEMAT

CLASIFICACIÓN DOE Y DESCRIPTORES

700380, 700412

TOKAMAK DEVICES, HELICAL CONFIGURATION, HELIAC STELLARATORS,
EDGE LOCALIZED MODES, NEUTRON BEAMS, PLASMA DENSITY,
NUMERICAL ANALYSIS, ENERGY LOSSES, VACUUM SYSTEMS

"Impactos de los Neutros de Shine Through en la Cámara de Vacío del TJ-II durante NBI"

Guasp, J.; Liniers, M.
23 pp. 9 figs. 3 refs.

Resumen

Se analiza numéricamente la distribución de impactos, sobre la cámara de vacío, de los neutros de *Shine Through* producidos durante la inyección tangencial balanceada de haces neutros en el Stellarator de eje helicoidal TJ-II.

Se observan dos concentraciones principales, una sobre la parte circular del *Hard Core*, cerca de la zona de máximo acercamiento del haz y otra, mucho más importante, a la salida del haz en el borde entre la placa de la cubierta del HC y la pared del sector.

Como es lógico las cargas de *Shine Through* decrecen fuertemente con la densidad del plasma, predominando a baja densidad, en el inicio de la inyección, atenuándose rápidamente al crecer la densidad. Asimismo crecen levemente con la energía del haz.

No se observan superposiciones entre este tipo de impactos y los producidos por los iones rápidos que, además, presentan un comportamiento opuesto con la densidad.

"Impacts of the Shine Through neutrals on the Vacuum Vessel of TJ-II during NBI"

Guasp, J.; Liniers, M.
23 pp. 9 figs. 3 refs.

Abstract

A numerical analysis of the impact patterns on the Vacuum Vessel produced by Shine Through neutrals during the tangential balanced NBI in TJ-II Helical Axis Stellarator has been done.

The results show two main concentrations. The first one the circular part of the Hard Core, near the zone of closest approach of the beam. The second one, the most important, around the beam exit, on the border between the plate of the HC cover and the sector wall.

As expected, the Shine Through loads decrease strongly with plasma density, predominating at low density at NBI start, decreasing quickly when density increases and increasing slightly with the beam energy.

No overlapping with lost fast ions impacts is observed, that, in addition, show an opposite behaviour with density.

Indice

1. Introducción.
2. Impactos y distribución de Potencia.
3. Cargas en la pared.
4. Conclusiones.

Referencias

Lista de Tablas.

Lista de Figuras.

1. INTRODUCCION.

Se estudia aquí la estructura que los impactos de los neutros procedentes de *Shine Through* (ST) producen sobre la cámara de vacío del TJ-II (VV) durante la inyección de neutros y se efectúa también una estimación del orden de magnitud de las cargas en la pared, su localización preferente y su comportamiento con la densidad del plasma y la energía del haz.

Como se vió en [1] las pérdidas por ST crecen con la energía del haz, a causa del decrecimiento de las secciones eficaces, y decrecen fuertemente con la densidad, debido al aumento del número de procesos de ionización y CX (cf. Tabla I).

Evidentemente los casos CO y CNT son prácticamente idénticos, sin más discrepancias que las debidas a fluctuaciones estadísticas, aunque debido a la diferente posición de inyección los impactos se produzcan en zonas distintas.

2. IMPACTOS Y DISTRIBUCION DE POTENCIA.

La posición de los impactos para baja densidad ($n_i(0)=1.9 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$) aparecen en la Fig.1 que muestra una vista desde arriba de la VV (diagrama R- Φ), en el caso de inyección CNT. La misma vista, para alta densidad ($n_i(0)=1.1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$) aparece en la Fig.2.

Se observará que aparecen dos zonas de impacto bien diferentes. La primera cerca del cruce del haz con el HC, hacia $\Phi \approx 22.5^\circ$, la segunda a la salida del haz, hacia $\Phi \approx 56^\circ$, sobre las bobinas TFB5 y TFB6. Esta separación se observa a todas las densidades y energías estudiadas y aunque a baja densidad las zonas de impacto son más extensas apenas se solapan.

Lo mismo se observa en los diagramas angulares $\Phi-\Theta^*$ ($\Theta^*=180^\circ-\Theta_{c0}$, vista desde el centro de la VV hacia el HC en un sistema que gira con él) de las Fig.3 y 4, las concentraciones alrededor de las TFB5 y TFB6 son patentes en todos los casos.

La distribución de potencia en esas dos zonas y para cada parte de la cámara aparece en la Tabla I, las partes que no se mencionan no reciben ninguna potencia.

De esa Tabla se deduce que en el caso del haz número 1 (CNT) la placa PL2 no recibe ninguna potencia, ni tampoco las bobinas TF o los sectores en la primera zona de impacto (la del cruce con el haz). Mientras que en la segunda zona (la se salida) son el CC y, de nuevo, la PL2 los que no reciben nada. Es decir que las regiones que reciben los impactos son, en la primera zona, el CC y la placa PL1, mientras que en la segunda zona son la PL1 y las bobinas TF. Esas acumulaciones de impactos sobre esa placa y el CC se observan en las Fig.5 y 6, que muestran el HC rectificado (diagrama $\Phi-d_{HC}$) para baja y alta densidad.

Resulta obvio en esas dos figuras que en la primera zona los impactos se producen en la placa PL1 en la vecindad del CC, que es más afectado, mientras que en la segunda zona se producen en el borde externo de las placas en la vecindad de las bobinas TF.

La Tabla muestra también cómo la proporción de la potencia que va a parar a la zona primera (la del HC) crece suavemente con la densidad, en particular la proporción que recibe el CC, lo que es lógico ya que al subir la densidad los neutros del haz que más recorrido hacen en el plasma tienen más probabilidad de colisionar y, por tanto, la parte situada a la salida del plasma quedará más apantallada.

La dependencia con la energía es similar aunque entre 40 y 50 keV haya muy poca diferencia.

Cuando en lugar de considerar el haz nº 1 (CNT) se utiliza en nº4 (CO) las fracciones de potencia permanecen iguales aunque, en razón de la simetría y del desplazamiento del haz, la PL2 sustituya ahora a la PL1 y las TFB5 y TFB6 del periodo +1 por las TFC4 y TFC3 del periodo +2 (Fig.7)

Tabla I.

Porcentaje de la potencia de Shine Through en cada porción de la cámara.

E (keV)	ni(0) (10^{13}cm^{-3})	Power (kW)	1ª zona			2ª zona		
			PL1	CC	Total	PL1	TF	Total
27	11.1	33.8	8.5	16.2	24.7	1.4	73.9	75.3
40	11.1	58.1	15.0	21.1	36.1	5.0	58.9	63.9
50	11.1	77.4	12.6	23.6	36.2	3.6	60.2	63.8
.....								
40	1.9	381.1	13.6	12.6	26.2	21.8	52.0	73.8
40	5.8	136.2	23.8	15.7	39.5	3.4	57.1	60.5
40	11.1	58.1	15.0	21.1	36.1	5.0	58.9	63.9

3. DENSIDADES DE POTENCIA.

El cálculo de las densidades de potencia se ha efectuado de manera similar a [1] y, por consiguiente, están sujetos al mismo tipo de incertidumbres. No obstante, para tener un resultado más fiable se han "renormalizado" los valores así obtenidos de manera que el máximo valor de la densidad de potencia de pico (que tiene lugar siempre en la segunda zona, a caballo entre la PL1 y la TFB5, coincide con el obtenido, para las mismas densidades y energía, con el código DENSB [3], que en esa zona tiene mayor fiabilidad, a su vez normalizado a 1 MW incidiendo en la ventana del TJ-II.

Las densidades de potencia de pico así calculadas aparecen en la Tabla II y la Fig.8. Se observará, en las zonas de máximo, el claro crecimiento con la energía y decrecimiento con la densidad, que concuerdan con el comportamiento de la potencia total perdida en ST.

En la 1ª zona (la de máximo acercamiento al HC) el CC es la parte más expuesta, bajando desde 264 W/cm², a baja densidad y 40 keV, hasta 108 W/cm² a alta densidad. Ese máximo relativo tiene lugar hacia $\Phi \approx 17.5^\circ$ y a 5.5 cm por encima de la línea media del CC, es decir cerca de la PL1 a baja densidad y se desplaza levemente hacia $\Phi \approx 12.5^\circ$ y a 3.3 cm a alta densidad (es decir entre las TFB2 y TFB4), un claro efecto de la mayor probabilidad de ionización que se produce en esa zona al aumentar la densidad.

Por su parte la zona 2ª (la de salida) afecta principalmente a la TFB5, en la vecindad con la PL2, en donde se producen los máximos absolutos de las cargas, 599 W/cm², a baja densidad y 40 keV, 128 W/cm² a alta. Ese máximo se produce hacia $\Phi \approx 52.5^\circ$ y no se desplaza con la densidad.

Finalmente la TFB6 recibe 430 W/cm² a baja densidad y solo 44 W/cm² a alta, con su máximo situado hacia $\Phi \approx 57.5^\circ$.

Como todas las cargas se depositan en un solo periodo no hay reforzamiento mutuo cuando se utilizan varios haces. Las posibilidades de reforzamiento con otro tipo de pérdidas también son escasas y se discuten en [1] §6.4.

Los contornos de densidad de potencia para el caso de superposición de los haces n°1 (CNT) y 4 (CO), para alta densidad y 40 keV, aparecen en la Fig.9 (en intervalos de 25 W/cm² comenzando en 25)

4. CONCLUSIONES.

Las cargas de Shine Through crecen con la energía y decrecen fuertemente con la densidad. Se sitúan en dos zonas separadas, en la 1ª, cerca del cruce con el HC (Φ entre 17.5° y 12.5°), el CC es el más afectado, con densidades de pico de unos 260 W/cm² a baja densidad y 40 keV, bajando a 110 W/cm² a alta. La 2ª zona se encuentra cerca de la salida del haz y cae principalmente sobre las TFB5 y TFB6 en el haz CO (TFC4 y TFC3 para el haz CNT) que reciben cargas máximas de 600 y 440 W/cm², respectivamente, a baja densidad, descendiendo hasta 128 y 44 W/cm² a alta.

No existen efectos de reforzamiento entre los diversos haces.

Tabla II.

Densidades de potencia de pico máximas en cada porción de la cámara.
(en W/cm²)

E (keV)	ni(0) (10 ¹³ cm ⁻³)	Power (kW)	1ª zona		2ª zona	
			PL1	CC	TFB5	TFB6
27	11.1	33.8	39.0	83.6	57.4	12.4
40	11.1	58.1	56.4	108.2	126.0	43.6
50	11.1	77.4	76.6	152.8	158.1	87.4
.....						
40	1.9	381.1	53.3	264.0	599.2	428.4
40	5.8	136.2	32.4	229.2	256.1	226.4
40	11.1	58.1	56.4	108.2	126.0	43.6

REFERENCIAS

- [1]. J. Guasp, M. Liniers. "Comportamiento de las pérdidas instantáneas y retardadas en la inyección de neutros del TJ-II". Report CIEMAT. Mayo 1994.
- [2]. J. Guasp. "Impactos de los iones rápidos en la Cámara de Vacío del TJ-II durante NBI". Report CIEMAT. Julio 1994.
- [3]. M. Liniers, J. Guasp. "NBI in TJ-II". JDC Meeting. Culham. September 1993.

LISTA DE TABLAS.

- Tabla I. Distribución de potencia de las pérdidas por Shine Through en la cámara en función de la energía del haz (densidad alta) y de la densidad del plasma (40 keV). Caso del haz n°1 (CNT).
- Tabla II. Distribución de las densidades de potencia de pico en función de la energía del haz (densidad alta) y de la densidad del plasma (40 keV). Caso del haz n°1 (CNT).

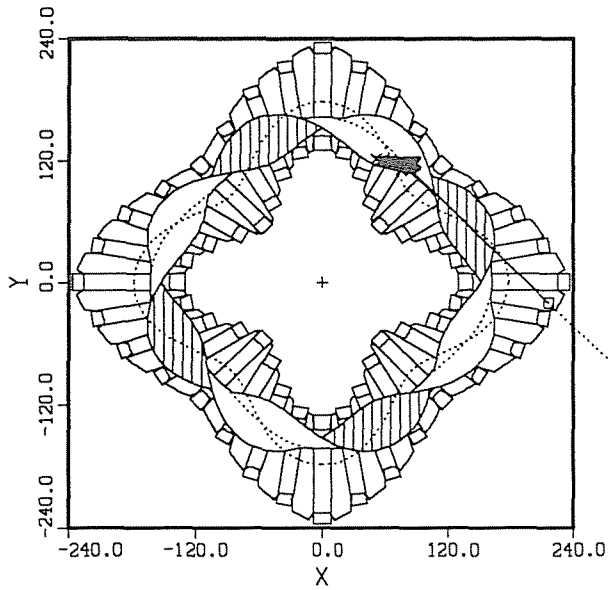
LISTA DE FIGURAS.

- Fig.1. Impactos en la VV, vista desde arriba, diagrama (R- ϕ).
Haz n°1 (CNT), 40 keV, baja densidad ($1.9 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$).
- Fig.2. Impactos en la VV, vista desde arriba, diagrama (R- ϕ).
Haz n°1 (CNT), 40 keV, alta densidad ($1.1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$).
- Fig.3. Diagrama Φ - Θ^* ($\Theta^* = 180 - \Theta_{c0}$). Vista desde el centro de la VV dirigida hacia el HC en un sistema solidario con él.
Haz n°1 (CNT), 40 keV, baja densidad ($1.9 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$).
- Fig.4. Diagrama Φ - Θ^* ($\Theta^* = 180 - \Theta_{c0}$). Vista desde el centro de la VV dirigida hacia el HC en un sistema solidario con él.
Haz n°1 (CNT), 40 keV, alta densidad ($1.1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$).
- Fig.5. Impactos en el HC. Diagrama ($d_{\text{HC}}-\phi$), el HC aparece rectificado y visto desde el centro de la VV en un sistema solidario con él. Haz n°1 (CNT), 40 keV, baja densidad ($1.9 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$).
- Fig.6. Impactos en el HC. Diagrama ($d_{\text{HC}}-\phi$), el HC aparece rectificado y visto desde el centro de la VV en un sistema solidario con él. Haz n°1 (CNT), 40 keV, alta densidad ($1.1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$).
- Fig.7. Impactos en la VV, vista desde arriba, diagrama (R- ϕ).
Haz n°4 (CO), 40 keV, baja densidad ($1.9 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$).
- Fig.8. Densidades de potencia de pico en diversas partes de la cámara.
a) Dependencia con la energía (alta densidad)
b) Dependencia con la densidad (40 keV).
- Fig.9. Contornos de la densidad de potencia de pico en diversas partes de la cámara. (Haces n°1 y 4) para alta densidad y 40 keV. (En intervalos de 25 W/cm^2 comenzando en 25).
-



Case e40d1cn on VV

Shine Through Losses
Top part, impacts = 319



Shine Through Losses
Bottom part, impacts = 1397

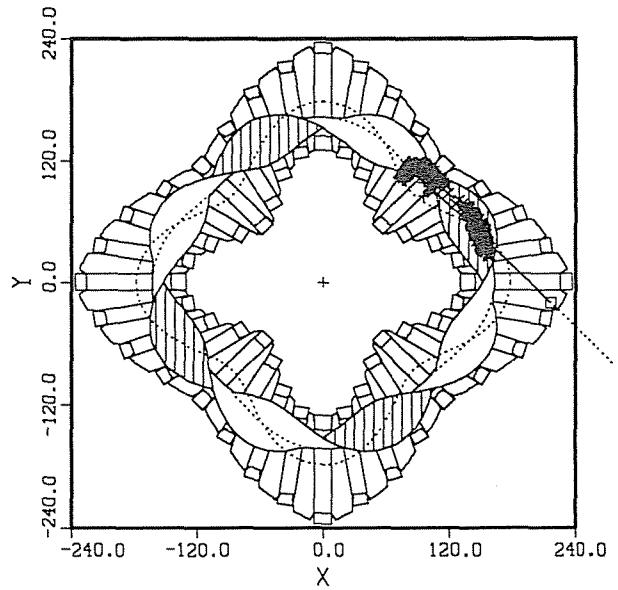
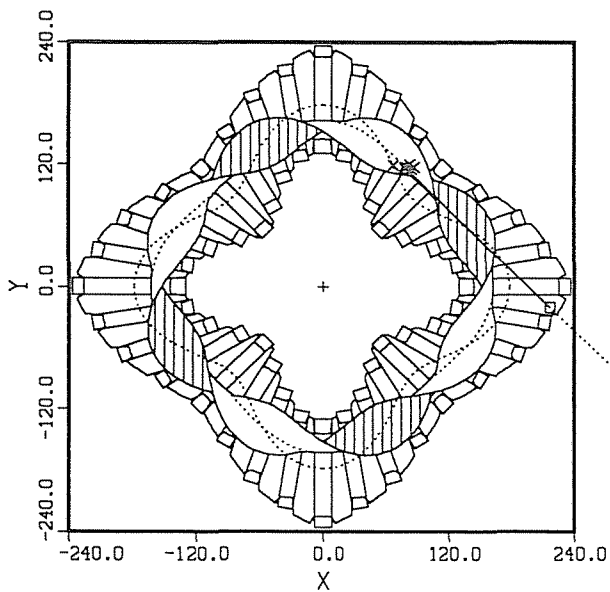


Fig. 1

Case e40d3cn on VV

Shine Through Losses
Top part, impacts = 8



Shine Through Losses
Bottom part, impacts = 216

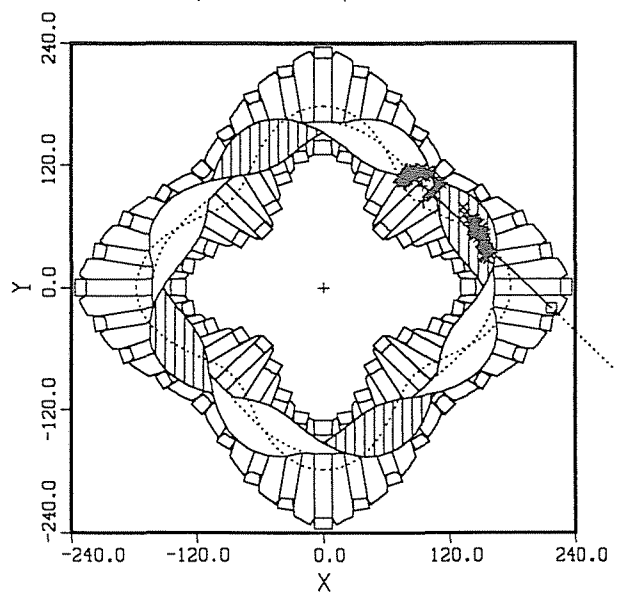


Fig. 2

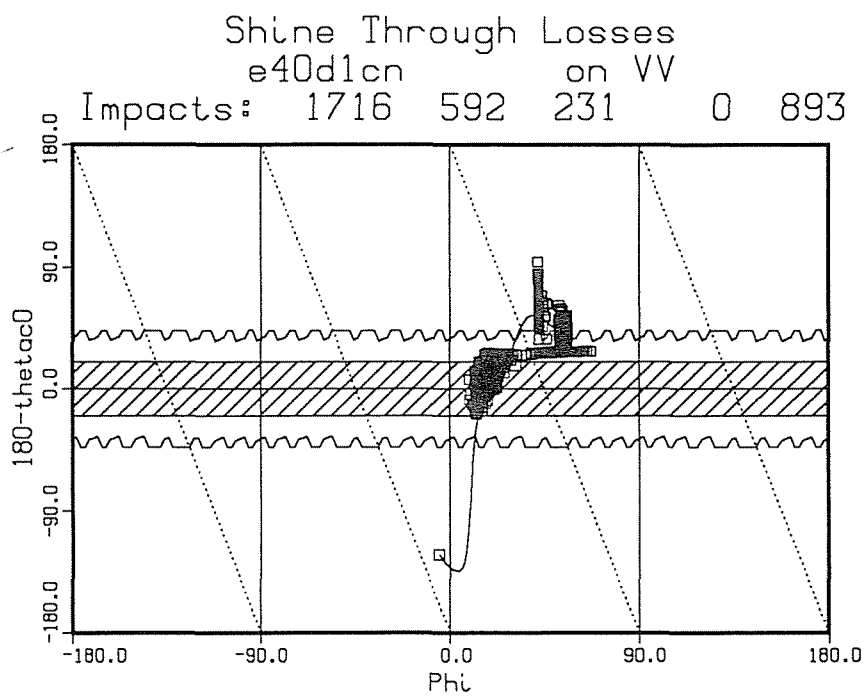


Fig. 3

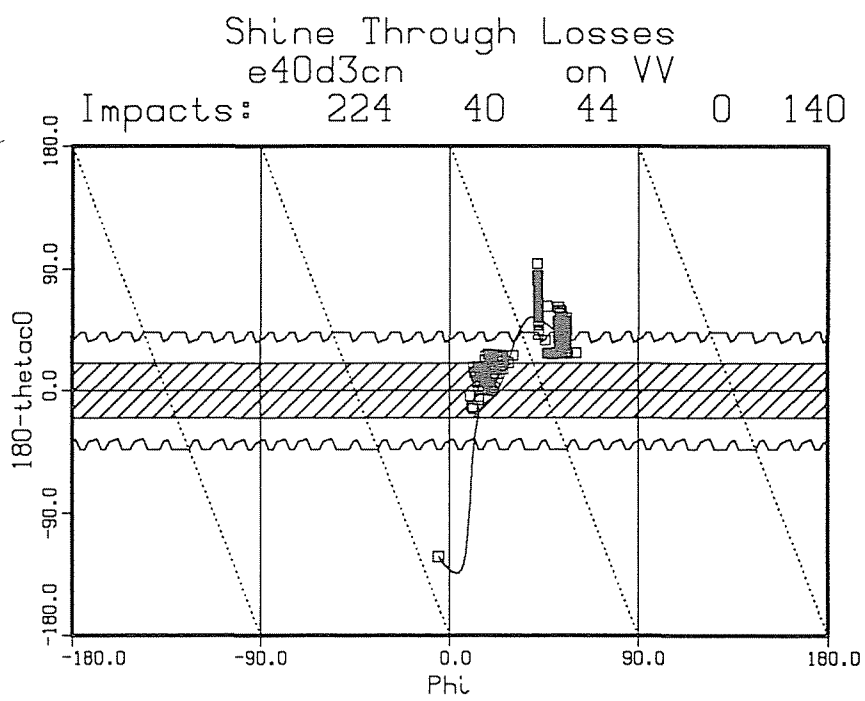


Fig. 4

Case e40d1cn on VV
Shine Through Losses
Impacts on HC 823 592 231 0 0

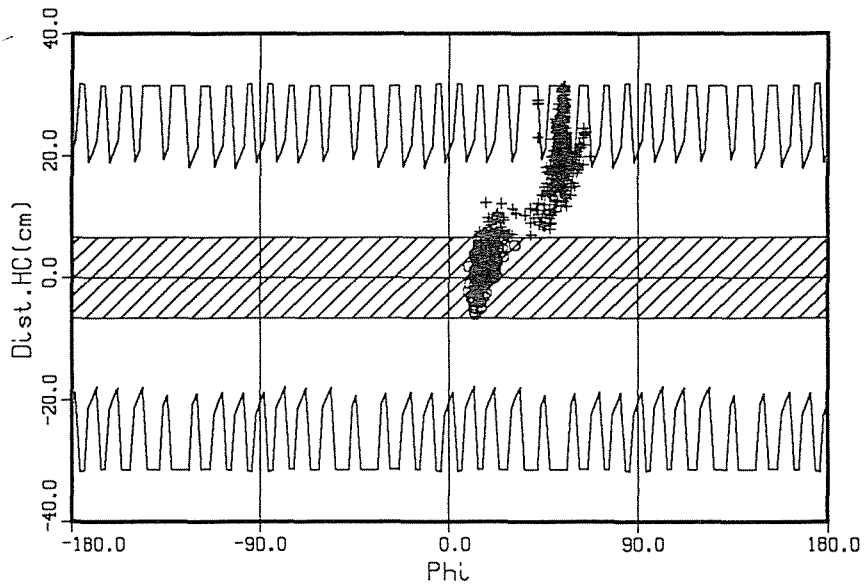


Fig. 5

Case e40d3cn on VV
Shine Through Losses
Impacts on HC 84 40 44 0 0

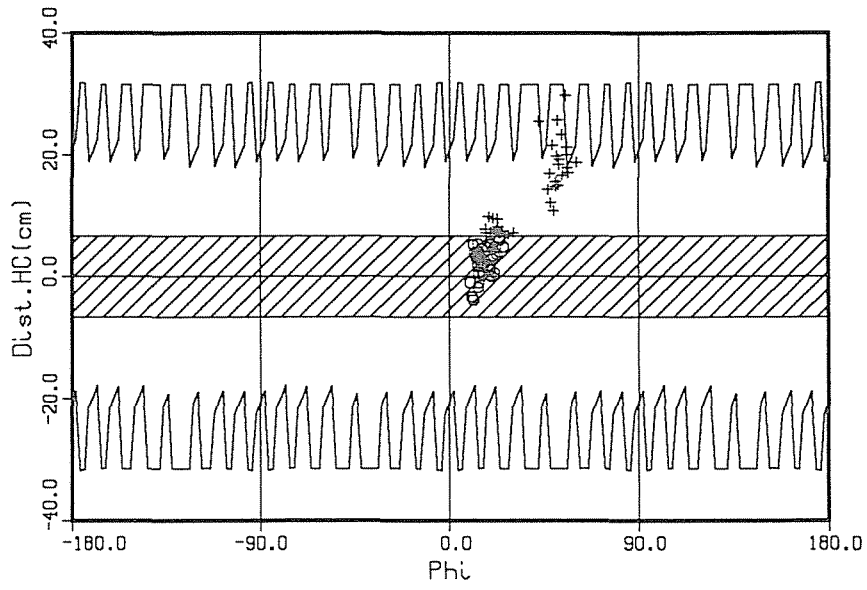
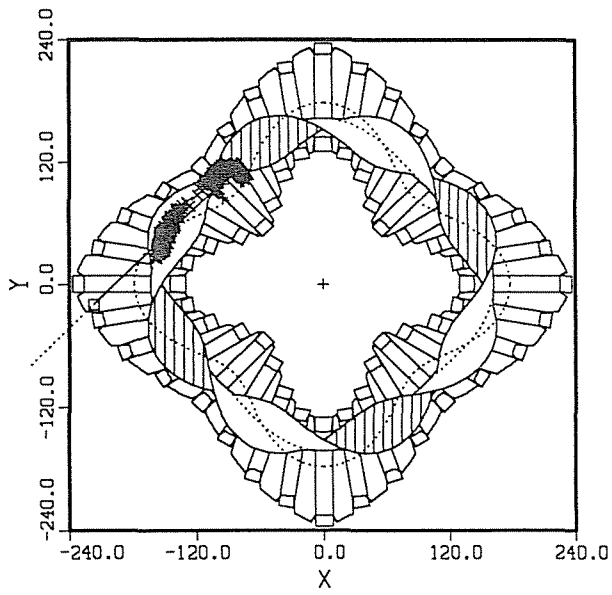


Fig. 6

Case e40d1co on VV

Shine Through Losses
Top part, impacts = 1397



Shine Through Losses
Bottom part, impacts = 319

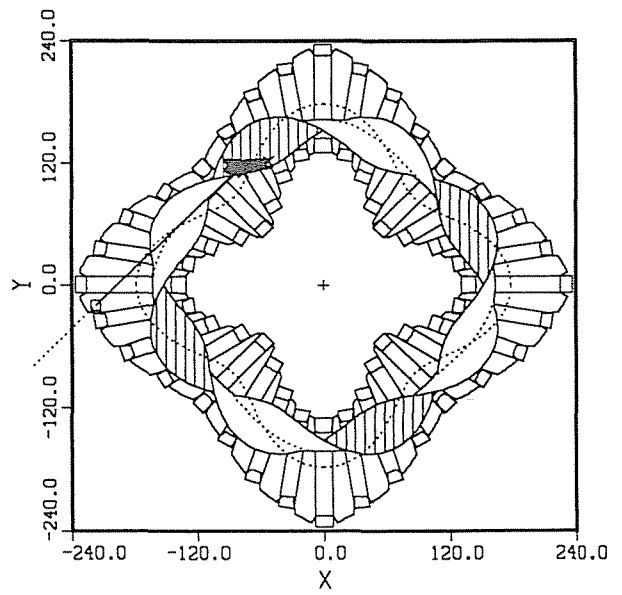


Fig. 7

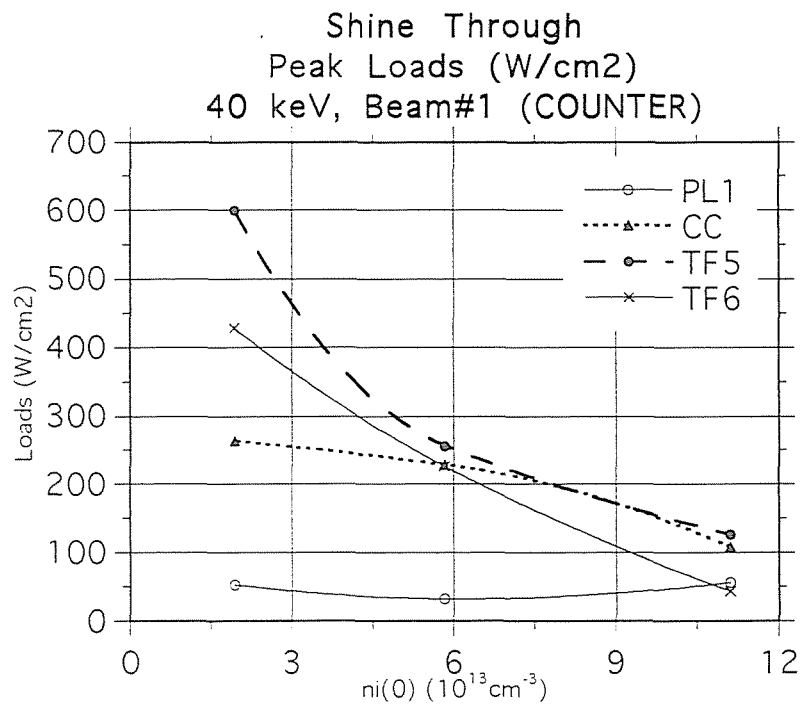
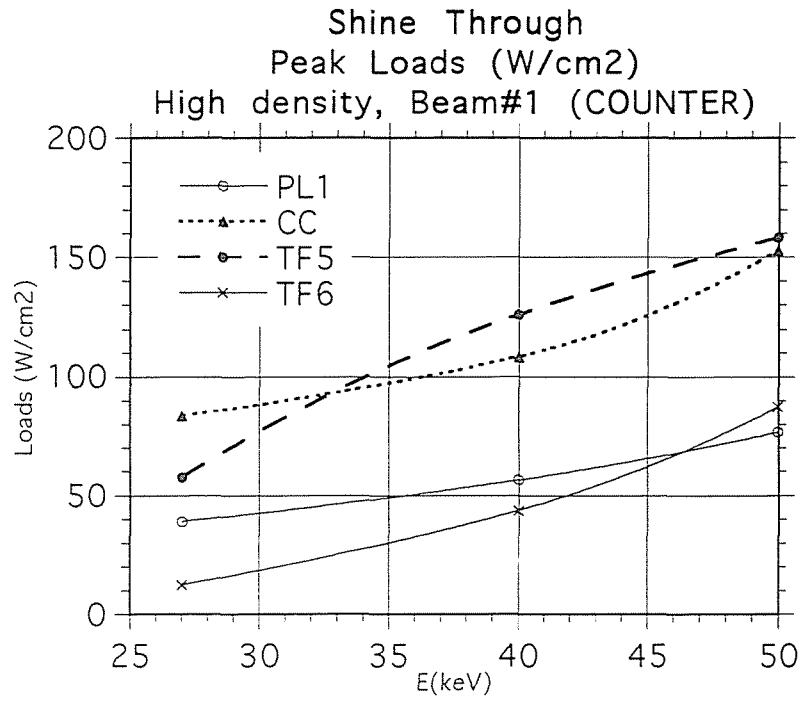


Fig. 8

Case psh2haces
Prompt Fast Ions
Maximum at HC: 0.113 kw/cm2
2 6 3 14

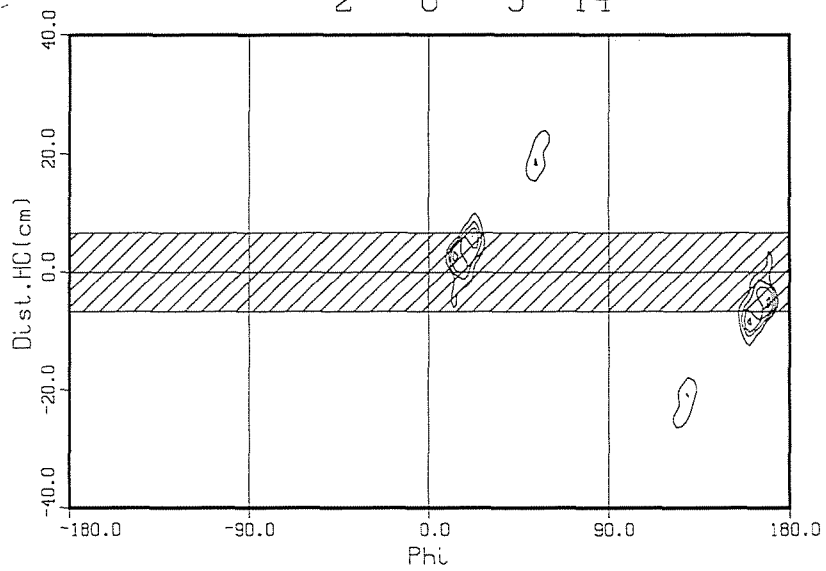


Fig. 9

