

"MEDIDA DE CARACTERISTICAS DE DISPOSITIVOS FOTOEMISORES PARA COMUNICACIONES OPTICAS"

J.A. Aguilar
A. Cardama
M. Ferrando

ABSTRACT

Experimental procedures for the measurement of spectral and frequency responses, power and radiation patterns of emitters for optical communications are presented, with a description of the instrumentation developed and the results obtained.

INTRODUCCION

Las características de los dispositivos fotoemisores condicionan en gran medida el funcionamiento de un sistema de comunicaciones ópticas. Tanto el LED como el diodo Laser son dispositivos que están aún en fase de desarrollo y en consecuencia, la información que proporcionan los fabricantes es normalmente incompleta y poco fiable. Todo ello indica el interés en disponer de procedimientos de medida que permitan obtener fácilmente las características de estos dispositivos. Para realizar estas medidas, es necesario disponer de circuitos de polarización, modulación y detección adecuados. En la presente comunicación, tras una breve introducción a los dispositivos fotoemisores, se describen los circuitos diseñados y se presentan procedimientos para la medida de la característica potencia-corriente, la característica espectral, la respuesta en frecuencia y el diagrama de radiación de dispositivos fotoemisores y se comentan algunos de los resultados obtenidos.

DISPOSITIVOS FOTOEMISORES PARA FIBRAS OPTICAS

La radiación emitida por un LED procede de la recombinación de los portadores inyectados a través de una unión (o heterounión) p-n, al aplicarle una polarización directa. La relación entre la potencia óptica emitida y la corriente aplicada es prácticamente lineal. Su diagrama de radiación responde a la ley de Lambert. El ancho de banda de modulación viene limitado por el tiempo de vida medio de los portadores. Se utilizan dos tipos de LED para sistemas de transmisión por fibras ópticas: 1) de emisión superficial (tipo Burrus) |1|, 2) de emisión lateral |2|.

En un diodo laser, la acción combinada de la amplificación óptica y la cavidad resonante da lugar a la emisión de luz coherente, en el momento en que la amplificación óptica supera las pérdidas por absorción del material y por radiación. Esto tiene lugar para un valor de corriente umbral I_{th} . El diodo laser sólo exhibe el efecto laser para corrientes superiores a la corriente umbral, comportándose como un LED para $I < I_{th}$. En comparación con el LED, el diodo laser presenta una menor anchura espectral (≈ 2 nm frente a 30-100 nm para el LED), un mayor ancho de banda (> 2 GHz frente a 100-200 MHz para el LED), y un diagrama de radiación más directivo ($\theta_{\perp} \approx 40^{\circ}$, $\theta_{\parallel} \approx 10^{\circ}$ para un laser mientras que $\theta_{\perp} = \theta_{\parallel} \approx 120^{\circ}$ para un LED). Entre los distintos tipos de diodos Laser existentes actualmente, el "diodo laser DH de geometría de franja" (stripe-geometry DH Laser) es el más utilizado. Sin embargo, este dispositivo presenta el problema de la inestabilidad modal |3| que trae como consecuencia una serie de efectos inde-

Los autores pertenecen a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Barcelona.

seables, tales como alinealidades (Kinks) en la característica potencia - corriente, ruido en exceso, variaciones del diagrama de radiación y aumento de las oscilaciones amortiguadas en los transitorios. En los últimos años se ha dedicado un gran esfuerzo al desarrollo de estructuras capaces de exhibir un comportamiento modal estable. Entre ellas cabe citar las siguientes: BH (Buried Heterostructure) [4], SBH (Strip-Buried Heterostructure) [5], TJS (Transverse Junction Stripe), CSP (Channeled Substrate Planar) y CDH (Constricted DH) [6].

En cuanto al material empleado, los primeros dispositivos fotoemisores que se fabricaron se basaban en el compuesto ternario $\text{Al Ga}_x \text{As}_{1-x}$. Estos dispositivos, que en la actualidad han alcanzado un avanzado estado de desarrollo, son capaces de radiar en una longitud de onda comprendida en el margen $0,8 - 0,9 \mu\text{m}$. Sin embargo, las buenas características de atenuación y dispersión de las fibras ópticas en el margen de longitudes de onda $1 - 1,7 \mu\text{m}$ han motivado la aparición de una segunda generación de dispositivos basada en el compuesto cuaternario $\text{In}_{1-x} \text{Ga}_x \text{As}_y \text{P}_{1-y}$.

CIRCUITOS REALIZADOS

Para realizar medidas de características de dispositivos fotoemisores es necesario disponer de circuitos de polarización, modulación y detección adecuados. En este apartado se describen los circuitos que con este objeto se diseñaron y construyeron [7].

Para pulsar LED's se diseñó un circuito de accionamiento a transistores bipolares que proporciona pulsos de corriente de amplitud controlable entre 50 y 100 mA. El empleo de transistores de pequeña potencia (con tiempos de respuesta menores) conectados según una configuración en "Schmitt-trigger" da lugar a un circuito rápido con tiempos de respuesta del orden de 10 ns.

Se construyó también un receptor óptico formado por un fotodiodo PIN y un amplificador de video en circuito integrado, con un ancho de banda de 100 MHz y una ganancia en tensión de 34 dB.

Asimismo, se diseñó una fuente de corriente, pensada especialmente para polarizar el diodo laser, (figura 1). Esta fuente presenta una gran estabilidad y permite ajustar con precisión el valor deseado de la corriente entre 85 y 350 mA. La estabilidad de la corriente con la temperatura se consigue mediante la estructura realimentada que incluye al amplificador operacional (AO), gobernada por una tensión de referencia V_{ref} ajustable obtenida a partir del regulador de tensión de precisión en circuito integrado 550. La conexión y desconexión del diodo laser tienen lugar lentamente con una constante de tiempo $\tau = R_3 C_1$, con objeto de evitar posibles picos de corriente (asociados a transitorios rápidos) que pudieran dañar al diodo laser. Al mismo tiempo, estas conmutaciones lentas permiten hacer barridos de corriente que facilitan la obtención de la característica potencia - corriente.

Por último, se construyó un circuito soporte para el diodo laser. Este circuito tiene una entrada para polarización y otra para modulación adaptada a 50Ω . Asimismo, incorpora un mecanismo de protección contra sobrecorrientes.

CARACTERÍSTICA POTENCIA - CORRIENTE

La característica potencia - corriente se obtiene aplicando un barrido de corriente al dispositivo y detectando la potencia emitida mediante un radiómetro.

La figura 2 muestra la característica P - I del diodo laser DH C-30130 obtenida por este procedimiento. El barrido de corriente se realizó aprovechando las conmutaciones lentas de la fuente de corriente descrita en el apartado anterior. Se observa que la característica es muy poco lineal, pudiéndose apreciar varios cambios de pendiente y Kinks.

CARACTERISTICA ESPECTRAL

La figura 3 muestra el montaje empleado para obtener la característica espectral de dispositivos fotoemisores. Se realiza un barrido automático en el monocromador de las longitudes de onda de interés. El "lector de longitud de onda" da en todo momento una tensión analógica de salida relacionada con la longitud de onda de paso del monocromador.

La figura 4 muestra la característica espectral del diodo laser C - 30130 para una corriente superior ($I = 175 \text{ mA}$) y otra inferior ($I = 80 \text{ mA}$) a la umbral. La escala vertical es distinta en cada gráfica y se eligió de modo que los máximos de las dos curvas coincidieran, con objeto de poderlas comparar mejor. Es de resaltar el estrechamiento del espectro de emisión para corrientes superiores a la umbral. Digamos por último, que la resolución del monocromador empleado es insuficiente para detectar los picos de resonancia asociados a los modos longitudinales y por lo tanto la respuesta espectral obtenida a $I = 175 \text{ mA}$ es la envolvente de dichos picos.

RESPUESTA EN FRECUENCIA

Las posibilidades dinámicas de un LED pueden caracterizarse convenientemente mediante la medida de los tiempos de respuesta. La medida puede realizarse aplicando pulsos de corriente al LED y detectando los pulsos emitidos mediante el receptor óptico. El tiempo de respuesta permite estimar el tiempo de vida medio τ de los portadores y la respuesta en frecuencia a partir de [3]:

$$\frac{P(\omega)}{P_0} = \frac{1}{|1 + (\omega\tau)^2|^{1/2}} \quad (1)$$

con $P(\omega)$ la amplitud de la potencia emitida a frecuencia ω y P_0 la amplitud en continua.

En el caso del diodo laser es más conveniente medir directamente su respuesta en frecuencia, que se obtiene tal como se indica en la figura 5. El diodo se polariza por encima de la corriente umbral y se le aplica una modulación senoidal. La señal óptica emitida es detectada por un fotodiodo PIN montado directamente sobre un cable coaxial que presenta su otro extremo adaptado. De este modo se obtiene la respuesta en frecuencia, comparando en un voltímetro vectorial la amplitud de la señal aplicada al diodo con la obtenida en el fotodetector.

DIAGRAMA DE RADIACION

La figura 6 muestra el procedimiento empleado para determinar el diagrama de radiación de un dispositivo fotoemisor. El haz de emisión se proyecta sobre una superficie translúcida y la imagen así obtenida se detecta mediante una cámara de televisión (vidicón) situada al otro lado de la superficie.

El circuito de selección de línea [8] permite seleccionar una línea de la señal de vídeo y representarla en el osciloscopio, obteniéndose de

este modo el diagrama de radiación en un determinado plano,

REFERENCIAS

- |1| Burris y otros. "Small Area, Double-Heterostructure Aluminium-Gallium Arsenide Electroluminescent Diode Sources for Optical-Fiber Transmission Lines".
Optics Communications, Vol.4, pp. 307-309, Dec.71.
- |2| M. Ettenberg y otros. "Very high radiance edge-emitting LED's",
IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol.QE-12, pp. 360-364, June 1976.
- |3| H. Kressel, J.K. Butler. "Semiconductor Lasers and Heterojunction LED's".
Academic Press, 1977.
- |4| K. Saito y otros. "Buried-Heterostructure AlGaAs Lasers".
IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol.QE-16,nº2, pp.205-215, Feb.80.
- |5| W.T. Tsang y otros. "GaAs - Al_xGa_{1-x}As Strip Buried Heterostructure Lasers".
IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol.QE-15, nº6, pp. 451-469, June79.
- |6| D. Botez y otros. "Components for Optical Communications Systems: A Review".
Proceedings of the IEEE, Vol.68, nº6, pp. 689-731, June 1980.
- |7| J.A. Aguilar. "Procedimientos de medidas de fotoemisores y fotodetectores para comunicaciones ópticas".
Proyecto Fin de Carrera. ETSIT Barcelona, 1981.
- |8| A. Vicente. "El perfil de índice en fibras ópticas, su medida y su influencia en la optimización del ancho de banda".
Proyecto Fin de Carrera. ETSIT Barcelona, 1981.

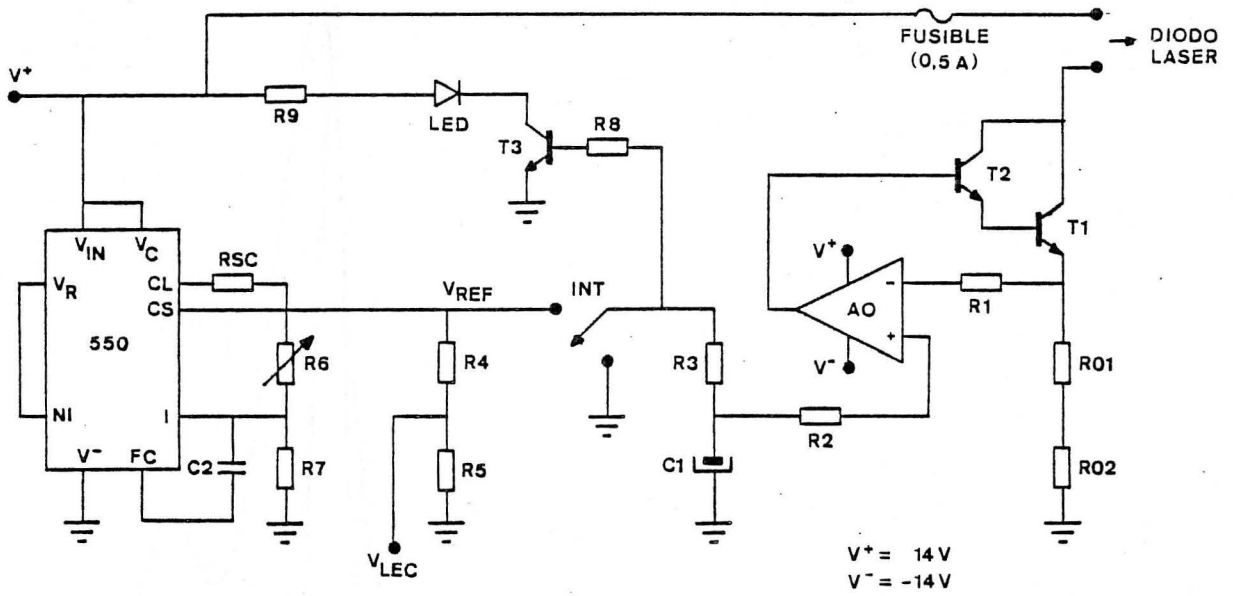


Fig.1.- Esquema de la fuente de corriente de polarización para el diodo laser

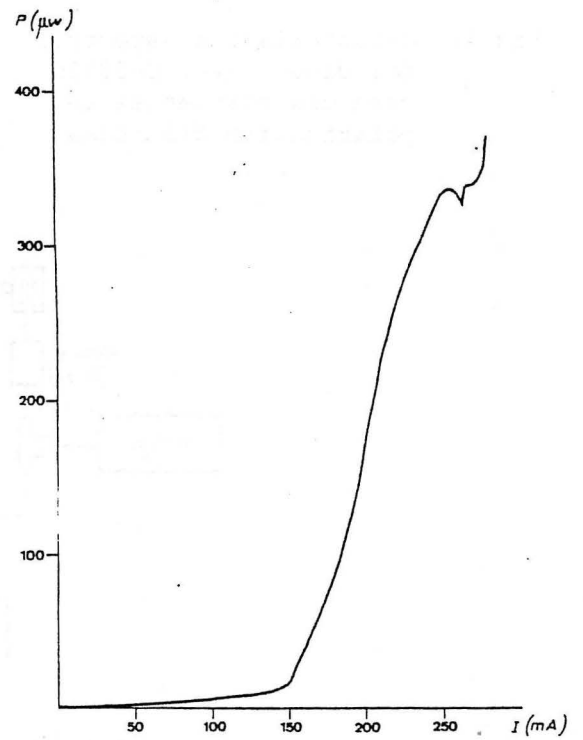


Fig.2.- Característica P - I del diodo Laser C-30130

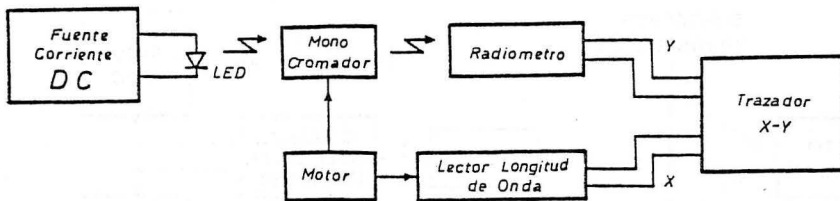


Fig.3.- Medida de la característica espectral de dispositivos fotoemisores.

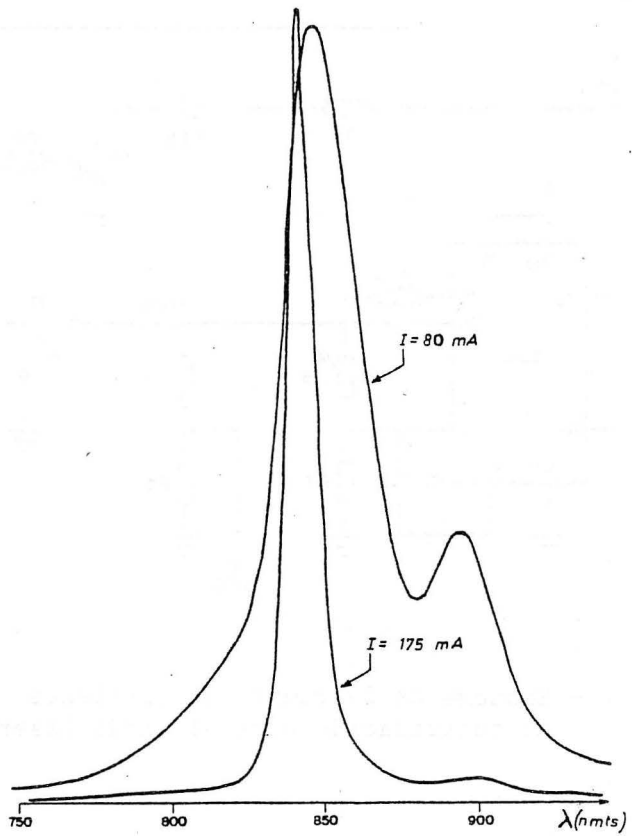


Fig.4.- Característica espectral del diodo Laser C-30130 para dos corrientes de polarización distintas

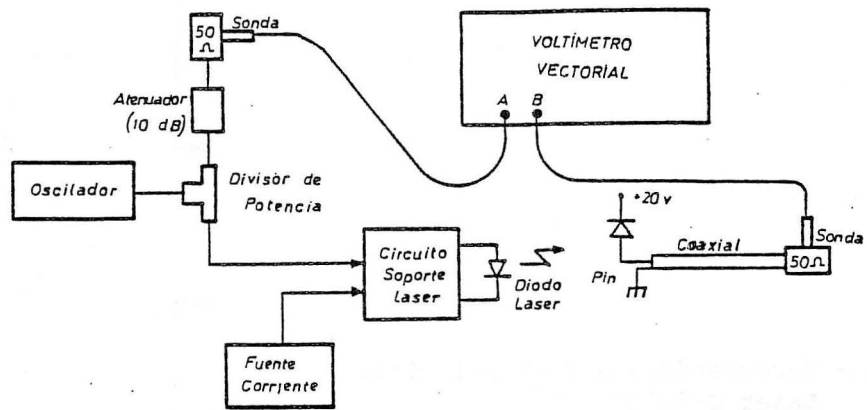


Fig.5.- Medida de la respuesta en frecuencia del diodo Laser.

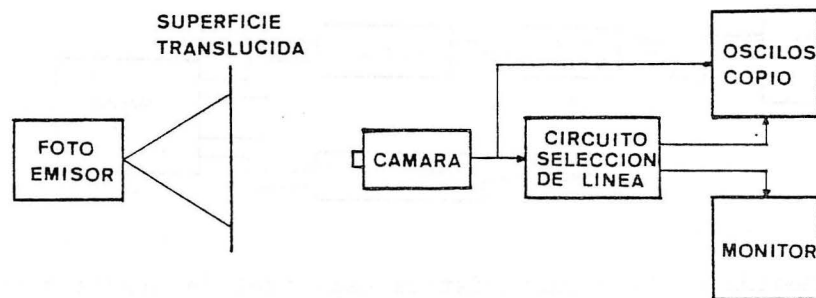


Fig.6.- Medida del diagrama de radiación de dispositivos fotoemisores.