

# ÍNDICE

**INTRODUCCIÓN**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

**OBJETIVO DE LA TESIS**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

**METODOLOGÍA**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

## **CAPÍTULO I**

**1. MICROESPEJOS MEMS** .....- ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED. -

1.1 Microespejos Movibles..... - **Error! Bookmark not defined.** -

1.1.1 Dispositivo de Microespejos Digitales ..... - **Error! Bookmark not defined.** -

1.2 Microespejos de Pistón..... - **Error! Bookmark not defined.** -

1.3 Microespejos deformables..... - **Error! Bookmark not defined.** -

1.4 Microespejos Torsionales ..... - **Error! Bookmark not defined.** -

## **CAPÍTULO II**

**2. PROCESOS Y TÉCNICAS DE FABRICACIÓN DE MICROSISTEMAS**..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

2.1 Micromaquinado de superficie ..... **Error! Bookmark not defined.**

2.1.1 El silicio como material primordial de las estructuras microelectrónicas **Error! Bookmark not defined.**

2.1.2 Proceso de construcción y atacado del silicio al construir un  
microsistema..... **Error! Bookmark not defined.**

2.1.2.1 Oxidación Térmica ..... **Error! Bookmark not defined.**

2.1.2.1.a) Oxidación térmica húmeda. .... **Error! Bookmark not defined.**

2.1.2.1.b) Oxidación térmica seca..... **Error! Bookmark not defined.**

2.1.2.2 Deposición ..... **Error! Bookmark not defined.**

2.1.2.2.a) Deposición Física en Fase Vapor (LPPVD)..... **Error! Bookmark not defined.**

2.1.2.2.b) Deposición Química en Fase Vapor (LPCVD). .... **Error! Bookmark not defined.**

2.1.2.3 Litografía ..... **Error! Bookmark not defined.**

2.1.2.4 Grabado..... **Error! Bookmark not defined.**

2.1.2.5 Difusión ..... **Error! Bookmark not defined.**

2.1.3 Ventajas principales del proceso de micromaquinado en superficie **Error! Bookmark not defined.**

2.1.4 Procesos MUMPS..... **Error! Bookmark not defined.**

2.1.4.1 Proceso PolyMUMPS ..... **Error! Bookmark not defined.**

2.2 Micromaquinado en volumen ..... **Error! Bookmark not defined.**

2.3 Proceso LIGA..... **Error! Bookmark not defined.**

## **CAPÍTULO III**

### **3. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

#### **3.1 Análisis Teórico De Las Características Estáticas Del Microespejo**

Torsional ..... **Error! Bookmark not defined.**

3.1.1 El Principio Del Capacitor y El Momento Torsional Electroestático. **Error! Bookmark not defined.**

3.1.2 Relación Estática Entre El Voltaje De Operación Y El Ángulo De

Rotación. .... **Error! Bookmark not defined.**

3.1.3 Estudio Del Efecto Caída Instantánea ..... **Error! Bookmark not defined.**

3.1.4 Estudio Del Efecto De Adhesión Momentánea ..... **Error! Bookmark not defined.**

#### **3.2 Análisis Teórico de las Características Dinámicas Del Microespejo**

Torsional ..... **Error! Bookmark not defined.**

3.2.1 Doblez De Las Vigas Torsionales Debido A La Masa Del Microespejo **Error! Bookmark not defined.**

3.2.2 Desplazamiento Angular De Las Vigas Torsionales. .. **Error! Bookmark not defined.**

3.2.3 Frecuencia De Vibración Para La Estructura Del Microespejo. **Error! Bookmark not defined.**

3.2.4 Frecuencia De Vibración De La Viga Torsional ..... **Error! Bookmark not defined.**

3.2.5 Diferentes Fuerzas De Amortiguamiento Para El Microespejo Torsional **Error! Bookmark not defined.**

3.2.6 Amortiguamiento De la Vibración oscilatoria del microespejo. **Error! Bookmark not defined.**

3.2.7 Respuesta Del Microespejo Torsional A Una Fuerza Escalón **Error! Bookmark not defined.**

#### **3.3 Acoplamiento Dinámico Entre Los Efectos De Deflexión Y Torsión. **Error! Bookmark not defined.****

3.3.1 Respuesta A Una Fuerza Escalón Del Modelo Con Acoplamiento

Dinámico ..... **Error! Bookmark not defined.**

3.3.1.1 Respuesta A Una Fuerza Escalón Sin Amortiguamiento. **Error! Bookmark not defined.**

3.3.1.2 Respuesta Escalón Del Microespejo Con Amortiguamiento Viscoso **Error! Bookmark not defined.**

3.3.2 Respuesta armónica del microespejo ..... **Error! Bookmark not defined.**

## **CAPÍTULO IV**

### **4. DISEÑO DEL MICROESPEJO PARA SIMULACIÓN ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED**

4.1 Especificaciones De Diseño Para El Microespejo ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.2 Método de Elementos Finitos ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.2.1 División del sistema. .... **Error! Bookmark not defined.**

4.2.2 Ecuación de Potencial. .... **Error! Bookmark not defined.**

4.2.3 Condiciones de frontera. .... **Error! Bookmark not defined.**

4.2.4 Cálculo de los potenciales. .... **Error! Bookmark not defined.**

4.2.5 Resolución de las ecuaciones planteadas. .... **Error! Bookmark not defined.**

4.2.6 Interpretación de resultados. .... **Error! Bookmark not defined.**

4.3 Simulaciones de Elemento Finito ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.3.1 CoventorWare ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.3.1.1 Base de datos de Propiedades de los materiales. **Error! Bookmark not defined.**

4.3.1.2 Editor de Procesos. .... **Error! Bookmark not defined.**

4.3.1.3 Arquitecto ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.3.1.4 Diseñador. .... **Error! Bookmark not defined.**

4.3.1.5 Mallado ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.3.1.6 Analizador ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.3.1.7 Visualizador ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.3.2 Proceso de Simulación en Coventor Ware ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.3.2.1 Construcción del Modelo ..... **Error! Bookmark not defined.**

---

4.4 Obtención de resultados .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1 Parámetros utilizados para la simulación .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.1 Resultados de la simulación del desplazamiento del microespejo.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.2 Relación entre los ángulos de desplazamiento y el voltaje aplicado.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.3 Resultados de la simulación de fuerza de reacción en las vigas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.4 Resultados de la simulación de modos de frecuencia de vibración.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

5.1 Propiedades del polisilicio .....

**Error! Bookmark not defined.**

5.2 El ángulo de inclinación y la linealidad .....

**Error! Bookmark not defined.**

5.3 Modos de vibración .....

**Error! Bookmark not defined.**

5.4 El modelo físico .....

**Error! Bookmark not defined.**

## **CAPÍTULO VI**

**6. CONCLUSIONES ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

**BIBLIOGRAFÍA..... Error! Bookmark not defined.**