

¿Qué son los MEMS?

Los MEMS (Acrónimo inglés para Micro Electromechanical Systems) son dispositivos electromecánicos miniaturizados, resultado de la integración de elementos mecánicos y eléctricos sobre un sustrato, generalmente de silicio, usando tecnología de fabricación empleada en la producción de los circuitos integrados. La fabricación de este tipo de dispositivos se logra usando técnicas de litografía, de depósito, de plástico moldeado (LIGA), de corte de superficie y de corte interno del sustrato (bulk micromachining), con el fin de darle forma a diferentes piezas.

Los MEMS han sido desarrollados desde finales de la década de 1970, pero es en los últimos años cuando se les ha dado la debida importancia, gracias al avance tecnológico y también a las técnicas de fabricación que han evolucionado para popularizar estos dispositivos. Un ejemplo de uso de los MEMS, es el sensor de choque en las bolsas de aire de los automóviles; ya que los antiguos sensores eran únicamente mecánicos; después evolucionaron a sensores que medían directamente la aceleración y actualmente, son sensores modernos que integran electrónica junto a sensores mecánicos, con el propósito de facilitar señales de salida y control digital.

Muchas de las técnicas que se usan para la fabricación de los MEMS, son tomadas de la industria de los circuitos integrados y tienen al silicio como material básico, aunque también se utilizan materiales distintos, dependiendo de las necesidades de cada aplicación.

El tamaño de los MEMS varía de 1 mm a más de 1 μm , lo cual los hace adecuados para el campo de las microondas, con longitudes de onda cercanas a las dimensiones de los MEMS.

El mercado actual de los MEMS son los sensores de inercia y presión, principalmente utilizados en las impresoras de inyección de tinta y pantallas digitales de alta resolución. Las aplicaciones emergentes incluyen sensores de presión en neumáticos, radiofrecuencia (RF) y electrónica de comunicaciones inalámbrica, componentes de fibra óptica, dispositivos de control y manejo de fluidos para análisis químicos.

Los principales países que están desarrollando aplicaciones basadas en MEMS, son los Estados Unidos de América y Alemania. Esto se debe que aun no hay un mercado que soporte el precio de la investigación y desarrollo de los MEMS. Sin embargo, con los logros obtenidos en la implementación de componentes basados en los MEMS, se puede lograr una fabricación en serie, que disminuya los costos y aumente las ganancias, que al final, es lo que las empresas manufactureras buscan.

RF MEMS

El término RF MEMS se refiere al diseño y fabricación de MEMS para circuitos que operan en la banda de radiofrecuencia (RF) y microondas (MW). No se debe interpretar como un dispositivo MEMS operando a frecuencias de RF, es decir, un interruptor cambiando de estado (encendido a apagado) con frecuencias altas tipo RF, sino que los RF MEMS son utilizados para actuación o ajuste de componentes RF, tales como capacitores variables, interruptores y filtros. Los MEMS se dividen en dos clases: Actuadores MEMS y Sensores MEMS. El primero se refiere a mecanismos móviles activados por una señal eléctrica. Los sensores ya habían sido usados, debido a su fácil fabricación. Otra razón por la cual los actuadores no habían sido tan populares, era que la cantidad de energía generada por tan pequeño dispositivo no causaba impacto en los sistemas asociados. Sin embargo, pudo ser demostrado después, que para sistemas de ondas micro y milimétricas, esas fuerzas eran suficientes para cambiar completamente las propiedades del sistema en general.

En diversos reportes, se ha presentado que el desarrollo de los RF MEMS puede ser clasificado en tres categorías: (1) RF extrínsecos, en los que la estructura MEMS se encuentra afuera del circuito RF y actúa para controlar otros dispositivos del circuito RF; (2) los RF intrínsecos, en los que la estructura MEMS se localiza dentro del circuito y tiene una doble función, de actuador y como dispositivo RF; y finalmente (3) RF reactivos, en los que la estructura MEMS se localiza dentro del circuito y tiene una función definida para la atenuación o filtrado únicamente.

Los primeros RF MEMS fueron interruptores, desarrollados en la década de 1990, que mostraron buena respuesta en el campo de las microondas, pero sin la confiabilidad necesaria y sin embargo, fueron evidentes las mejoras respecto a dispositivos semiconductores, en frecuencias cercanas a 50 GHz.

La investigación de los RF MEMS puede ser clasificada en cuatro áreas:

Interruptores, inductores y varactores RF MEMS que han demostrado trabajar en frecuencias que van de 0 a 120 GHz y están en una tecnología robusta y madura. Los interruptores y varactores tienen partes móviles.

Líneas de transmisión, resonadores de factor de calidad alto (Q), filtros y antenas que operan de 12 a 200 GHz. Son integrados en membranas dieléctricas o en técnica de corte de sustrato (bulk micromachining) y no tienen partes móviles.

Resonadores acústicos y filtros (FBAR) que utilizan vibraciones en películas delgadas y que han demostrado tener un excelente rendimiento por arriba de los 3 GHz con un factor de calidad muy alto ($Q > 2000$).

Filtros y resonadores micromecánicos que utilizan vibraciones mecánicas de cuerdas muy pequeñas para obtener un factor de calidad Q muy alto, en el intervalo de 0 a 200 MHz en el vacío.

Como vemos, el campo de estudio de los MEMS es muy extenso y, conforme se siga desarrollando la investigación de estos dispositivos, los encontraremos en casi todos los dispositivos actuales, ya que la velocidad con la que la tecnología avanza es muy rápida, sobre todo en los dispositivos inalámbricos, debido a la gran demanda de asistentes personales, teléfonos celulares y reproductores multimedia que integran estas funciones en un solo dispositivo.

La meta final es poder integrar estos dispositivos directamente junto a circuitos integrados en un solo encapsulado, con el fin de optimizar espacio y materiales empleados, así como tener voltajes bajos de polarización. Es por eso que diferentes técnicas se emplean para su construcción, muchas de ellas, técnicas usadas en los circuitos integrados, que han demostrado su confiabilidad y que están siendo implementados hoy en día.

Objetivo

El objetivo de esta tesis es diseñar, analizar y simular un interruptor MEMS de bajo voltaje de actuación para la banda de súper alta frecuencia utilizando tecnología de circuito impreso flexible.

Estructura de la tesis

En el primer capítulo se presentan los aspectos generales de los RF MEMS. Se exponen las características principales de los interruptores MEMS para RF, así como los parámetros más importantes para el análisis y diseño.

En el segundo capítulo se presenta el estado del arte de los interruptores RF MEMS.

En el tercer capítulo se presenta el análisis electromecánico del interruptor propuesto. Se presentan las bases teóricas para el análisis del interruptor y se analiza mediante programas de cómputo especializados para ello.

En el cuarto capítulo se presenta el análisis electrodinámico del interruptor. Se presentan el Factor de Calidad de Conmutación (FCC) del interruptor, así como el análisis y simulaciones realizados, como en el capítulo precedente, con programas de cómputo especializados.

Finalmente se presentan las conclusiones generales del trabajo, que son el resumen de las conclusiones individuales en cada capítulo.