

Caracterización de Materiales Piezoeléctricos Mediante Interferometría

Carlos Páramo ^{1,†}, y Julián Nuñez ^{2,†}

[†] Departamento de Física, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia.
¹ca.paramo10@uniandes.edu.co, ²jh.nunez10@uniandes.edu.co

Abstract

Los materiales piezoeléctricos se caracterizan por la propiedad de que, al ser sometidos a una diferencia de potencial, su estructura cristalina sufre una deformación debido a tensiones internas generadas por este voltaje. Por lo general, este fenómeno es reversible y funciona de manera inversa (Tensión mecánica que genera una diferencia de potencial). En este trabajo, se tiene como objetivo la caracterización de un piezoeléctrico mediante un interferómetro de Michelson. Esto es con el fin de probar la efectividad del método trabajando sobre un material que ya está bien caracterizado. Esta caracterización consiste en medir, mediante este arreglo experimental, las deformaciones que sufre un piezoeléctrico (Multilayer Piezo Actuator) de 75V. Los cambios en la deformación se pueden evidenciar mediante el movimiento de los máximos y los mínimos de la interferencia generada por el interferómetro. Estos corrimientos de los mínimos serán observados mediante una cámara CCD. La caracterización fue exitosa, ya que las deformaciones medidas corresponden con los voltajes de manera muy cercana a la mostrada en el DataSheet del piezoeléctrico, pese a unos problemas en la rotación de las imágenes.

1. Introducción

En la actualidad, el estudio de materiales piezoeléctricos está muy completo. Los piezo eléctricos poseen aplicaciones que abarcan desde la producción de sensores hasta en la generación de energía eléctrica.



Figure 1: Imagen del montaje experimental del interferómetro.

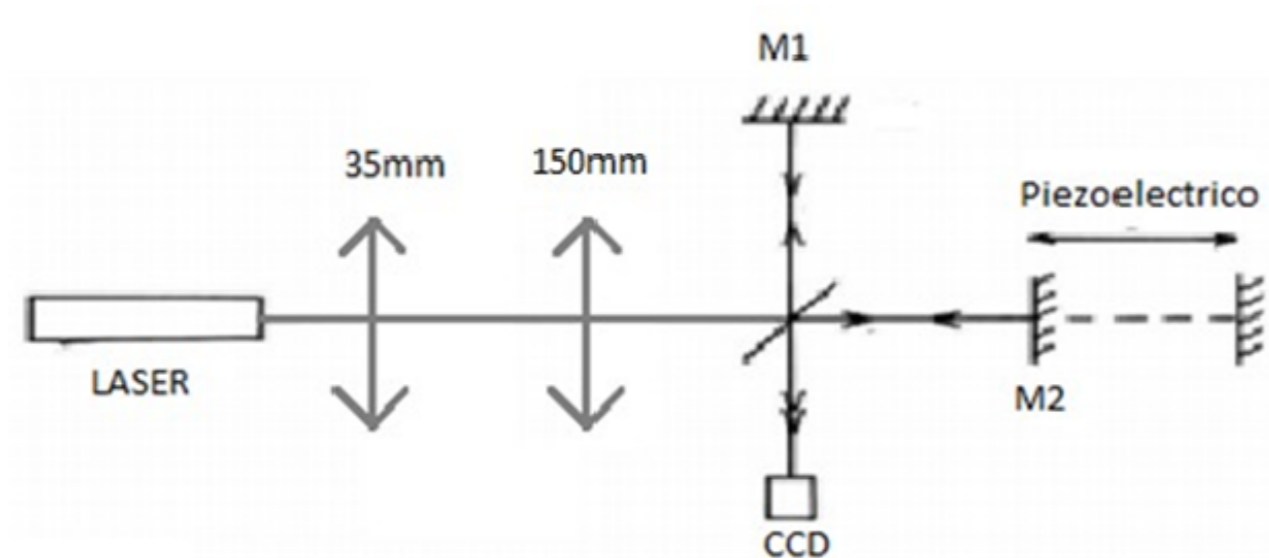


Figure 2: Esquema del interferómetro del montaje usado.

El objetivo de este proyecto era el de caracterizar un piezo mediante un interferómetro de Michelson-Morley, con el cual se pueden medir las deformaciones sufridas por el piezoeléctrico ante el cambio del voltaje al que se le somete. Las mediciones serán realizadas en función del número de mínimos observados N . La relación que asocia los cambios de la distancia a un punto del piezoeléctrico se expresa en la ecuación 1:

$$\Delta L = N \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

Donde λ es la longitud de onda del láser o rayo de luz con el que estamos realizando el experimento y ΔL es el cambio de la distancia. Para caracterizar el material como tal se recurre a la relación que define la sensibilidad de un material piezoeléctrico.

$$\eta = \frac{\Delta L}{\Delta V} \quad (2)$$

La pregunta principal es comprobar la efectividad de la caracterización de piezoeléctricos mediante este procedimiento. Esto se logró comparándolo con el datasheet del piezo y comprobado que la evolución de su deformación es aproximadamente, a grandes escalas, lineal.

2. Resultados

2.1 Obtención del patrón de interferencia

Se logra obtener un patrón de interferencia satisfactorio, el cual nos permite el análisis de este para margenes de error.

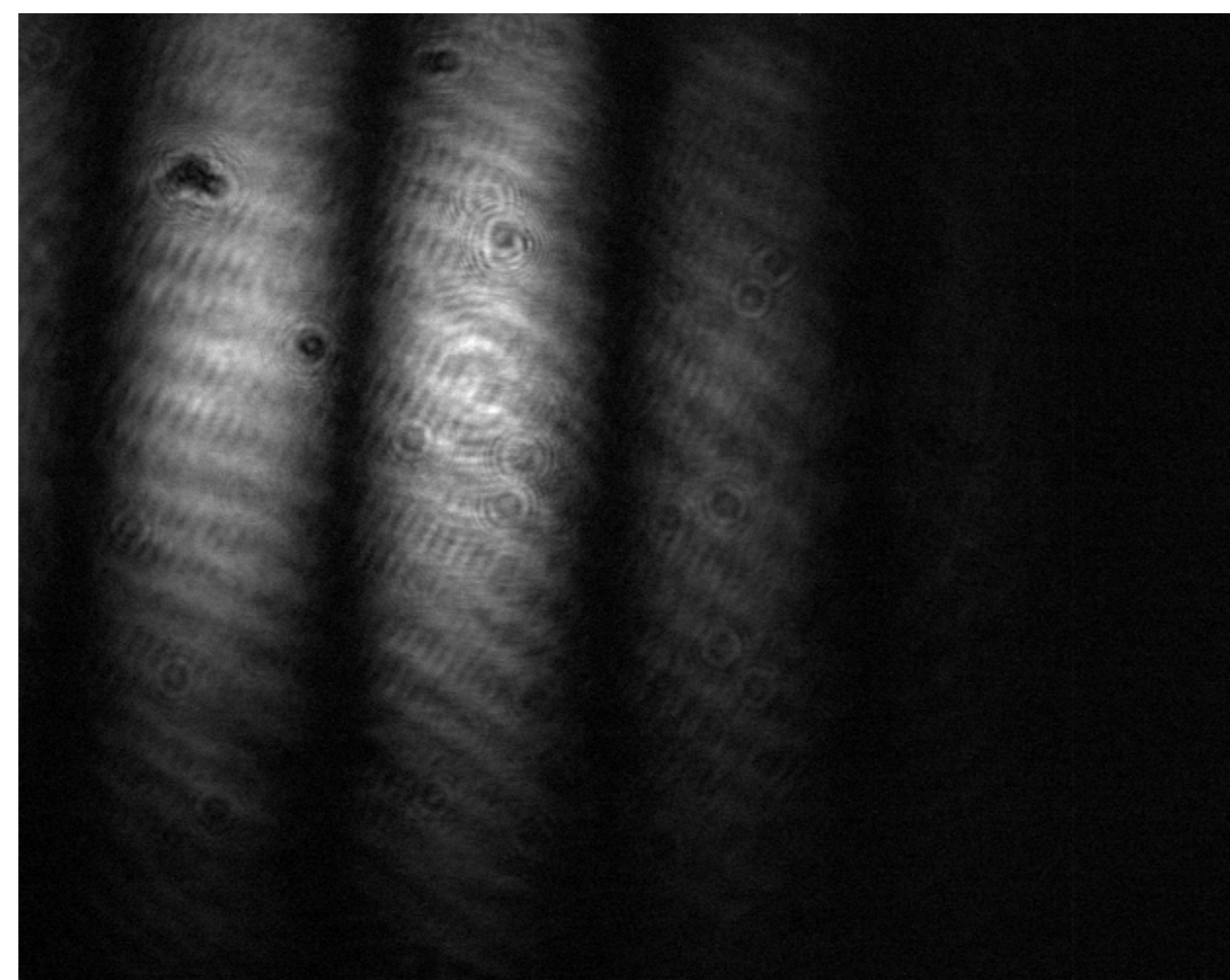


Figure 3: Patrón de interferencia obtenido.

Con una relación de intensidad vista como:

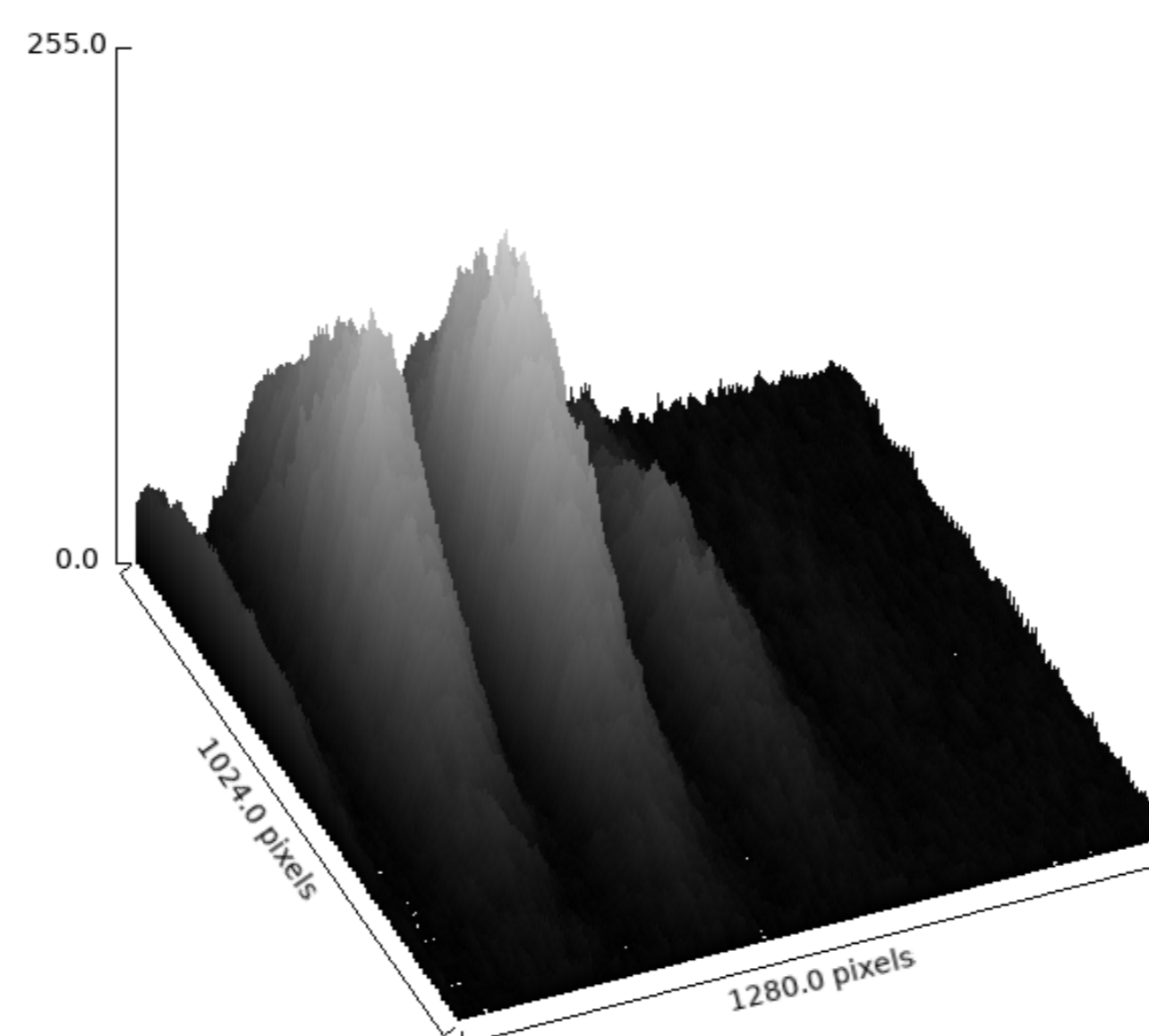


Figure 4: Perfil tridimensional del patrón obtenido

Para su mejor análisis, se recurrió al suavizado de los perfiles obtenidos, de tal manera, que fuese más exacta la identificación del pico del patrón de interferencia.

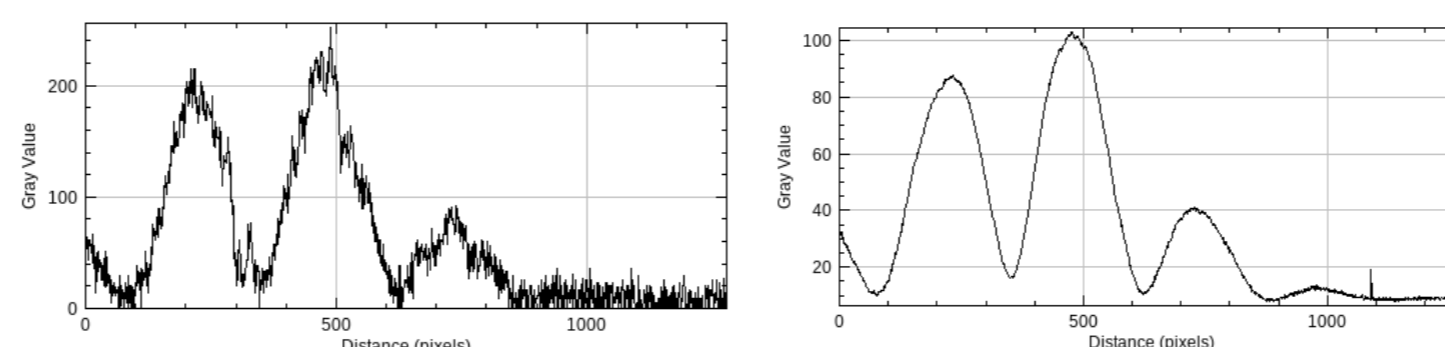


Figure 5: Perfil obtenido vs. suavizado.

Una vez ya suavizado, se toma por analizar el comportamiento temporal de un pico de intensidad sin afectaciones en el sistema, para calcular un estilo de error experimental por afectaciones propias del montaje.

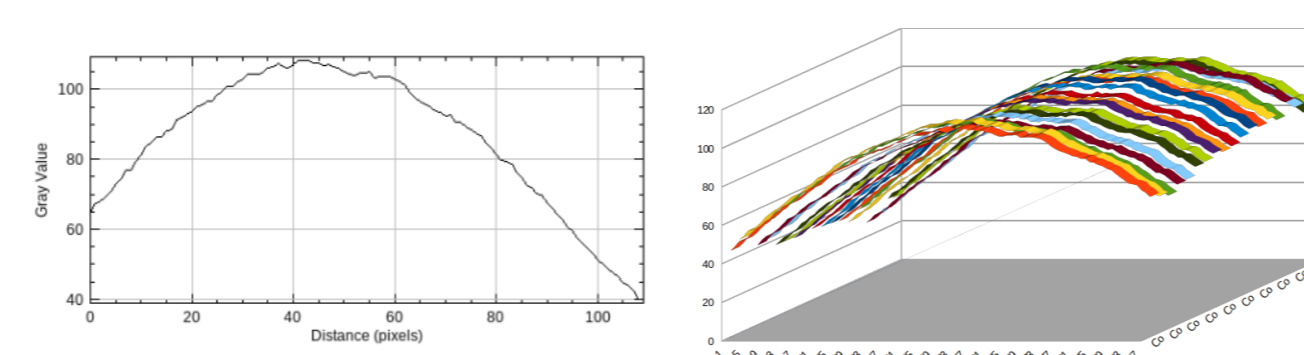


Figure 6: Análisis del pido de intensidad en el tiempo.

En este caso el ancho del pico es de 215 pixeles, frente a una desviación estándar de 6.44 pixeles, lo que nos da un error porcentual condicionado al ancho del pico de 2.99%, lo que es un resultado relativamente bajo frente a la aislacion del sistema a interacciones externas.

2.2 Análisis del piezoeléctrico y cálculo de parámetros

Una vez ya calibrado bien el montaje y con el patron de interferencia ya establecido, se procede a hacer variaciones en el voltaje puesto sobre el piezo electrico, y observar

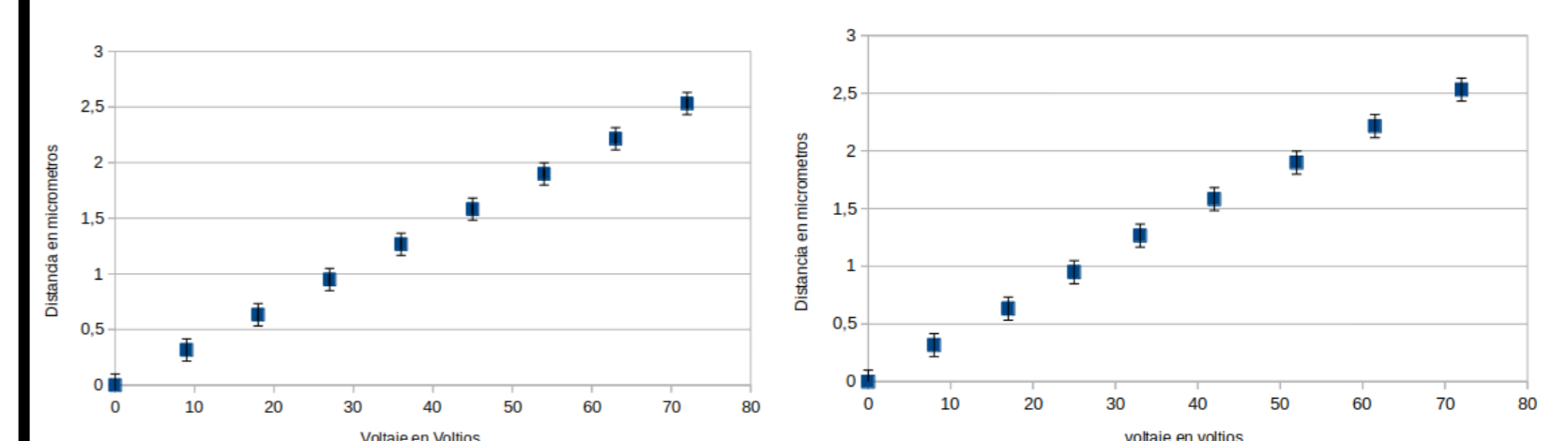


Figure 7: Curvas de deformación respecto al voltaje aplicado.

Lo que teniendo en cuenta la longitud de onda del láser como 632,8nm, nos da una distancia de 316,4nm cada vez que se repite el patrón de interferencia. Y asumiendo un comportamiento lineal, que se ve evidenciado en cada repetición del patrón de interferencia, y al revisar en patrones de interferencia de cortes por voltio, se repite esta interacción lo que nos permite dar a que entre esos puntos la relación es totalmente lineal con una pendiente de 34,76nm por voltio. Para el proceso de ida, que comprende desde los 0V hasta los 72V generamos.

Estos dos recorridos conforman una curva de histéresis, que si bien no cuenta con un área de histéresis muy grande, sustenta la linealidad aproximada de la teoría, más exactamente predicha por la ecuación 2. Por otro lado, estas gráficas son cercanas a las evidenciadas en el DataSheet del piezoeléctrico (Figura 17). Lo que demostraría que, de manera cualitativa y preliminar, este procedimiento de caracterización de piezoeléctricos es confiable para piezos que no estén tan caracterizados como el de este trabajo.

3. Conclusiones

Se logra obtener un patrón de interferencia adecuado para realizar las distintas mediciones. Este patrón de interferencia se muestra como un patrón de líneas paralelas, lo que demuestra que el interferómetro estaba alineado de manera óptima. Se logra sacar de forma aproximada una interacción lineal del piezoeléctrico, frente al voltaje y el desplazamiento. Esto concuerda con lo predicho por la definición de sensibilidad piezoeléctrica. Y de manera muy próxima concuerda con lo registrado en el DataSheet del piezo. Lo cual hace pensar de manera preliminar que este procedimiento puede brindar caracterizaciones de piezoeléctricos de manera sencilla y confiable.

4. Referencias

- [1] Gautschi, G. (2002). Piezoelectric Sensorics: Force Strain Pressure Acceleration and Acoustic Emission Sensors Materials and Amplifiers. Zurich, Suiza.: Springer.
- [2] Nicolás Morales Durán, L. A. (2014). Interferómetro de Mach-Zehnder. Bogotá, Colombia.
- [3] S. Lloyd, M. P. (2010). Characterization of a Piezoelectric Buzzer Using a Michelson Interferometer.
- [4] THORLABS. (s.f.). Open-Loop Piezo Controllers and Low-Voltage Shear Piezoelectric Chips and Stacks. Obtenido de <https://www.thorlabs.com>
- [5] Fundación Española para la Ciencia y la tecnología - FECYT. (2010). Materiales Piezoeléctricos.

5. Agradecimientos

Al grupo de óptica cuántica del departamento de física de la Universidad de los Andes, a la profesora Mayerlin Nuñez, William Alberto Gomez Guzman, Johnny Alberto Tenorio Albañil por la asesoría y por la provisión de los equipos necesarios para este proyecto.