

УДК 535.34:535.37

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ $LiNbO_3$,
АКТИВИРОВАННЫЕ ИОНАМИ Er^{3+} В. Г. БАБАДЖАНИАН, С. ДЖОРДЖЕСКУ, К. ИОНЕСКУ, Р. Б. КОСТАНИАН,
В. ЛУПЕЙ, Т. В. САНАМЯН, В. Р. НИКОГОСЯН

Институт физических исследований АН Армении

(Поступила в редакцию 24 мая 1990 г.)

Приведены результаты кинетических и спектроскопических исследований кристаллов $LiNbO_3:Er^{3+}$ ($\sim 1\%$ вес. Er_2O_3 в исходной шихте), проведенных при комнатных температурах с возбуждением второй гармоникой лазера на $YAG:Nd^{3+}$ ($\lambda = 532$ нм). Измерены времена жизни уровней $^4S_{3/2}$, $^4F_{9/2}$, $^4I_{11/2}$ и $^4I_{13/2}$ и проведен анализ формы распада возбуждения с этих уровней на основе машинной статистической обработки результатов большого числа измерений. Проведено сравнение полученных данных с таковыми для граната, ортоалюмината и фторида, легированных низкой концентрацией ионов Er^{3+} .

В последнее время интерес к ниобату лития, легированного различными примесями усилился ввиду возможности комбинирования акусто, электро- и нелинейно-оптических свойств матрицы с хорошими генерационными характеристиками активаторных ионов. В [1] описывается миниатюрная лазерная установка, собранная на одном кристалле $MgO:Nd:LiNbO_3$. Используя электро и нелинейно-оптические свойства основы, осуществлены режимы непрерывной и импульсной генерации с активной модуляцией и самоудвоением частоты при накачке излучением лазера на красителе родамин 6 G ($\lambda = 598$ нм). В [2] возбуждение того же красителя осуществлялось лазерным диодом ($\lambda = 823$ нм). В работах [3,4] описываются генерация ионов Tu^{3+} Ho^{3+} в $LiNbO_3$ при $77^\circ K$, причем на первом из них получено также самоудвоение частоты. В [5] приведена схема энергетических уровней иона Er^{3+} в решетке $LiNbO_3$ при $77^\circ K$, а также некоторые люминесцирующие переходы между ними, однако отсутствует важная информация об их кинетических характеристиках.

В настоящей работе приводятся результаты спектроскопических и кинетических исследований кристалла $LiNbO_3:Er^{3+}$, проведенных с возбуждением второй гармоникой лазера на $YAG:Nd^{3+}$ при комнатных температурах.

Исследуемые кристаллы выращивались методом Чохральского. Вопросы роста подробно описаны в [6]. Концентрация примеси эрбия, вводимая в исходную шихту в виде Er_2O_3 , составляла $\sim 1\%$ вес. Регистрация спектров пропускания осуществлялась на полированных Y-пластинах $\sim 1,5$ мм толщиной с применением в зависимости от области длин волн различных спектрофотометров: Specord M 40 (300—900 нм), СФ — 8 (900—2500 нм) и ИКС—22 (2500—5500 нм). Люминесцентные исследе-

дования ориентированных образцов размерами $4 \times 4 \times 5$ (X, Y, Z) мм³ проводились на спектрометре СДЛ—1 с использованием в качестве источника возбуждения непрерывного лазера ЛТН—402, работающего на длине волны 532 нм.

Кинетические исследования проводились на установке, схема которой приведена на рис. 1. Источником возбуждения (1) являлась вторая гармоника импульсного лазера на $YAG: Nd^{3+}$ со следующими параметрами: длина волны излучения — 532 нм, длительность импульса — 10 нс, энергия в импульсе — 6 мДж, частота повторения — 10 Гц. Для отсеечения в возбуждающем излучении длины волны генерации лазера ($\lambda = 1064$ нм)

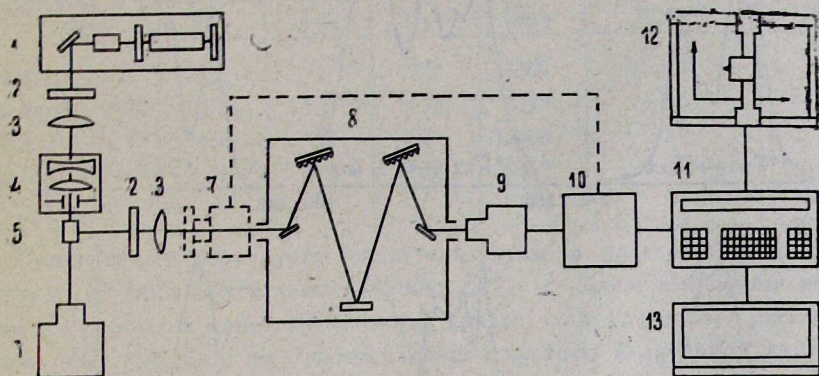


Рис. 1 Схема установки для проведения кинетических исследований кристаллов $LiNbO_3:Er^{3+}$.

и выделения люминесцентного сигнала применялись соответствующие фильтры (2). Линзы (3) служили для наведения возбуждения на исследуемый образец (5) и фокусировки излучения его люминесценции на входную щель двойного одномерного монохроматора $GDM-1000$ (8). Для изменения плотности энергии накачки на исследуемом кристалле использовалась диафрагма с соответствующей линзой (4) (собирающей или рассеивающей). Калориметрический приемник излучения (6) позволял измерять падающую (в отсутствии образца) и прошедшую через него энергию излучения накачки. Регистрация люминесценции кристалла $LiNbO_3:Er^{3+}$ осуществлялась на выходе монохроматора охлаждаемых до $-40^\circ C$ фотоумножителем (9) с фотокатодом типа $S1$ в области длин волн от 500 до 1000 нм, а вблизи 1600 нм — фотодиодом ФД—111Э с кремниевым фильтром перед ним (7). Многоканальный (2400) временной регистратор (10) типа Biomation 2805 с микро-ЭВМ HP 9835 (11) позволяли проводить анализ формы кривых распада возбуждения с различных люминесцирующих уровней. Постоянная времени системы регистрации была порядка 100 нс. Результаты эксперимента на основе статистической обработки информации от большого числа измерений выводились на дисплей (13) или двухкоординатный самописец (12) в виде различных зависимостей.

Спектры люминесценции, соответствующие переходам между различными энергетическими уровнями Er^{3+} в $LiNbO_3$ с возбуждением на длине волны 532 нм при комнатной температуре приведены на рис. 2. На поло-

су люминесценции иона Er^{3+} в области 2500—3000 нм накладывается ОН—поглощение матрицы, ослабляя и искажая ее структуру.

Измерения времен жизни различных уровней иона Er^{3+} , а также анализ формы кривых распада возбуждения с них проводились при высоких (~ 100 Мвт/см²) и низких ($\sim 0,5$ Мвт/см²) плотностях энергии накачки. На основе машинной статистической обработки результатов большого числа измерений для всех регистрируемых переходов строились графики

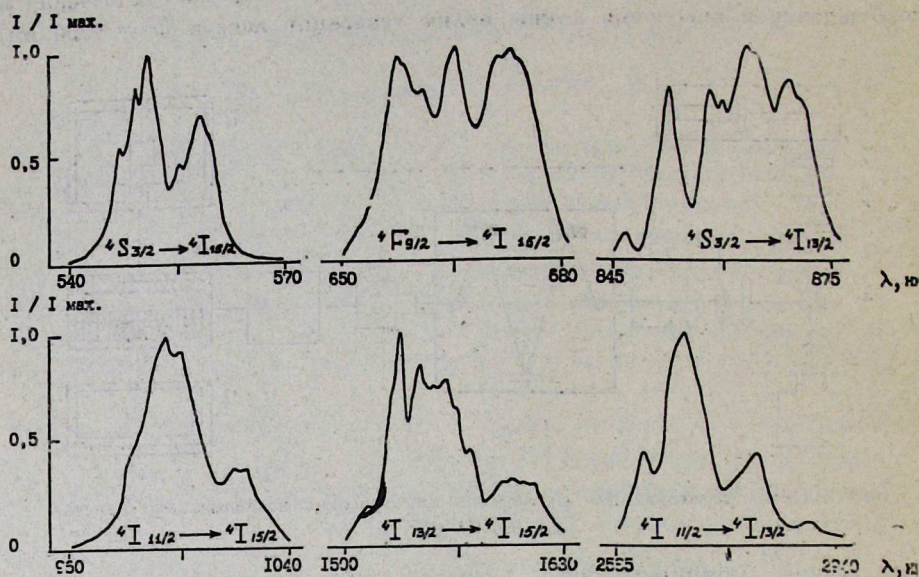


Рис. Спектры люминесценции кристаллов $LiNbO_3:Er^{3+}$ при комнатных температурах с возбуждением 532 нм. Внутри кривых указаны переходы между энергетическими уровнями, соответствующими люминесценции в данной спектральной области.

логарифмических зависимостей интенсивности люминесценции от времени. Временной шаг между последовательными выборками информации устанавливался с помощью прибора Biomation 2805 в зависимости от длительности исследуемого люминесцентного сигнала.

Анализ таких зависимостей показал, что как при низких, так и при высоких энергиях накачки распады уровней $^4S_{3/2}$, $^4F_{9/2}$ и $^4I_{13/2}$ являются чисто экспоненциальными функциями от времени и лишь для $^4I_{11/2}$ при высокой плотности излучения накачки наблюдается очень слабое отклонение. Измеренные времена жизни уровней $^4S_{3/2}$, $^4F_{9/2}$, $^4I_{11/2}$ и $^4I_{13/2}$ ионов Er^{3+} в $LiNbO_3$ приведены в таблице, где для сравнения даны те же величины для граната, фторида и ортоалюмината, слаболегированных ионами Er^{3+} . Все величины приведены для комнатных температур.

Из таблицы видно, что при таких низких концентрациях легирующей примеси, времена жизни этих уровней иона Er^{3+} в решетках ниобата лития и граната близки и сильно отличаются от таковых для фторида и ортоалюмината. Это, при незначительных изменениях энергетических интерва-

лов между приведенными уровнями в данных основах, обусловлено, по-видимому, процессами многофононных релаксаций с них, доминирующим среди которых является процесс с выделением предельных для данной основы оптических фононов, которые для ниобата лития и граната близки ($\sim 700\text{--}800\text{ см}^{-1}$).

Времена жизни уровней $^4S_{3/2}$, $^4F_{9/2}$, $^4I_{11/2}$ и $^4I_{13/2}$ иона Er^{3+} в кристаллах ниобата лития, граната, фторида и ортоалюмината при комнатных температурах

Кристалл	Времена жизни уровней, мкс.				Конц. Er^{3+} % вес.	Литература
	$^4S_{3/2}$	$^4F_{9/2}$	$^4I_{11/2}$	$^4I_{13/2}$		
$LiNbO_3: Er^{3+}$	28,5	2	220	7300	≤ 1	
$Li_2Al_5O_{12}: Er^{3+}$	13,5	1,5	110	6500	≤ 5	[7]
$LiYF_4: Er^{3+}$	4,0	30	4000	12000	≤ 2	[8]
$YAlO_3: Er^{3+}$	46	9,5	1570	9400	≤ 2	[9]

Приведенные результаты свидетельствуют о целесообразности дальнейшего изучения кристаллов $LiNbO_3: Er^{3+}$ с целью выяснения возможности их работы в качестве активной среды для лазеров, работающих вблизи 1600 или 3000 нм с самоудвоением частоты и активной внутренней модуляцией добротности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fan T. Y., Cordova—Plaza A., Digonne M. Y. F. et. al. J. O. S. Am., v. B3, 140 (1986)
2. Cordova—Plaza A., Fan T. Y., Digonne M. Y. F. et. al. Opt. Lett. v. 13, 209 (1988).
3. Евланова Н. Ф., Ковалев А. С., Копчик В. А. и др. Письма ЖЭТФ, 5, 1 (1967).
4. Johnson F., Ballman A. A. IEEE. 1968. v. QE—4, 317 (1968).
5. Gabrielyan V. T., Kaminsky A. A., Li L. Phys. stat. sol., v. as, k 37 (1970)
6. Габриелян В. Т., Кокопян Э. П. II-ая Всесоюзная конф. Актуальные проблемы получения и применения сегнето и пьезоэлектрических материалов. Тез. докл. М., 1984, ч. II, с. 275.
7. Костанян Р. Б., Самаян Т. В. Докл. АН АрмССР, 81, 128 (1985).
8. Ткачук А. М., Петров М. В., Хилько А. В. Спектроскопия кристаллов. Л., 1983, с. 106—123.
9. Андриясян М. А. и др. Препринт ИФИ АН АрмССР, № 124, Ереван, 1987.

Er³⁺ ԻՈՆՆԵՐՈՎ ԱԿՏԻՎԱՑՎԱԾ LiNbO₃ ԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Վ. Գ. ԲԱԲԱԶԽԱՆՅԱՆ, Ս. ՋՈՐԶԵՍԿՈՒ, Կ. ԻՈՆԵՍԿՈՒ, Ռ. Բ. ԿՈՍՏԱՆՅԱՆ,
Վ. ԼՈՒՊԵՅ, Տ. Վ. ՍԱՆԱՄՅԱՆ, Վ. Ռ. ՆԻԿՈԳՍՅԱՆ

Բերված են YAG: Nd լազերի երկրորդ հարմոնիկով ($\lambda = 532$ ն.մ.) զրգոված LiNbO₃: Er³⁺ բյուրեղների կինետիկ և սպեկտրալ ուսումնասիրման արդյունքները: Չափված են ⁴S_{3/2}, ⁴F_{9/2}, ⁴I_{11/2} և ⁴I_{13/2} մակարդակների կյանքի տևողությունները: Մեծ քանակով չափումների արդյունքների մեքենայական վիճակագրական մշակման հիման վրա անց է կացված այդ մակարդակների տրոհման ձևի վերլուծություն: Ստացված արդյունքները համեմատված են Er³⁺ իոնների ցածր բաղադրությամբ լյուտեցիումի նոնաքարի, իտրիումային օրթոալյումինատի և իտրիում-լիթիումային ֆտորիդի բյուրեղների նոյնանման տվյալների հետ:

OPTICAL PROPERTIES OF LiNbO₃ CRYSTALS DOPED WITH Er³⁺ IONS

V. G. BABADZHANYAN, S. GEORGESCU, C. JONESKÜ, R. B. KOSTANYAN,
V. LUPEI, T. V. SANAMYAN, V. P. NIKOGOSYAN

Results of kinetic and spectroscopic investigations of LiNbO₃ crystal doped with Er³⁺ ions excited by the second harmonic of YAG: Nd³⁺ laser at room temperature are given. The lifetimes of ⁴S_{3/2}, ⁴F_{9/2}, ⁴I_{11/2} and ⁴I_{13/2} were measured in case of high and low pumping intensities. Based on the statistical data handling of the results of a large series of on-line measurements with HP9835 computer, the decay modes of these levels were analyzed. The obtained results were compared with those for garnet, orthoaluminate and fluoride crystals doped with low concentrations of Er³⁺ ions.

Изв. АН Армении, Физика, т. 25, вып. 6, 360—364 (1990):

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 548.4

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ НАТРИЯ НА МИКРОПЛАСТИЧНОСТЬ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КВАРЦА

С. В. КАРАПЕТЯН, М. С. САКАНЯН

Ереванский государственный университет

А. А. ТАДЕВОСЯН

Армянский педагогический институт

С. В. ГАСПАРЯН

Ереванский политехнический институт

(Поступила в редакцию 6 июня 1990 г.)

Проведено исследование амплитудной зависимости поглощения ультразвука в кристаллах кварца в зависимости от содержания в них примесей натрия. Получено, что с увеличением концентрации натрия наблюдается увеличение микропластичности исследуемых образцов. Параллельное наблюдение за электропроводностью кристаллов кварца показало, что она падает с ростом концентрации примесей натрия.