

Generacion de choques entre un plasma producido por láser y un jet de plasma emitido por un arreglo cónico de alambres Z-pinch.

Luisa Izquierdo^{1*}, Felipe Veloso^{2†}, Julio Valenzuela^{1,2}

¹Instituto de Física, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

*luisa.izquierdo@uc.cl, †fvveloso@uc.cl

Introducción

Con la finalidad de estudiar la interacción entre plasmas en ambientes de alta densidad de energía (HED, por sus siglas en inglés), se desarrolló una plataforma experimental la cual permite generar choques bajo condiciones controlables. Para esto, un jet de plasma emitido por un arreglo cónico de Z-pinch de alambre interactúa con una pluma de plasma producido por láser que actúa como gas de fondo, generando una zona de interacción entre ellos. En este experimento, el jet de plasma es producido por un arreglo cónico de alambres (Z-pinch) que actúan como carga del generador Llampudken ($\sim 400 \text{ kA}$, $\sim 350 \text{ ns}$), mientras que el plasma láser es producido al enfocar un pulso láser Nd:YAG de 20 GW/cm^2 sobre un blanco localizado en la región entre los electrodos del conductor. Se utilizó interferometría de tiempo resuelto (532nm , 6ns FWHM) alineada con la superficie del blanco para calcular la densidad electrónica. Cuando usamos aluminio tanto en los alambres del arreglo cónico como en el blanco del láser, nuestros resultados experimentales muestran que en ausencia de la pluma de plasma producido por láser, no hay una fotoionización significativa del plasma desde el blanco al interactuar con el flujo del jet. Sin embargo, en presencia de ambas fuentes de plasma, aparece una nueva estructura en la región de interacción. El espesor de esta nueva estructura concuerda con el camino libre medio para colisiones ion-ion, calculado para un amplio rango de parámetros de cada uno de los plasmas. Este resultado sugiere la presencia de una capa de choque mediada por colisiones, la cual surge luego de la interacción entre plasmas. Se mostrarán más detalles y se discutirán potenciales aplicaciones.

Más de los resultados mostrados aquí, se encuentran publicados y disponibles en la referencia [1].

Desarrollo

El experimento es realizado en el generador de potencia pulsada Llampudken (400kA , 350ns) de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Este consiste en un arreglo cónico de 16 alambres de aluminio, los cuales son utilizados como carga del generador y un plasma producido al enfocar un láser Nd:YAG de 20 GW/cm^2 sobre un blanco de aluminio, como se muestra en la figura 1.

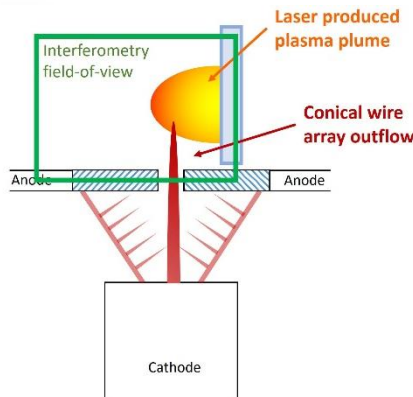


Figura 1: Montaje experimental

El principal diagnostic utilizado consiste en un interferómetro, en el cual, un corrimiento del patron de franjas es proporcional a la integral de la densidad electronica del plasma según:

$$\Delta\phi = \frac{e^2\lambda}{4\pi\epsilon_0 m_e c^2} \int n_e dl$$

Las imágenes de inteferometría fueron procesadas y los principales resultados se presentan en la figura 2.

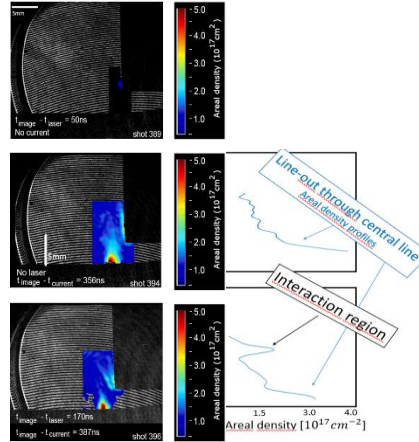


Figura 2: Resultados inteferometría

Para estudiar a detalle la naturaleza de la estructura generada en la zona de interacción, se calculó el camino libre medio para colisiones ion-ion para un amplio rango de parametros caracteristico de cada uno de los plasmas, a partir de la siguiente ecuación:

$$l_0^{\alpha/\beta} = \frac{1}{2\Psi\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)\lambda_{\alpha\beta}} \left(\frac{m_{\alpha}v_{\alpha}^2}{2}\right)^2 \frac{1}{\pi n_{\alpha}Z_{\alpha}^2 Z_{\beta} e^4}$$

Los resultados de dicho calculo se resumen en el grafico presentado en la figura 3. Podemos observar que el espesor de la nueva estructura concuerda con lo esperable para el camino libre medio entre las particulas de ambos plasmas, lo cual sostiene la idea de que esta estructura en la zona de los plasmas da muestra de una capa de choques colisionales que surge luego de la interacción.

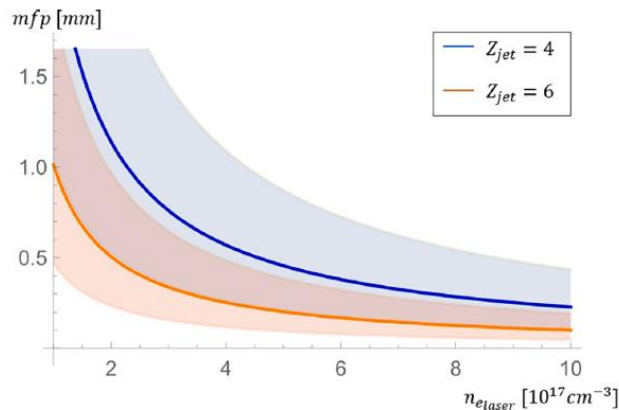


Figura 3: Camino libre medio calculado para colisiones ion-ion



Figura 1: Ejemplo

Agradecimientos: Este trabajo es parcialmente apoyado por el proyecto Conicyt/QUIMAL N°190011 y Fondecyt/regular N°1220533.

Referencias

- [1] Izquierdo, L. et al, “*Shock interactions between plasma jets from conical wire array Z-pinches and laser-produced plasma plume*”, Results in Physics **37**, 105476 (2022)
- [2] Chuaqui, H. et al, “*Llampüdkeñ: A high-current, low-impedance pulser employing an auxiliary exponential transmission line*” Laser Part. Beams **15**, 241 (1997)
- [3] Ampleford, D. et al, “*Dynamics of conical wire array Z-pinch implosions*”, Phys Plasmas **14**, 102704 (2007)
- [4] Hipp, M. et al, “*Digital evaluation of interferograms*”, Measurements **36**, 53 (2004)