

Таким образом, зависимость порога  $B$ -эффекта структуры  $\text{Si}-\text{SiO}_2$ -ЖК от полярности приложенного напряжения обусловлена различным влиянием при смене полярности грани  $\text{Si}-\text{SiO}_2$  и ЖК- $\text{SiO}_2$  на характер физических процессов, протекающих в рассматриваемой структуре, что ведет к накоплению разного по величине заряда на границе  $\text{SiO}_2$ -ЖК и к иному распределению электрических полей.

## Литература

- [1] Рубцов А. Е., Невская Г. Е. // Обзоры по электронной технике. Серия 8. Вып. 1. М.: ЦНИИ «Электроника», 1986. С. 16—17.  
 [2] Блинов Л. М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. М.: Наука, 1978. 384 с.  
 [3] Sizuka H. et al. // IEEE Trans. Electr. Devices. 1976. Vol. ED-23. N 4. P. 379—387.  
 [4] Сканиви Г. И. Физика диэлектриков. М., 1949. 498 с.

Новосибирский  
электротехнический институт

Поступило в Редакцию  
14 декабря 1987 г.  
В окончательной редакции  
21 марта 1988 г.

05; 06; 07

Журнал технической физики, т. 59, в. 3, 1989

## ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ МОДУЛЯТОР ТИПА ИНТЕРФЕРОМЕТРА МАХА—ЦЕНДЕРА НА $\text{Ti} : \text{LiTaO}_3$

Р. Римейка, Д. Чиплис, А. Домарьас

Среди материалов интегральной оптики привлекает внимание танталат лития, обладающий повышенной по сравнению с ниобатом лития стойкостью к фоторефрактивному эффекту и меньшей анизотропией показателей преломления. Оптические волноводы на  $\text{LiTaO}_3$  и электрооптические модуляторы на их основе изготовлялись различными методами [1—5].

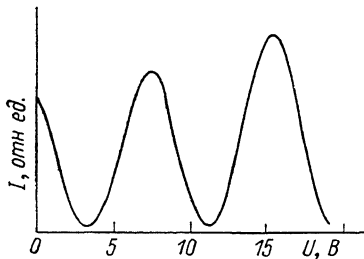


Рис. 1.

Перенос наиболее распространенной и дающей хорошие результаты в случае  $\text{LiNbO}_3$  методики термодиффузии титана на танталат лития связан с определенными сложностями, обусловленными низкой температурой Кюри ( $660^\circ\text{C}$ ) [6] в  $\text{LiTaO}_3$ . Модулятор на основе планарных волноводов  $\text{Ti} : \text{LiTaO}_3$  был создан в [2]. Несомненный интерес представляет создание электрооптического модулятора на основе канальных волноводов  $\text{Ti} : \text{LiTaO}_3$ , в частности интерферометра Маха—Цендера. Решению этой задачи и посвящена настоящая работа.

Геометрия интерферометрического модулятора подобна использованной нами ранее в  $\text{LiNbO}_3$  [7]. На поверхность  $Y$  среза образца танталата лития размерами  $(20 \times 2 \times 10)$  мм<sup>3</sup> напылялся слой  $\text{Ti}$  толщиной  $350 \text{ \AA}$ . Рисунок волноводов интерферометра создавался фотолитографическим способом. Волноводы были направлены вдоль оси  $X$  кристалла. Ширина полосок  $\text{Ti}$  в плечах интерферометра составляла  $10 \text{ мкм}$ . Перед диффузией образец в течение  $4 \text{ ч}$  выдерживался при температуре  $650^\circ\text{C}$  с целью окисления титана. Затем производилась сама диффузия при температуре  $1100^\circ\text{C}$  в течение  $7.5 \text{ ч}$ . Весь нагрев производился в воздухе.

Следующим этапом являлось восстановление электрооптических свойств, исчезающих вследствие нагрева  $\text{LiTaO}_3$  выше температуры Кюри. К боковым плоскостям, перпендикулярным оси  $Z$ , прижимались титановые электроды. Подачей на них постоянного напряжения в образце создавалось электрическое поле напряженностью от  $400$  до  $600 \text{ В/см}$ . Образец с включенным напряжением нагревался до  $700^\circ\text{C}$ , выдерживался при этой температуре в течение  $20 \text{ мин}$  и медленно охлаждался. Наконец, на поверхности  $Y$  среза образца фотолитографическим способом изготовлялись электроды из  $\text{Cu}$  для подачи модулирующего напряжения. Длина электродов  $L$  составляла  $6.7 \text{ мм}$ , ширина зазора между ними  $d$  равна  $12 \text{ мкм}$ . Совмещение рисунков волноводов и электродов осуществлялось при помощи заранее нанесенных меток из  $\text{SiO}_2$ .

Работа интерферометра исследовалась на длине световой волны  $\lambda_0=0.63$  мкм. Излучение He—Ne лазера вводилось и выводилось при помощи призм из GaP и регистрировалось фотоумножителем.

Поскольку волноводы не были одномодовыми по ширине, то выходной пучок света дифрагмировался для выделения участка, однородно изменяющегося под действием электрического поля. На рис. 1 представлена зависимость интенсивности света от приложенного

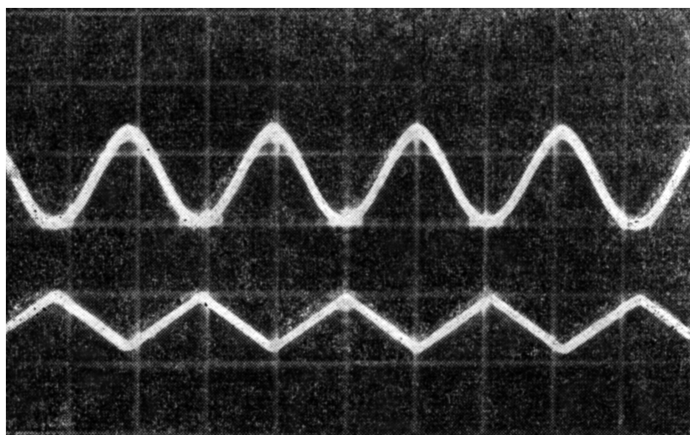


Рис. 2. Оциллограмма модуляции света.

Верхний луч — напряжение на нагрузке ФЭУ, пропорциональное интенсивности света, масштаб 50 мВ/дел. Темновой уровень совмещен со средней горизонтальной масштабной сетки. Нижний луч — напряжение на электродах модулятора; масштаб 5 В/дел. Масштаб по горизонтали 20 мкс/дел.

к модулирующим электродам постоянного напряжения. Полуволновое напряжение  $U_{\pi}$ , определенное отсюда, равно 4 В. При подстановке в теоретическую зависимость

$$I/I_0 = \frac{1}{2} (1 + \cos(2\pi b n_e^2 r_{33} U L / \lambda_0 d))$$

значения электрооптического модуля  $r_{33}=30 \cdot 10^{-12}$  м/В [2] получаем величину интеграла перекрытия  $b=0.44$ . Здесь  $I$  и  $I_0$  — соответственно интенсивности света в присутствии и в отсутствие модулирующего напряжения  $U$ , а  $n_e=2.18$  — необыкновенный показатель преломления.

Полученное согласие между экспериментом и теорией следует считать разумным. На рис. 2 представлена оциллограмма модуляции света переменным напряжением. Как видно, глубина модуляции составляет не хуже 90 %. Таким образом, мы показали возможность создания электрооптического модулятора типа интерферометра Маха—Цендера методом диффузии титана.

### Литература

- [1] Hammer J. M., Phillips W. // Appl. Phys. Lett. 1974. Vol. 24. N 11. P. 545—547.
- [2] Tangonan G. L., Persechini D. L., Lotspeich J. F., Barnoski M. K. // Appl. Opt. 1978. Vol. 17. N 20. P. 3259—3263.
- [3] Ангелов А. К., Золотов Е. М., Прохоров А. М., Щербаков Е. А. // Письма в ЖТФ. 1981. Т. 7. Вып. 23. С. 1407—1410.
- [4] Onodera H., Nakajima M. // Appl. Opt. 1986. Vol. 25. N 13. P. 2175—2183.
- [5] Eknayan O., Yoon D. W., Taylor H. E. // Appl. Phys. Lett. 1987. Vol. 51. N 6. P. 384—386.
- [6] Levinstein H. J., Ballman A. A., Capic C. D. // J. Appl. Phys. 1966. Vol. 37. N 12. P. 4585—4586.
- [7] Крауляне И., Римейка Р., Чиплис Д. // Письма в ЖТФ. 1984. Т. 10. Вып. 15. С. 911—914.

Вильнюсский государственный университет им. В. Капсукаса

Поступило в Редакцию  
13 января 1988 г.