



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Simulación numérica de un plasma RF aplicada a una fuente de iones para producción de neutrones D-D

Descripción general (resumen y metodología):

La modelización numérica de plasmas es una herramienta imprescindible en el diseño y la optimización de fuentes de iones. Permite explorar regiones del espacio de parámetros costosas o inaccesibles experimentalmente, identificar los mecanismos físicos dominantes y guiar las modificaciones del dispositivo real. La aproximación fluida, que resuelve de forma autoconsistente las ecuaciones de transporte de electrones e iones, el balance de energía y los campos electromagnéticos asociados al acoplamiento RF, ofrece un buen compromiso entre fidelidad física y coste computacional para plasmas de baja temperatura como el de esta fuente.

En este TFG el estudiante construirá un modelo bidimensional (o axisimétrico) de la fuente de plasma RF, partiendo de la geometría real del dispositivo y de las condiciones de operación experimentales disponibles. El modelo permitirá obtener distribuciones espaciales de densidad electrónica, temperatura electrónica y potencial del plasma, y estudiar cómo varían estas magnitudes con la potencia RF acoplada, la presión y la naturaleza del gas. Los resultados podrán contrastarse con las medidas experimentales obtenidas en la fuente, lo que aporta un valor añadido importante al trabajo.

El estudiante comenzará por una fase de formación en los fundamentos de la modelización fluida de plasmas (ecuaciones de continuidad, balance de momento y energía, aproximación de deriva-difusión). A continuación seleccionará una herramienta de simulación adecuada —por ejemplo COMSOL Multiphysics (módulo de plasma), VSim, o alternativas de código abierto como nonPDPSIM o paquetes basados en OpenFOAM— y justificará la elección en función de capacidades, disponibilidad y curva de aprendizaje. Construirá un modelo geométrico simplificado de la fuente, definirá la química del plasma (reacciones de ionización, excitación y pérdidas relevantes para los gases de prueba disponibles) y configurará el acoplamiento electromagnético RF. Tras verificar la convergencia y la consistencia física del modelo, realizará barridos paramétricos en potencia y presión, analizará las distribuciones obtenidas y, cuando sea posible, comparará con datos experimentales disponibles del laboratorio.

Tipología: Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

Objetivos planteados:

1. Comprender los fundamentos de la modelización fluida de plasmas: ecuaciones de transporte, aproximaciones habituales y rango de validez.
2. Evaluar y seleccionar una herramienta de simulación adecuada para el problema, justificando la elección.
3. Construir un modelo geométrico de la fuente de plasma RF con la química adecuada para los gases de prueba disponibles.
4. Realizar barridos paramétricos en potencia RF y presión de gas, obteniendo distribuciones espaciales de densidad y temperatura electrónica.
5. Analizar críticamente los resultados, identificando los mecanismos físicos dominantes en cada régimen.

6. Comparar, cuando sea posible, los resultados de simulación con medidas experimentales disponibles, discutiendo discrepancias y limitaciones del modelo.

Bibliografía básica:

- Lieberman, M. A. & Lichtenberg, A. J. (2005). Principles of Plasma Discharges and Materials Processing, 2.^a ed., Wiley. (Referencia central para plasmas RF de baja temperatura.)
- Chen, F. F. (2016). Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, 3.^a ed., Springer.
- Hagelaar, G. J. M. & Pitchford, L. C. (2005). "Solving the Boltzmann equation to obtain electron transport coefficients and rate coefficients for fluid models". Plasma Sources Science and Technology, 14(4), 722-733.
- Bogaerts, A. et al. (2002). "Gas discharge plasmas and their applications". Spectrochimica Acta Part B, 57, 609-658.
- Kushner, M. J. (2009). "Hybrid modelling of low temperature plasmas for fundamental investigations and equipment design". Journal of Physics D: Applied Physics, 42(19), 194013.
- Base de datos de secciones eficaces LXCat: <https://www.lxcat.net>
- Documentación del software finalmente seleccionado (COMSOL Plasma Module, VSim, o equivalente).

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Este TFG es adecuado para un estudiante con interés en la modelización numérica y disposición a invertir tiempo en aprender una herramienta profesional. Requiere base sólida en electromagnetismo, mecánica de fluidos a nivel introductorio y ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, así como cierta soltura con herramientas computacionales. No se requieren conocimientos previos de física de plasmas ni experiencia previa con software de simulación multifísica.

Se recomienda comenzar por la lectura de los capítulos introductorios de Lieberman & Lichtenberg antes de tocar el simulador, para tener un marco físico claro de qué se está calculando y por qué. Una vez seleccionada la herramienta, conviene partir de un modelo deliberadamente sencillo (geometría reducida, química mínima) y validar paso a paso antes de añadir complejidad, en lugar de intentar reproducir la fuente completa desde el principio. La modelización de plasmas es un campo donde es fácil obtener resultados numéricamente convergentes pero físicamente incorrectos: se valorará especialmente la capacidad crítica para juzgar la verosimilitud de los resultados, identificar las hipótesis implícitas en cada elección del modelo y reconocer los límites de validez de la simulación. La posibilidad de contrastar con medidas experimentales del laboratorio es una ventaja importante que conviene aprovechar.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: ANDRÉS MARÍA ROLDÁN ARANDA

Ámbito de conocimiento/Departamento: ELECTRÓNICA

Correo electrónico: amroldan@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos:

Ámbito de conocimiento/Departamento:

Correo electrónico:

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos: Andoni Pérez

Correo electrónico: andoni.perezs@ehu.eus

Nombre de la empresa o institución: UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO

Dirección postal: Calle E-2, 74B, Urbanización El Puntal

Puesto del tutor en la empresa o institución: PDI

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos:

Correo electrónico: