

УДК 535.42

## АКУСТООПТИЧНІ ДЕФЛЕКТОРИ НВЧ-ДІАПАЗОНУ ІЗ ЗБУДЖЕННЯМ ОБ'ЄМНИХ ХВИЛЬ З ПОВЕРХНІ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ КРИСТАЛІВ

Д. М. Винник<sup>1</sup>, О. Г. Решотка<sup>2</sup>, В. Гайдучок<sup>1</sup>,  
к. ф.-м. н. Д. Ю. Сугак<sup>2</sup>, д. т. н. М. М. Ваків<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Науково-виробниче підприємство «Карат»,  
<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка»,  
Україна, м. Львів  
amadey101@gmail.com

*Досліджено дифракційну ефективність і смугу робочих частот акустооптичного дефлектора, створеного на основі кристала  $\text{LiNbO}_3$  із збудженням із ХУ-поверхні цього кристалу за допомогою зустрічно-штирьового перетворювача. Отримані результати показують можливість створення АОД за допомогою зустрічно-штирьового перетворювача з одним і тим же періодом в різних ділянках НВЧ-спектру керуючого сигналу, використовуючи зустрічно-штирьовий перетворювач з одним і тим самим періодом розташування електродів.*

*Ключові слова: акустооптичний дефлектор, зустрічно-штирьовий перетворювач, дифракційна ефективність.*

Акустооптичні методи управління оптичним випромінюванням знаходять широке застосування в науці і техніці. Одним із перспективних напрямків застосування акустооптичних пристроїв являється їх застосування для обробки ширококугових НВЧ-сигналів в масштабі реального часу, в тому числі для аналізу спектру радіосигналів [1]. Принцип дії таких пристроїв побудовано на використанні оптичних методів обробки світлового потоку акустичним сигналом, який виникає внаслідок лінійного електроакустичного перетворення вхідного НВЧ-сигналу. Вищенаведені застосування вимагають використання високочастотних режимів роботи акустооптичних пристроїв, які забезпечують велику ширину смуги частотного переключення поряд із високою дифракційною ефективністю. Відомо [1—5], що наявність дифракції в широкому діапазоні частот забезпечується завдяки розбіжності акустичного пучка. Тому для ширококугових акустооптичних пристроїв необхідно використовувати достатньо вузькі перетворювачі, що вимагає застосування великих керуючих електричних потужностей для забезпечення відносно високих значень в цій смугі частот дифракційної ефективності.

Кращі характеристики мають акустооптичні дефлектори з перетворювачами у вигляді фазованої ґратки випромінювачів. Конструювання високоефективних акустооптичних дефлекторів з плівковими багатоелементними перетворювачами пов'язано з технологічними труднощами, що обумовлює їхню високу вартість. Значно простіші у виготовленні високочастотні акустооптичні дефлектори, збудження об'ємних акустичних хвиль в яких відбувається за допомогою зустрічно-штирьових перетворювачів (ЗШП) з поверхні кристалів ніобату літію ( $\text{LiNbO}_3$ ) [6, 7]. При конструюванні багатоелементних перетворювачів в акустооптичних дефлекторах обох типів використовують теорію антенних фазових акустичних ґраток [1—5]. Однак, як показано в [8, 9], застосування цієї теорії не завжди виправдано. Тому виникає необхідність подальших експериментальних досліджень акустооптичних дефлекторів (АОД) НВЧ-діапазону.

В даній роботі проведено експериментальне дослідження акустооптичного дефлектора НВЧ-діапазону на основі кристалу  $\text{LiNbO}_3$  із збудженням акустичної хвилі з ХУ-поверхні цього кристалу. Кристали  $\text{LiNbO}_3$  були вирощені в НВП «Карат». Монокристалічні елементи для АОД були вирізані із однієї шайби кристалу  $\text{LiNbO}_3$ . Оптична однорідність оброблених (шліфованих і полірованих) елементів контролювалась з допомогою поляриметра ПКС-250М. На поліровані ХУ-грані послідовно методом магнетронного розпилення на комбінованій установці фірми «Torr International» наносились плівки Сг і латуні. Далі за допомогою фотолітографії на цій грані формували ЗШП. Електроди ЗШП орієнтувались паралельно грані Х. Період ЗШП був вибраний близьким до періоду ЗШП, приведенного в [7], і становив 75 мкм. Зразки АОД виготовляли з різною кількістю електродів в ЗШП (20 і 30 штук). Центральна частота робочого діапазону вибиралась із умови автоналаштування акустичного пучка

під кут Бреґга [1—3] і дорівнювала 770 МГц, хоча саме автоналаштування під кут Бреґга для цього перетворювача не відбувається [9].

Для обох АОД із ЗШП було розраховано і виготовлено компенсувальні індуктивності для  $f=770$  МГц. Таким чином, еквівалентна схема багатоелементного збудження об'ємної акустичної хвилі в виготовлених АОД складалася із ємності ЗШП, опору випромінювання акустичної хвилі і компенсувальної індуктивності.

Виготовлені АОД були досліджені в частотному діапазоні від 500 до 1200 МГц. Дифракційна ефективність АОД була досліджена на стенді, схема якого представлена на рисунку, в якому в якості генератора НВЧ-сигналів використовувався генератор Г4-76А з некаліброваним виходом, джерелом лазерного випромінювання був He—Ne-лазер, а реєстрація випромінювання відбувалась за допомогою ватметра поглинутої потужності ОМЗ-65.

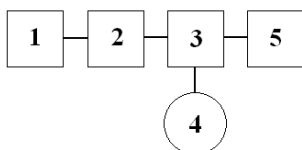


Схема стенду для дослідження акустооптичного дефлектора:  
1 – гелій-неоновий лазер, 2 – щілина розміром  $2 \times 0,2$  мм, 3 – акустооптична комірка Бреґга, 4 – генератор НВЧ-сигналів, 5 – ватметр поглинутої потужності

В результаті проведених вимірювань було зафіксовано дифракцію лазерного випромінювання для АОД з двадцятьма електродами. в діапазоні частот 700–1200 МГц, а для АОД з тридцятьма електродами — в діапазоні частот 500–1000 МГц. Дифракційна ефективність дифрагованого світла складала 1–2%/Вт. КСХН АОД було виміряно в діапазоні частот 500–1200 МГц і він змінюється в межах від 5 до 10 для першого дефлектора, та від 4 до 9 для другого.

Можливість створення АОД електродів в різних діапазонах частот із незмінним періодом ЗШП (див. [9], де для ЗШП із періодом 80 мкм спостерігалась дифракція в діапазоні частот 1,6–2,8 ГГц) обумовлена нерезонансним збудженням об'ємних акустичних хвиль ЗШП [8]. Отже, за допомогою ЗШП з однаковим періодом структури, нанесеної на XY-зріз кристалу  $\text{LiNbO}_3$ , можна створювати АОД в різних НВЧ-діапазонах у випадках, коли не виконується умова автоналаштування акустичного променя під кут Бреґга.

#### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Балакший В. И., Парыгин В. Н., Чирков Л. Е. Физические основы акустооптики.— Москва: Радио и связь, 1985.
2. Магдич Л.Н., Молчанов В.Я. Акустооптические устройства и их применение.— Москва: Сов. Радио, 1978.
3. Goutzoulis A.P., Pape D.R. Design and Fabrication of Acousto-Optic Devices. — New York: Marcell Dekker Inc., 1994.
4. Korpel A. Acousto-Optics. — New York: Marcel-Dekker, 1997.
5. Bass M. Handbook of optics. Third edition. — New York: McGrawHill, 2010.
6. Вольк Д.П., Роздобудько В.В. Анализ амплитудно-частотной характеристики акустооптического дефлектора с поверхностным аподизированным преобразователем // ЖТФ.— 2009.— Т. 70.— № 6.— С. 124–128.
7. Белый В.Н., Войтенко И.Г., Горелый Н.Н., Кулак Г.В. Широкополосный акустооптический дефлектор на объемных акустических волнах // ЖТФ.— 1989.— Т. 59.— № 5.— С. 82–85.
8. Винник Д.М., Решотка О.Г., Сугак Д.Ю., Вакив М.М. Збудження об'ємних акустичних хвиль зустрічно-штирковим перетворювачем в кристалах // Вісник НУ «Львівська Політехніка». Електроніка.— 2013.— № 764.— С. 23–29.
9. Решотка А.Г., Гайдучок В.Г., Вакив Н.М. Исследование объемных акустических волн СВЧ-диапазона, возбуждаемых встречно-штиревым преобразователем // ТКЭА.—2015.— № 5-6.— С. 22–27.

D. M. Vynnyk, O. G. Reshotka, V. G. Hajduchok, D. Yu. Sugak, M. M. Vakiv

#### High frequency acousto-optic deflectors with bulk waves excitation of piezoelectric crystals surface

The relationship between the diffraction efficiency and operating frequency band of  $\text{LiNbO}_3$  acousto-optic deflector with bulk waves excitation of XY crystal surface using interdigital transducer was investigated. The results suggest the possibility of creating acousto-optic deflector for different parts of high frequency control signal spectrum using an interdigital transducers to the same period of electrodes.

Keywords: *acousto-optic deflector, interdigital transducer, diffraction efficiency.*