

## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo, forma parte del proyecto de investigación llamado “Diseño e Implementación de un espejo deformable basado en tecnologías MEMS para aplicaciones de óptica adaptiva”, del grupo UNAMems de la Facultad de Ingeniería, registrado en el programa PAPIIT con el número IN 109506-3. Además es resultado de mi compromiso como universitaria para mantener a esta casa de estudios como la mas importante institución educativa en México siempre a la vanguardia tecnológica, ya que los Sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS, por sus siglas en ingles) son una tecnología relativamente reciente, con no más de tres décadas desde su nacimiento.

De acuerdo con lo anterior, el estudio y desarrollo del área de los dispositivos basados en la tecnología de procesamiento de semiconductores, llamados Sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS), promete revolucionar una gran variedad de productos al unir la microelectrónica basada en silicio con las técnicas de micromaquinado, haciendo a la tecnología de los MEMS extremadamente diversa y fértil.

Los MEMS utilizan una combinación de funciones mecánicas y eléctricas, para poder medir, controlar y hacer funcionar con precisión, dispositivos en escalas micrométricas, es decir, son la integración de varios elementos -mecánicos, electrónicos, sensores, y actuadores- en un sustrato común de silicio.

Esto es posible ya que los MEMS son manufacturados utilizando técnicas de fabricación similares a las utilizadas para crear Circuitos Integrados, logrando niveles sin precedente de funcionalidad, capacidad de realización y sofisticación, dado que pueden ser colocados varios sistemas completos MEMS en un pequeño chip de silicio a un costo relativamente bajo (ya que un tercio de su valor corresponde al empaque, porque para cada aplicación se requiere un empaque distinto y aún no puede estandarizarse un empaque común).

Cuando se consideran dispositivos pequeños, una cantidad de efectos físicos tienen un significado diferente a escala micrométrica respecto a la escala macroscópica. Esto representa grandes ventajas que los MEMS tienen sobre los dispositivos tradicionales para las mismas aplicaciones, entre las que se encuentran: mayores velocidades, bajos costos y masas menores.

El desarrollo de los MEMS además esta provocando un cambio en el estilo de vida, al tener aplicaciones en áreas tan diversas como son la automotriz, la biomédica o los sistemas de comunicación, entre muchas otras.

A pesar de que la tecnología de los MEMS es relativamente reciente, el mercado de su industria -que incluye sensores de bolsa de aire para automóviles, sensores de presión con base de silicio, procesadores digitales de luz (DLP) para proyectores, interruptores opto-

mecánicos para todo tipo de canales y cartuchos para impresoras de inyección de tinta, etc.- se expandirá más allá del actualmente identificado, pudiéndose esperar muchas y nuevas aplicaciones.

Por ejemplo, en 2004 las ventas totales de MEMS alcanzaron los 33.5 billones de dólares y se tiene un estimado de 57 billones de dólares para el 2009, lo que representa una tasa de crecimiento anual del 16%.

De igual modo, los avances logrados en materia de sistemas ópticos y su aplicación, han estimulado un gran interés en el desarrollo de MEMS, para la manipulación de haces lumínicos, como por ejemplo el área de los microespejos.

Esta área forma parte del rubro de la electrónica de consumo, la cual goza actualmente del 6% del total de ventas, siendo la tendencia que este porcentaje incremente hasta un 20% para el 2009, debido principalmente a las aplicaciones comerciales que se tienen, como en pantallas planas, juguetes electrónicos y videojuegos, que utilizan microcircuitos con millones de microespejos para proyectar imágenes de alta resolución y contraste.

El uso de microespejos MEMS, también se ha vuelto fundamental para redes ópticas de información pues permiten controlar y orientar las señales ópticas sin modificarlas, evitando el alto costo de la conversión óptica-eléctrica en las redes convencionales.

Otras estructuras como conmutadores de fibra y moduladores incluyen arreglos más complicados de microespejos móviles -que orientan los haces de luz de acuerdo con sus destinos-. Estos arreglos consisten en matrices de microespejos que se activan mediante señales eléctricas. Sin embargo, uno de los mayores retos a la hora de producir este tipo de sistemas MEMS, consiste en conectar la electrónica de cada espejo, cuya complejidad aumenta con el nivel de control que se desee.

En este trabajo, primeramente se hace una introducción sobre qué es y qué tipos de microespejos existen actualmente, cuáles son sus características de funcionamiento y sus aplicaciones más comunes, además que se explica brevemente qué tipos de procedimientos existen para poder fabricar estos sistemas.

Posteriormente, se profundiza específicamente en los microespejos torsionales y se realiza un análisis de las características estáticas y dinámicas de este tipo de microespejo, además de que se propone un banco de microespejos torsionales con comportamiento lineal. Por último se explica el método de diseño y simulación por medio del software Coventor Ware y se dan a conocer las conclusiones del este trabajo con miras en su aplicación para óptica adaptiva.

El diseño del microespejo torsional propuesto fue fabricado en la planta MEMSCAP, bajo el proceso PolyMUMPS, sin embargo en este trabajo no se abarca su caracterización.

## **Objetivo de la Tesis.**

Análisis y diseño de un espejo torsional que, bajo ciertas condiciones de voltaje, se comporte de manera lineal y resista a las fuerzas a las que se le sometan, con la finalidad de validar el diseño. Este trabajo únicamente abarcará la parte de análisis, diseño y simulación, sin embargo al validar el microespejo propuesto se sentarán las bases para poder formar una matriz de microespejos torsionales que asemeje el movimiento de un microespejo deformable, con posibles aplicaciones en óptica adaptiva.

## **Metodología**

Se realizó una investigación documental a cerca de los diferentes tipos de microespejos, se definió el diseño del microespejo torsional a utilizar, así como el proceso de microfabricación del mismo. Posteriormente se realizó un análisis computarizado mediante el software de diseño y análisis MEMS en Coventor Ware y finalmente se plasmaron las conclusiones.