

Винахід належить до області оптоелектроніки та може бути використаний для реалізації швидкодіючих універсальних оптичних логічних елементів (УОЛЕ) N АБО-НІ у складі оптичних інтегральних схем (ОІС).

Застосування швидкодіючих етичних логічних елементів, в тому числі УОЛЕ може призвести до підвищення швидкодії обчислювальних пристроїв, збільшення перешкодостійкості, надійності, спрощення конструкції, зниження потужності, що споживається одним вентиляем, а після цього – до утворення й розвитку "оптико-електронної" елементної бази для цифрових логічних пристроїв.

Відомий оптико-електронний логічний елемент (ОЛЕ), що реалізує логічну функцію 2 АБО-НІ [Функциональные элементы и устройства оптоэлектроники. В.П. Кожемяко, Л.И. Тимченко, Г.Л. Лисенко и др., Киев УМК ВО, 1990] і містить два вхідних світловоди, два фотоприймача (ФП), джерело струму, підсилювач-формував (ПФ), джерело двополярної напруги, причому перші виводи обох фотоприймачів електрично з'єднані з негативним полюсом джерела напруги, другі виводи обох фотоприймачів електрично з'єднані з першим виводом джерела струму і з першим електричним виводом ПФ, другий електричний вивід ФП з'єднаний з загальною шиною джерела двополярної напруги, другий вивід джерела струму підключений до позитивного полюса джерела напруги, логічним виходом ОЛЕ є третій електричний вивід ПФ.

Пристрій дозволяє реалізувати логічну функцію 2 АБО-НІ з двома оптичними змінними X_1, X_2 . Для реалізації N АБО-НІ, де $N=3...K$ вхідних змінних, до даної схеми достатньо електрично підключити K-2 ФП паралельно двом вхідним ФП.

Недоліками означеного ОЛЕ є:

- наявність ПФ в ОЛЕ, який складається з $n=1...3$ каскадів підсилення, зібраних на транзисторах (ускладнення конструкції), що вносять затримку (зменшення швидкодії);
- збільшення апаратних витрат і зменшення загальної перешкодостійкості ОЛЕ за рахунок наявності джерел двополярного живлення, струму, додаткових зв'язків між ними і ПФ;
- відсутності вихідного оптичного світловода (на вході – оптичний сигнал на виході – електричний); для отримання оптичного сигналу в схемі достатньо електрично підключити третій вивід ПФ до аноду світлодіода, катод його – до мінусової шини.

Найближчим за сукупністю ознак до винаходу, що заявляється, є оптичний інвертор за авторським свідоцтвом СРСР № 1779165.

Означений інвертор (інакше – одноходовий оптичний логічний елемент 1АБО-НІ) має вхідний світловід, з'єднаний з фотодетектором (фотоприймачем) у вигляді фотодіода, світломодулюючий елемент з вхідним та вихідним світловодами, узгоджувальний елемент, запірне джерело живлення, джерело струму інжекції.

Позитивний полюс джерела струму інжекції підключений до катода фотодіода і до електричного входу світломодулюючого елемента, узгоджувальний ланцюг виконаний у вигляді резистора, перший вивід якого підключений до негативного полюсу запірного джерела напруги, другий вивід резистора – до анода фотодіода, позитивний полюс запірного джерела напруги підключений до електричного виходу світломодулюючого елемента і до неактивного полюса джерела струму інжекції, причому логічним входом інвертора є вхідний світловід фотодіода, логічним виходом інвертора – вихідний світловід світломодулюючого елемента.

Крім того, оптичний інвертор має джерело світла, зв'язане з вхідним світловодом світломодулюючого елемента, останній виконаний у вигляді багатопарової напівпровідникової структури типу $P^{++}P^+P^- - N^{++}N^+N^-$. Зазначений пристрій реалізує функцію інверсії вхідного оптичного сигналу.

Цей пристрій має декілька недоліків, а саме:

- логічний елемент потребує зовнішнього джерела світла із вбудованим вхідним світловодом, або мережею вхідних світловодів, що підводяться від єдиного джерела світла до кожного оптичного інвертора, розташованого на кристалі;

- вхідний оптичний сигнал від джерела світла повинен мати чітко визначену довжину хвилі, близьку до центральної області спектральної відповідності P-N переходу багатопарової напівпровідникової структури, що обмежує можливість застосування джерел світла з різною довжиною хвилі випромінювання;

- для забезпечення стану провідності багатопарової напівпровідникової структури необхідно джерело струму інжекції із жорсткими вимогами до вихідних параметрів величини струму через те, що струм переходу повинен складати 80-90% струму від величини порога перемикання P-N переходу багатопарової напівпровідникової структури;

- багатопарова напівпровідникова структура відрізняється підвищеною складністю виготовлення через наявність декількох узгоджувальних шарів багатопарової напівпровідникової структури $P^{++}P^+P^- - N^{++}N^+N^-$ і світловоду опорного сигналу;

- наявність додаткового запірного джерела живлення – другого після джерела струму інжекції та збільшення апаратних затрат з одночасним зменшенням загальної перешкодостійкості через використання додаткової мінусової шини.

Окрім вище згаданих конструктивно-технологічних недоліків, зазначена оптична схема має функціональний недолік, а саме:

- відсутність можливості забезпечити мінімальний елементний базис в межах одного універсального схемного рішення (елемент однієї мінімальної бази NI-NI; елемент іншої мінімальної бази N АБО-НІ, де $N=1,2...K$ – число логічних входів).

В основу винаходу поставлено задача створення схеми універсального оптичного логічного елемента N АБО-НІ – достатнього схемного рішення мінімального базиса – функціонально повного набору для оптоелектронної мікросхемотехніки, в якому:

- завдяки збільшенню кількості вхідних фотодіодів з одного до N, електрично підключених паралельно один одному, забезпечується розширення функціональності логічної схеми – обробка N вхідних змінних ($x_1, x_2, ..., x_n$) УОЛЕ;

- завдяки зниженню загальної кількості джерел живлення до одного і зменшенню числа підвідних шин живлення до кожного логічного елемента, заміні світломодулюючого елемента на основі багатопарової

напівпровідникової структури забезпечується спрощення конструкції та підвищення надійності УОЛЕ.

Для вирішення поставленої задачі в оптичному інверторі, в складі якого фотодіод, узгоджувальний резистор, джерело живлення, вхідний вихідний світловоди, причому логічним входом інвертора є оптичний світловід першого фотодіода, перший вивід світломодулюючого елемента підключений до першого виводу резистора і до катода фотодіода, другий вивід резистора підключений до позитивного полюса джерела живлення, анод фотодіода підключений до другого виводу світломодулюючого елемента і до негативного полюса джерела живлення, а логічним виходом пристрою є оптичний світловід світломодулюючого елемента і, згідно з винаходом, світломодулюючий елемент виконаний у вигляді швидкодіючого світлодіода, анод якого є першим, катод – другим виводом світломодулюючого елемента, джерело живлення виконане у вигляді джерела постійної напруги, а додатково введені N-1 фотодіоди електрично підключені паралельно наявному фотодіоду, логічними входами N-1 фотодіодів є вхідні N-1 світловоди, а логічним виходом схеми N АБО-НІ є світловід швидкодіючого світлодіода.

Виконання світломодулюючого елемента на основі швидкодіючого світлодіода, введення N-1 фотодіодів із визначеними параметрами фотоелектрорушійної сили і відмова від запірного джерела живлення, дозволяє розширити функціональні можливості схеми при мінімальному логічному базисі N АБО-НІ, спростити конструкцію, підвищити швидкодію та надійність. Запропонований УОЛЕ відносно простий та технологічний і може бути виготовлений на відомому обладнанні.

Зниження, в порівнянні з прототипом, кількості елементів, зв'язків між ними і спрощення конструкції може суттєво підвищити швидкодію та надійність, забезпечити можливість підвищення значень щільності упаковки елементів на кристалі при виготовленні оптичних інтегральних схем.

УОЛЕ, що заявляється, представлений на фіг.

Світловипромінюючий діод 1 має вихідний світловід 2, що є логічним виходом УОЛЕ, джерело живлення 3. позитивний полюс якого підключений до другого виводу узгоджувального резистора 5, перший вивід якого підключено до анода світловипромінюючого діода 1 і до катодів кожного з N фотодіодів 4.1...4.N, аноди яких підключені до катода світловипромінюючого діода 1 та до негативного полюса джерела живлення 3, логічними входами схеми N АБО-НІ є світловоди 6.1...6.N, оптично зв'язані з N вхідними фотодіодами 4.1...4.N.

Універсальний оптичний логічний елемент N АБО-НІ працює наступним чином.

У початковому стані через резистор 5 і світловипромінюючий діод 1 протікає струм від джерела живлення 3. При відсутності світлового сигналу у світловодах 6.1...6.N, що є логічними входами УОЛЕ, струмами у фотодіодах 4.1...4.N через їх безкінечно великий опір можна знехтувати. На виході світловоду 2, що є логічним виходом УОЛЕ, присутній вихідний світловий сигнал.

При появі в одному або кількох світловодах 6.1...6.N – логічних входах УОЛЕ-світлового сигналу, у відповідних фотодіодах 4.1...4.N з'являється електрорушійна сила визначеної величини, полярність якої протилежна полярності напруги на світловипромінюючому діоді 1, увімкненому в прямому напрямку, і його Р-Н перехід закривається. На виході світловоду 2-логічному виході УОЛЕ буде відсутній вихідний світловий сигнал.

При зникненні світлових сигналів у одному або кількох світловодах 6.1...6.N – логічних входах УОЛЕ, на відповідних фотодіодах 4.1...4.N абсолютне значення фотоелектрорушійної сили різко знижується до нуля, через зсунутий у прямому напрямку Р-Н перехід світловипромінюючого діода 1, від джерела живлення 3 через узгоджувальний резистор 5 починає протікати струм, на виході світловоду 2, що є логічним виходом УОЛЕ, з'являється вихідний світловий сигнал. Схема повернулася у попередній стан.

Повне закриття Р-Н переходу світловипромінюючого діода 1 під дією фотоелектрорушійної сили може відбутися за умови, що напруга на одному (кількох) фотодіодах 4.1...4.N буде складати визначену частину напруги на світловипромінюючому діоді 1, підключеному у прямому напрямку. Параметри світловипромінюючого діода 1, джерела живлення 3, фотодіодів 4.1...4.N, узгоджувального резистора 5 підібрано з умови максимальної швидкодії при перемиканні УОЛЕ з одного стану в інший, причому бажано: фотодіоди 4.1...4.N застосовувати із максимально можливими ветчинами швидкодії та фотоелектрорушійної сили, світловипромінюючий діод 1 – з мінімальним струмом світіння.

Застосування N швидкодіючих фотодіодів, увімкнених паралельно один одному, з максимальною величиною фотоелектрорушійної сили, виконання світломодулюючого елемента на основі швидкодіючого світловипромінюючого діода, дозволяє розширити функціональні можливості оптоелектронного логічного елемента при мінімальному логічному базисі N АБО-НІ, відмовитися від другого джерела живлення і багат шарової напівпровідникової структури світломодулюючого елемента і на цій основі підвищили функціональність швидкодію і надійність УОЛЕ N АБО-НІ.

