

ESTUDIO ESPECTROSCOPICO DE SITIOS EN $\text{LiNbO}_3:\text{Er}$ y en $\text{LiNbO}_3:\text{Er}:\text{Mg}$

R.Duchowicz y J.O. Tocho

Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata C.C.67,1900 La Plata y Centro de Investigaciones Opticas (CIOP) (CONICET- CICPBA), C.C.. 124, 1900 La Plata.

L. Nuñez y F. Cusso

Departamento de Física de Materiales (C IV), Universidad Autonoma de Madrid, España.

Técnicas espectroscópicas de absorción y fluorescencia sobre muestras enfriadas a temperatura de He líquido han sido utilizadas en este trabajo para investigar los diferentes sitios de red que aparecen en $\text{LiNbO}_3:\text{Er}$ y en $\text{LiNbO}_3:\text{Mg}$. Los resultados muestran que los cristales simplemente dopados presentan dos sitios no equivalentes, mientras que la incorporación del Mg^{2+} , realizada con el fin de disminuir el daño del fotorefractivo, induce la presencia de un tercer sitio de Er^{3+} . El comportamiento hallado es similar al de cristales dopados Nd^{3+} .

I. INTRODUCCION

En los últimos años se han incrementado enormemente las investigaciones realizadas sobre sólidos cristalinos dopados con iones de metales de transición y tierras raras. Ello es debido a su importancia en el desarrollo de láseres de estado sólido, los cuales han expandido su potencialidad compitiendo con láseres líquidos o gaseosos que emiten en la misma región espectral.

El erbio (Er^{3+}) dopado en fibras ópticas ha demostrado ser un excelente medio de ganancia para láseres y amplificadores^{1,2}. Emite principalmente en $1,55 \mu\text{m}$, longitud de onda utilizada en comunicaciones debido a la baja pérdida que pueden obtenerse en fibras ópticas en dicha región. Se han reportado en este medio inclusive la generación de pulsos ultracortos (solitones)³. Por otro lado, el dopado con Er permite fabricar sistemas activos sobre sustratos planos (óptica integrada) y se experimenta en el desarrollo de láseres miniaturizados.

El LiNbO_3 es cristal ferroeléctrico que puede tolerar altas concentraciones de iones dopantes (defectos extrínsecos). La influencia del campo cristalino sobre dichos iones es distinta según su ubicación en la red (sitios), características que se evidencia a través de los correspondientes espectros de absorción y/o emisión cuando se obtienen con buena resolución. Ello es posible a través de la utilización de muestras a baja temperatura y ancho del haz de excitación (láser) reducido.

Este trabajo tiene por objeto la caracterización espectral, de la cual existen precedentes a menor resolución^{4,5}, y la cuantificación de sitios del Er en LiNbO_3 por medios espectroscópicos analizando parti-

cularmente las transiciones $^4I_{15/2} \rightarrow ^4I_{9/2}$ y $^4I_{15/2} \leftarrow ^4I_{11/2}$. Un estudio similar es planteado en el sistema codopado con Er y Mg, donde la inclusión de este último ion se utiliza para disminuir el daño fotorefractivo, de gran importancia cuando se excita el cristal en la región UV-visible.

II. ESQUEMA EXPERIMENTAL

La Fig. 1 muestra el dispositivo experimental utilizado para obtener los espectros de excitación y fluorescencia del LiNbO_3 y de $\text{LiNbO}_3:\text{Er}:\text{Mg}$ a temperatura de He líquido. Un láser de Ti: zafiro excitado por uno de argón fue utilizado para excitar la muestra cuya luminiscencia (sin polarizar) fue detectada con un fotodiodo después de haber sido dispersada por un monocromador de 30 cm de distancia focal (Mc Pherson 218). Para los análisis preliminares fue utilizado un espectrofotómetro Cary 14.

Las muestras fueron provistas por el Laboratorio de Crecimiento de Cristales de la UAM y crecidas por el método de Czochralski

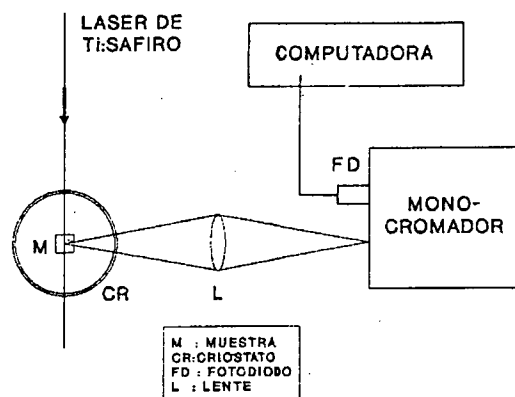


Fig. 1: Esquema experimental.

II. RESULTADOS Y DISCUSION

La Fig. 2a. muestra el esquema de niveles del Er^{3+} . Fueron analizadas las transiciones ${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^4I_{9/2}$ en absorción y la ${}^4I_{15/2} \leftarrow {}^4I_{11/2}$ en emisión. Dadas las degeneraciones correspondientes, el nivel ${}^4I_{9/2}$ se desdobra debido al campo cristalino en subniveles, mientras que el ${}^4I_{15/2}$ se desdobra en 8. La Fig. 2.b muestra los registros espectrofotométricos correspondientes a las absorciones del $\text{LiNbO}_3:\text{Er}$ y del $\text{LiNbO}_3:\text{Er}:\text{Mg}$ obtenidos a baja temperatura. No se observan detalles de dicho desdoblamiento.

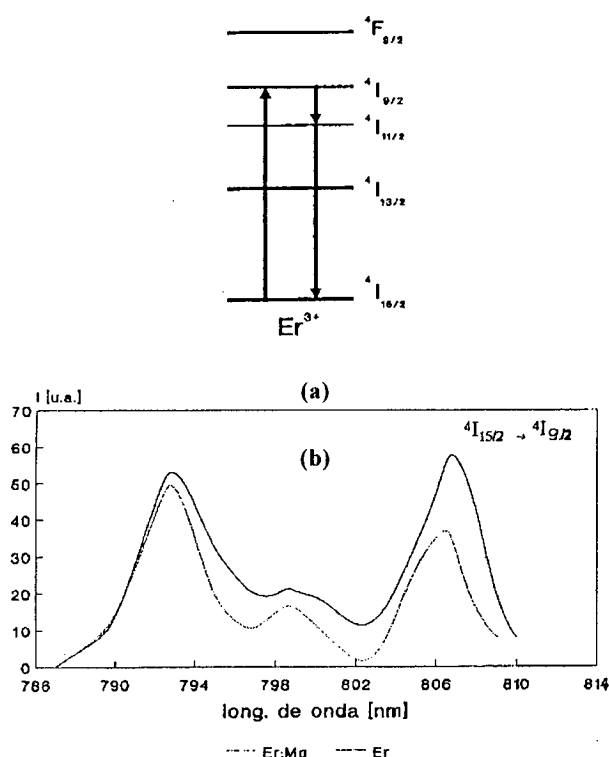


Fig. 2: (a) Sistema de niveles del Er^{3+} . (b) Espectros de absorción (baja resolución).

Los espectros (a) y (b) de la Fig.3 representan ejemplos de los dos patrones de excitación (${}^4I_{15/2} \rightarrow {}^4I_{9/2}$) del $\text{LiNbO}_3:\text{Er}$ obtenidos monitoreando la emisión correspondiente a la transición ${}^4I_{15/2} \leftarrow {}^4I_{11/2}$ en distintas posiciones. El nivel ${}^4I_{9/2}$, al que fue sintonizado el láser, prácticamente no fluoresce y decae en forma no radiativa al ${}^4I_{11/2}$. En el caso del $\text{LiNbO}_3:\text{Er}:\text{Mg}$, los patrones observados son tres Fig.4. Se observa una correspondencia entre los espectros (a) y (b) de figuras, mientras que el (c) de la segunda posee características propias.

Las Figs. 5 y 6 corresponden a los patrones de fluorescencia obtenidos fijando la excitación en distintas posiciones (utilizando las mismas transiciones). Nuevamente se observa una correspondencia entre dos de ellos. Los patrones observados para el caso $\text{LiNbO}_3:\text{Er}$ determinan la ubicación del Er^{3+} en dos posiciones (sitios) de la red. Dada la similitud con el caso del $\text{LiNbO}_3:\text{Nd}$, mucho más estudiado^{6,7}, puede asumirse que el Er suplanta al Li^+ o al Nb^{5+} . En el caso del co-dopaje con Er: Mg, un nuevo sitio emerge el cual siguiendo la similitud, debería atribuirse a Er^{3+} ocupando posiciones del Nb^{5+} perturbado por la proximidad de iones Mg^{2+} ubicados a su vez en sitios del Li^+ . De todas maneras, dicha descripción necesita un análisis más profundo. Sobre las Figs. 3 y 5 se han graficado las transiciones a los distintos subniveles que surgen del trabajo experimental de la ref. 4. Se observa un apartamiento debido sin duda a las diferentes resoluciones utilizadas.

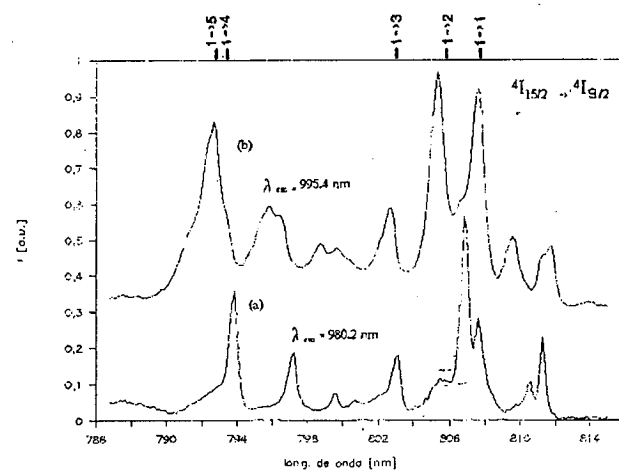


Fig. 3: Espectros de excitación del $\text{LiNbO}_3:\text{Er}$.

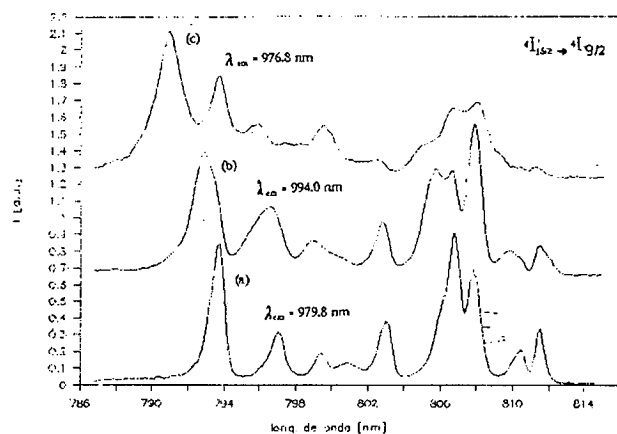


Fig. 4: Espectros de excitación del $\text{LiNbO}_3:\text{Er}:\text{Mg}$.

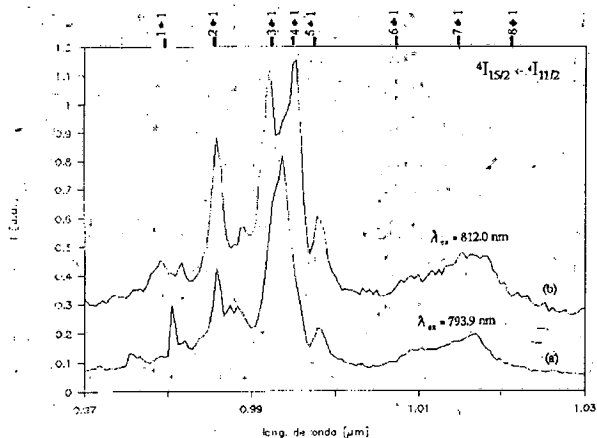


Fig. 5: Espectros de fluorescencia del $\text{LiNbO}_3:\text{Er}$.

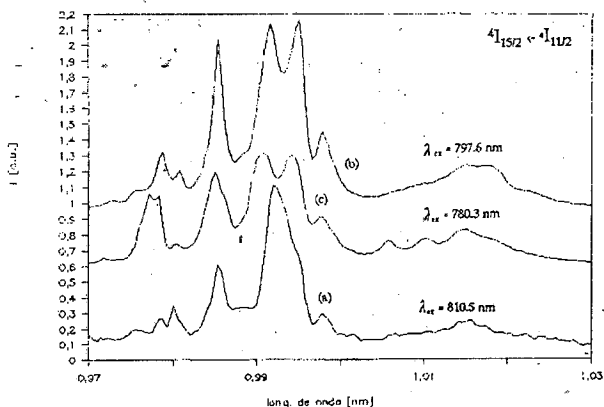


Fig. 6: Espectros de fluorescencia del $\text{LiNbO}_3:\text{Er}:\text{Mg}$.

IV. CONCLUSIONES

Los estudios espectroscópicos del $\text{LiNbO}_3:\text{Er}:\text{Mg}$

tanto en absorción como en emisión, han mostrado la incorporación del Er^{3+} en dos y tres sitios, respectivamente. La asignación de tales sitios a posiciones de la red no es un problema simple y necesita mayor evidencia experimental. La asignación de las líneas de excitación o emisión no concuerdan totalmente con las reportadas anteriormente, por lo que se realiza actualmente una tarea a fin de establecer la asignación correcta.

Este trabajo se enmarca en el proyecto "Nuevos Materiales Optoelectrónicos" financiado por el Ministerio de Educación y Ciencias de España y cuenta con el apoyo del CONICET a través del PID 3060100/88 "Espectroscopía Láser".

REFERENCIAS

1. R.J.Mears, L.Redie, S.B.Poole and D.N.Payne Electron. Lett. **22**, 159 (1986).
2. R.Brinkman, W.Sohler, and H.Suche, Electron. Lett. **27** (5), 415 (1991).
3. K.Smith, J.R.Armitage, R.Wyatt, N.J.Doran and S.M.J.Kelly, Electron. Lett. **26**, 1149 (1990).
4. V.T.Gabrielyan, A.a.Kaaminskii and L.Li, Phys. Stat. Sol. (a) **3**, K37, (1970).
5. D.M.Gil, Aaron Judy, L.McCaughan and J.C.Wright, Appl. Phys. Lett. **60** (9), 1067 (1992).
6. G.Lifante, F.Cusso, F.Jaque, J.A.Sanz-García, A.Monteil, B.Varrel, G.Boulon and J.García-Sole, Chem. Phys. Lett. **176**, (5), 482 (1991).
7. J.O.Tocho, J.A.Sanz García, F.Jaque and J.García Sole, J.Appl. Phys. **70** (10) 5582 (1991).