



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
H04B 1/38 (2018.02)

(21)(22) Заявка: 2017116391, 10.05.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
10.05.2017

Дата регистрации:  
13.06.2018

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 10.05.2017

(45) Опубликовано: 13.06.2018 Бюл. № 17

Адрес для переписки:  
390044, г. Рязань, а/я 138, АО "РПК"

(72) Автор(ы):  
Мойбенко Виктор Иванович (RU),  
Базылев Виктор Кузьмич (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
Акционерное общество "Рязанская  
радиоэлектронная компания" (АО "РПК")  
(RU)

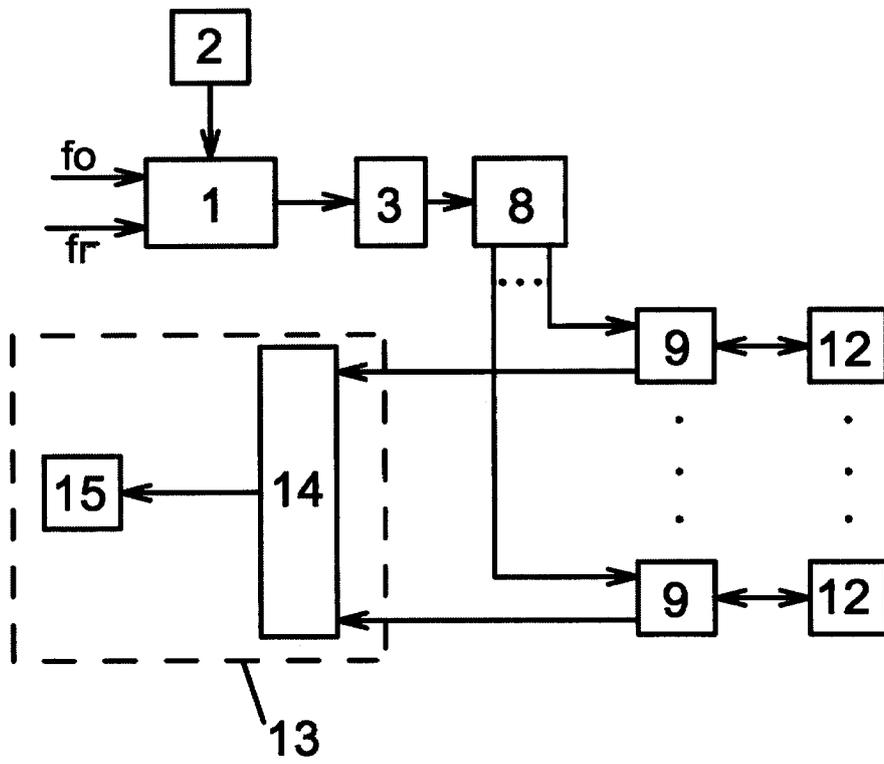
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 5187487 A1, 16.02.1993. US  
5374935 A1, 20.12.1994. US 5333000 A1,  
26.07.1994. US 2014/0184439 A1, 03.07.2014.  
WO 2017/007525 A2, 12.01.2017.

## (54) ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИЙ МОДУЛЬ АКТИВНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к приемопередающим устройствам СВЧ-колебаний, предназначенным для работы в составе активной фазированной антенной решетки (АФАР). Приемопередающий модуль АФАР содержит переключатель 1, подсоединенный к генератору СВЧ-сигнала, устройство управления переключателем 2, электрооптический фазовращатель 3, образованный светодиодами 4, жидкокристаллическим матричным пространственным оптическим модулятором 5, устройством управления модулятором 6 и матрицей микролинз 7; многоканальный оптоволоконный световод 8, приемопередатчик 9, состоящий из фотодиода 10 и двухзатворного полевого транзистора со встроенным каналом

11, излучатели 12, являющиеся элементами АФАР и выполненные с петлевым возбудителем, и приемное устройство 13, образованное сумматором 14 и приемником 15. Оптический модулятор 5 выполнен в виде матрицы размерностью N×M, где N - число излучателей СВЧ, а M - число светодиодов 4. Светодиоды 4 находятся на различных расстояниях от модулятора 5 для обеспечения временной задержки оптических сигналов, проходящих через модулятор 5. Технический результат, достигаемый заявляемым изобретением, упрощение конструкции приемопередающего модуля АФАР. 4 з.п. ф-лы, 3 ил.



ФИГ. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H04B 1/38 (2018.02)*

(21)(22) Application: **2017116391, 10.05.2017**

(24) Effective date for property rights:  
**10.05.2017**

Registration date:  
**13.06.2018**

Priority:

(22) Date of filing: **10.05.2017**

(45) Date of publication: **13.06.2018** Bull. № 17

Mail address:

**390044, g. Ryazan, a/ya 138, AO "RRK"**

(72) Inventor(s):

**Mojbenko Viktor Ivanovich (RU),  
Bazylev Viktor Kuzmich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aktsionernoe obshchestvo "Ryazanskaya  
radioelektronnaya kompaniya" (AO "RRK")  
(RU)**

(54) **TRANSCIVING MODULE OF ACTIVE PHASED ANTENNA ARRAY**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to microwave transceiver devices intended for operation in an active phased array antenna (APAA). APAA transceiver module comprises switch 1 connected to the microwave signal generator, switch control device 2, electro-optical phase shifter 3 formed by LEDs 4, liquid crystal matrix spatial optical modulator 5, control device of modulator 6 and matrix of microlenses 7; multi-channel optical fiber 8, transceiver 9 consisting of photodiode 10 and dual-gate field-effect transistor with built-in channel 11, emitters 12 that are APAA elements and made with

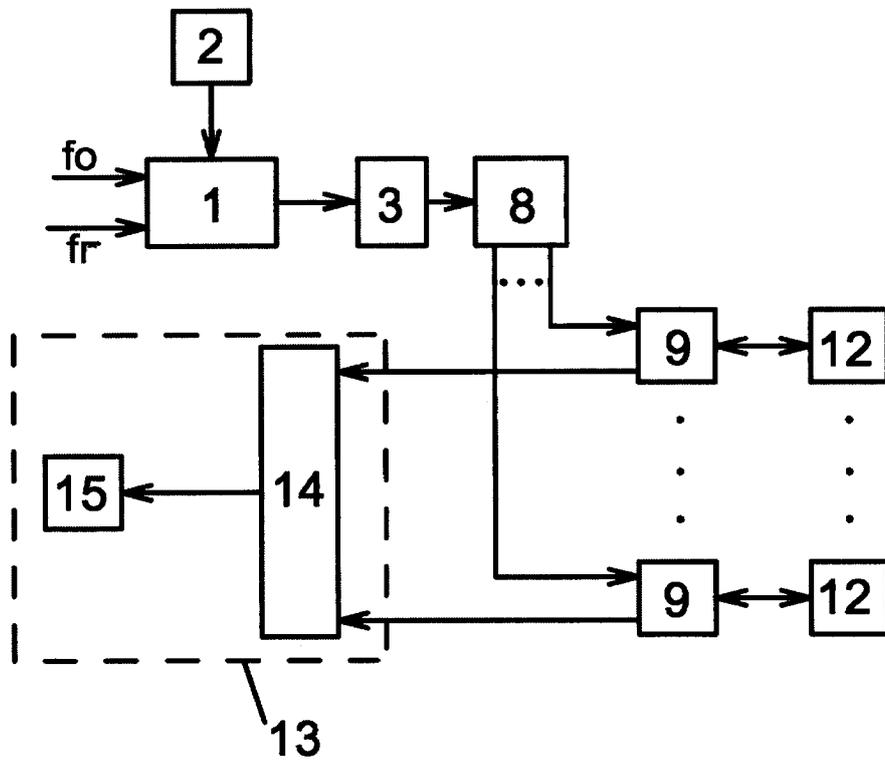
a loop driver and receiver 13 formed by adder 14 and receiver 15. Optical modulator 5 is made in the form of matrix of dimension N×M, where N is the number of microwave radiators, and M is the number of LEDs 4. LEDs are connected to the output of switch 1. LEDs 4 are at different distances from modulator 5 to provide a time delay for the optical signals passing through modulator 5.

EFFECT: technical result achieved by the claimed invention simplifies the design of the APAA transceiver module.

5 cl, 3 dwg

**RU 2 657 320 C1**

**RU 2 657 320 C1**



ФИГ. 1

Изобретение относится к приемопередающим устройствам СВЧ-колебаний, предназначенным для работы в составе активной фазированной антенной решетки (АФАР). Приемопередающий модуль АФАР может быть использован в бортовых авиационных радиолокационных станциях (РЛС), в корабельных и наземных РЛС, а также в системах радиопротиводействия и в радиорелейных станциях.

Использование АФАР, когда осуществляется распределенное генерирование, прием и обработка сигналов, позволяет значительно повысить оперативность пространственно-временной модуляции, что, в свою очередь, обеспечивает своевременность получения информации о многих целях по нескольким направлениям, позволяет решать несколько многофункциональных задач на базе одной РЛС.

Приемопередающие модули АФАР представляют собой 2-канальные устройства, канал передачи и канал приема которых подключены к каждому из  $N$  излучателей, образующих раскрыв АФАР. Одним из основных элементов приемопередающего модуля является управляемый фазовращатель для управления фазой СВЧ-сигнала в режиме передачи и в режиме приема.

Известен приемопередающий модуль активной фазированной антенной решетки, содержащий излучатель, усилители сигнала и мощности, управляемые фазовращатель и аттенуатор, устройство управления и переключатели (патент РФ №2362268, МПК H04B 1/38, 2009 г.). Введение в модуль дополнительных ключей позволяет работать одним и тем же фазовращателем и аттенуатором на прием и передачу СВЧ-сигнала.

Недостатком известного приемопередающего модуля АФАР являются ограниченные функциональные возможности, поскольку он может работать с сигналом только одного излучателя. Как следствие, для обслуживания  $N$  излучателей, образующих полный раскрыв АФАР, требуется  $N$  таких приемопередающих модулей.

Аналогичным недостатком обладает и ряд других приемопередающих модулей АФАР со сходной архитектурой построения, использующих электронные фазовращатели (патент США №5093667, МПК H03F 3/68, 1993 г.; патент РФ №2338308, МПК H01Q 21/00, 2008 г.; заявка США №2017/041038, МПК H04B 1/48, 2017 г.).

Известны приемопередающие модули АФАР, в которых для передачи СВЧ-сигнала используется оптическое излучение, модулированное сигналом СВЧ-генератора, а в качестве элементов временной задержки оптического излучения (элементов регулировки фазы) применяются оптические или электрооптические фазовращатели. Одним из достоинств такого построения модулей АФАР является возможность использования одного  $N$ -канального оптического или электрооптического фазовращателя для обслуживания  $N$ -излучателей антенной решетки, что существенно упрощает архитектуру приемопередающего модуля АФАР по сравнению с аналогичными по назначению модулями, использующими  $N$  электронных устройств для управления фазой сигнала в каждом из  $N$  излучателей.

Известен приемопередающий модуль активной фазированной антенной решетки по патенту США №5374935, МПК H01Q 3/22, 1994 г. Первая (передающая) лазерная линейка генерирует излучение, модулированное сигналом СВЧ-генератора. В качестве элементов временной задержки лазерных сигналов используются оптоволокна различной длины.

Оптические сигналы с различной временной задержкой, число которых равно числу излучателей, поступают на фотодетекторы приемопередатчиков, где оптический сигнал конвертируется в СВЧ-сигнал. Одновременно на фотодетекторы поступает оптическое излучение со второй линейки лазеров, представляющее собой совокупность опорных сигналов по числу излучателей. С выхода фотодетектора результирующий СВЧ-сигнал

поступает на усилитель и далее через управляемый напряжением генератор - на излучатели.

В режиме приема сигналы, принятые антенной, усиливаются и подаются на фотодетекторы, где преобразуются в оптические сигналы. С выходов фотодетекторов СВЧ-сигналы поступают на третью линейку лазеров (аналогичную передающей линейке лазеров).

С выходов третьей лазерной линейки оптические сигналы поступают на оптоволоконную линию задержки и затем - на фотодетекторы, где смешиваются с модулированным излучением, вырабатываемым четвертой лазерной линейкой, аналогичной передающей лазерной линейке. Выходные сигналы фотодетекторов усиливаются и направляются на приемные устройства.

Недостатком известного устройства является сложность реализации, обусловленная применением нескольких лазерных линеек, а также необходимостью использования задающего лазера, управляющего работой лазерных линеек.

Известен приемопередающий модуль активной фазированной антенной решетки по патенту США №5333000, МПК H01Q 3/22, 1994 г. В упомянутом модуле излучение лазера в оптическом преобразователе разделяется на два луча, один из которых модулируется по частоте в оптическом модуляторе управляющим сигналом СВЧ-генератора. В фазовом контроллере немодулированный (опорный) луч и модулированный (сигнальный) луч разделяются на N лучей по числу излучателей и посредством N оптических фазовращателей осуществляется регулировка фазы каждого из N лучей (либо в опорном луче, либо в сигнальном луче). С выхода фазового контроллера оптические сигналы поступают на приемопередатчики, каждый из которых связан с соответствующим излучателем.

Приемопередатчик включает квадратичный фотодетектор, усилитель, фильтр, передатчик, циркулятор и смеситель.

В режиме передачи сигнала в фотодетекторе осуществляется гетеродинирование входных оптических сигналов. Результирующий сигнал усиливается, фильтруется и через циркулятор поступает на излучатель. В режиме приема сигнал, принятый антенной, через циркулятор поступает в смеситель, где смешивается с частотой опорного сигнала, и с выхода смесителя сигнал биений передается в сумматор и далее - в приемное устройство.

Недостатком указанного приемопередающего модуля АФАР также является сложность выполнения, связанная с применением источника оптического излучения - лазера, оптического преобразователя для формирования опорного и сигнального лучей и средств для модуляции лазерного излучения, а также сравнительно большое количество функциональных элементов в приемопередатчике.

В патенте США №8779977, МПК H01Q 3/12, 2014 г. описан приемопередающий модуль АФАР, содержащий лазер, оптический модулятор, СВЧ-генератор, оптоволоконную линию задержки (оптический фазовращатель), оптические ключи, приемопередатчик и излучатели. Приемопередатчик содержит фотодетектор, усилители СВЧ-сигнала, смеситель и фильтр. Количество линий задержки, оптических ключей и приемопередатчиков равно числу излучателей.

Излучение лазера модулируется в оптическом модуляторе управляющим сигналом СВЧ-генератора. В оптоволоконной линии задержки модулированный сигнал лазера разделяется на N оптических сигналов с различной задержкой (с разной фазой) по числу излучателей. В фотодетекторе оптический сигнал конвертируется в СВЧ-сигнал и подается к излучателям. В режиме приема сигнал, принятый антенной, поступает в

смеситель, где смешивается с частотой гетеродина, и далее через фильтр поступает в приемное устройство.

Недостатком указанного приемопередающего модуля АФАР также является сложность выполнения, связанная с применением в СВЧ-устройстве (радаре) дополнительных функциональных элементов - лазера, оптического модулятора, источника питания лазера.

В качестве ближайшего аналога заявляемого технического решения принят приемопередающий модуль активной фазированной антенной решетки, описанный в патенте США №5187487, МПК H01Q 3/22, 1993 г. Указанный модуль содержит лазер, генератор СВЧ-сигнала, оптический модулятор, жидкокристаллический пространственный оптический модулятор, матрицу микролинз, многоканальный световод, матрицу фотодиодов, приемопередатчик, излучатели (элементы АФАР) и приемное устройство.

Приемопередающий модуль АФАР работает следующим образом. Излучение лазера поступает в оптический модулятор, где происходит его разделение на два луча - сигнальный и опорный, при этом опорный луч модулируется сигналом СВЧ-генератора. Затем лучи направляются в жидкокристаллический пространственный оптический модулятор (ПОМ), который представляет собой двумерную матрицу с индивидуально контролируемым устройством управления нематическими жидкими кристаллами. В ПОМ происходит фазовая задержка падающих на нее лучей. Поскольку структура ПОМ соответствует структуре антенной решетки, на ее выходе генерируются N оптических сигналов по числу N излучателей, при этом каждый из этих N сигналов имеет заданную фазу.

Лучи, прошедшие ПОМ, проектируются на матрицу микролинз, и затем по многоканальному световоду направляются на матрицу фотодиодов. Структура матрицы микролинз и матрицы фотодиодов аналогичны структуре ПОМ, и каждый канал световода связывает каждый пиксел ПОМ с соответствующим фотодиодом, детектирующим интерференцию между лучами, прошедшими ПОМ. На выходе фотодетектора вырабатывается электрический сигнал с частотой, пропорциональной частоте СВЧ-сигнала, управляющего работой оптического модулятора.

В режиме передачи СВЧ-сигнала с выхода матрицы фотодиодов электрический сигнал через циркулятор поступает с требуемым фазовым сдвигом на соответствующий излучатель. В режиме приема сигнал, зарегистрированный антенной, направляется через циркулятор на смеситель, где смешивается с выходным сигналом фотодиода. С выхода смесителя результирующий сигнал направляется в приемное устройство.

Выполнение в указанном приемопередающем модуле АФАР фазовращателя оптических сигналов в виде жидкокристаллического матричного ПОМ имеет преимущество по сравнению с реализацией фазовращателя в виде оптоволоконной линии задержки, так как жидкокристаллический матричный ПОМ более компактен и более прост в изготовлении. Однако приемопередающий модуль АФАР по патенту США №5187487 также характеризуется сложностью конструктивного решения, связанной:

- с применением дополнительных функциональных элементов - лазера, оптического модулятора, источника питания лазера;
- со сложным выполнением оптического канала, проектирующего лучи на ПОМ и содержащего линзу, вращатель поляризации и оптический элемент, уменьшающий изображение;
- с большим количеством элементов в приемопередатчике - усилители, смеситель,

циркулятор.

Технический результат, достигаемый заявляемым изобретением, - упрощение конструкции приемопередающего модуля активной фазированной антенной решетки.

Указанный технический результат достигается тем, что приемопередающий модуль активной фазированной антенной решетки, содержащий матричный пространственный оптический модулятор с устройством управления, матрицу микролинз, многоканальный оптоволоконный световод, связанный выходами с входами приемопередатчиков, которые подключены своими выходами к излучателям СВЧ-сигнала и к приемному устройству, причем число приемопередатчиков равно числу излучателей СВЧ-сигнала, дополнительно снабжен переключателем с устройством управления, подсоединенным к генератору СВЧ-сигнала; матричный пространственный оптический модулятор выполнен в виде матрицы размерностью  $N \times M$ , где  $N$  - число излучателей СВЧ-сигнала в активной фазированной антенной решетке, а  $M$  - число источников излучения, связанных с выходом переключателя и расположенных с возможностью освещения пикселей матричного модулятора, причем упомянутые источники излучения находятся на разном расстоянии от матричного модулятора; излучатель СВЧ-сигнала выполнен с петлевым возбудителем, а каждый приемопередатчик образован фотодиодом, вход которого является входом приемопередатчика, и двухзатворным полевым транзистором со встроенным каналом, один затвор которого соединен с выходом фотодиода.

Указанный технический результат также достигается тем, что матричный пространственный оптический модулятор содержит  $M$  столбцов и  $N$  строк, а источники излучения ориентированы в пространстве с возможностью освещения  $k$ -м источником излучения всех пикселей  $k$ -го столбца.

Указанный технический результат также достигается тем, что матричный пространственный оптический модулятор содержит  $N$  столбцов и  $M$  строк, а источники излучения ориентированы в пространстве с возможностью освещения  $k$ -м источником излучения всех пикселей  $k$ -й строки.

Указанный технический результат также достигается тем, что источники излучения выполнены в виде светодиодов.

Указанный технический результат также достигается тем, что матричный пространственный оптический модулятор выполнен жидкокристаллическим.

На фиг. 1 показан заявляемый приемопередающий модуль АФАР, на фиг. 2 иллюстрируется структура электрооптического фазовращателя, на фиг. 3 показано выполнение приемопередатчика.

Приемопередающий модуль АФАР содержит переключатель 1, соединенный первым и вторым входами с выходом генератора СВЧ-сигнала (не показан), устройство управления переключателем 2, подключенное к третьему входу переключателя 1, электрооптический фазовращатель 3, образованный источниками излучения 4, жидкокристаллическим матричным пространственным оптическим модулятором 5, устройством управления модулятором 6 и матрицей микролинз 7; многоканальный оптоволоконный световод 8, приемопередатчики 9, состоящие из фотодиода 10 и двухзатворного полевого транзистора со встроенным каналом 11, один затвор которого соединен с выходом фотодиода 10, исток подсоединен к излучателю 12, а сток связан с приемным устройством 13. Излучатели 12, являющиеся элементами АФАР, выполнены с петлевым возбудителем (вибратором), например, в виде рупора. Приемное устройство 13 содержит сумматор 14 и приемник 15.

Число приемопередатчиков 9 равно числу  $N$  излучателей 12 и один из выходов каждого приемопередатчика 9, как было отмечено выше, подсоединен к приемному

устройству 13, являющемуся общим для всей группы  $N$  приемопередатчиков 9.

Фотодиод 10 может быть интегрирован в состав транзистора 11.

Источники излучения 4 выполнены, например, в виде светодиодов, подключенных к выходу переключателя 1, а жидкокристаллический матричный пространственный оптический модулятор 5, представляющий собой устройство с управляемой прозрачностью, выполнен в виде матрицы размерностью  $N \times M$ , где  $N$  - число излучателей СВЧ-сигнала 12 в активной фазированной антенной решетке, а  $M$  - число источников излучения 4.

Источники излучения 3, генерирующие плоский луч, связаны с выходом переключателя 1 и расположены перед матричным модулятором 4 с возможностью освещения его пикселей. Модулятор 4 может содержать  $M$  столбцов и  $N$  строк, в этом случае светодиоды ориентируются в пространстве таким образом, что  $k$ -й светодиод 3 имеет возможность освещать все пиксели  $k$ -го столбца матричного модулятора 4; модулятор 4 может содержать  $N$  столбцов и  $M$  строк, в этом случае светодиоды ориентируются в пространстве таким образом, что  $k$ -й светодиод 3 имеет возможность освещать все пиксели  $k$ -й строки матричного модулятора 4.

Кроме того, светодиоды 4 находятся на различных расстояниях от матричного модулятора 5, т.е. первый светодиод 4 находится на расстоянии  $L_1$ , второй - на расстоянии  $L_2$ , и  $n$ -й светодиод - на расстоянии  $L_n$ . Расстояния  $L_n$  выбираются из условия обеспечения различной временной задержки оптических сигналов, проходящих через модулятор 5, что соответствует требуемой фазе СВЧ-сигналов, излучаемых излучателями 12. Число светодиодов 4 выбирается в зависимости от заданного фазового дискрета  $\Phi$  электрооптического фазовращателя. Так, например, при  $\Phi = 22,5^\circ$  количество светодиодов будет равно 16.

Заявляемый приемопередающий модуль АФАР работает следующим образом. Генератор СВЧ-сигнала формирует передаваемый сигнал с несущей частотой  $f_0$ . Устройство управления переключателем 2 переводит переключатель 1 в положение, обеспечивающее подачу сигнала на светодиоды 4 (на вход электрооптического фазовращателя, который настроен на работу на частоте  $f_0$ ), в которых СВЧ-сигнал преобразуется в оптический сигнал, модулированный по амплитуде несущей частотой  $f_0$ . Плоский луч, генерируемый  $k$ -м светодиодом 4, «захватывается  $k$ -й столбец - если число светодиодов 4 равно числу столбцов матрицы, или  $k$ -ю строку - если число светодиодов 4 равно числу столбцов матрицы. Устройство управления 6 матричным модулятором 5 обеспечивает прохождение через матрицу оптического сигнала от одного из светодиодов 4. Поскольку все светодиоды 4 находятся на различном расстоянии от матричного модулятора 5, время распространения оптического сигнала от каждого из светодиодов 4 до матрицы будет различным и, соответственно, разной будет фаза оптических сигналов, прошедших через матрицу.

Прошедшие через матричный модулятор 5 оптические сигналы собираются матрицей микролинз 7 (имеющей такую же размерность, как матричный модулятор 5) и фокусируются на вход многоканального оптоволоконного световода 8, число каналов (оптоволокон) которого равно  $N$  - количеству излучателей 12. Пройдя через световод 8, оптические сигналы попадают на фотодиоды 10 (на вход приемопередатчиков 9). В фотодиодах 10 оптические сигналы конвертируются в СВЧ-сигналы и подаются на один из затворов (на фотозатвор) полевого транзистора 11. В режиме передачи сигнала транзистор 11 работает как эмиттерный повторитель, и с истока транзистора 10 СВЧ-сигнал подается на петлевой возбуждатель излучателя 12, который в зоне возбуждения

излучателя является нагрузкой полевого транзистора 11, и излучатель 12 излучает СВЧ-сигнал в окружающее пространство.

В режиме приема генератор СВЧ формирует сигнал с частотой гетеродина  $f_T$  и устройство управления переключателем 2 переводит переключатель 1 в положение, обеспечивающее подачу сигнала с частотой  $f_T$  на светодиоды 4. Далее сигнал с частотой  $f_T$ , аналогично описанному выше для сигнала с несущей частотой  $f_0$  проходит через матричный модулятор 5, матрицу микролинз 7, световод 8? и оптические сигналы с частотой  $f_T$  (но с различной фазой) поступают на вход каждого приемопередатчика 9 (на фотодиоды 10). В фотодиодах 10 оптические сигналы конвертируются в СВЧ-сигналы и подаются на фотозатворы полевых транзисторов 11, которые в режиме приема обеспечивают работу с сигналом гетеродина  $f_T$ . Другой затвор полевого транзистора 11 в этом режиме замкнут на корпус и обеспечивает усиление принятого излучателем 12 сигнала. Выходной сигнал на промежуточной частоте (на частоте биений)  $f_{пр} = f_c - f_T$ , где  $f_c$  - частота принятого СВЧ-сигнала, снимается со стока транзистора 11.

Принятые сигналы от всех  $N$  приемопередатчиков  $N$  антенных излучателей суммируются в сумматоре 14 и поступают в приемник 15.

Выполнение устройства формирования входного излучения, направляемого на матричный модулятор, в виде ансамбля светодиодов, непосредственно конвертирующих СВЧ-сигнал в оптическое излучение, и расположение светодиодов относительно матричного модулятора, позволяющее освещать столбцы (или строки) модулятора с обеспечением временной задержки оптических сигналов, позволяет реализовать механизм прямого преобразования СВЧ-сигнала в оптический сигнал, и существенно упростить конструкцию предлагаемого приемопередающего модуля АФАР. Другим фактором, способствующим конструктивному упрощению приемопередающего модуля АФАР, является выполнение излучателей с петлевым возбудителем и соответствующая реализация приемопередатчика в виде достаточно простой схемы с использованием небольшого количества функциональных элементов - фотодиода и двухзатворного полевого транзистора со встроенным каналом.

Совокупность указанных выше факторов обуславливает существенное упрощение конструкции заявляемого приемопередающего модуля активной фазированной антенной решетки по сравнению с устройством, принятым в качестве ближайшего аналога.

Следует также отметить, что упрощение приемопередающего модуля АФАР позволяет значительно снизить его стоимость, что особенно важно, в частности, при использовании упомянутого модуля в составе РЛС различного назначения.

#### (57) Формула изобретения

1. Приемопередающий модуль активной фазированной антенной решетки, содержащий матричный пространственный оптический модулятор с устройством управления, матрицу микролинз, многоканальный оптоволоконный световод, связанный выходами с входами приемопередатчиков, которые подключены своими выходами к излучателям СВЧ-сигнала и к приемному устройству, при этом число приемопередатчиков равно числу излучателей СВЧ-сигнала, отличающийся тем, что он снабжен переключателем с устройством управления, подсоединенным к генератору СВЧ-сигнала; матричный пространственный оптический модулятор выполнен в виде матрицы размерностью  $N \times M$ , где  $N$  - число излучателей СВЧ-сигнала в активной фазированной антенной решетке, а  $M$  - число источников излучения, связанных с

выходом переключателя и расположенных с возможностью освещения пикселей матричного модулятора, причем упомянутые источники излучения находятся на разном расстоянии от матричного модулятора; излучатель СВЧ-сигнала выполнен с петлевым возбудителем, а каждый приемопередатчик образован фотодиодом, вход которого является входом приемопередатчика, и двухзатворным полевым транзистором со встроенным каналом, один затвор которого соединен с выходом фотодиода.

2. Приемопередающий модуль активной фазированной антенной решетки по п. 1, отличающийся тем, что матричный пространственный оптический модулятор содержит  $M$  столбцов и  $N$  строк, а источники излучения ориентированы в пространстве с возможностью освещения  $k$ -м источником излучения всех пикселей  $k$ -го столбца.

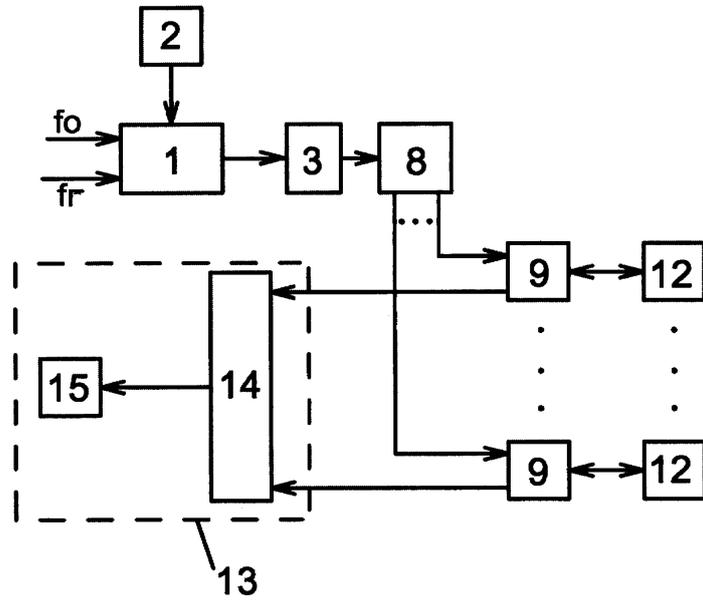
3. Приемопередающий модуль активной фазированной антенной решетки по п. 1, отличающийся тем, что матричный пространственный оптический модулятор содержит  $N$  столбцов и  $M$  строк, а источники излучения ориентированы в пространстве с возможностью освещения  $k$ -м источником излучения всех пикселей  $k$ -й строки.

4. Приемопередающий модуль активной фазированной антенной решетки по п. 1, отличающийся тем, что источники излучения выполнены в виде светодиодов.

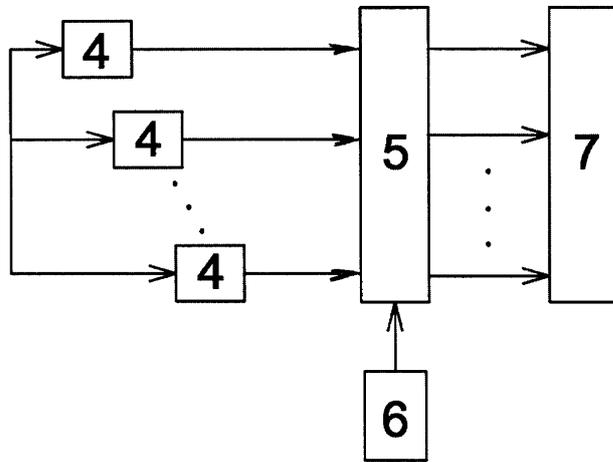
5. Приемопередающий модуль активной фазированной антенной решетки по п. 1, отличающийся тем, что матричный пространственный оптический модулятор выполнен жидкокристаллическим.

1

ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИЙ МОДУЛЬ АКТИВНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ  
АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ



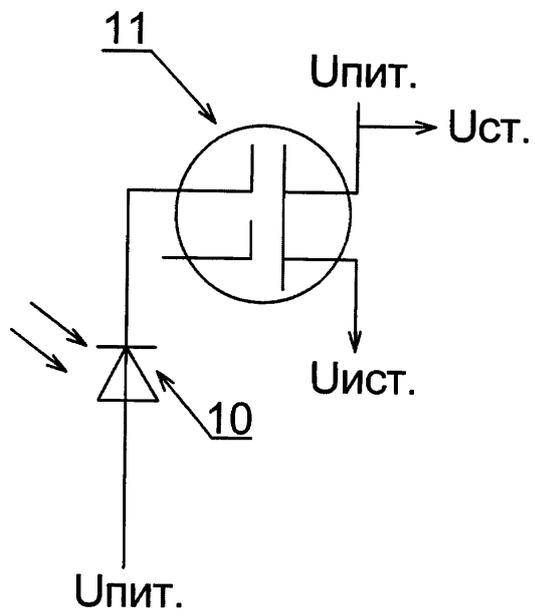
ФИГ. 1



ФИГ. 2

2

ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩИЙ МОДУЛЬ АКТИВНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ  
АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ



ФИГ. 3