

Пристрій для формування оптичних бітових послідовностей на основі ПЛІС

Запропонований макет експериментальної установки, яка дозволяє сформувати елементи оптикоелектронного акустооптичного обчислювального середовища, і складається з джерела оптичної імпульсної послідовності, акустооптичного модулятора з драйвером, на вхід якого порозрядно подаються двійкові комбінації, фокусуючої системи і матриці ПЗС. Проведені експериментальні дослідження відповідають результатам моделювання, що підтверджує коректність розроблених автором моделей.

Вступ.

Оптоелектронні (фотонні) обчислювальні пристрої з дискретним поданням інформації, що обробляється, характеризуються високою точністю обчислень при збереженні високої продуктивності [1,2].

Структура таких пристроїв може бути як одновимірною, так і двовимірною [3], що дозволяє виконувати обчислювальні операції над потоком даних у одновимірному випадку та реалізувати принципи паралельної обробки потоків даних у двовимірному випадку.

За аналогією з сучасними електронними обчислювальними системами, можна назвати важливу схожість процесу виконання математичних операцій оптикоелектронними акустооптичними пристроями і однорідними електронними обчислювальними середовищами з погляду на структурну організацію обчислювального пристрою [4].

Опис процесу виконання математичних операцій оптикоелектронними акустооптичними процесорами з дискретним поданням даних пов'язаний з розв'язанням електродинамічної задачі про дифракцію світла в акустооптичній комірці кінцевих розмірів [5] та функціональним моделюванням розрядно-цифрового кодування сигналів в апертурі акустооптичного модулятора.

Важливою частиною досліджень процесу перетворення дискретної інформації в акустооптичному середовищі є експериментальна перевірка достовірності запропонованих моделей та результатів моделювання.

Математична модель елемента оптикоелектронного акустооптичного обчислювального середовища.

У роботі [6] запропоновано математичну модель елемента оптикоелектронного акустооптичного обчислювального середовища (ОАОС), побудовано функціональну модель процесу формування елементів ОАОС, проведено моделювання для різних випадків їх локалізації.

У разі формування в акустооптичному середовищі послідовності акустичних імпульсів відбувається дифракція світлових імпульсів, за рахунок чого виконуються математичні операції над даними або інформацією, що

представлені акустичним або оптичним сигналом. Вихідний оптичний сигнал, що являє собою добуток сигналів і при цьому дорівнює [5]:

$$\hat{s}_{вих}(t,x,z) = \sum \sum s_1(k\tau_1) \cdot s_2(n\tau_2) \cdot \left[\theta\left(t - k\tau_1 + \frac{\varepsilon_1}{2} - \frac{x}{V}\right) \cdot \theta\left(t - n\tau_2 + \frac{\varepsilon_2}{2} - \frac{z}{c}\right) - \theta\left(t - k\tau_1 + \frac{\varepsilon_1}{2} - \frac{x}{V}\right) \cdot \theta\left(t - n\tau_2 - \frac{\varepsilon_2}{2} - \frac{z}{c}\right) - \theta\left(t - k\tau_1 - \frac{\varepsilon_1}{2} - \frac{x}{V}\right) \cdot \theta\left(t - n\tau_2 + \frac{\varepsilon_2}{2} - \frac{z}{c}\right) + \theta\left(t - k\tau_1 - \frac{\varepsilon_1}{2} - \frac{x}{V}\right) \cdot \theta\left(t - n\tau_2 - \frac{\varepsilon_2}{2} - \frac{z}{c}\right) \right].$$

$\hat{s}_{вих}(t,x,z)$ можна трактувати як сигнал, заданий для x і t , і що рухається вздовж осі z зі швидкістю c . У (1) кожен із членів суми описує елемент обчислювальної середовища, становище якого у просторі та часу задається набором творів функцій Хевісайда, а амплітуда визначається добутком відповідних дискретних відліків сигналів $s_1(k\tau_1)$ та $s_2(n\tau_2)$.

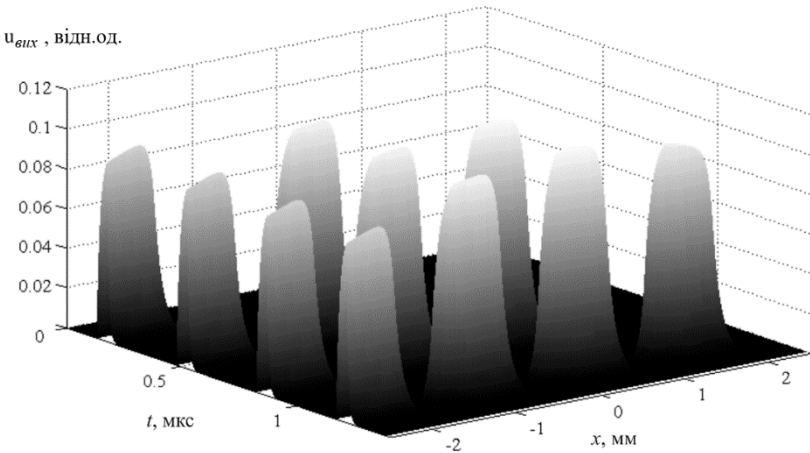


Рис. 1. Елементи ОАОС

Рисунок 1 відображає процес формування елементів оптикоелектронного акустооптичного обчислювального середовища для вхідних 4-бітових комбінацій {1111} оптичного та акустичного сигналів [6]. Кожен із елементів середовища утворюється внаслідок виконання операції побітового множення відповідних розрядів.

Схема макету експериментальної установки.

На рисунку 2 зображено макет експериментальної установки для дослідження просторово-часового представлення сигналів оптикоелектронних акустооптичних обчислювальних середовищах [4]. Важливою складовою макету є пристрій формування оптичної імпульсної послідовності на напівпровідниковому лазері. У роботі [5] як джерело оптичної імпульсної

послідовності використовувалися He-Ne лазер і акустооптичний модулятор Isomet 1205C-1 [7], що призвело до формування оптичних імпульсів з неоднорідними вздовж просторової координати переднім і заднім фронтами і частотами прямивання не більше 2 МГц при апертурі мм.

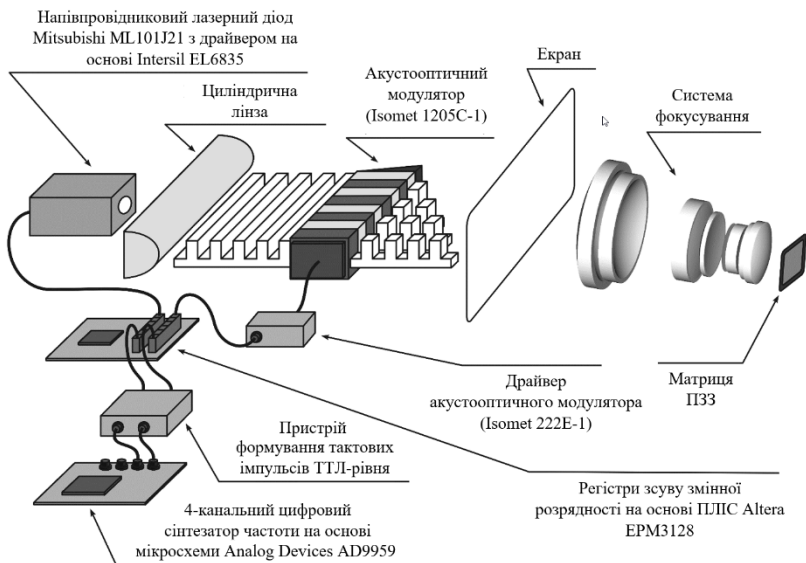


Рис. 2. Схема макета експериментальної установки

У запропонованому пристрої використовується напівпровідниковий AlGaInP лазерний діод (ЛД) ML101J21 (довжина хвилі 658нм, потужність безперервного випромінювання 80мВт, потужність в імпульсному режимі до 160мВт [8]), який випускається фірмою Mitsubishi для застосування в оптичних інформаційних системах із драйвером на основі контролера Intersil EL6835, що дозволяє модулювати інтенсивність випромінювання з частотою до 600 МГц (часи наростання та спаду імпульсу 0.8нс).

4-канальний цифровий синтезатор частот є налагоджувальним модулем на основі мікросхеми Analog Devices AD9959 [9]. Двоканальний пристрій формування тактових імпульсів TTL рівня із двополярних гармонійних сигналів з виходів цифрового синтезатора частот AD9959 виконано на мікросхемі 74HC14 (інвертори Шмідта).

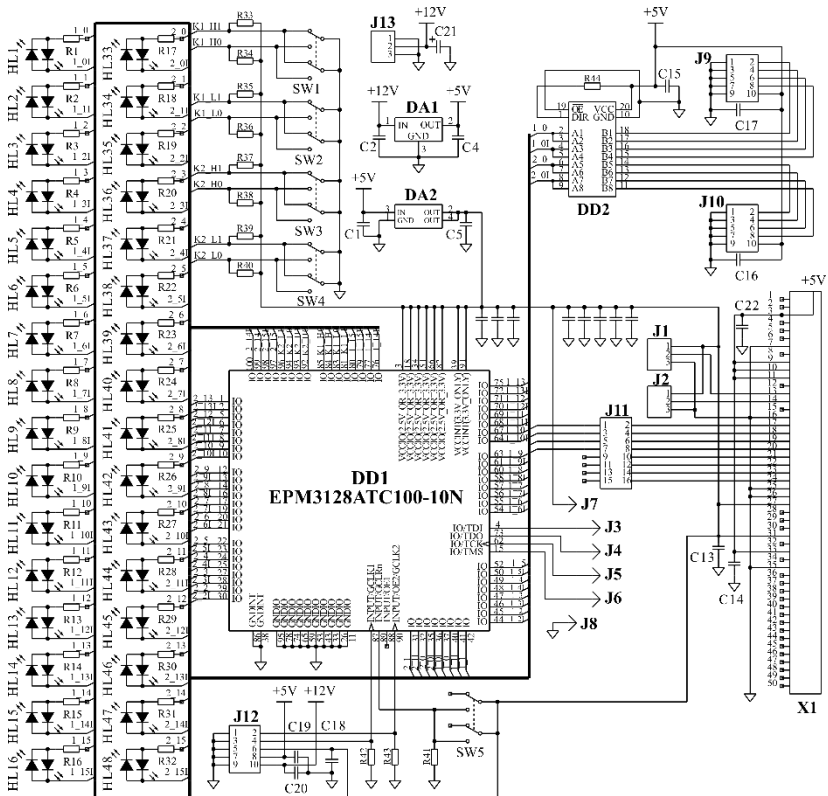


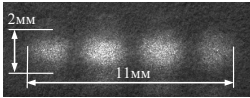
Рис. 3. Схема пристрою формування бітових послідовностей

Схема пристрою формування бітових послідовностей, що подаються на входи драйверів лазера та акустооптичного модулятора на основі ПЛІС Altera EPM3128, наведена на рис. 3. На схемі: J1, J2 – потенціометри, що використовуються для регулювання рівнів потужності лазера; J3 – J8 – інтерфейс (JTAG) програмування мікросхеми ПЛІС EPM3128ATC100-10N; J9, J10 - буферизовані виходи регістрів (мікросхема DD2 - 74F245); J11 – набір переминок, що комутують сигнали від ПЛІС до драйвера лазера; J12 – вхідний роз'єм (підключаються сигнали з формувачів тактових імпульсів, подається напруга живлення); J13 – зовнішнє джерело живлення (8В – 12В), X1 – роз'єм для підключення драйвера лазера.

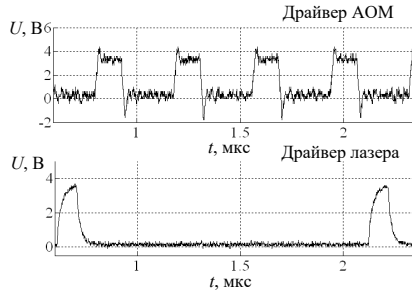
Результати експериментальних досліджень.

На малюнку 4 наведено приклади формування елементів ОАОС у напрямі поширення акустичної хвилі. Для обраних умов експерименту (брегівський режим дифракції, апертура акустооптичного модулятора 5.5мм,

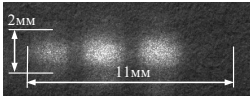
частота проходження акустичних імпульсів 2.64МГц, частота проходження оптичних імпульсів 0.66МГц) можливе формування 4-х або менше елементів середовища. Оскільки для отримання зображення на матриці ПЗЗ необхідний деякий досить великий час експозиції, процес формування елементів ОАВС багаторазово повторювався, що реалізовано синхронізацією акустичних і світлових імпульсів.



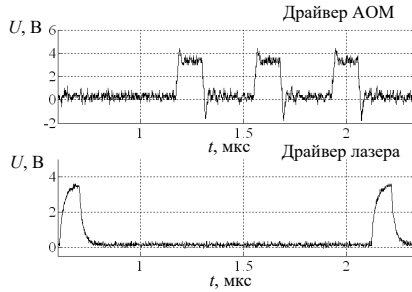
(a)



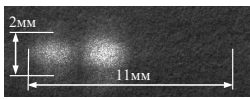
(б)



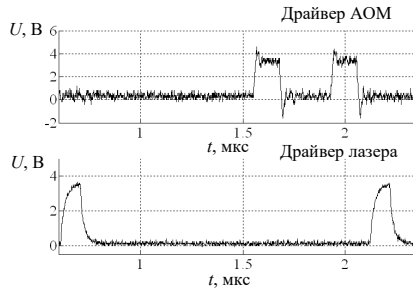
(b)



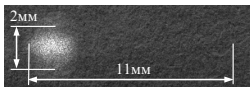
(г)



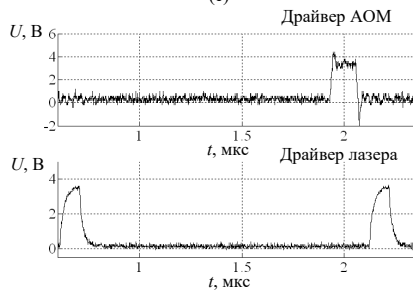
(д)



(е)



(ж)



(з)

Рис. 4. Фотографії (а, в, д, ж) першого дифракційного порядку та осцилограми (б, г, з) сигналів, що подаються на драйвери лазера та АОМ для комбінацій цифрового коду {1111}, {1110}, {1100} та {1000} відповідно.

Висновки.

У роботі проведено експериментальні дослідження процесу формування елементів оптоелектронного акустооптичного обчислювального середовища.

Запропоноване джерело оптичної імпульсної послідовності дозволяє отримати імпульси з однорідними вздовж просторової координати переднім і заднім фронтами, і здійснити візуальне спостереження сформованих акустооптичним модулятором елементів ОАВС.

Перевагою розглянутого пристрою є те, що кількість сформованих елементів визначається тільки частотами проходження акустичних та оптичних імпульсів, і збільшення цієї кількості не призводить до значного ускладнення структури.

Список літератури

1. Y. Arakawa, T. Nakamura, Y. Urino, T. Fujita, "Silicon Photonics for Next Generation System Integration Platform," IEEE Communications Magazine, 2013, vol. 51, no. 3, pp. 72-77.

2. F.E. Doany, B.G. Lee, D.M. Kuchta [et al.], "Terabit/Sec VCSEL-Based 48-Channel Optical Module Based on Holey CMOS Transceiver IC," *IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology*, 2013, vol. 31, no. 4, pp. 672–680.
3. Banerjee P.P. *Nonlinear Optics: Theory, Numerical Modeling, and Applications* / P.P. Banerjee— New-York, NY: Marcel Dekker, 2004. — 315 p.
4. A.Y. Lipinskii, A.N. Rudiakova, "Acousto-optic computing environment for stream data processing" // *Applied Optics*, 2011, vol. 50, pp. 4917–4921.
5. Lipinskii A.Y., Rudiakova A.N., Danilov V.V. *Acoustooptic Binary Coding Based on Space-Time Integration and Its Application to Ultrafast High-Resolution Digital-Analog Conversion* // *IEEE Photonics Technology Letters*. — 2008. — Vol. 20, no. 24. — P. 2087–2089.
6. Ліпінський О.Ю., Рудякова Г.М., Данилов В.В. Моделювання слабкої акустооптичної взаємодії методом скінченних елементів в часовій області // *Регістрація, зберігання і обробка даних*. — 2006. — Т. 8, №2. — С. 25–37.
7. [http://www.isomet.com/FinalWebSite/PDFDocs/AO Sheets/1205C-x.pdf](http://www.isomet.com/FinalWebSite/PDFDocs/AO_Sheets/1205C-x.pdf)
8. www.mitsubishielectric-mesh.com/products/pdf/ml1xx21.pdf
9. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad9959.pdf>