

ГЕНЕЗИС ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ З ОПТИЧНИМ ЗВ'ЯЗКОМ

Проскурін Н. П., к.т.н., доцент, доцент каф. КСМ
Запорізький національний технічний університет

Вступ. Пристрої обробки оптичної цифрової інформації на основі оптронів (їх елементів) широко застосовуються у вигляді вхідних / вихідних телекомунікаційних схем в цифровій апаратурі (оптоелектронні приймачі, комутатори, селектори, ін.), а також у вигляді оригінальних конструктивно-технологічних рішень (КТР) експериментальних розробок і зразків: ІС з оптичними зв'язками (ОЗ) і оптоелектронних цифрових ІС (ОЦІС), які можуть бути виконані на мікропотужних оптронах. Фірми Siemens, Hewlett-Packard, Intel, Toshiba, Протон, ін. розширюють номенклатуру виробництва різного типу оптоелектронних приладів (оптрони, оптореле, логічні ключі в ІС з ОЗ- ІСОЗ, оптичні інтерфейси, ін.).

Основний матеріал. Початком використання дискретних оптронів (їх елементів) для реалізації переваг ОЗ в електронних блоках, ІС, ін. можливо вважати їх застосування в різних експериментальних конструкціях, наприклад, у вигляді чергуючих блоків (електронні плати з цифровими ІС і міжплатні ОЗ). В одній з них використані ОЗ у вигляді волоконнооптичних пластин (ВОП) між горизонтальними платами з ІС блоку з лініями випромінювачів (ІЧ СД) і фотоприймачів- ФП (на основі р-і-п ФД) на них (частота модуляції $F_{\text{СД}}$ - кілька десятків МГц). Запропоноване КТР дозволяло вхідні / вихідні сигнали ІС з однієї плати перетворити в оптичні і перенаправити на іншу плату з ІС по ВОП і навпаки. Але це КТР далеко від оптимального по ряду причин: 1-застосовано традиційні цифрові ІС і тип зв'язків між ними на і-й платі; 2-використано дискретні оптрони, їх елементи (СД, ФП) і ВОП, зв'язки між ними (немонолітна технологія); 3- складно юстирувати шари ВОП для підвищення ККД передачі сигналів від СД до ФП; 4- відсутні підходи до зниження габаритів, потужності споживання дискретних оптронів, їх елементів і підвищення частоти перемикання $F_{\text{СД}}$; ін.. Зазначені недоліки було частково подолано в декількох КТР, запропонованих автором і його колегами, наприклад: деклараційний патент 1 на корисну модель, UA (№10133, 2005) «Цифровий пристрій з оптоелектронних блоком» (у вигляді ОЦІС). Особливостями зазначеного КТР є: застосування оптоелектронних логічних елементів (ОЛЕ) типу nАБО-НІ (базис Пірса) на основі мікропотужних оптронів ДВЧ, UVЧ діапазону, які розроблені, розраховані і промодельовані автором (в режимі модуляції ІЧ СД оптронів типу «малий сигнал»); роздільне виконання напівпровідникових структур (НПС) по планарним технологіям у вигляді підкладок (пластин) з вертикальними мікрровипромінювачами (ІЧ СД) і ФП на основі КТР ФП автора і його колег: «Інтегральний фотоприймальний пристрій» -

деклараційний патент 2,UA (№68540A, 2004). Ці КТР автора отримали розвиток і лягли в основу патента 3, UA (№ 51219 на корисну модель, 2010) «Оптоелектронна інтегральна схема для цифрових автоматів» (складається з горизонтальних рядів «склейок» ОЦІС по патенту¹, але додатково вони оптично пов'язані між собою через ВОП, формуючи ІСОЗ). Нарощування «склейок» може бути застосовано в типових цифрових автоматах (ЦА) з використанням підходу: однаковий / різний керуючий автомат (КА) і однаковий / різний операційний автомат (ОА) і / або їх поєднання. Однак в питанні реалізації планарних оптичних інтерфейсів ІС зазначені КТР автора не внесли обладйливого рішення, тому що: 1- ОЗ були перпендикулярні підкладці (не перебувають в її площині); 2- в конструкції ОЦІС, ІСОЗ застосовано гібридну технологію збірки; 3- коефіцієнт розгалуження по виходу схем ОЛЕ в них є не більше 2 ... 4. Відомо, що розробниками фірм Intel, Apple, ін. при реалізації оптоелектронних ІСОЗ застосовано, з одного боку, подібні підходи з автором: організація поділу вхідних / вихідних оптичних потоків цифрових даних (окремі мікроблоки лінійок випромінювачів і фотоприймачів), використання гібридної технології в конструкції ІСОЗ; з іншого боку ними було використані навісні елементи (випромінювачі: інжекційні лазери; фотоприймачі: р-і-п ФД; основна частина пристрою виконана у вигляді електронної цифрової ІС), від яких автор відмовився в запропонованих ним раніше КТР (патенти 1,3) для ОЦІС, ІСОЗ.

Для вирішення питання створення планарної ОЦІС автором було проаналізовано різні варіанти можливих підходів, але врешті запропоновано реалізація оптичного інтерфейсу на основі поєднання результатів досліджень і розробок, проведених російськими і українськими вченими: перші запропонували технологію отримання інтегрального оптичного хвилеводу на основі поверхневого окислення пористого Si, а другі реалізували мікрооптрони (типу СД- р-і-п ФД) по планарним технологіям на Si підкладці (з вирощеними мікрокристаллами GaAs в ізольованих SiO₂ мезах) і створили НПС СД з торцевим виходом випромінювання (ТВВ), тобто паралельно поверхні Si підкладки. Спільне їх використання призвело до прийнятного КТР, оформленому автором в патенті 4, UA (№123838 на корисну модель, 2018) «Цифровий пристрій на планарній оптоелектронній цифровій інтегральній схемі», в якому використано технологічні прийоми, підходи і етапи створення планарних НПС по Si, GaAs технологіям і формування ОЗ на поверхні Si на основі поверхневого окислення пористого Si.

Висновок. Аналіз предметної області, наведені міркування, зіставлення підходів, результати моделювання, ін., призводить автора до висновку, що при формуванні внутрішніх / зовнішніх ОЗ, інтерфейсів в цифрових ІС перспективним напрямком може бути використання елементів мікропотужних оптронів ДВЧ, UVЧ діапазону (СД з ТВВ і р-і-п ФД на Si), схем ОЛЕ (пАБО-НІ) на їх основі і ОЗ, реалізованих в приповерхневому шарі кристалів ІС на базі запропонованих КТР, зафіксованих його патентами 1-4.