

Introducción

Este trabajo está estructurado en tres partes. La primera de ellas es una introducción general al campo de investigación y desarrollo de los Sistemas Microelectromecánicos (MEMS por su acrónimo en inglés) y aborda temas que van desde los orígenes de esta interesante área de desarrollo tecnológico hasta el uso de las herramientas de diseño, simulación y elaboración de máscaras y plantillas de fabricación para los MEMS. La segunda parte es una exposición detallada de los fenómenos físicos que intervienen en el funcionamiento de los Sistemas Microelectromecánicos, dicha exposición incluye el análisis de los modelos matemáticos y diversas discusiones sobre las consideraciones que deben tenerse en cuenta debido a los factores de escala, los arreglos geométricos y las propiedades de los materiales propios de la fabricación de MEMS. Esta segunda parte inicia con una revisión de la teoría de la elasticidad, tema que resulta de gran importancia en virtud de que las estructuras de soporte y los elementos mecánicos en general para la creación de acelerómetros son creados a partir de placas y vigas suspendidas cuyo comportamiento elástico es aprovechado para crear resortes a partir de diversos arreglos geométricos que aumentan o disminuyen la rigidez. En el segundo capítulo se aborda el tema del amortiguamiento por efecto del aire. En este capítulo se analizan, principalmente, tres fenómenos que resultan de interés para los Sistemas Microelectromecánicos: el amortiguamiento debido al arrastre de un cuerpo inmerso en un fluido, el amortiguamiento que se presenta al comprimir una delgada película de aire entre dos placas y el amortiguamiento por efecto de deslizamiento de una superficie sobre una película de aire. Todas estas formas de amortiguamiento se presentan en un acelerómetro micromaquinado.

En el tercer capítulo de la segunda parte se trata la actuación electrostática. Este tópico es fundamental para el diseño de Sistemas Microelectromecánicos en general y en particular para el diseño de un acelerómetro, pues permite implantar una forma de estabilización electromecánica que amplía el rango de operación del dispositivo y mejora su sensibilidad. Este capítulo estudia el principio básico de la electrostática, según el cual dos cargas puntuales en el espacio se atraen o repelen (según el signo de las cargas) con una fuerza que es directamente proporcional al producto de los valores de dichas cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa, y analiza este fenómeno para arreglos geométricos de placas paralelas en la escala de micrometros. El principio de atracción y repulsión de cargas electrostáticas se aprovecha en la creación de MEMS para generar movimientos lineales oscilatorios que pueden ser transformados fácilmente en movimientos lineales o rotatorios continuos.

En el último capítulo de la segunda parte se analizan los sensores capacitivos. Este tipo de sensores resultan de gran interés en los Sistemas Microelectromecánicos en general y en particular en los acelerómetros, debido a la simplicidad de su manufactura basada en placas paralelas, a la facilidad de su manejo a partir de señales de voltaje y a la confiabilidad de su operación si se toman las precauciones debidas en el proceso de diseño y manufactura. Estos sensores aprovechan la capacidad de almacenamiento de carga que un par de placas metálicas paralelas tienen y la variación de esta capacidad a partir de los cambios que experimentan en su proximidad, para registrar desplazamientos asociados con variables físicas tales como aceleración y presión. Cabe mencionar que existen otros dos factores que modifican la capacidad de almacenamiento de cargas de dos placas paralelas, estos son: el área de traslape entre ellas y la permitividad eléctrica del material colocado en el espacio de su separación, sin embargo, en el diseño del acelerómetro micromaquinado se aprovecharán las variaciones debidas a cambios en la distancia de separación entre placas.

La tercera parte del trabajo corresponde a una propuesta de diseño original de un acelerómetro micromaquinado en un proceso de fabricación superficial llamado Polymumps. A la luz de lo abordado en las dos

primeras partes, se hace la propuesta de diseño de este sensor inercial aplicando todas las herramientas de modelado matemático estudiadas en la segunda parte y utilizando datos provenientes de la primera parte. En este tercer apartado, se incluyen los cálculos elaborados para definir las dimensiones y características geométricas del dispositivo, las simulaciones hechas a partir de modelos de parámetros concentrados y las plantillas con el diseño para su fundición (término de uso corriente en el ámbito de los MEMS para denominar al proceso de fabricación de un Microsistema). El alcance del texto no incluye la realización de pruebas experimentales, debido a la indisposición de recursos económicos para fabricar el Sistema Microelectromecánico y llevarlo al laboratorio, sin embargo el rigor y meticulosidad con que se ha tratado cada parte del diseño aportan solidez a la propuesta y se espera que en un futuro cercano pueda fabricarse el acelerómetro micromaquinado que se propone.

Al final del texto se han incluido una serie de apéndices con información técnica muy útil en el diseño y simulación de MEMS. Entre ellos, las especificaciones y reglas de diseño del proceso de maquinado superficial llamado Polymumps, las propiedades térmicas, mecánicas y eléctricas de diversos materiales empleados en la fabricación de MEMS, los valores de los momentos de inercia para distintos elementos geométricos comunes en la fabricación de Microsistemas, los valores de algunas constantes físicas muy útiles para quienes trabajan con MEMS y una guía de manejo de los factores de escala en el sistema de unidades al pasar al mundo de los micrometros.

Finalmente, el presente volumen representa uno de los pocos esfuerzos por sistematizar en español la información técnica existente sobre el diseño, simulación y fabricación de Sistemas Microelectromecánicos. Campo de desarrollo tecnológico que en otras latitudes e idiomas tiene gran vitalidad y empuje y que en nuestro país apenas inicia su gestación. Ójala este texto resulte de interés para las nuevas generaciones y sea una referencia para iniciarse en esta interesante y atractiva disciplina.