

Detección Homodina con Fuente Láser en la

Región del Visible

Andrés Martínez S. y Hugo Villalba V.

Departamento de Física, Univ. de Los Andes, 111711 Bogotá, Colombia.

Abstract

La detección homodina permite hacer mediciones de las cuadraturas de los campos electro-magnéticos. En este proyecto se construyó un detector homodino utilizando elementos tanto ópticos como electrónicos. Para esto, inicialmente se diseñó un interferómetro que permite cambiar la fase del oscilador local y medir diferencias relativas entre la señal a estudiar y la referencia (oscilador local). Para la detección de las señales se utilizaron fotodiodos con sus respectivos circuitos y para la sustracción de las señales se diseñó e implementó un circuito restador con amplificadores operacionales. Finalmente, se hizo la alineación de los elementos ópticos y electrónicos. De esta manera se pudo construir un detector homodino que se encuentra configurado para realizar las mediciones de las cuadraturas de campos electromagnéticos de las señales que se quieran estudiar.

1. Introducción y Teoría

Usualmente, en los experimentos se detecta la magnitud cuadrada de un campo eléctrico, $E \mid^2$. Esto, aunque puede ser muy útil para ciertas aplicaciones, impide obtener información sobre la fase del campo eléctrico. La fase del campo eléctrico y en sí la medición directa del mismo es útil para el estudio del ruido en las señales electromagnéticas y la caracterización de los estados de la luz. La detección homodina es un método que permite obtener el campo eléctrico directamente a través de la medición de las cuadraturas del campo eléctrico. Dentro de las aplicaciones de la detección homodina esta la obtención de las funciones de Wigner y caracterizar estados squeezed [1]. El objetivo de proyecto fue el diseño y construcción de un detector homodino que permitiera medir las cuadraturas del vació y de un láser en la región del visible, permitiendo obtener el campo eléctrico.

1.1 Cuadraturas

Las cuadraturas aparecen de la intención de describir las amplitudes complejas del campo eléctrico en términos de dos magnitudes. Una de ellas describirá la magnitud de la parte real y la otra la magnitud imaginaria, de una amplitud compleja asociada al campo eléctrico. Un campo eléctrico en un solo modo puede expresarse como:

$$E(\vec{r},t) = \mathscr{E}(k_z,t)\cos(k_z z - \omega t)$$

Ahora, tomando $\mathscr{E}_c = \mathscr{E}_1 + i\mathscr{E}_2$ el campo puede escribirse en función de las cuadraturas como:

$$E = \hat{X}_1 \cos(\omega t) + \hat{X}_2 \sin(\omega t)$$

Donde las cuadraturas son:

$$\hat{X}_1 = \frac{\mathscr{E}_1}{2iB} = \frac{1}{2}(\hat{a} + \hat{a}^{\dagger})$$
 $\hat{X}_2 = \frac{\mathscr{E}_2}{2iB} = \frac{1}{2}(\hat{a}^{\dagger} - \hat{a})$

$$\hat{X}_2 = \frac{\mathscr{E}_2}{2iB} = \frac{1}{2}(\hat{a}^{\dagger} - \hat{a})$$

Por lo tanto si se miden las cuadraturas es posible obtener el campo eléctrico, con la información de su fase.

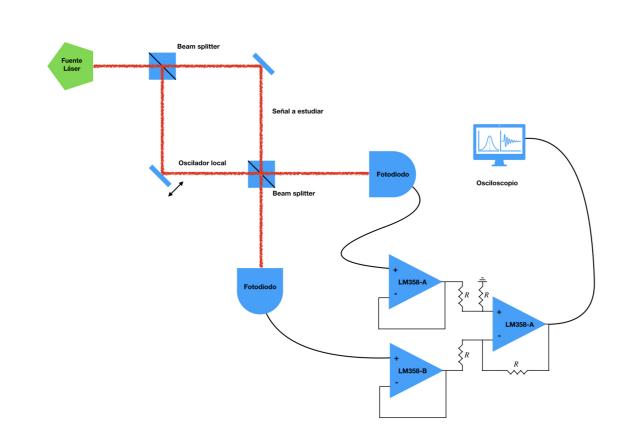
2. Montaje Experimental

El montaje experimental consiste en un interferometro Mach-Zehnder que permite el movimiento de uno de los espejos para variar el camino óptico de uno de los haces [2]. Posteriormente la corriente medida en los detectores se resta y se analiza. La resta de estas corriente permite obtener las cuadraturas:

$$\langle I_{-} \rangle = \hat{X}_{1s}^* \hat{X}_{1LO} + \hat{X}_{2s}^* \hat{X}_{2LO}$$

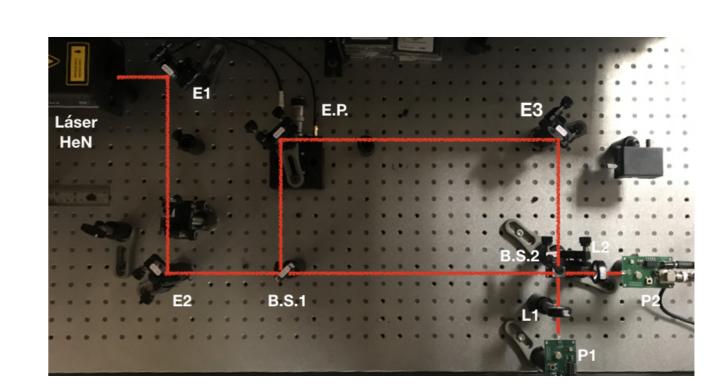
Esta expresión puede expresarse como [3]:

$$= |\alpha_{LO}|(\cos(\phi_{LO})\hat{X}_{1s} + \sin(\phi_{LO})\hat{X}_{2s})$$



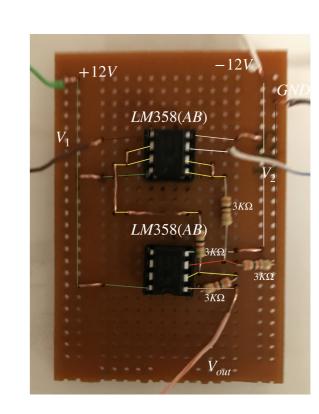
2.1 Montaje Óptico

Montaje en mesa óptica para detección homodina. La luz emitida por la fuente láser, por medio de reflexiones en los espejos E1 y E2, es dirigida a un beamsplitter (B.S.1) donde se separa en dos haces. El primer haz se refleja en un espejo montado sobre un piezoeléctrico (E.P.) y posteriormente se refleja en el espejo E3 para incidir sobre el beamsplitter B.S.2. El movimiento del piezo permite variar el camino optico de este haz. El segundo haz incide directamente sobre el beamsplitter B.S.2, manteniendo un camino optico constante. Posteriormente los haces resultantes del beamsplitter son detectados por los fotodiodos P1 y P2, que se encuentran en el punto focal de los lentes L1 y L2 respectivamente.



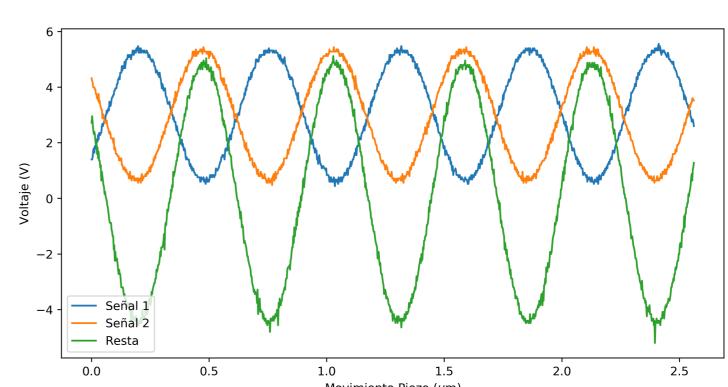
2.2 Montaje Electrónico

Circuito restador implementado sobre béquela con amplificadores operacionales LM358. Las señales de los fotodiodos del montaje optico se restan en este circuito y posteriormente se envian al osciloscopio.



3. Resultados

Patrón de interferencia de las señales del oscilador local, la fuente a estudiar y su respectiva resta en función del desplazamiento del piezoeléctrico. Con estos datos es posible obtener las cuadraturas de la señal estudiada.



4. Conclusiones

En suma, en este proyecto se cumplió con:

- 1. Diseño y construcción un detector homodino óptico usando una fuente láser en la región del visible.
- 2. Diseño, construcción e implementación de restador electrónico de señales.
- 3. Ensamble de oscilador local y del montaje óptico.
- 4. Caracterización del piezoeléctrico.
- 5. Alineación de montaje experimental completo: elementos ópticos y electrónicos.
- 6. Primeras mediciones de interferencia entre señales y su respectiva resta.

Agradecimientos: Al Grupo de Optica, especialmente a la Dra. Alejandra Valencia y al Ing. Johnny Tenorio.

References

- [1] M. Bellini A. Zavatta, S. Viciani. Quantum-to-classical transition with single-photonadded coherent states of light. 2004.
- [2] Hans-A. Bachor and Timothy C. Ralph. Guide to experiments in quantum optics. chapter 8. WILEY-VCH, second, revised and enlarged edition edition, 2009.
- [3] A. M. Fox. Quantum optics: An introduction. chapter 7. Oxford University Press, first edition edition, 2006.