

## Особенности пьезоэлектрического эффекта в электрооптических модуляторах на неполярном срезе ниобата лития

С.М. Кострицкий<sup>1</sup>, А.В. Яценко<sup>2</sup>, Ю.Н. Коркишко<sup>1</sup>, В.А. Федоров<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ООО НПК Оптолнк, Зеленоград, Москва  
e-mail: skostritskii@optolink.ru

<sup>2</sup>Физико-технический институт, Симферополь

У волноводных электрооптических модуляторов (ЭОМ), выполненных на кристаллах ниобата лития (НЛ) X-среза, вследствие пьезоэлектрического эффекта создается электрическое поле, напряженность которого может достигать величин порядка 0,5 кВ/см при изменении температуры на 1 К [1]. Полуволновое напряжение большинства коммерческих интегрально-оптических ЭОМ находится в пределах от 2 до 6 В. Следовательно, учитывая топологию электродов ЭОМ (т.е. величину межэлектродного зазора  $G$ , которая обычно находится в диапазоне от 8 до 18 мкм), напряженность электрического поля, возникающая при подаче управляющего напряжения на электроды модулятора, составляет несколько кВ/см, что соизмеримо с величиной напряженности пьезоэлектрического поля, наведенного небольшим изменением температуры ( $\geq \pm 4$  К). Таким образом, пьезоэлектрический эффект может создать значительный паразитный вклад в модуляцию оптического сигнала. Поэтому целью работы является экспериментальное исследование особенностей пьезоэлектрического эффекта в ЭОМ.

ЭОМ являлись частью многофункционального интегрально-оптического элемента (МИОЭ) [1], изготовленного на пластинах ниобата лития X-среза и содержащего каналные протонообменные волноводы и копланарные Au/Cr-электроды. Для измерения электрического отклика электроды ЭОМ подключались к входу электрометрического усилителя или цифрового осциллографа АКПП 72205А. Исследуемый образец помещался в нагревательный модуль, который обеспечивает квазилинейное изменение температуры образца в диапазоне (300 ÷ 500) К со скоростью  $V = (0,07 \div 2,5)$  К/мин.

При изменении температуры наблюдаются две компоненты пьезоэлектрического отклика: 1 – медленно меняющаяся компонента; 2 – мощные короткие ( $\approx 0,08 \div 0,11$  мс) импульсы. Из экспериментальных данных для всех исследованных МИОЭ следует, что медленно меняющаяся компонента наблюдается как при нагреве, так и при охлаждении и четко коррелирует со скоростью изменения температуры от времени  $V$ . Амплитуда и частота появления импульсов примерно пропорциональны  $V$ . Импульсы амплитудой 40 мВ в отклике, регистрируемом потенциометром НЗ07/2, соответствуют их аномально большой амплитуде 4,8 В при регистрации цифровым осциллографом.

Причиной появления такого аномального пьезоотклика у ЭОМ, изготовленных на пластинах НЛ неполярного X-среза, могут выступать заряды, образованные в результате проникновения металла электродов в толщу подложки, а также другими дефектами в приповерхностных слоях кристалла [1]. Они перемещаются под воздействием пьезоэлектрического поля, а также создают свое поле, которое может усиливать или, наоборот, ослаблять пьезоэлектрическое поле. Таким образом, процесс накопления и релаксации зарядов создает дрейф величины суммарного электрического поля и создает условия пробоя по поверхности в межэлектродном зазоре, что проявляется в появлении мощных импульсов. Этот дрейф обусловлен добавлением медленно меняющейся пьезоэлектрической компоненты к управляющему напряжению в суммарную величину модулирующего электрического поля. Установлено, что уменьшение пьезоэлектрической компоненты и, следовательно, дрейфа может быть достигнуто с помощью модификации свойств приповерхностных слоёв кристалла и выбора оптимальной топологии электродов.

1. S.M. Kostritskii, Yu.N. Korkishko, V.A. Fedorov, A.V. Yatsenko, *Ferroelectrics* **574**, 171 (2021).