



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 97775

(13) C2

(51) МПК

H01S 3/067 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2011 07027	(72) Винахідник(и):	Макаров Терентій Варфоломієвич (UA)
(22) Дата подання заявки:	03.06.2011	(73) Власник(и):	ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ЗВ'ЯЗКУ ІМ. О.С. ПОПОВА, вул. Ковальська, 1, м. Одеса, 65029 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	12.03.2012	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA a201007888, дата подання 24.06.2010. UA 11917 U, 16.01.2006. UA 43653 U, 25.08.2009. UA 52926 U, 10.09.2010. UA 6342 U, 16.05.2005. RU 2209517 C2, 27.07.2003. JP 59160101 A, 10.09.1984.
(41) Публікація відомостей про заяву:	10.01.2012, Бюл.№ 1		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	12.03.2012, Бюл.№ 5		

(54) ДУПЛЕКСНИЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ З ПОЛЯРИЗАЦІЙНИМ РОЗДІЛЕННЯМ ПІДСИЛЕНИХ СИГНАЛІВ

(57) Реферат:

Волоконно-оптичний підсилювач належить до квантової електронної техніки. Він може бути використаний в техніці оптичного зв'язку з поляризаційним мультиплексуванням оптичних сигналів як лінійний підсилювач у волоконно-оптичних лініях передавання великої довжини по одномодовому волокну в двонаправленому режимі передавання сигналів. Перспективною є саме схема двонаправленого передавання оптичних імпульсних сигналів з використанням одного оптичного волокна. Схема традиційної підсилювальної станції при цьому повинна складатися із двох оптичних підсилювачів, просторово об'єднаних і розділених на вході і виході двома поляризаційними демультиплексорами/мультиплексорами. Пропонується схема використання одного волоконно-оптичного дуплексного (двонаправленого) підсилювача з поляризаційним розділенням підсилених оптичних сигналів, що індексуються цифрами 1 і 2, в одному активному оптичному волокні, легованому рідкісноземельними хімічними елементами.

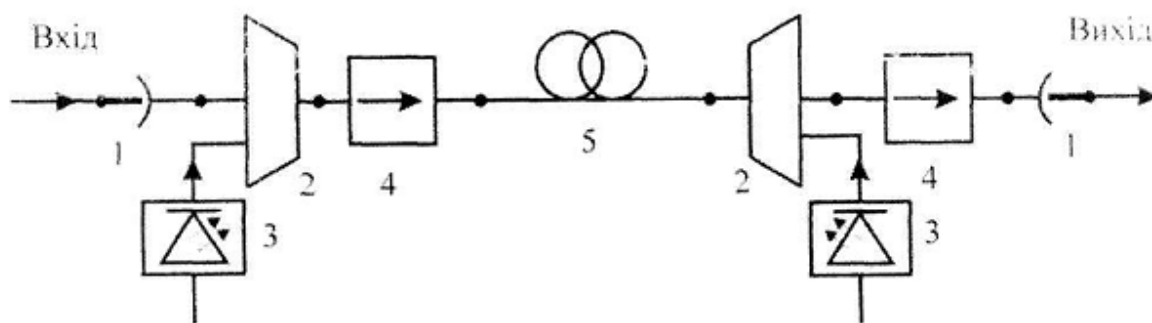


Fig. 1

UA 97775 C2

Запропонований волоконно-оптичний підсилювач (ВОП) належить до квантової електронної техніки. Він може бути використаний в техніці оптичного зв'язку з поляризаційним мультиплексуванням оптичних сигналів як лінійний підсилювач у волоконно-оптичних лініях передавання великої довжини по одномодовому волокну (ОМОВ) в двонаправленому режимі передавання сигналів. Перспективною є саме схема двонаправленого передавання оптичних імпульсних сигналів з використанням одного оптичного волокна. Схема традиційної підсилювальної станції при цьому повинна складатися із двох оптичних підсилювачів просторово об'єднаних і розділених на вході і виході двома поляризаційними демультимплексорами/ мультиплексорами. Таке рішення проблеми складне і дороге. Пропонується схема використання одного волоконно-оптичного дуплексного (двонаправленого) підсилювача з поляризаційним розділенням підсилених оптичних сигналів, що індексуються цифрами 1 і 2, в одному активному оптичному волокні (АОВ), легованому рідкісноземельними хімічними елементами (ербієм, тулієм, ітербієм). Саме тому цей компонент підсилювача є найбільш дорогим.

Класичний квантовий принцип роботи існуючих ВОП, їх схеми накачування й утворення шумів у них докладно описані в багатьох джерелах, наприклад в [1]. Схема однонаправленого підсилення сигналів двостороннього накачування ВОП (прототипу), що пояснює його роботу, подана на фіг. 1, де введені наступні позначення: 1 - рознімний оптичний з'єднувач (РОЗ 1); 2 - пристрій об'єднання (двохвильовий оптичний мультиплексор); 3 - лазер накачування; 4 - вентиль (ізолятор); 5 - активне оптичне волокно (АОВ), серцевина якого легована рідкісноземельним хімічним елементом (ербієм, тулієм, ітербієм), атоми яких збуджуються випромінюванням лазера (лазерами) накачування, що поширюється, в основному, усередині серцевини АОВ. Інформаційний сигнал, що подається на вхід ВОП, поширюється також уздовж АОВ і стимулює емісію квантів збуджених атомів рідкісноземельних хімічних елементів і, таким чином, підсилюється, поглинаючи їхню енергію. АОВ довжиною кілька десятків метрів, тому і досить дороге, звичайно згинається й укладається круглою бухтою усередині корпусу самого ВОП. Зазначене найбільш близьке по суті технічне рішення, прийняте за прототип, має великий рівень спонтанних шумів і шумів, які є результатом електродинамічних особливостей поширення хвиль у їхніх вигнутих активних оптичних волокнах. Автором запропонованого рішення доведено, що при укладанні одномодових оптичних волокон на деякий круговий циліндр по спіральних лініях, у них спостерігається діелектрична анізотропія [2], яка виявляється в двоприменезаломленні [3], різних фазових швидкостях поширення незвичайної (екстраординарної) HE_{11}^e (е-поляризація) і звичайної (ординарної) HE_{11}^o (о-поляризація), хвиль із взаємно-ортогональними поляризаціями [4] відповідно, зорієнтованими під кутами φ^e і φ^o

щодо осі \vec{X} , що сполучає по нормалі в поперечному перетині вісь спіралі з віссю ОМОВ:

$$\varphi^e = -\arctg(p / 4\pi R); \quad \varphi^o = \varphi^e \pm \pi / 2,$$

де p , R - крок і радіус спіралі.

Крім того, завдяки зазначеній анізотропії, у спіральних ОМОВ спостерігається невзаємне перетикання потужностей у площині поперечного перерізу між зазначеними хвилями [5]. Ці потоки потужностей невзаємного зв'язку між зазначеними хвилями визначаються координатами поперечного перерізу ОМОВ, кроку p і радіуса R вигнутої по спіралі осі ОМОВ. Саме ці потоки потужностей невзаємного зв'язку зазначених хвиль породжують основні шуми у ВОП шляхом емісії квантів збуджених атомів рідкісноземельних хімічних елементів, якими легують серцевину АОВ. Такі шуми названі автором пропонованого ВОП - шумами перетворення поляризацій або поляризаційними шумами. Особливості невзаємних впливів між зазначеними хвилями в залежності від співвідношення $0 \leq p / 4\pi R \leq \infty$ досліджені в [6], де, зокрема, показано, що у вигнутому по спіралі ОМОВ з $1 < p / 4\pi R < 4,17$ невзаємні впливи між основними взаємно-ортогональними хвилями цілком відсутні, тобто в поперечному перерізі такого спірального ОМОВ немає поперечних перетоків потужностей між розглянутими взаємно ортогональними хвилями, отже, немає стимульованої ними емісії квантів збуджених атомів. При цьому шуми на виході ВОП будуть мінімальними. Додатково при цьому буде відсутня поляризаційна дисперсія імпульсних сигналів, що підсилюються в АОВ. Крім того, це дає можливість організувати в лінії як однонаправлене, так і двонаправлене передавання оптичних сигналів по одному ОМОВ, розділяючи їх по поляризаціях. Схема двонаправленого (зустрічного) передавання імпульсних сигналів забезпечує менші як міжсимвольні завади, так і нелінійні спотворення сигналів через менший час їхнього перекриття. Крім того, ВОП зі спільним АОВ для обох напрямків передавання і підсилення оптичних сигналів із поляризаційним мультиплексуванням повинен мати двостороннє накачування для однакового підсилення сигналів в обох напрямках і

поляризаціях. Для виконання цих умов необхідно щоб в АОВ підтримувалася єдина лінійна поляризація оптичних полів як підсилювального, так і сигналу накачування в обох напрямках, що є задачею винаходу.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в дуплексному волоконно-оптичному підсилювачі з поляризаційним розділенням підсилених сигналів, що містить вхідні рознімні оптичні з'єднувачі, двохвильові оптичні мультиплексори, лазери накачування, активне оптичне волокно, леговане рідкісноземельними хімічними елементами, атоми яких збуджуються полями лазерів накачування, згідно з винаходом, одне активне оптичне волокно укладене по спіральній лінії на тор із співвідношенням в межах $1 < p/4\pi R < 4,17$, де p , R - відповідно крок і радіус спіралі, а на кінцях активного оптичного волокна ввімкнені рознімні оптичні з'єднувачі, при цьому після оптичних мультиплексорів на кінцях активного оптичного волокна ввімкнені оптичні волоконні поляризатори із співвідношенням $p/4\pi R \approx 0,3$, осердя яких просторово розташовані взаємно-ортогонально.

В запропонованому ВОП (фіг. 2) єдину лінійну поляризацію оптичних полів як підсилювального, так і сигналу накачування в обох напрямках виконують поляризатори оптичні волоконні (ПОВ1) 6 і (ПОВ2) 7 (див. опис в [7]), ввімкнуті між оптичними мультиплексорами 2 і АОВ 5, які поляризують одночасно поля інформаційних імпульсних сигналів і випромінювання

лазерів накачування в поляризації звичайної хвилі \vec{e}_1 в прямому напрямі, і незвичайної хвилі \vec{e}_2 в зворотному напрямі підсилення в АОВ. Для цього осердя 6 ПОВ 1 і 7 ПОВ 2 повернуті в просторі взаємно-ортогонально. Точна колінеарність вихідної звичайної поляризації ПОВ 1 із

поляризацією звичайної хвилі $HE_{11}^o (\vec{e}_1)$ у вигнутому по спіралі АОВ з $1 < p/4\pi R < 4,17$ утворюється поворотом вилки (штекера) 8 РОЗ 1 відносно його нерухомої розетки. Аналогічно утворюється колінеарність незвичайної поляризації ПОВ 2 із поляризацією незвичайної хвилі

$HE_{11}^e (\vec{e}_2)$ у вигнутому по спіралі АОВ.

Якість поляризаційного узгодження (колінеарності поляризацій) при цьому контролюється за відсутності (мінімуму) сигналу ортогональної поляризації на виході відповідного оптичного мультиплексора. Таким чином буде вирішена поставлена задача підсилення оптичних сигналів, які відрізняються взаємно-ортогональними поляризаціями і напрямом підсилення в одному і тому ж АОВ оптичного підсилювача без їх взаємного впливу.

Пропонований одноволоконний дуплексний ВОП містить спільні з прототипом елементи, а саме: рознімні оптичні з'єднувачі 1, двохвильові оптичні мультиплексори 2, лазери накачування 3, активне оптичне волокно 5.

Технічними рішеннями поставленої задачі є:

1) використання одного активного оптичного волокна довжиною приблизно 20 м, укладеного по спіральній лінії (наприклад, на тор [8]) із співвідношенням в межах $1 < p/4\pi R < 4,17$, що забезпечує автономне (незалежне) поширення і підсилення взаємно-ортогональних основних хвиль і сигналів в АОВ;

2) на входах АОВ (див. фіг. 2) запропоновано вмикати поляризатори оптичні волоконні 6 (ПОВ 1) і 7 (ПОВ 2) із співвідношенням $p/4\pi R = 0,3$ [7], які збуджують в АОВ взаємно-

ортогональні лінійні поляризації звичайної хвилі $HE_{11}^o (\vec{e}_1)$ і незвичайної хвилі $HE_{11}^e (\vec{e}_2)$ як полів інформаційних сигналів, так і полів сигналів лазерів накачування і, отже, відсутність поляризаційної дисперсії підсилених імпульсних сигналів в АОВ;

3) для точного підстроювання і узгодження поляризацій взаємно-ортогональних хвиль на вході (виході) АОВ запропоновано використовувати рознімні оптичні з'єднувачі (РОЗ 1) 8 і (РОЗ 2) 9.

Таким чином, на фіг. 2 вздовж ВОП "Вхід \vec{e}_1 - Вихід \vec{e}_1 " (зліва направо, індексація знизу)

будуть існувати зміни поляризації незвичайної хвилі (\vec{e}_1). На вході ПОВ 1 будуть невизначені

обидві поляризації сигналу лазера накачування і інформаційного сигналу \vec{e}_1 , які в ПОВ 1

перетворюються в єдину поляризацію \vec{e}_1 . В АОВ підтримується їх поляризація \vec{e}_1 . На виході

ПОВ 2 вона перетворюється у поляризацію \vec{e}_1 , яка направляється в лінію, тобто в ОМОВ,

укладене в оптичний кабель (ОК). У зворотному напрямку із лінії направляється в ВОП хвиля з поляризацією $\vec{0}_2$, яка в ПОВ 2, сумісно з невизначеною поляризацією сигналу лазера накачування, перетворюється на хвилю з поляризацією \vec{e}_2 , яка в свою чергу перетворюється в

ПОВ 1 в поляризацію $\vec{0}_2$, котра слідує наліво у лінію. Отже, в лінії і в АОВ поширюються взаємно-ортогональні основні хвилі HE_{11}^o і HE_{11}^e , які переносять оптичні сигнали без їх взаємного впливу. В АОВ обидві хвилі підсилюються без поляризаційної дисперсії і з мінімальними шумами.

Запропонований ВОП двонаправленої дії суттєво дешевше двох ВОП однонаправленої дії тому, що використовує одне АОВ, леговане рідкісноземельними хімічними елементами, яке є найдорожчим компонентом ВОП.

Використана література:

1. Макаров Т. В. Когерентные волоконно-оптические системы передачи. Одесса, 2009, с. 220.

2. Макаров Т. В. Анизотропия погнутых волоконных световодов. // Труды УНИИРТ. - Одесса, № 1, 1995, с. 103-106.

3. Макаров Т. В. Лучепреломления в изогнутых и скрученных световодах. // Труды УНИИРТ. - Одесса, № 2, 1995, с. 93-96.

4. Макаров Т. В. Метод определения волн в изогнутых световодах. // Труды УНИИРТ. - Одесса, № 1 (5), 1996, с. 82-91.

5. Макаров Т. В. Потоки мощностей сигналов в спиральных одномодовых волоконных световодах. // Праці УНДІРТ. - Одеса, № 2 (30), 2003, с. 39-44.

6. Макаров Т. В. Невзаимные влияния волн и сигналов в спиральных одномодовых волоконных световодах. Части 1 и 2 // Праці УНДІРТ. - Одеса, № 2 (38), 2004, с. 23-34.

7. Макаров Т. В. Одномодовий волоконно-оптичний поляризатор. Деклараційний патент на корисну модель № 11917 від 16. 01. 2006, Бюл. № 1.

8. Макаров Т. В. Однополяризаційний малoshумний волоконно-оптичний підсилювач імпульсних сигналів. Заявка на винахід а201007888, подана 24.06.2010.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Дуплексний волоконно-оптичний підсилювач з поляризаційним розділенням підсилених сигналів, що містить входні рознімні оптичні з'єднувачі, двохвильові оптичні мультиплексори, лазери накачування, активне оптичне волокно, леговане рідкісноземельними хімічними елементами, атоми яких збуджуються полями лазерів накачування, який **відрізняється** тим, що одне активне оптичне волокно укладене по спіральній лінії на тор із співвідношенням в межах $1 < p/4\pi R < 4,17$, де p , R - відповідно крок і радіус спіралі, а на кінцях активного оптичного волокна ввімкнені рознімні оптичні з'єднувачі, при цьому після оптичних мультиплексорів на кінцях активного оптичного волокна ввімкнені оптичні волоконні поляризатори із співвідношенням $p/4\pi R \approx 0,3$, осердя яких просторово розташовані взаємно-ортогонально.

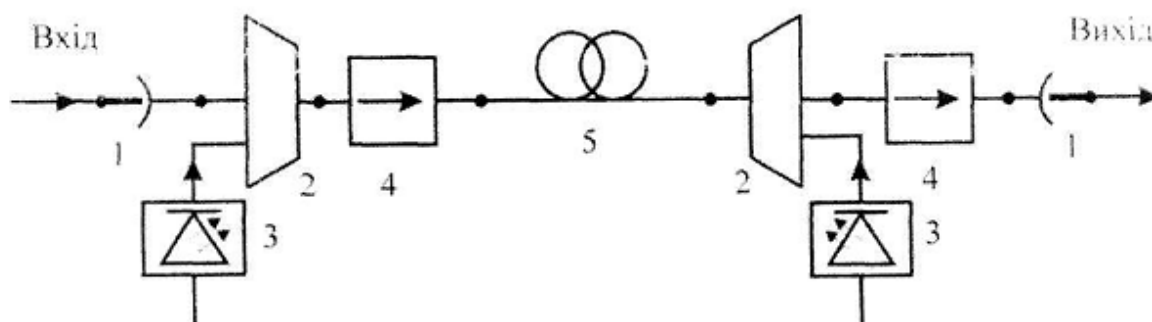


Fig. 1

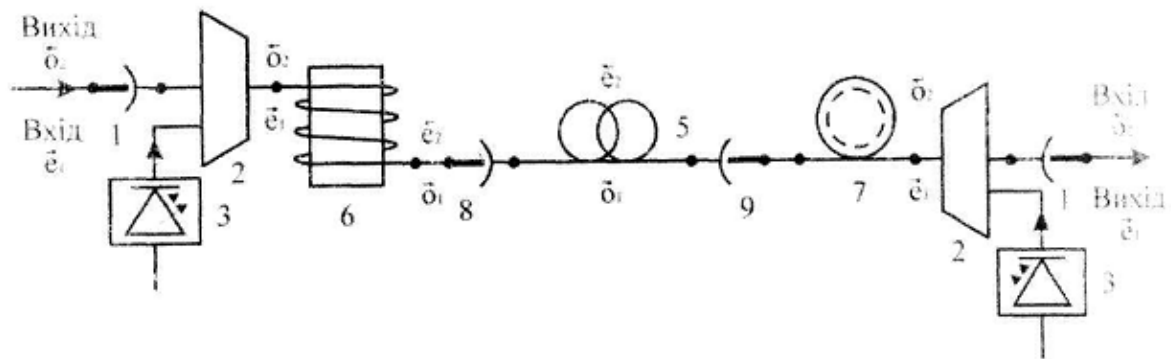


Fig. 2

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601