

Resumen

En la última década, la terapia con haces de partículas pesadas ha sido una de las líneas de investigación con mayores estudios y avances en medicina nuclear. El número de centros de terapia con haces de partículas pesadas y los resultados en tratamiento especializado en tumores en la infancia revelan una mejora sustancial frente a la radiación clásica con electrones y fotones. Así, el uso de protones como uno de los principales candidatos en hadronterapia, plantea retos importantes en la monitorización y localización de la deposición de energía durante la sesión de radiación en el paciente, pues implica procesos complejos de simulación y localización de las partículas al final de su recorrido. El objetivo de esta tesis es, por tanto, evaluar el conjunto de herramientas necesarias para estudiar los procesos de generación del haz, de su comportamiento en el medio, y la localización de este por medio de tecnologías basadas en métodos analíticos, numéricos y experimentales sobre el efecto termoacústico. Para ello se plantean cuatro capítulos que describen cada uno de los métodos que intervienen en el objetivo de localización y un capítulo final que resume un caso específico en la detección y localización del pico de Bragg.

El capítulo I presenta un análisis del estado del arte sobre las estadísticas mundiales de la enfermedad del cáncer, de su implicación en la sociedad, de los métodos actuales de diagnóstico, tratamiento y monitorización que desvelan la necesidad de estudiar nuevas técnicas en terapia de hadrones. Se presenta, además, la hadronterapia desde un punto de vista tecnológico, donde se definen los sistemas de generación, emisión y posicionamiento del haz. El capítulo II enmarca los aspectos físicos que describen los procesos que dan lugar al modelo analítico del pico de Bragg, de su implicación en los modelos termoacústicos y una comparativa de resultados experimentales con simulaciones basadas en la discretización del modelo analítico y modelos Monte Carlo. Así, el capítulo III define el efecto piezoeléctrico y su implicación en la optimización de cerámicas piezoeléctricas. Para ello, esta tesis basa los resultados en el comportamiento del coeficiente de acoplamiento electromecánico para modos de vibración en baja frecuencia. Esto permite delimitar los resultados en términos de la geometría del material PZT. Siguiendo el camino de la optimización, se muestran medidas experimentales y simuladas sobre el comportamiento en sensibilidad de diferentes dispositivos piezoeléctricos. La parte conceptual y experimentación se completan con el capítulo IV. En este, las herramientas para el tratamiento de las señales acústicas estudiadas en los capítulos anteriores son presentadas y aplicadas a señales experimentales. Se define, además, los métodos de localización basados en métodos numéricos de resolución de ecuaciones diferenciales, así como la aplicabilidad de estos en experimentación y simulación con el fin de comparar resultados de posicionamiento y coste computacional. Finalmente, el capítulo V se muestra como el resultado de los métodos, herramientas y procesos mostrados descritos en los anteriores capítulos. Se presenta un caso específico para el cual, se ha llevado a cabo simulaciones Monte Carlo y FEM con la finalidad de presentar una alternativa válida a la detección y localización del pico de Bragg en el tejido cerebral teniendo en cuenta aspectos de generación y propagación de señal en las capas que componen el medio antes de llegar a la superficie del sensor piezoeléctrico. Este marco teórico y experimental unifica diferentes procesos con la única finalidad de presentar herramientas que permitan el progreso de la ciencia en medicina nuclear aplicada al tratamiento del cáncer.