

06.3; 07

© 1991

ПЛАНАРНЫЙ АКУСТО-ОПТИЧЕСКИЙ МОДУЛЯТОР
НА ОСНОВЕ Rb :КТР ВОЛНОВОДАК.С. Б у р и ц к и й, Е.М. Д и а н о в,
А.В. К и с е л е в, В.П. К о н я е в,
Ю.В. К у р н я в к о, В.А. М а с л о в,
Е.А. Ш е р б а к о в

Интегрально-оптические волноводные устройства находят широкое применение в системах оптической обработки и передачи сигналов. В качестве активных элементов в таких системах часто используются волноводные акусто-оптические модуляторы и дефлекторы, принцип действия которых основан на взаимодействии поверхностных световых волн с поверхностными акустическими волнами. Достоинство интегрально-оптических устройств по сравнению с объемными аналогами состоит, прежде всего, в их компактности потребляемой мощности. Для изготовления интегрально-оптических элементов в настоящее время используется кристалл $LiNbO_3$, обладающий необходимыми для реализации активных устройств электро-оптическими и пьезо-электрическими характеристиками. Однако, несмотря на большое количество волноводных устройств, реализованных на основе этого кристалла, ниобат лития имеет довольно существенный недостаток: оптические волноводы в $LiNbO_3$, изготовленные термодиффузией Ti , либо путем протонного обмена, характеризуются невысокой оптической стойкостью в видимом диапазоне (~ 1 мВт), ограничивающей возможности работы с мощными световыми пучками.

В последнее время для целей интегральной оптики находит также применение кристалл КТР ($KTiOPO_4$), который по своим основным характеристикам не уступает ниобату лития [1]. Причем оптические волноводы в КТР, изготавливаемые методом ионного обмена, по своей оптической стойкости (~ 900 мВт в видимом диапазоне) значительно превосходят волноводы в $LiNbO_3$, не уступая при этом по величине оптических потерь (~ 1 дБ/см) [2]. В работе [3] была впервые показана возможность прямого возбуждения поверхностных акустических волн (ПАВ) в Rb :КТР с помощью системы встречно-штыревых преобразователей (ВШП). Однако до настоящего времени не был реализован акусто-оптический модулятор на основе КТР.

Цель данной работы — исследование основных характеристик волноводного акусто-оптического модулятора, изготовленного на основе ион-обменного Rb :КТР волновода.

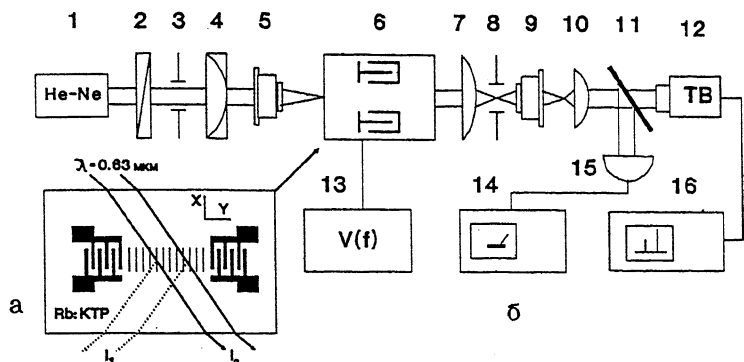


Рис. 1. а - акусто-оптический модулятор на КТР, б - схема экспериментальной установки: 1 - He-Ne лазер ($\lambda = 0.63 \mu\text{м}$); 2 - поляризатор; 3, 8 - диафрагмы; 4 - цилиндрическая линза; 5, 9 - микрообъективы; 6 - модулятор; 7 - длиннофокусный объектив; 10 - окуляр; 11 - делительная пластина; 12 - телекамера; 13 - генератор; 14 - селективный вольтметр; 15 - фотодиод; 16 - осциллограф.

Для изготовления модулятора (рис. 1, а) использовалась подложка КТР размерами $10 \times 7 \times 0.8$ мм вдоль осей X, Y, Z, соответственно, вырезанная из були КТР, выращенной раствор-расплавным методом. На первом этапе на поверхности подложки изготавливался волновод методом ионного обмена в расплаве $RbNO_3$ при температуре 350°C в течение 1 ч. В полученном волноводе могли возбуждаться одна ТМ и одна ТЕ мода на длине волны $0.63 \mu\text{м}$. На следующем этапе на поверхности волновода с помощью фотолитографии изготавливались две однородные структуры Au/Ti встречно-штыревых преобразователей со следующими параметрами электродов: период структуры - $8 \mu\text{м}$, степень металлизации - $1/2$, число пар электродов - 30, акустическая апертура - 2 мм , расстояние между структурами - 2.5 мм . Емкость полученных структур электродов составила 2 пФ на частоте 1 КГц . Электроды были ориентированы таким образом, чтобы возбуждаемая ПАВ распространялась вдоль оси X кристалла.

Потери на двойное преобразование на центральной частоте 240 МГц составили -23 дБ при компенсации статической емкости ϵ помощью последовательно подключенной индуктивности 0.3 мкГ .

Измерение параметров акусто-оптического модулятора проводилось на установке, показанной на рис. 1, б. Пучок от He-Ne лазера ($\lambda = 0.633 \mu\text{м}$) шириной $250 \mu\text{м}$ (по уровню 3 дБ) вводился в волновод с помощью микрообъектива. Дифрагированный и прошедший пучки фокусировались в фокальной плоскости длинно-

а

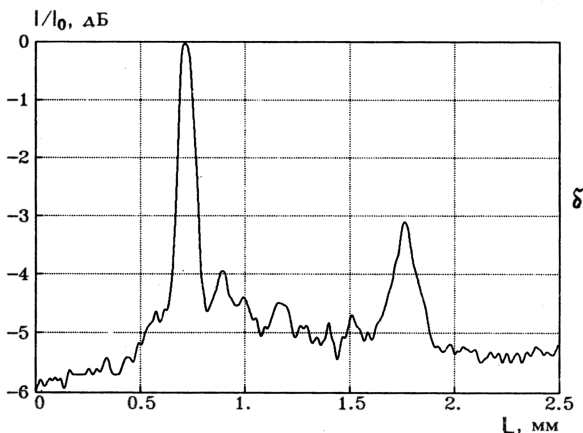
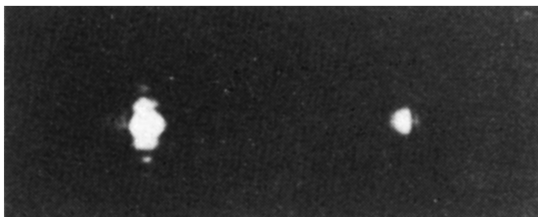


Рис. 2. Дифракционная картина на выходе модулятора (а) и соответствующее ей распределение интенсивности (б).

фокусного объектива ($f = 50$ мм) и полученное распределение интенсивности проецировалось с помощью микроскопа $20\times$ на видикон телекамеры и фотодиод. На рис. 2, а, б показано распределение интенсивности в фокальной плоскости длиннофокусного объектива при амплитуде управляющего сигнала 2.5 В.

Зависимость эффективности дифракции от мощности управляющего сигнала измерялась на центральной частоте 240 МГц для ТМ моды (рис. 3). При мощности управляющего сигнала 225 мВт эффективность дифракции составила 42%. Измерения интенсивности дифракции для ТЕ моды показали, что в этом случае эффективность дифракции на 7 дБ ниже.

Для оценки затухания ПАВ при распространении на Σ -срезе КТР было проведено измерение эффективности дифракции при постоянной мощности управляющего сигнала и фиксированном положении светового пучка, но при возбуждении ПАВ поочередно разными ВШП (см. рис. 1). Т.к. эффективность дифракции пропорциональна акустической мощности, то величину затухания α в этом случае можно рассчитать по формуле

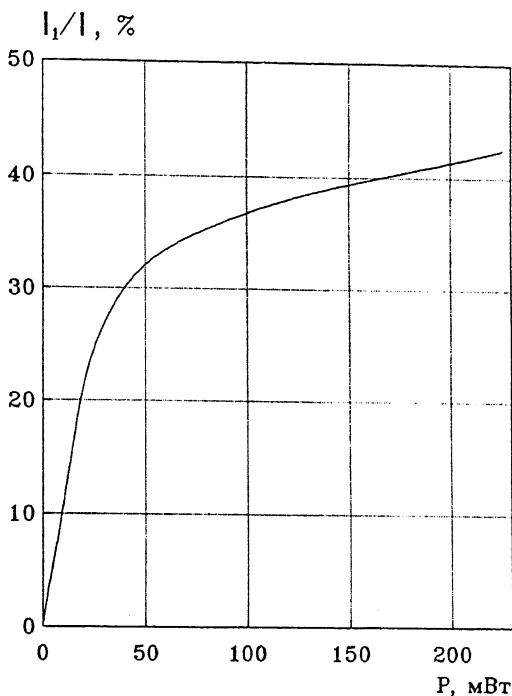


Рис. 3. Зависимость эффективности дифракции от мощности управляющего сигнала.

$$\alpha = 10 \lg(\eta_1/\eta_2) / (l_1 - l_2),$$

где η_1, η_2 - эффективность дифракции при возбуждении ПАВ первым и вторым ВШП, а l_1, l_2 - расстояния от первого и второго ВШП до светового пучка соответственно. Полученные таким образом потери при распространении ПАВ составили 2 дБ/мм, что в несколько раз больше величины потерь для ниобата лития, которые обычно не превышают 0,2 дБ/мм. Причина столь высоких потерь ПАВ в КТР пока неясна и требует дополнительных исследований.

Величина затухания ПАВ на поверхности КТР позволяет оценить, какую часть составляют потери на преобразование электрический сигнал-звук и обратно от полной величины потерь при передаче сигнала через систему ВШП. Т.к. обе структуры ВШП идентичны по своим параметрам, то при $\alpha = 2$ дБ/мм потери на одно преобразование не превосходили 6,5 дБ.

В заключение необходимо отметить, что высокая оптическая стойкость ион-обменных $Rb:KTP$ волноводов и возможность создания на их основе акусто-оптических модуляторов и дефлекторов

открывает возможность реализации высокоэффективных интегрально-оптических устройств для управления мощными световыми пучками в видимом диапазоне.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] B i e r l e i n J.D., V a n h e r z e e l e H. // J. Opt. Soc. Am. 1989. N 6. P. 622.
- [2] B u r i t s k i i K.S., D i a n o v E.M., M a s - l o v V.A., C h e r n y k h V.A., S h c h e r - b a k o v E.A. Intergrated Photonics Research Topical Meeting. Monterey, 1991. P. TuD18.
- [3] Б у р и ц к и й К.С., Д и а н о в Е.М., К и с е л е в А.В., М а с л о в В.А., П р о х о р о в А.М., Ш е р - б а к о в Е.А. 33 Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17. В. 4. С. 62-66.

Поступило в Редакцию
25 июля 1991 г.