

## **CAPÍTULO VI**

### **Conclusiones**

Después de haber realizado las simulaciones, haber obtenido los resultados y realizado el análisis de los mismos, se comprobó que las vigas torsionales del modelo de microespejo torsional propuesto, al flexionarse bajo la fuerza de atracción ejercida por el voltaje máximo aplicado, no sufren fractura ni total y/o parcial.

Respecto a la resistencia del material, en particular para el caso de las vigas torsionales, el análisis del módulo de Young obtenido en la simulación, demuestra que el polisilicio utilizado para su fabricación, proporciona la resistencia y flexibilidad necesarias para el correcto funcionamiento de las vigas.

Otro aspecto importante en el desempeño del microespejo, es que el diseño-basado en la tecnología de micromaquinado PolyMUMPS- y el método de control propuestos, garantizan que la placa reflejante no toque ni choque con el sustrato, evitando así los efectos de caída instantánea y/o adhesión momentánea.

Esto arroja que efectivamente, el método fabricación de elegido (PolyMUMPS) resulta barato y sencillo, y lo hace una opción confiable para lograr los objetivos propuestos al inicio de este trabajo.

Con estos resultados, también se validó que el modelo del microespejo torsional propuesto presenta linealidad electrostática, es decir, el voltaje y los ángulos obtenidos al girar el microespejo, son linealmente proporcionales.

Lo anterior significa que a un valor de voltaje relativamente bajo, las vigas se podrán flexionar y con ello hacer girar la placa reflejante del microespejo un rango amplio de ángulos de torsión, sin que con ello el usuario tenga que preocuparse por no lograr un ángulo deseado -que se incluya dentro del rango de movimiento del microespejo-, debido a la probable fractura del material.

Para alcanzar esta característica de transferencia se utilizó el método de control propuesto –aumentando voltaje en un electrodo y disminuyendo el del otro proporcionalmente-, de tal modo que el microespejo es capaz de alcanzar diferentes ángulos conforme los valores de voltajes aplicados varían de modo lineal. Esta característica de linealidad en el cambio de potencial entre los electrodos, garantiza el comportamiento de un microespejo torsional con ángulos de escalamiento lineales, bajo las condiciones de diseño y control propuestos.

Además se comprobó que la respuesta a los diferentes modos de frecuencia a los que se sometió el modelo, se encuentra dentro de un rango seguro de funcionamiento, lo

que garantiza un desempeño sin vibraciones peligrosas que comprometan la estructura del espejo en funcionamiento.

Por tanto, los resultados obtenidos validan el funcionamiento físico del microespejo, en los cuatro aspectos principales que se plantearon en esta tesis: la resistencia del material, los efectos de adhesión momentánea y caída instantánea, la relación de linealidad entre ángulo-voltaje y las condiciones de modos de amortiguamiento de frecuencias.

Al haber obtenido todas estas características de diseño, que hacen del microespejo torsional propuesto un modelo práctico, seguro y barato para lograr ángulos de movimiento bastante exactos, se puede afirmar que son válidas para el caso de los objetivos planteados en esta tesis que es simular el movimiento de un espejo deformable basado en espejos torsionales.

Esto es totalmente posible, dado que se pueden lograr ángulos más pequeños si en vez de aplicar diferencias de voltaje en unidades de Volt, se pudieran aplicar en ambos electrodos una diferencia fraccionaria. Por tanto, debido a la linealidad electrostática del sistema, se pueden obtener ángulos más pequeños y exactos, si es que el usuario así lo requiriera.

Al obtener este tipo de ángulos más pequeños, se puede entonces plantear el desarrollo de una matriz de microespejos, los cuales al ser accionados independientemente y bajo las condiciones de control propuestas, puedan lograr -en conjunto- ángulos similares a los que se obtienen con la deformación de la membrana de un microespejo deformable.

De esta manera, el objetivo de lograr emular el comportamiento de un microespejo deformable utilizando únicamente microespejos torsionales, puede alcanzarse de un modo más sencillo, sin necesidad de comprometer la resolución del microespejo y logrando un control de la “membrana” (matriz de microespejos) mucho más exacto.

Este nuevo microespejo “deformable”, además puede aumentar su resolución entre mayor sea el número de microespejos torsionales con los que cuente dicha matriz, sin embargo contaría con la desventaja de que a mayor número de microespejos torsionales, mayor será la superficie que utilizaría el dispositivo en su conjunto, además de que el control de una cantidad muy grande de microespejos accionados individualmente, se complicaría en extremo.

Sin embargo y como se estableció en un principio de este trabajo, las características de diseño de esta matriz, no fueron abordadas puesto que únicamente se validó el modelo que servirá como base para este otro objetivo -en un trabajo posterior-, el cual incluiría la caracterización del modelo físico ya construido.