

XX999

Reunión Bienal



REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA

VALLADOLID 23 - 27 Septiembre 1991

LIBRO DE RESUMENES
TOMO II



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



JUNTA DE CASTILLA Y LEON

18. OR-3 ANALISIS DE SISTEMAS HOLOGRAFICOS: ABERRACION DE ONDA Y TRAZADO DE RAYOS.

A. Beléndez, L. Carretero y I. Pascual..

Laboratorio de Optica. Departamento Interuniversitario de Optica.
Universidad de Alicante. Apdo. 99. 03080 Alicante.

1. INTRODUCCION

El diseño y fabricación de sistemas ópticos holográficos ha alcanzado un momento de gran desarrollo, impulsado fundamentalmente por el uso de estos sistemas en distintos campos de la Optica Aplicada, utilizando dichos elementos como sistemas de barrido, visores, concentradores solares o interconectores ópticos. Una característica fundamental de todos estos dispositivos ópticos es la calidad de la imagen que han de proporcionar, ligada con las aberraciones del sistema óptico particular. El análisis de las aberraciones de un sistema holográfico puede llevarse a cabo mediante dos técnicas: La aberración del frente de onda imagen [1] y la utilización de trazados de rayos [2].

2. ABERRACION DE ONDA Y TRAZADO DE RAYOS

Las ecuaciones que proporcionan la **aberración de onda** se obtienen de la expresión de la fase del frente de onda imagen, ϕ_i . Si $\phi_{i,d}$ es la fase de la onda imagen deseada, la aberración de onda, Δ , es la diferencia entre ϕ_i y $\phi_{i,d}$. En el caso de ondas esféricas se ha obtenido una expresión de la aberración del frente de onda como suma de distintos términos, cada uno de los cuales pueden identificarse con las aberraciones de orden tercero, quinto, ..., $2n + 1$,... Se ha realizado, asimismo, un programa de ordenador que permite calcular dicha aberración de onda. Sin embargo, para caracterizar el sistema holográfico es más interesante definir algún valor promedio de la aberración sobre la pupila de salida del sistema. Como el valor promedio podría ser nulo aunque las aberraciones no lo sean, se define un parámetro A para caracterizar la calidad de la imagen, como la raíz del valor promedio del cuadrado de la aberración de onda sobre la pupila de salida del elemento [3]. Haciendo uso de la teoría de la difracción de las aberraciones pero aplicada a sistemas holográficos, es posible relacionar la calidad de las imágenes con la distribución de intensidad luminosa [4]. Inicialmente se ha encontrado la intensidad normalizada en el punto imagen gaussiano, $i(G)$ Esta intensidad está relacionada -mediante el criterio de Maréchal- con las condiciones de tolerancia de aberraciones de un sistema óptico, de forma que un sistema está corregido cuando $i(G) \geq 0.8$.

Las ecuaciones para el **trazado de rayos** en sistemas holográficos también las obtenemos de la ecuación de la fase del haz imagen, pues sus derivadas parciales proporcionan los cosenos directores de dicho haz. Mediante un programa de ordenador se ha calculado la intersección del haz difractado con un plano cualquiera en el espacio imagen. Las aberraciones del sistema están relacionadas con el tamaño del "spot" en el plano imagen. Como la distribución de puntos de ese "spot" no será uniforme, se utiliza el concepto de desviación cuadrática media, tomando como radio del "spot" esa desviación.

3. RESULTADOS

Como ejemplo vamos a considerar una lente holográfica de diámetro 8 cm, cuya reconstrucción se realiza con una longitud de onda 745 nm, mediante un haz colimado, siendo convergente el haz imagen, a una distancia de 32.5 cm. Los ángulos que forman los haces de reconstrucción e imagen son 40° y 0° , respectivamente. Si la longitud de onda de registro es de 633 nm y el procesado del medio viene caracterizado mediante $T_e/N = 0.85$ [5], las geometrías de registro y reconstrucción han de ser diferentes para que el rendimiento en difracción sea máximo. Esto introduce aberraciones. Las figuras 1 y 2 corresponden a la aberración del frente de onda y un topograma de la misma.

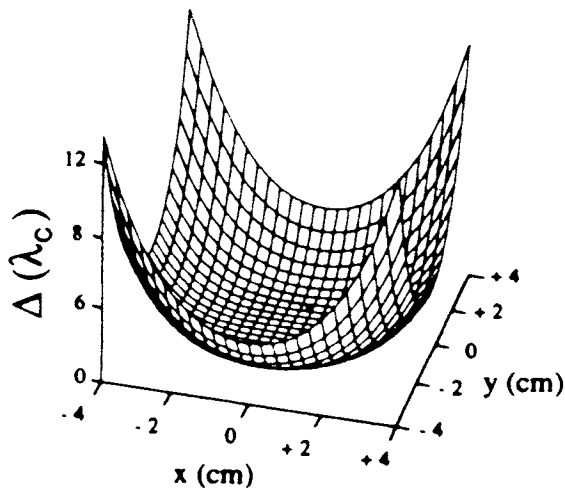


Figura 1

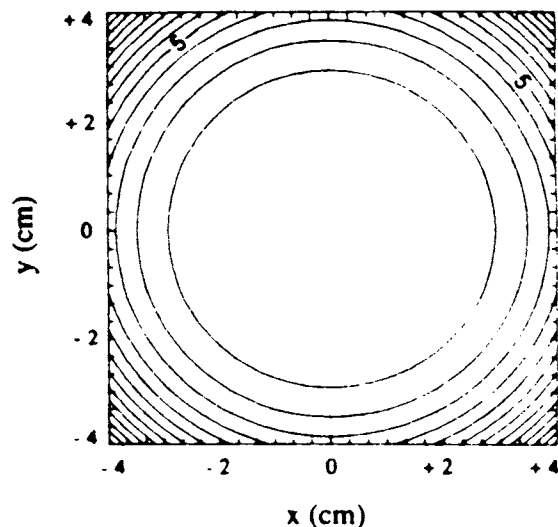


Figura 2

En la figura 3 se ha representado el parámetro A en función del diámetro de la lente así como la intensidad i (G). Hasta un diámetro de 4 cm se satisface el criterio de Maréchal. Finalmente, la figura 4 corresponde al "spot" en el plano imagen gaussiano calculado mediante trazado de rayos.

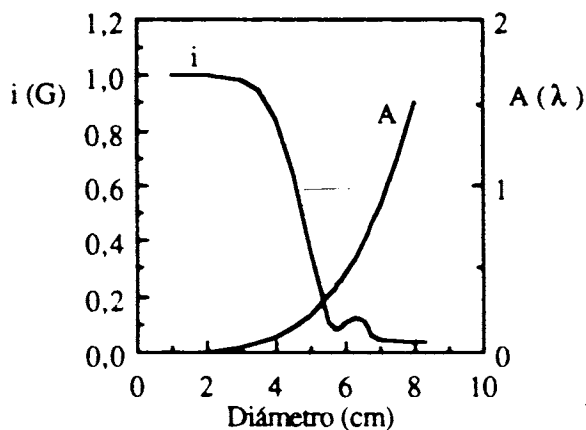


Figura 3

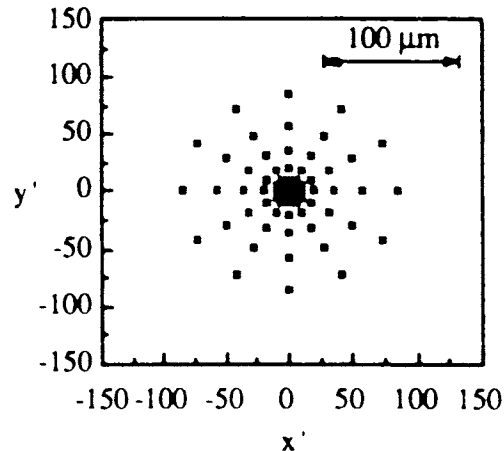


Figura 4

4. REFERENCIAS

- [1] E.B. Champagne, "Nonparaxial imaging, magnification and aberration properties in Holography", *J. Opt. Soc. Am.*, **57**, 51 (1967).
- [2] J. N. Latta, "Computer-Based Analysis of Holography Using Ray Tracing", *App.Opt.*, **10**, 2698 (1971).
- [3] H. Chen, R. R. Hershey and E. N. Leith, "Design of holographic lens for infrared", *Appl. Opt.*, **26**, 1983 (1987).
- [4] M. Born and E. Wolf, "Principles of Optics". Cap. 9. Pergamon Press, Oxford (1987).
- [5] A. Beléndez, "Influencia del medio de registro en las características de los elementos ópticos holográficos". Cap. 6. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia (1990).