

Таким образом, в результате исследований изучены характеристики диффузионных оптических волноводов $\text{LiNbO}_3 : \text{Fe}$. Особенности таких волноводов могут быть использованы при проектировании и построении конкретных элементов и устройств интегральной оптики.

В заключение авторы выражают благодарность Е. А. Колосовскому за помощь в определении параметров профиля ПП волноводов.

Список литературы

- [1] Голубков В. С., Емизиев Н. Н., Папуловский В. Ф. Интегральная оптика в информационной технике. М.: Энергоиздат, 1985. 152 с.
- [2] Войтенко И. Г. // Изв. АН БССР. Сер. физ.-мат. наук. 1980. № 1. С. 80—82.
- [3] Зилинг К. К., Покровский Л. Д., Шашкин В. В. // Автометрия. 1978. № 1. С. 103—108.
- [4] Колосовский Е. А., Петров Д. В., Царев А. В. // Квантовая электрон. 1981. Т. 8. № 12. С. 2557—2568.
- [5] Tsonev L., Savatinova I., Simova P. // Appl. Phys. 1981. N 3. P. 205—209.
- [6] Шандаров В. М., Шандаров С. М. // Письма в ЖТФ. Т. 12. Вып. 1. С. 48—51.

Томский институт
автоматизированных систем управления
и радиотехники

Поступило в Редакцию
6 июля 1987 г.

06; 07

Журнал технической физики, т. 59, в. 8, 1989

ФОРМИРОВАНИЕ И СВОЙСТВА $\text{H} : \text{LiTaO}_3$ СВЕТОВОДОВ

В. А. Ганьшин, Ю. Н. Коркишко, Т. В. Морозова, В. З. Петрова

Введение

Танталат лития (ТЛ) является базовым материалом интегральной оптики. В ряде случаев, в частности там, где используется излучение большой мощности и требуется высокая частотная стабильность, использование ТЛ более эффективно по сравнению с ниобатом лития (НЛ).

Существуют различные методы получения планарных световодов в кристаллах ТЛ, однако единственным методом получения качественных структур при температуре ниже точки Кюри является ионный обмен, и в частности протонолитиевый обмен (ПЛО) [1, 2]. В отличие от ПЛО в ниобате лития [3—5] этот процесс в ТЛ практически не исследован с физико-химической точки зрения. Кроме того, световоды были получены только на Z-срезе кристалла.

Целью данной работы является комплексное исследование процесса формирования $\text{H} : \text{LiTaO}_3$ световодов на пластинах различных ориентаций.

Исследования искажений кристаллической структуры и фазообразования в легированной области проводились соответственно на двухкристальном дифрактометре ДРОН-0.5 и дифрактометре Д-2 «Rigaki Denki» аналогично описанному в [3, 4]. Показатели преломления и толщины структур определялись по данным волноводно-оптических измерений методом призмленного ввода (призма из GaP, длина волны $\lambda = 0.633$ мкм). Толщины слоев оценивались также по интенсивности сигналов на кривых качания. Для исследований применялись ИК спектроскопия, оптическая и фазово-контрастная микроскопия.

Нами разработан ряд составов легирующих расплавов на основе неорганических соединений, в которых возможно проведение процессов легирования в открытых объемах на воздухе. Все известные и разработанные расплавы классифицированы с точки зрения интенсивности протекания процесса ПЛО на сильнокислотные и слабокислотные. Установлено, что механизм процесса существенно зависит от типа расплава и выбранного кристаллического среза. Рассмотрим подробно влияние этих факторов.

Слабокислотное легирование

Рассмотрим этот процесс на примере легирования в расплаве стеариновой кислоты [6]. На поверхности пластин X-среза ТЛ при увеличении времени легирования последовательно формируются фазы α_x , β_x , γ_x (рис. 1) состава $\text{H}_x\text{Li}_{1-x}\text{TaO}_3$, имеющие структуру типа ТЛ, но

отличающиеся параметром решетки a . Деформации параметра a в этих фазах представлены в таблице.

При увеличении времени обработки в расплаве наступает деструкция поверхности пластин. Она имеет характер трещин в направлении, параллельном оси X , и под углом 26° к осм X .

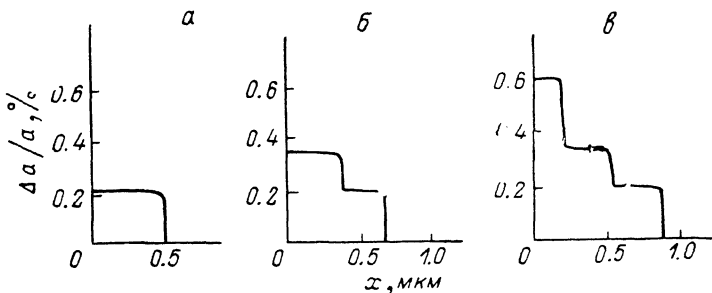


Рис. 1. Профили деформаций, возникающих в $H : LiTaO_3$ структурах X -среза, полученных обработкой в расплаве стеариновой кислоты при $T=300^\circ C$ в течение различного времени. τ , ч: а — 1.5, б — 2, в — 2.5.

Процесс ПЛО на Y -срезе во многом близок аналогичному процессу на X -срезе: с увеличением времени легирования деформации кристаллической структуры растут, и в определенный момент времени наступает деструкция поверхности пластин, аналогичная деструкции на X -срезе. Отличие состоит в том, что на данном срезе последовательно формируются только две фазы состава $H_xLi_{1-x}TaO_3$: α_y и β_y . Их параметры представлены в таблице.

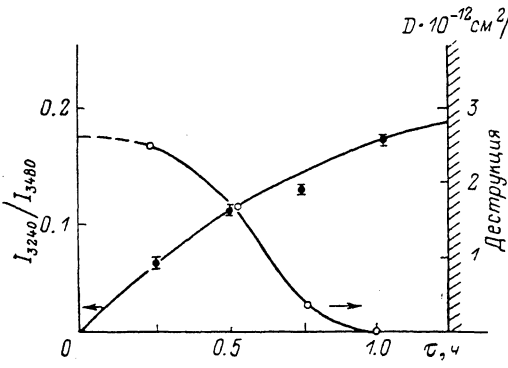


Рис. 2. Зависимости коэффициента диффузии D и отношения интенсивностей поглощения $—O—N$ группами при 3240 и 3480 cm^{-1} от времени легирования ТЛ Y -среза в расплаве стеариновой кислоты при $T=270^\circ C$.

Время легирования отношение интенсивностей поглощения $—O—N$ группами с центром при 3240 и 3480 cm^{-1} растет (I_{3240} и I_{3480} — площади под зависимостями интенсивности поглощения от волнового числа). Это указывает на увеличение концентрации протонов в поверхностной области. В определенный момент времени коэффициент диффузии становится равным нулю, а процесс ПЛО продолжается, приводя к увеличению концентрации протонов на поверхности. Этот процесс продолжается до тех пор, пока нарастающие напряжения не релаксируются путем деструкции поверхности.

В структурах на X - и Y -срезах обнаружены максимумы, соответствующие некоторой фазе, имеющей отличный от ТЛ тип симметрии. Возможно, это $LiTa_2O_8$, однако более детальные исследования для идентификации этой фазы будут проведены в дальнейшем. Вероятно, что, как и $LiNb_3O_8$, в случае ПЛО в ниобате лития [3, 4], эта фаза залегает на фронте ионного обмена и блокирует диффузию ионов лития из глубины кристалла к поверхности. Это и приводит к samozавершаемости процесса легирования.

На пластинах X - и Y -срезов удастся получить лишь одномодовые световоды. Кратковременный отжиг структур при $T=300^\circ C$ в течение ~ 30 мин приводит к тому, что в структурах

Срез ТЛ	Деформации параметра a ($\frac{\Delta a}{a}$) в фазах α , β , γ ; %		
	α	β	γ
X	0.22	0.37	0.64
Y	0.18	2.1	—

формируются лишь наименее деформируемые фазы α и профиль деформации имеет ступенчатую форму. В результате многостадийной обработки, заключающейся в последовательном проведении процессов легирования и отжига, удается получить двухмодовые структуры со ступенчатым ППП, $\Delta n_e = 0.029$. Дальнейший отжиг приводит к трансформации функции ППП в функцию Гаусса и формированию трехмодовых структур.

Сильнокислотное легирование

Такие процессы протекают как в расплаве бензойной кислоты [7], так и в расплавах некоторых неорганических соединений. В $\text{H} : \text{LiTaO}_3$ структурах на X -срезе возникает фаза типа γ_x и фаза с деформациями $\Delta a/a = 2.15\%$, аналогичная образующейся на Y -срезе фазе β_y при обработке в слабокислотном расплаве. На Y -срезе возникает только максимально деформируемая фаза β_y , а при увеличении времени обработки наступает деструкция поверхности пластин. Световоды в таких расплавах сформировать не удается. Однако после кратковременного отжига или многостадийной обработки удается получить одно- и двухмодовые световоды, аналогичные полученным в результате такой же обработки с использованием слабокислотных расплавов.

В заключение отметим, что наши исследования согласуются с данными работы [1], авторы которой сообщают о замедлении процесса ПЛО на Z -срезе ТЛ при обработке в расплаве бензойной кислоты. Согласно [1], начиная с определенного момента увеличение времени обработки уже не приводит к изменению ЭПП моды. Очевидно, и на Z -срезе ТЛ процесс ПЛО является самозавершающимся. Отличие от X - и Y -срезов в том, что на данном срезе не наступает деструкция поверхности. Вероятно, это вызвано тем, что в $\text{H} : \text{LiTaO}_3$ структурах на Z -срезе ТЛ, как и в $\text{H} : \text{LiNbO}_3$ [4], все возникающие деформации являются свободными и напряжений в структуре не возникает.

Проведенные исследования позволили установить некоторые закономерности и выяснить особенности протекания протонообменных процессов при формировании световодов в кристаллах танталата лития.

Список литературы

- [1] Копылов Ю. Л., Кравченко В. Б., Миргородская Е. Н., Бобылов А. В. // Письма в ЖТФ. 1983. Т. 9. Вып. 10. С. 601—604.
- [2] Атучин В. В., Захарьяш Т. И. // ЖТФ. 1984. Т. 54. Вып. 5. С. 977—979.
- [3] Ганьшин В. А., Коркишко Ю. Н., Петрова В. З. // ЖТФ. 1985. Т. 55. Вып. 11. С. 2224—2227.
- [4] Ганьшин В. А., Иванов В. Ш., Коркишко Ю. Н., Петрова В. З. // ЖТФ. 1986. Т. 56. Вып. 7. С. 1355—1362.
- [5] Бойко Т. М., Ганьшин В. А., Коркишко Ю. Н. // ЖТФ. 1985. Т. 55. Вып. 7. С. 1441—1443.
- [6] Jackel J. L., Rice C. E. // Proc. SPIE. 1984. Vol. 460. P. 43—48.
- [7] Jackel J. L., Rice C. E., Veselka J. J. // Appl. Phys. Lett. 1982. Vol. 41, N 7. P. 607—608.

Московский институт
электронной техники

Поступило в Редакцию
31 августа 1987 г.

СЖАТИЕ АТОМНЫХ ПУЧКОВ ОСЕСИММЕТРИЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В. Г. Миногин, А. А. Попов

Введение. Постановка задачи.

Недавно было показано, что давление резонансного лазерного излучения может быть использовано для эффективного сжатия пучков нейтральных атомов (см. [1] и цитированную там литературу). Идея предложенного метода сжатия пучков атомов основана на поперечном облучении атомного пучка несколькими симметрично расположенными лазерными лу-