

Construcción de cavidades resonantes para un láser

Pablo Martín Olivar, Carlos Alberto Prado.

Laboratorio 5. Departamento de Física.
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- 2° cuatrimestre de 2015 -

Resumen

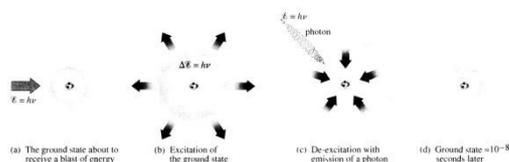
En el presente trabajo se muestra como se construyeron cavidades resonantes, una lineal y una en V, para un láser de Nd-Yag. Se logro la emisión del láser para ambas cavidades. Para la cavidad lineal, se caracterizo linealmente la dependencia entre la corriente de bombeo y la potencia, y se estudio el decaimiento de la potencia para distintas longitudes de cavidad, el cual se caracterizó como exponencial. Para la cavidad en V, se observo el primer modo trasversal, pero no se pudo caracterizar el perfil de intensidades del mismo.

(I) Introducción

Un láser es un dispositivo que utiliza la emisión inducida o estimulada, para generar un haz de luz coherente tanto espacial como temporalmente. La coherencia espacial se corresponde con la capacidad de un haz para permanecer con un pequeño tamaño al transmitirse por el vacío en largas distancias y la coherencia temporal se relaciona con la capacidad para concentrar la emisión en un rango espectral muy estrecho.

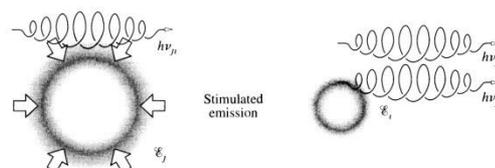
Emisión estimulada

El láser logra amplificar la luz empleando átomos energéticos en un medio para reforzar el campo luminoso. En 1916, Einstein propuso un sistema teórico del equilibrio dinámico de un medio material sumergido en radiaciones electromagnéticas, que absorbe y emite.



En un medio inundado por radiaciones electromagnéticas, un fotón puede interactuar con un átomo excitado mientras que éste se halla aún en un estado de energía superior. Luego el átomo puede soltar la energía en exceso conforme al fotón entrante, en un proceso que se denomina *emisión estimulada*.

La probabilidad de emisión estimulada es igual a la probabilidad de absorción estimulada.[1]



Construcción de un láser

Un láser está compuesto por tres componentes básicos: un mecanismo de bombeo, un medio amplificador y un medio de realimentación. El mecanismo de bombeo puede ser muy variado (excitación con un haz de electrones, mediante luz coherente -otro láser- o luz incoherente -una lámpara de destello-, mediante una reacción química, etc.). El bombeo es la forma que tiene el sistema de recibir la energía necesaria para sostener la emisión láser. El segundo componente primordial de un láser es el medio activo o medio amplificador. Este puede ser un medio sólido (cristalino o amorfo), un líquido o un plasma. El amplificador o medio activo es el que recibe la energía del bombeo y la "transfiere" al haz láser que genera. El último elemento con que cuentan la mayoría de los láseres que existen es un mecanismo para realimentar la radiación emitida por el amplificador permitiendo de esta manera que el láser adquiera sus características distintivas, que son su gran colimación, alta coherencia y gran brillo. Este mecanismo es una cavidad resonante.

Cavidades resonantes

Una cavidad resonante consiste de dos o más espejos alineados de forma tal que la luz emitida se refleja sobre sí misma, recorriendo el mismo camino óptico muchas veces. Se utilizan espejos con reflectividades menores que 100 %, de manera que parte de la luz que está oscilando salga de la cavidad produciendo un haz colimado que es lo que quiere medirse como salida.

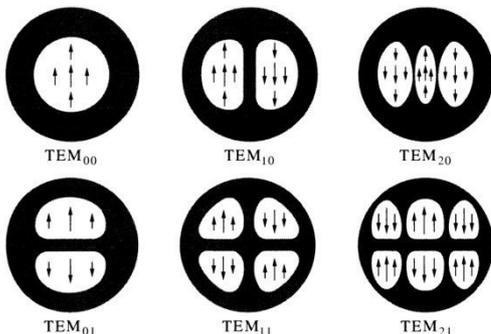
Variando la distancia entre espejos y radios de curvatura de los mismos, se pueden armar diferentes cavidades. Están las cavidades estables e inestables.

La perturbación que se propaga dentro de la cavidad adquiere una configuración de onda estacionaria determinada por la separación de los espejos. La cavidad resuena cuando hay un número entero de semilongitudes de onda.

El objetivo de este trabajo es la construcción de dos cavidades resonantes mediante espejos. [2]

Modos transversales

Además de los modos longitudinales o axiales de oscilación, que corresponden a ondas estacionarias formadas a lo largo de la cavidad, pueden también sostenerse modos transversales. Reciben el nombre de modos TEM_{mn} , (transversales, eléctricos y magnéticos). Los subíndices m y n son el número entero de líneas nodales transversales en las direcciones perpendiculares a la dirección de propagación. El modo TEM_{00} es el de más bajo orden: la densidad de flujo es idealmente gaussiana. [3]



(II) Experimental

Cavidad lineal

Lo primero que se hizo fue alinear la cavidad, utilizando para esto un láser de Helio-Neón (He-Ne). Se usó el siguiente arreglo experimental.

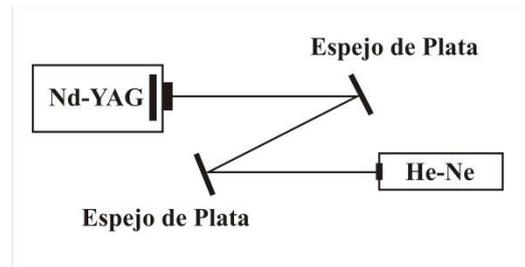


Figura 1: Arreglo experimental para la alineación del láser (vista desde arriba).

Se utilizó un láser de Nd:Yag (Neodymium, Yttrium-Aluminum Garnet). Se montó cada uno de los espejos planos de plata sobre una torreta con un mecanismo para variar los ángulos de orientación (horizontal y vertical). Primero se hizo que el camino entre el diodo láser (Nd-

YAG) y el primer espejo sea un camino en el cual la altura no varíe respecto de la mesa óptica. Luego se variaron los ángulos de los espejos hasta que el haz del láser de He-Ne vuelva a incidir sobre sí mismo en su camino de vuelta.

Una vez hecha la alineación se procede a medir la potencia del diodo láser utilizando un potenciómetro. Se utilizó un espejo plano dieléctrico de 98% de transmitancia. El mismo se lo colocó sobre un riel milimetrado para poder variar su distancia al láser.

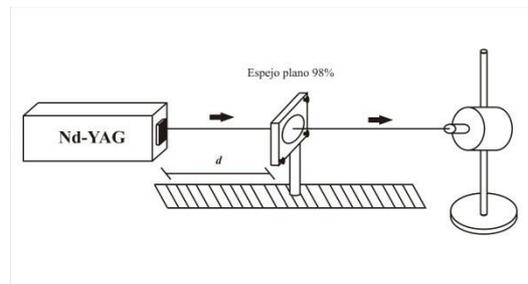


Figura 2: Cavidad lineal. Arreglo experimental para medir la potencia de salida en función de la corriente de bombeo.

Se utilizó un medidor de potencia Melles Griot 13PEM001. La distancia “d” entre el potenciómetro y el láser Nd-YAG se varió entre 10 (0.5) cm y 24.5 (0.5) cm. Se midió la potencia de salida en función de la corriente de bombeo.

Cavidad en “V”

Para comenzar, se volvió a alinear el láser del mismo modo que para la cavidad lineal. Una vez alineado, se procedió al armado de la cavidad en V.

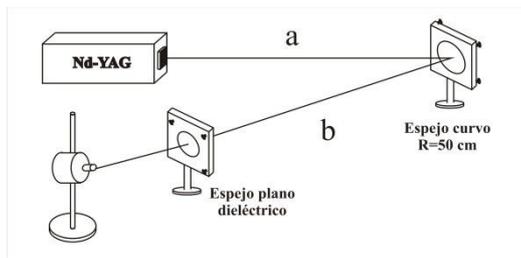


Figura 3: Cavidad en “V”.

Las distancias entre los espejos y entre el espejo curvo y el láser, se eligieron en base al siguiente gráfico (se desprecia el astigmatismo que produce la incidencia en ángulo sobre el espejo curvo).

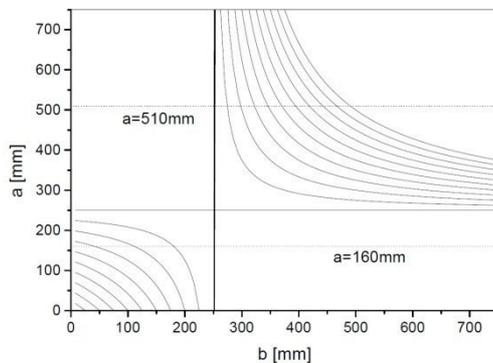


Figura 4: Relación entre distancias a y b de la cavidad en V.

(III) Resultados y discusión

Cavidad lineal

Se armó la cavidad lineal de diferentes distancias. Se midió la potencia del láser a la salida del espejo dieléctrico de la cavidad en función de la corriente administrada al bombeo.

A continuación se muestra un gráfico de la potencia en función de la corriente para una cavidad de 10 cm:

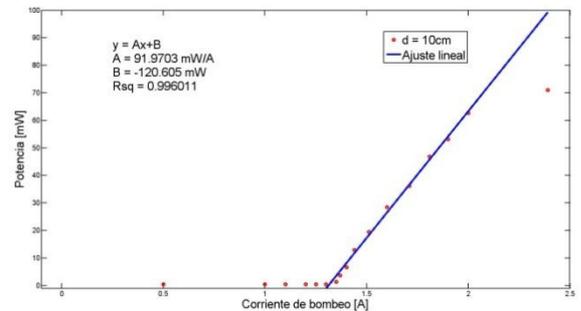


Figura 5: Potencia en función de la corriente de bombeo, para una cavidad de 10 cm de largo.

Se puede ver en la figura como se ajustaron los datos a partir de la corriente mínima, y hasta donde la potencia no saturaba. Para estos datos se obtuvo un $R=0,996$.

Se realizó un gráfico de potencias máximas en función del largo de la cavidad, y se muestra a continuación:

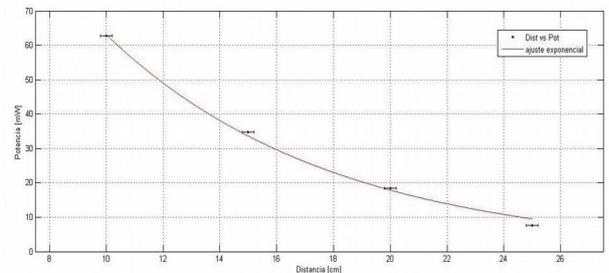


Figura 6: Potencia (eje y) en función de la longitud de la cavidad (eje x) con ajuste exponencial.

En la figura se observa un decaimiento exponencial de la potencia al aumentar el largo de la cavidad. El ajuste exponencial dio un $R=0,989$

Cavidad en V

Para la cavidad en V se consiguió hacer funcionar el láser pero a muy baja potencia. Debido a esto es que no se pudieron obtener

buenos datos para el análisis de modos que se quería hacer.

Se logro observar el primer modo, TEM 00 únicamente y se tomo una foto del mismo con una cámara digital.

Se analizo el perfil de intensidades de la foto y se obtuvo el siguiente gráfico:

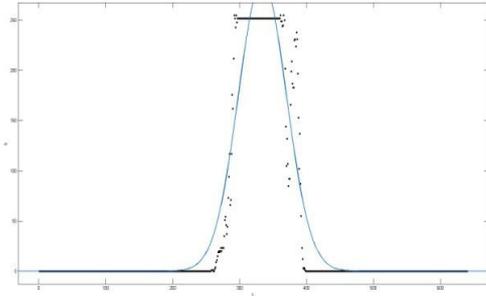


Figura 7: Intensidad de la imagen obtenida para el modo TEM 00 con ajuste gaussiano. El eje x representa la distancia para un corte transversal de la imagen. El eje y es la intensidad de la luz en la imagen.

Se observa una saturación de la intensidad detectada por la cámara.

(IV) Conclusiones

Se logro construir una cavidad lineal y una cavidad en V, y se logro la emisión del láser con ambas cavidades.

Para la cavidad lineal se observo un comportamiento lineal entre la corriente suministrada al bombeo y la potencia del láser, para distintas longitudes de la cavidad.

Se observo un decaimiento exponencial de la potencia para cavidades más largas.

Para la cavidad en V, se busco estudiar los modos transversales, pero no se logro. La potencia lograda por el láser para corriente máxima fue muy pequeña, y solo se llevo a observar el primer modo. Además, la intensidad tomada por la cámara estaba totalmente saturada, impidiendo la caracterización de la misma. Recomendamos a quien quisiera estudiar este fenómeno, utilizar una cámara infrarroja tanto para obtener buenas imágenes como para mejorar la alineación del láser.

(V) Referencias

[1],[3] Hecht – Zajac, Optics. Addison-Wesley 4º edición, 2003.

[2]
http://users.df.uba.ar/bragas/Labo5_1er2011/laser2k.pdf