

Emisión simultánea de dos frecuencias en láseres de colorantes

F. A. Manzano, O. Radulovich*, V. B. Slezak y V. D'Accurso

Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CEILAP)
Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las
Fuerzas Armadas (CITEFA) - CONICET
Zufriategui 4380 (1603) Villa Martelli, Pcia. de Buenos Aires
e-mail: manzano@udceilap.edu.ar

Se estudió la radiación proveniente de un láser de colorante bombeado por un láser de Nd:YAG doblado en frecuencia, cuya cavidad fue diseñada para permitir la emisión simultánea y colineal en dos longitudes de onda. El resonador consiste de una cuña de cuarzo, una red de difracción en montaje Littrow para el segundo orden y a su vez un espejo totalmente reflector que reinyecta la radiación del primer orden. Mediante la adecuada alineación del sistema éste puede ser sintonizado en las dos longitudes de onda en forma independiente. Se caracterizaron la polarización e intensidad de ambos haces, estudiándose los efectos de competición entre los mismos.

El estudio y la optimización de este sistema permite realizar un diseño económico de un láser multifrecuencia sintonizable el cual podría ser utilizado en un LIDAR de absorción diferencial para la detección de contaminantes con un único láser a través de la medición de la radiación retrodispersada por la atmósfera.

The radiation from a doubled Nd:YAG pumped dye laser with a cavity designed for simultaneous and collinear two wavelengths emission is studied. The resonator consists of a quartz wedge, a second order Littrow mounted diffraction grating and at the same time a totally reflecting mirror which feeds back into the cavity the first order radiation. This system can be independently tuned at both wavelengths by means of an adequate alignment. The polarization and intensity of both beams were characterized and the competition between them was studied.

The study and optimization of this system allows to carry out an economical design of a tunable multifrequency laser that could be used in a differential absorption LIDAR for the determination of the backscattered radiation simultaneously "on" and "off" an absorption band of the molecule of interest.

Introducción

El láser de colorante multifrecuencia es una herramienta útil para estudios espectroscópicos y procesos de excitación en los que se requiera la interacción de varias frecuencias en forma simultánea con el material a estudiar. En particular podría ser utilizado en un LIDAR de absorción diferencial para la determinación de concentraciones de contaminantes atmosféricos eliminando el error que se cometería al sintonizar un único láser en forma alternada en dos longitudes de onda, una dentro y otra fuera de resonancia con la banda de absorción de la molécula, en tiempos mayores a los que ocurren las fluctuaciones propias de la atmósfera.

En la literatura aparecen distintos esquemas para este tipo de sistemas con salidas colineal o no-colineal⁽¹⁻³⁾ y con igual o distinto ancho de línea en las diferentes frecuencias⁽⁴⁾. En el caso en el que el mismo medio activo es compartido por dos haces de distinta frecuencia, la extracción de potencia del medio por parte de cada uno de ellos y el estado de polarización de los mismos son alterados por los efectos de competición entre ellos, cuestión que no ha sido aún exhaustivamente estudiada. Por otro lado, la solución de colorante que actúa como medio activo es altamente anisotrópica dependiendo las características de su emisión de la polarización del bombeo, de los tiempos de relajación asociados a una particular molécula, de los efectos del solvente sobre éstos y de la ganancia relativa para cada frecuencia.

Aquí se presenta la caracterización de la emisión de un láser con dos cavidades usando una única red de difracción en configuración rasante con la finalidad de determinar las condiciones de funcionamiento para satisfacer requerimientos específicos al investigar la interacción radiación-materia, en particular en la detección remota de SO₂, y optimizar la posterior amplificación y el doblado en frecuencias de la radiación visible.

Resultados experimentales

El láser de colorante (Rodamina 560 clorada en metanol $\lambda_{\text{máx}} = 560$ nm) es bombeado transversalmente por la segunda armónica de un láser de Nd:YAG pulsado cuya intensidad y estado de polarización son ajustados por medio de una lámina de media onda y un polarizador. El láser de colorante consta de dos cavidades resonantes superpuestas, una en montaje Littrow y la otra en configuración de Littman. Las cavidades están conformadas por una cuña de cuarzo, una celda de colorante y una red de difracción de 1800 líneas/mm, elementos comunes a ambas, y un espejo plano totalmente reflector. Las dos longitudes de onda de la emisión láser se obtienen realimentando la radiación del segundo orden de la red (cavidad L a λ_L) y la del primer orden por reflexión en el espejo (cavidad R a λ_R) respectivamente con un rango de sintonía máximo 542 - 567 nm (Fig. 1).

Cuando el bombeo transversal se realiza con estado de polarización p, para que se pueda generar radiación en la

*Prof Asistente CONICET

Este efecto se refleja en la energía extraída de cada cavidad al barrer en frecuencias λ_R manteniendo λ_L fija. En la Fig.3 se muestra que la energía total en las dos polarizaciones es máxima para la cavidad R cuando la de la cavidad L alcanza un mínimo y cuyo valor es menor que la obtenida de L_0 . A su vez, debe notarse que la extracción máxima de energía de R es mayor que la de L_0 . Este comportamiento puede explicarse teniendo en cuenta que la realimentación de la red en segundo orden es menos eficiente que en el primer orden y además la amplificación en L_0 se produce sobre un extremo de la curva de fluorescencia y por ende de relativamente menor ganancia.

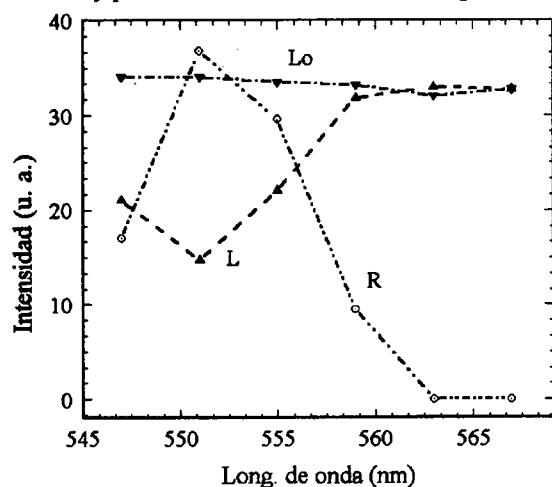


Figura 4. Intensidad en polarización p en función de la longitud de onda.

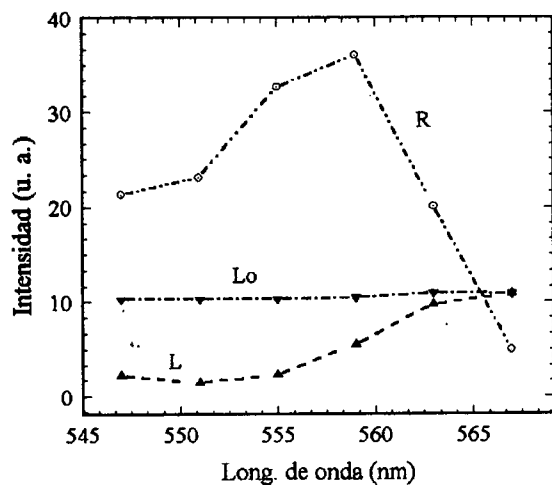


Figura 5. Intensidad en polarización s en función de la longitud de onda.

Los efectos de competición se ponen también en evidencia al analizar las variaciones de intensidad de los haces en cada dirección de polarización cuando varía la frecuencia del haz emitido por la cavidad R. En las Fig. 4 y 5 se observa que, al habilitar la cavidad R y para las frecuencias de alta ganancia relativa, se produce un decremento de la intensidad emitida por la cavidad L en ambas polarizaciones siendo la reducción más importante en la dirección s. Esto puede atribuirse a que la eficiencia

de la red en segundo orden para polarización s es menor que para p, la cual es a su vez menor que la de primer orden, y al despoblamiento del nivel superior provocado por la cavidad R. Por las mismas razones la emisión en s de R es mucho mayor que la de L mientras que en polarización p, por tener ambas cavidades pérdidas parecidas, las intensidades emitidas tienen valores similares y las variaciones deben estar relacionadas a la relación de ganancia para cada par de frecuencias.

La competición en ganancia se ve confirmada porque de la Fig.2 se deduce que la emisión de R es poco polarizada en oposición al caso en que se permite funcionar el láser con la misma configuración, pero sólo con la cavidad R, obteniéndose una emisión altamente polarizada en p.

El fenómeno de competencia afecta asimismo el comportamiento temporal de los haces emitidos. Hemos comprobado en las experiencias de laboratorio que aparece un retardo en la emisión de los haces en las distintas direcciones de polarización así como una alteración de la duración de los pulsos. En la Fig 6 se observa un registro típico obtenido para $\lambda_L=542$ nm y $\lambda_R=558$ nm.

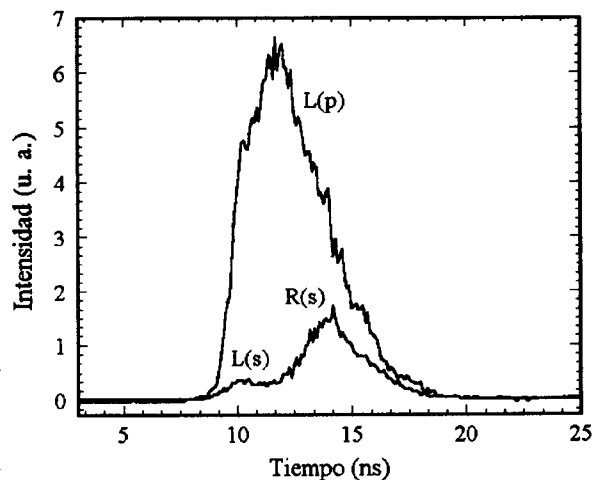


Figura 6. Pulsos láser para distintas polarizaciones.

2- Bombeo con polarización s y $\lambda_L = 544$ nm

En esta situación la fluorescencia está polarizada en dirección s y la emisión de la radiación láser de las cavidades L, R y L_0 está mayormente polarizada en s. Esto es debido a que la intensidad de bombeo es suficientemente alta y a pesar de que la eficiencia de la red es menor que para polarización p la ganancia del láser crece en tiempos más cortos que el de rotación de los dipolos. El máximo de la radiación de la cavidad R se encuentra en la longitud de onda de máxima fluorescencia. La suma de energía extraída de las dos cavidades (L+R) es mayor que la obtenida de la cavidad L_0 .

Conclusiones

Se observan en este láser importantes cambios en energía, estado de polarización, instante de aparición y ancho temporal de los pulsos inducidos por una fuerte competición en el medio activo. Por lo tanto, para la

optimización de su amplificación y doblado en frecuencia, se estudiará en el futuro el efecto de introducir en las cavidades elementos que establezcan estados de polarización bien definidos con pérdidas controlables.

Referencias

- 1 - Y. Prior, Rev. Sc. Instrum. 50 (1979) 259.
- 2 - H. J. Kong and S. S. Lee, IEEE J.Q.E. QE-17 (1981) 439.
- 3 - S. Chandra and A. Compaan, Opt. Comm. 31 (1979) 73.
- 4 - R. Khare, S.R. Daulatabad, H. S. Vora and R. Bhatnagar, Opt. Comm. 114 (1995) 275.