

TAREAS

- Sintonización del diodo láser para el bombeo óptico estable del láser de Nd:YAG.
- Determinación del tiempo de vida del nivel superior del láser, el ${}^4F_{3/2}$, en el cristal de Nd:YAG
- Ajuste del resonador y observación de los modos del resonador.
- Medición de la potencia de salida del láser de Nd:YAG en dependencia de la potencia de bombeo y determinación del umbral de láser.
- Observación del Spiking en funcionamiento pulsado del diodo láser.

ADVERTENCIA

En el experimento se trabaja con una instalación de láser de clase 4, la cual emite en la región espectral infrarroja (no visible). Por lo tanto se deben usar siempre gafas de protección contra luz de láser. Aun usando gafas de protección contra luz de láser no se debe mirar directamente el rayo láser.



OBJETIVO

Instalación y optimización de un láser de Nd:YAG

RESUMEN

En el experimento se instala y se optimiza un láser de Nd:YAG bombeado con un diodo láser. Después de la sintonización del diodo láser para el bombeo óptico estable y la optimización del resonador, el sistema se puede poner en funcionamiento como láser de Nd:YAG. Se estudian el funcionamiento no estacionario y el estacionario. Además se determina el tiempo de vida del nivel superior de láser, el ${}^4F_{3/2}$, en el cristal de Nd:YAG.

EQUIPO REQUERIDO

Número	Aparato	Artículo N°
1	Driver de diodo láser y controlador doble de temperatura Dsc01-2,5	1008632
1	Banco óptico KL	1008642
1	Diodo láser 1000 mW	1009497
1	Cristal Nd:YAG	1008635
1	Lente colimadora $f = +75$ mm	1008646
1	Espejo láser I	1008638
1	Fotodiodo PIN	1008640
1	Filtro RG850	1008648
1	Diodo láser de ajuste	1008634
1	Maleta de transporte KL	1008651
1	Gafas de protección láser para Nd:YAG	1002866
1	Multímetro digital P3340	1002785
1	Osciloscopio digital 4x60 MHz	1008676
1	Cable HF, conector macho BNC / 4 mm	1002748
1	Cable HF	1002746
1	Tarjeta de detector infrarrojo	1017879

FUNDAMENTOS GENERALES

El láser de Nd:YAG es un láser de estado sólido, el cual emite luz infrarroja. Como medio de láser se utiliza un cristal de Granate-Aluminio-Itrio, dotado con Neodimio. Se bombea con un diodo láser semiconductor. Se emite básicamente en la longitud de onda de 1064 nm.

La Fig. 1 muestra los niveles energéticos del cristal de Nd:YAG con las transiciones más importantes para el bombeo óptico y el funcionamiento láser. Por bombeo óptico con luz de longitud de onda aprox. 808 nm se excitan transiciones desde el estado base (1) hasta el nivel superior de bombeo (4).

Su tiempo de vida es muy corto y le siguen transiciones rápidas sin emisión de radiación hacia el nivel de láser metaestable superior (3). Así se evitan transiciones de retorno al estado base. La transición al nivel láser inferior (2) tiene lugar con $\lambda = 1064$ nm. Éste tiene un tiempo de vida muy corto y decae en el estado base sin emisión de radiación. Así se ocupa cada estado hasta un determinado grado. Pero, los estados 4 y 2 decaen tan rápido que la densidad del número de átomos en esos estados se puede considerar como iguales a cero. Por lo tanto, el comportamiento dinámico del láser se puede describir por medio de las siguientes ecuaciones de rapidez, para la densidad de inversión n (la diferencia entre las densidades de átomos de Nd en los estados 2 y 3) y para la densidad de fotones p del campo de luz de láser:

$$(1a) \quad \frac{dn}{dt} = W \cdot (N_{Nd} - n) - \sigma \cdot c \cdot p \cdot n - \frac{n}{\tau_3}$$

$$(1b) \quad \frac{dp}{dt} = \frac{L_{Nd}}{L} \cdot \sigma \cdot c \cdot p \cdot n - \frac{p}{\tau_{res}}$$

- W : Rapidez de bombeo
- N_{Nd} : Densidad de número de átomos de Nd
- σ : Sección eficaz efectiva para la emisión o absorción de un fotón
- c : Velocidad de la luz
- τ_3 : Tiempo de vida del nivel de láser superior 3
- L : Longitud del resonador
- L_{Nd} : Longitud del cristal de Nd:YAG
- τ_{res} : Constante de tiempo de las pérdidas del resonador

En (1a), el primer término describe el bombeo óptico, el segundo la emisión inducida y el tercero el decaimiento del nivel de láser superior por emisión espontánea. El primer término de (1b) tiene en cuenta la generación de fotones por emisión inducida, el segundo la reducción de la densidad de fotones por las pérdidas en el resonador. Tomándolo con más exactitud se debe tener en cuenta que por la emisión espontánea ya al empezar existen fotones.

Para el funcionamiento estacionario se obtiene la siguiente solución cuando no se tiene en cuenta la emisión espontánea:

$$(2) \quad p = \frac{1}{\sigma \cdot c \cdot \tau_3} \cdot \frac{W - W_s}{W_s}$$

$$\text{con} \quad W_s = \frac{1}{\tau_3} \cdot \frac{n_i}{n_i - N_{Nd}} \quad n_i = \frac{L}{L_{Nd} \cdot \sigma \cdot c \cdot \tau_{res}}$$

La rapidez de bombeo debe sobrepasar un nivel de umbral, después, la densidad de fotones aumenta linealmente con la rapidez de bombeo. No es posible una medición directa de la densidad de fotones y de la rapidez de bombeo. Por lo tanto, en el experimento se muestra que la potencia de salida del láser P_L , por encima de un valor de umbral, depende linealmente de la potencia de bombeo.

La Fig. 2 muestra las soluciones de las ecuaciones de rapidez para el funcionamiento no estacionario. Con esto se crea primero la inversión de ocupación. En el momento en que se ha logrado la inversión de umbral n_i , la densidad de inversión aumenta linealmente. Siguen luego un aumento rápido de la densidad de fotones y una caída de la densidad de inversión a un valor un poco por debajo de la inversión de umbral. Con las repeticiones de este proceso los sobrepasos de la densidad de inversión se hacen cada vez menores, hasta que se establece el estado estacionario. Este así llamado Spiking también se comprueba en el experimento.

Sin embargo, antes se sintoniza el diodo láser utilizado en la transición correspondiente a la longitud de onda de $\lambda = 808$ nm para el bombeo óptico y a continuación, en funcionamiento pulsado del diodo láser se mide el

curso temporal de la emisión espontánea (Fig. 3). A partir de estos valores de medida se puede determinar el tiempo de vida del nivel superior del láser. Después del montaje y del ajuste del resonador, se observa el Spiking (Fig. 4) y a continuación se mide la potencia de salida en dependencia de la potencia de bombeo.

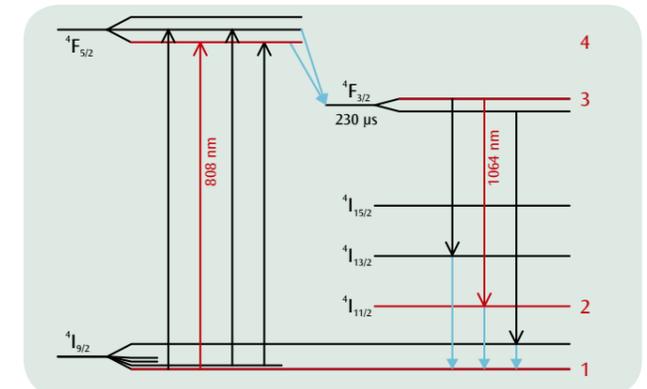


Fig. 1: Esquema de los niveles energéticos del cristal de Nd:YAG. Las transiciones relevantes para el experimento se representan en rojo

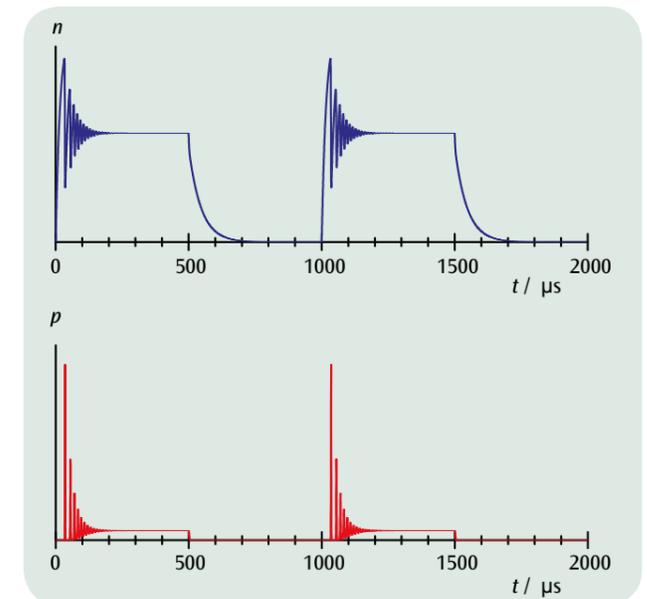


Fig. 2: Soluciones no estacionarias para las ecuaciones de rapidez (Spiking)

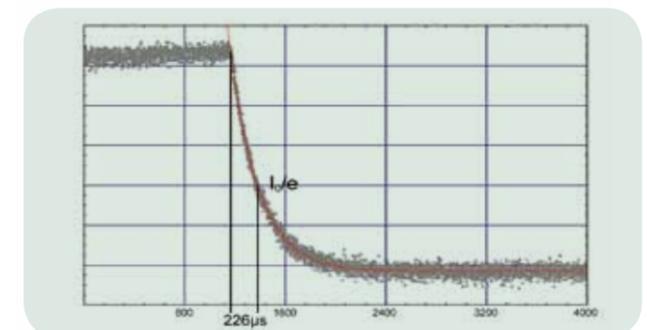


Fig. 3: Medición de la emisión espontánea para la determinación del tiempo de vida del nivel de láser superior