



УКРАЇНА

(19) UA (11) 71261 (13) A

(51) 7 H04B3/54, H04B7/005, G02F1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ТА ПРИСТРІЙ ПОВНІСТЮ ОПТИЧНОЇ КОМУТАЦІЇ

1

2

(21) 20031211549

(22) 15.12.2003

(24) 15.11.2004

(46) 15.11.2004, Бюл. № 11, 2004 р.

(72) Лисенко Геннадій Леонідович, Ткаченко Володимир Олександрович, Ропай Юлія Григорівна, Бурмакіна Олена Володимирівна, Кошельна Ірина Володимирівна, Аль-Равашдех Медін

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1. Спосіб повністю оптичної комутації, що базується на проходженні оптичних сигналів через вхідний волоконно-оптичний елемент і через вихідний волоконно-оптичний елемент, який **відрізняється** тим, що сигнали із вхідного волоконно-оптичного елемента просторово розділяють по оптичному спектру, оптичні частоти якого при проходженні через нелінійне середовище, взаємодіючи із сигналами накачування, перетво-

рюють у вихідні частоти і знову просторово розділяють по оптичному спектру, формуючи вихідні комутовані канали.

2. Пристрій повністю оптичної комутації, що містить вхідний та вихідний хвилеводи та блок керування, який **відрізняється** тим, що в нього введені N вихідних хвилеводів, два дисперсійні елементи та багат шаровий хвильовий оптичний конвертор, причому вхідний хвилевід з'єднаний з першим дисперсійним елементом, кожний вихід якого з'єднаний із відповідними входами багат шарового хвильового оптичного конвертора, виходи якого з'єднані з відповідними входами другого дисперсійного елемента, виходи якого, в свою чергу, відповідно з'єднані з вихідними хвилеводами, а виходи блока керування з'єднані з відповідними входами багат шарового хвильового оптичного конвертора.

Винахід належить до цілком оптичних технологій, наприклад WDM та DWDM, і направлений на підвищення швидкодії комутації визначеного вхідного оптичного сигналу на визначений вихідний канал комутаційного пристрою без проміжних фотон-електронних або електрон-фотонних перетворень.

Винахід може бути застосований у технологіях з використанням хвильового ущільнення, для здійснення комутації вхідного сигналу на визначений вихідний канал комутаційного пристрою.

Відомий спосіб оптичної комутації на основі мікродзеркал, що переміщуються Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) [G02B6/26 US Patent 006529652 2003]. MEMS використовують наступний фундаментальний принцип: світло направляється з одного оптичного волокна в інше за допомогою колімуючих лінз та рухливого дзеркала. За даним способом сигнали з вхідних волоконних світловодів через лінзову решітку подаються послідовно на першій та другий масиви рухомих мікро дзеркал. Вихідні сигнали з другого масиву мікро дзеркал фокусуються через лінзову решітку

у вихідні волоконні світловоди. Позитивним для даного способу є простота керування.

Недоліками способу є погане масштабування, що веде до зростання діаметра променя, накладаючи жорсткі обмеження на якість коліматора та юстування системи; низька швидкодія та механічне переміщення дзеркал, яке сильно знижує надійність.

Відомий також спосіб оптичної комутації на основі механізму генерації бульбашок [G02B6/26, G02B6/42 US Patent 006519381 2003]. Оптичний комутатор, створений на основі даного способу, містить декілька хвилеводів, які перетинаються в проміжку, що має задану ширину. Хвилеводи розташовані таким чином, що світло, проходячи через перший хвилевід, поступає в другий хвилевід коли проміжок заповнений рідиною, яка має перший коефіцієнт заломлення. Проміжок є частиною заглиблення в підкладці. Світло, проходячи через перший хвилевід, відбивається проміжком (зазором) в тому випадку, коли він наповнений газом. Рідина, що має перший коефіцієнт заломлення, розташовується в першій області. Рідина генерує газ коли вона нагріта до заданої температури

(13) A

(11) 71261

(19) UA

нагрівачем, який розташований в першій області. В результаті нагріву в рідині, яка знаходиться в проміжку (зазорі) з'являється бульбашка газу. Механізм переміщення змушує бульбашку, яка знаходиться в першій області, частково розподілитися і на другу область. Це відбувається під дією керуючого сигналу.

Недоліком даного способу оптичної комутації є низька швидкодія, пов'язана з необхідністю створення оптичної неоднорідності розповсюдження променя за рахунок локального температурного розігріву речовини.

Найбільш близьким є спосіб оптичного переключення каскадованої об'єднаної волоконної матриці [G02/B6/26 US Patent 006516111 2003]. Основою цього способу є кероване проходження оптичного сигналу через вхідний волоконно-оптичний елемент і через вихідний волоконно-оптичний елемент. В кожному з них оптичний сигнал із вхідного елемента проходить або через відбиваючий елемент на вхідний елемент наступного оптичного вузла з певним просторовим зміщенням, або за рахунок механічного переміщення вихідного елемента проходить прямо без зміщення на вхідний елемент наступного оптичного вузла.

До його недоліків відносять механічне переміщення, що призводить до низької швидкодії.

Відомий пристрій оптичної комутації заснований на обертанні поляризації [G02F1/09, G02F1/00, G02B6/26 US Patent 6577430 2003], який включає в себе два ротатора Фарадея. Перший ротатор Фарадея складається з першого гранату, з'єднаного з електромагнітом з паралеллю магнітного поля до променя світла, а другий ротатор Фарадея складається або з гранату із заціпкою, або з гранату із польовим насиченням постійним магнітом з паралеллю магнітного поля до променя світла.

Головним недоліком даного пристрою є необхідність подання електричних імпульсів для керування ротатором Фарадея, що обмежує швидкість пристрою.

Відомий також електрооптичний комутатор на зв'язаних оптичних хвилеводах [А.С. Семёнов, В.Л. Смирнов, А.В. Шмалько. Интегральная оптика для систем передачи и обработки информации. М.: Радио и связь, 1990, с.142-143], який містить два зв'язані оптичні хвилеводи та два електроди, причому перший зв'язаний оптичний хвилевід зв'язаний з першим електродом, а другий зв'язаний оптичний хвилевід зв'язаний з другим електродом.

Недоліком такого пристрою є недостатня швидкодія, пов'язана з електрон-фотонними перетвореннями.

Найбільш близьким є пристрій на основі інтерферометра Маха-Цендера [G02F1/035 US Patent 006563965 2003], який дозволяє реалізувати певний зсув фази оптичного сигналу. Даний пристрій містить виконуючий механізм, називається в подальшому "блок керування", джерело випромінювання, вхідний та вихідний хвилеводи, два плечі інтерферометра Маха-Цендера та фазообертач, причому джерело випромінювання оптично з'єднано з вхідним хвилеводом, який шляхом розгалуження з'єднаний з першим та другим плечами

інтерферометра, які, в свою чергу, з'єднані з вихідним хвилеводом, а блок керування каналом з'єднаний із фазообертачем, який знаходиться у другому плечі інтерферометра Маха-Цендера.

До недоліків цього пристрою відносять недостатню точність позиціонування та використання механічних приводів головок, що не дозволяє використати методи мікромініюаризації оптичного пристрою і зменшує швидкодію.

В основу винаходу поставлена задача створення способу повністю оптичної комутації, в якому за рахунок введення нових операцій досягається повністю оптична комутація за час розповсюдження світла через нелінійне середовище, що приводить до підвищення швидкодії.

Поставлена задача в способі вирішується тим, що сигнали з вхідного волоконно-оптичного елемента просторово розділяють по оптичному спектру, оптичні частоти якого при проходженні через нелінійне середовище, взаємодіють із сигналами накачки, перетворюючись у вихідні частоти і знову просторово розділяють по оптичному спектру, формуючи вихідні комутовані канали.

В основу винаходу поставлена задача створення пристрою повністю оптичної комутації, в якому за рахунок введення нових елементів та зв'язків досягається повністю оптична комутація за час розповсюдження світла через нелінійне середовище, що приводить до підвищення швидкодії.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрій, який містить вхідний та вихідний хвилеводи та блок керування, введено N вихідних хвилеводів, два дисперсійні елементи та багат шаровий хвильовий оптичний конвертор, причому вхідний хвилевід з'єднаний з першим дисперсійним елементом, кожний вихід якого з'єднаний із відповідними входами багат шарового хвильового оптичного конвертора, виходи якого з'єднані з відповідними входами другого дисперсійного елемента, виходи якого, в свою чергу, відповідно з'єднані з вихідними хвилеводами.

На кресленні представлена блок-схема пристрою, який реалізує спосіб повністю оптичної комутації.

Повністю оптичний комутатор містить дисперсійні елементи 1 і 3, багат шаровий хвильовий оптичний конвертор 2, що складається з N шарів 7, та блок керування 4. Вхід 5 є входом дисперсійного елемента 1, кожний вихід якого відповідно з'єднаний із входами 6_i багат шарового хвильового оптичного конвертора 2, причому кожний вхід 6_i (i=1...N) відповідно з'єднаний з i-тим шаром 7, виходи багат шарового хвильового оптичного конвертора 2 з'єднані відповідно із входами 8_i дисперсійного елемента 3, виходи 9_i є виходами дисперсійного елемента 3, а виходи блоку керування 4 з'єднані із входами 10_i багат шарового хвильового оптичного конвертора 2, причому кожний вхід 10_i відповідно з'єднаний з i-тим шаром 7.

Спосіб повністю оптичної комутації здійснюється наступним чином.

Наприклад нам треба зкомутувати сигнал з s-каналу у c-канал. Для цього вхідний сигнал спря-

мовується на дисперсійний елемент 1, де відбувається його просторове розділення по спектру. Виділяється сигнал з частотою ω_s , який подається на відповідний i -шар багат шарового хвильового оптичного конвертора 2. З блоку керування 4 у i -тий шар багат шарового хвильового оптичного конвертора 2 подається сигнал з лазера накачки, який має частоту ω_p .

Відомо, що при одночасному розповсюдженні в нелінійному середовищі (наприклад, LiNbO_3 , або інших) вхідного сигналу з частотою ω_s , і сигнала лазера накачки з частотою ω_p відбувається генерація світла на новій частоті ω_c . Частота ω_c для цього випадку визначається таким чином:

$$\omega_c = \omega_p - \omega_s.$$

З цього співвідношення визначається частота сигналу накачки ω_p , яку необхідно подати у i -тий шар багат шарового хвильового оптичного конвертора, щоб зкомутувати сигнал з s -каналу у c -канал.

При цьому відбувається взаємодія світлових хвиль, що розповсюджуються в середовищі і обмін енергією між ними, який описується співвідношенням Менлі-Роу:

$$\frac{dP(\omega_c)}{dz} = \frac{dP(\omega_s)}{dz} = \frac{dP(\omega_p)}{dz},$$

в якому P - потужність хвилі, що розраховується як

$$P = m \cdot \hbar \cdot \omega,$$

де m - число фотонів, які розповсюджуються вздовж вісі z ;

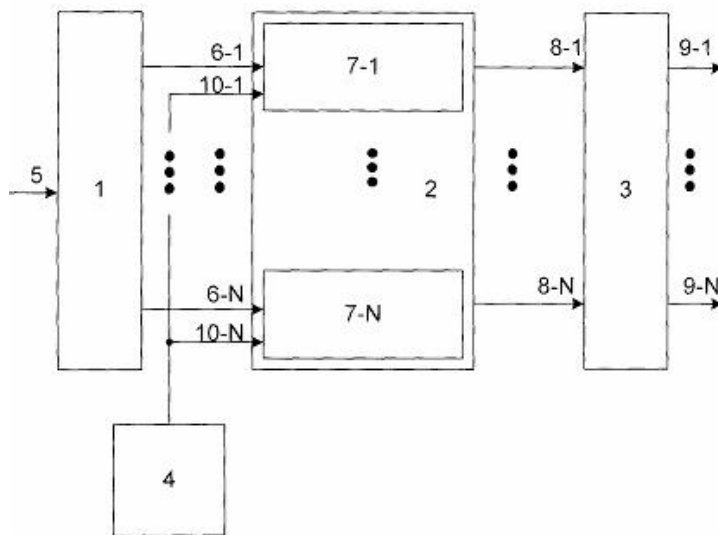
\hbar - постійна Планка;

ω - частота.

Отже, при подачі сигналу накачки ω_p вихідний сигнал багат шарового хвильового оптичного конвертора трансформується у сигнал частоти ω_c . Цей вихідний сигнал подається на дисперсійний елемент, де він знову просторово розділяється по спектру, завдяки чому спрямовується у вихідний c -канал.

Повністю оптичний комутатор працює таким чином.

Сигнали ω_s з дисперсійного елемента 1 надходять у багат шаровий хвильовий оптичний конвертор 2, після чого попадають на дисперсійний елемент 3. З блоку керування 4 у багат шаровий хвильовий оптичний конвертор 2 подається керуючий сигнал ω_p . З вхідного каналу 5 оптична частота ω_s пройшовши дисперсійний елемент 1 просторово розділяється по спектру. Сигнали, що виходять з дисперсійного елемента 1 поступають на відповідний i -тий шар 7 багат шарового хвильового оптичного конвертора 2. Сигнали ω_c , що виходять з багат шарового хвильового оптичного конвертора 2 подаються на дисперсійний елемент 3, де просторово розділяються по спектру, утворюючи вихідні канали 9_i . Блок керування 4 на кожний з шарів багат шарового хвильового оптичного конвертору 2 подає відповідну керуючу оптичну частоту ω_p по каналам 10_i .



Фіг.