

Caracterización de un láser de estado sólido con cristal Nd:YAG

Franco Blanco
francoblnc@gmail.com

Nicolas Unger
nicounger@hotmail.com

Laboratorio 5 - Dept. de Física - FCEyN - UBA

1 de noviembre de 2015

Resumen

En esta experiencia buscamos comprender y caracterizar el funcionamiento de un láser cuyo medio de amplificación es un cristal Nd:YAG y tiene por bombeo un diodo láser. El objetivo principal fue armar y alinear una cavidad lineal para el laser de Nd:YAG. Luego estudiamos el funcionamiento de este láser con espejos de salida de distintas reflectividades (98 %, 95 % y 90 %) midiendo la potencia del láser en función de la corriente de alimentación.

1. Introducción

Esta práctica estuvo orientada al armado y posterior estudio del funcionamiento de un láser Nd:YAG y la cavidad que lo compone. Nuestro principal objetivo fue el de tratar de medir y maximizar la potencia del láser para distintas configuraciones. Comenzamos así este informe con una discusión del funcionamiento básico de un aparato láser indispensable para la relación de esta práctica.

Los componentes esenciales de un láser son: un mecanismo de bombeo, un medio amplificador y los espejos que forman la cavidad. El medio amplificador es un material que se encarga de emitir la luz del láser gracias a transiciones de los niveles de energía de las moléculas que lo componen. El medio utilizado en nuestro caso fue el metal Neodimio (el ion Nd^{3+}) con material huésped YAG (yttrium aluminium garnet), y la diferencia de energía entre los niveles es tal que el láser produce un haz de longitud de onda $1064nm$.

La función del mecanismo de bombeo es clara, este mecanismo se ocupa de excitar las moléculas del medio de amplificación a niveles de energía mayores que el estado fundamental para hacer posible una transición de estos niveles a otros de energía mas baja. Este proceso a su vez tiene como producto la liberación de energía en forma de fotones, con una frecuencia que depende de la diferencia de energía entre los estados inicial y final. Sin embargo, es importante que el mecanismo de bombeo este diseñado de tal manera que favorezca la transición a estados excitados con una energía particular poblando lo menor posible el estado al que se espera que haya una transición. Es decir, el mecanismo de bombeo debe ser selectivo solo poblando el estado de mayor energía de entre los dos estados que se quiere hacer la transición. De esta manera se logra una inversión de población en-

tre estos dos estados (hay mas moléculas en el estado excitado que en el estado de menor energía). La inversión de población es necesaria ya que hace posible la emisión estimulada del medio amplificador que de otra manera, absorbería más energía y el láser no funcionaría. En esta experiencia se utilizó como mecanismo de bombeo un diodo láser semi-conductor. [1]

Por último, los espejos que forman la cavidad tienen la función de atrapar la luz dentro de la cavidad para una mayor amplificación. Si los niveles excitados están mas poblados que los niveles de energía mas bajos entonces cuando luz con la frecuencia adecuada pase por la cavidad puede estimular el átomo o molécula excitada para que emita otro fotón de la misma longitud de onda y fase. Luego, si la luz esta atrapada en la cavidad por mas tiempo, tendrá mas posibilidades de excitar otro átomo para emitir luz de la misma longitud de onda y fase. Ambos espejos deben tener sus ejes alineados para así lograr que los sucesivos rebotes vuelvan por el mismo eje definido por el material. Como espejo de salida se utiliza un espejo de reflectividad mas baja que el espejo de entrada, generalmente menor a 95 %. Nosotros utilizamos espejos de salida de reflectividades 98 %, 95 % y 90 %.

2. Desarrollo experimental

2.1. Caracterización del diodo láser

Primero realizamos una caracterización del diodo láser que utilizamos como mecanismo de bombeo. Dicho láser tenía dos lentes montadas dentro de una caja protectora, que permitían enfocar el haz de salida en un punto.

El objetivo era medir la respuesta en potencia del

láser en función de la corriente suministrada por la fuente. Para estudiar la potencia del diodo láser usamos un potenciómetro que colocamos a 11cm de la última lente que enfocaba el láser. Esto es debido a que el detector se puede dañar si la potencia es muy grande. En la figura 1 se puede ver la potencia de salida del diodo láser en función de la corriente aplicada al mismo, con un ajuste lineal para corrientes mayores a $0,7\text{A}$.

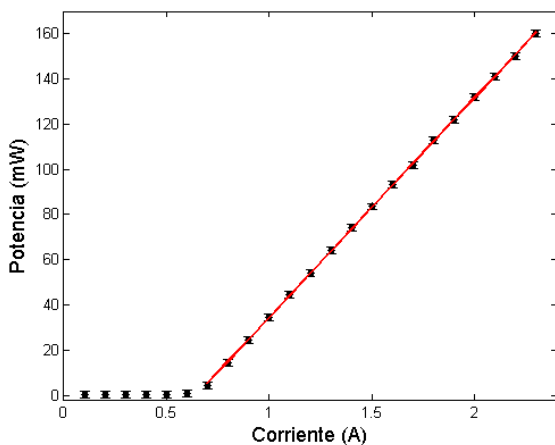


Figura 1: Potencia de salida del diodo láser en función de la corriente aplicada.

Se puede ver que la potencia del diodo se mantiene casi nula hasta los $0,7\text{A}$, a partir de ese valor comienza a crecer linealmente con la corriente. Realizamos un ajuste lineal por cuadrados mínimos para los datos con corriente mayor a $0,7\text{A}$ (pendiente: $(97,22 \pm 0,02)\text{mW/A}$, ordenada al origen: $(-62,83 \pm 0,02)\text{mW}$).

2.2. Cavity lineal

Luego armamos y alineamos la cavidad lineal que formaba el láser. Lo primero que debimos hacer fue colocar el cristal de Nd:YAG. Este estaba montado sobre una torreta y una placa con posicionadores angulares a la salida del diodo láser, de manera que este justo en el lugar donde dicho láser se enfoca. Para poder encontrar el foco debimos subir al máximo la corriente del diodo láser y colocar el cristal a la salida de este. Luego movíamos el cristal lentamente hasta que encontrábamos una posición en la que dentro del cristal se veía un brillo de color azul y a veces blanco. Alinear el cristal era una parte indispensable del proceso ya que una mala alineación puede hacer que el láser no funcione o resulte en una disminución de la potencia de salida.

Luego debimos alinear los espejos de salida y entrada de la cavidad láser, el espejo de entrada se encontraba en la parte de atrás del cristal de Nd:YAG y el espejo de salida era un espejo dieléctrico de 98% . Para alinear

la cavidad utilizamos un láser de He-Ne y la ayuda de dos espejos planos de plata que nos permitieran alinear el cristal de Nd:Yag con el espejo dieléctrico. El proceso de alineación que seguimos fue el siguiente: primero colocamos solo el cristal a la salida del diodo láser, y colocamos los dos espejos de plata, uno lo colocamos enfrente al láser de He-Ne y otro frente al cristal de ND:YAG. (ver figura 2)

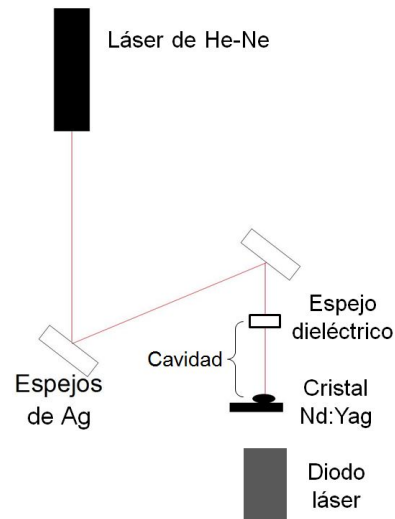


Figura 2: Disposición de los elementos básicos para la alineación de la cavidad.

La utilidad de usar un láser de He-Ne es que se puede ver si la cavidad está alineada. Primero alineando el láser con el eje del cristal y luego viendo que las reflexiones del láser volvieran sobre sí mismos como en la figura 2. Primero alineamos la dirección del láser con la dirección dada por el eje del cristal. Para poder llegar a esta configuración montamos los espejos con la inclinación apropiada que más se aproximaba a lo que buscábamos, para luego utilizar los posicionadores angulares que nos permitían ajustar finamente el recorrido del láser de He-Ne. De esta manera se logra que el láser esté alineado con el eje de la cavidad y vuelva sobre sí mismo. Era muy importante en este paso hacer que el láser recorra su último tramo hasta el cristal a nivel. Luego de hacer esto, colocamos el espejo de salida dejando todos los otros elementos en sus respectivos lugares y repetimos el mismo procedimiento de alineación. Una vez que teníamos la cavidad aproximadamente alineada, prendimos el diodo láser y aumentamos la corriente del mismo al máximo. Con tarjetas infrarrojas, veíamos si lo que se transmitía en el espejo de salida era luminiscencia del material o luz láser, siendo la diferencia entre estos dos tipos de luces la colimación del haz. Si no conseguíamos que la cavidad lasee, había que mover delicadamente los posicionadores angulares del espejo de salida hasta observar el láser en la tarjeta infrarroja.

3. Resultados

Una vez que conseguíamos el láser procedimos a medir la potencia del mismo. El procedimiento para esta medición era simplemente enfrentar un potenciómetro al haz láser de tal manera que todo el haz incida sobre el sensor y medir las distintas potencias para distintas corrientes del diodo láser. La primer medición la realizamos con un espejo de 98% de reflectividad, los resultados se pueden ver en la figura 3.

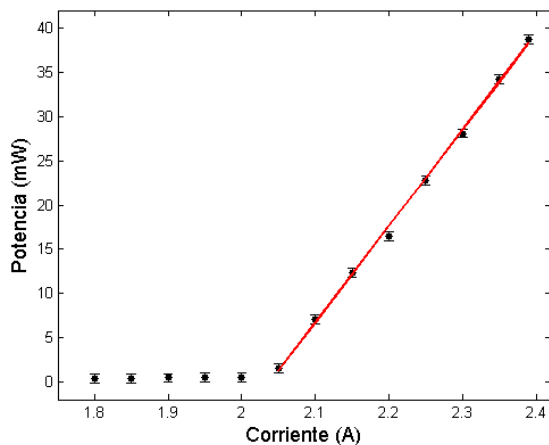


Figura 3: Medición de la potencia del láser Nd:YAG en función de la corriente aplicada al diodo láser. Se utilizo una cavidad lineal y un espejo de salida de 98% de reflectividad. Potencia máxima alcanzada: 40 mW.

Como se puede ver, el comportamiento del láser Nd:YAG es igual al que observamos para el diodo láser. La potencia se mantiene casi nula hasta que la corriente alcanza un umbral a partir del cual la potencia comienza a crecer linealmente con la corriente. El umbral en este caso esta aproximadamente en los 2,05A.

Despues ajustando levemente el espejo de salida pudimos obtener una potencia mayor a la anterior. El resultado se puede ver en la figura 4.

Después quisimos ver cual es el efecto que tiene utilizar espejos de menor reflectividad. Primero realizamos las mismas mediciones con un espejo de 95% de reflectividad y luego con uno de 90%. Los resultados se pueden ver en la figura 5 y 6 respectivamente.

Para el caso del espejo de 95% se pueden ver dos cosas: la potencia máxima alcanzada es menor a la del caso de 98%, y segundo el umbral aumento a 2,2A. Y en el caso donde el espejo de salida tenía reflectividad de 90%, no pudimos hacer que el láser funcione correctamente. Esto puede deberse a las muchas perdidas en la cavidad o porque la cavidad no es estaba en su alineación óptima.

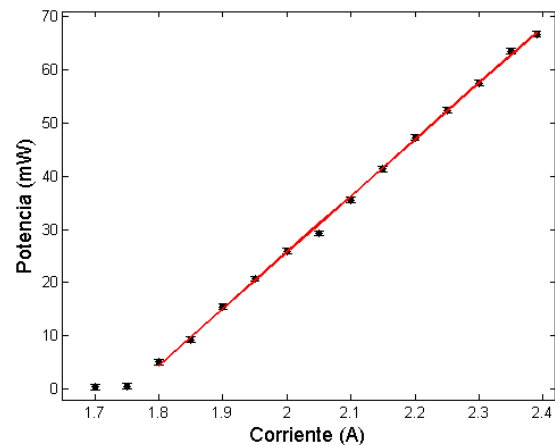


Figura 4: Medición de la potencia del láser Nd:YAG en función de la corriente aplicada al diodo láser. Potencia máxima alcanzada: 70 mW.

4. Conclusiones

Pudimos armar un láser con cristal de Nd:YAG, para ello fue necesario una caracterización del mecanismo de bombeo que alimenta al mismo. Hecha esta caracterización procedimos a armar y alinear la cavidad, este fue el procedimiento mas costoso en cuanto a tiempo y requiere de mucho cuidado para poder extraer la mayor potencia del láser. Es de vital importancia el mecanismo de alineación del diodo con el cristal de Nd:YAG, si no esta bien alineado la potencia que recibe el cristal puede no ser suficiente. Luego estudiamos el comportamiento del láser con espejos de salida de menor reflectividad y observamos que la potencia que se obtiene es sucesivamente menor con menor reflectividad.

5. Referencias

- [1] Mark Csele, *Fundamentals of light sources and lasers*, John Wiley & Sons, pag. 83-92

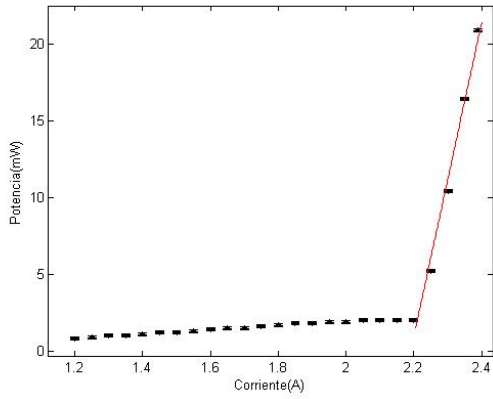


Figura 5: Medición de la potencia del láser en función de la corriente para una cavidad con espejo de salida de reflectividad 95 %

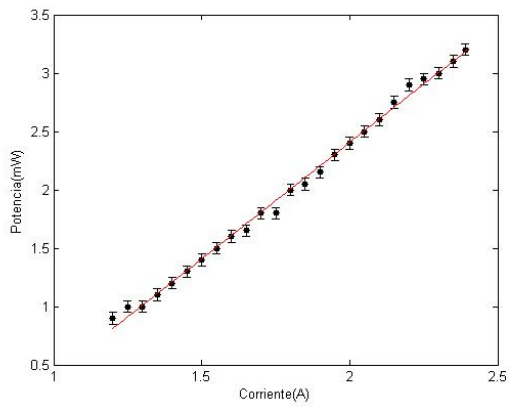


Figura 6: medición de potencia del laser en función de la corriente para una cavidad con espejo de salida de reflectividad 90 %