

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** **2 809 925** (13) **C1**

(51) МПК

G01S 15/00 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 19.10.2024)
 Пошлина: учтена за 3 год с 14.06.2025 по 13.06.2026. Установленный срок для уплаты пошлины за 4 год: с 14.06.2025 по 13.06.2026. При уплате пошлины за 4 год в дополнительный 6-месячный срок с 14.06.2026 по 13.12.2026 размер пошлины увеличивается на 50%.

(52) СПК

G01S 15/00 (2023.08)(21)(22) Заявка: [2023115396](#), 13.06.2023(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.06.2023Дата регистрации:
19.12.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.06.2023

(45) Опубликовано: [19.12.2023](#) Бюл. № [35](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1075843 A1, 23.03.1991. SU 1823003 A1, 23.06.1993. RU 2016409 C1, 15.07.1994. RU 2091810 C1, 27.09.1997. US 5191339 A1, 02.03.1993. US 20190098266 A1, 28.03.2019.

Адрес для переписки:

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А, ГУАП, ЦКНИ

(72) Автор(ы):

Петров Павел Николаевич (RU),
Параскун Артур Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

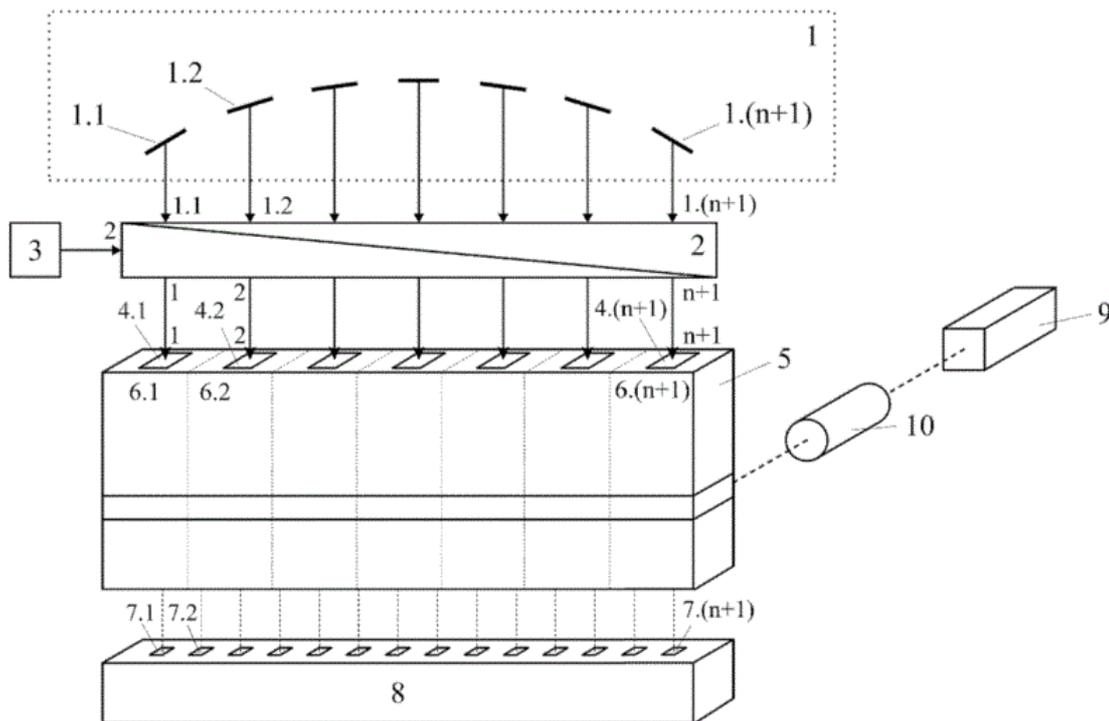
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения" (RU)

(54) Акустооптический процессор обработки сигналов антенной решетки

(57) Реферат:

Использование: изобретение относится к акустооптическим устройствам, позволяющее определение координат и частоты источника электромагнитного излучения в широком интервале углов и большой полосе частот. Технический результат: обеспечение пространственной обработки сигналов в секторе 360° как из дальней, так и ближней зон антенной решетки. Сущность: акустооптический процессор обработки сигналов антенной решетки, содержащий антенную решетку, выходы n+1 элементов которой соединены с соответствующими n+1 входами многоканального смесителя, второй вход которого соединен с выходом генератора – гетеродина, многоканальный акустооптический модулятор, n+1 входы которого соединены с соответствующими n+1 выходами многоканального смесителя, а также переизлучающую решетку, состоящую из n+1 акустических преобразователей, расположенных на прямоугольном торце модулятора, образуют в многоканальном акустооптическом модуляторе n+1 акустооптических каналов, которые электрически связаны с n+1 входами модулятора, при этом n+1 элементов антенной решетки расположены в секторе 360°, причем устройство дополнительно содержит n+1 фотоприемников, которые электрически связаны с блоком обработки полученных сигналов, расположенные на одной оптической оси с n+1 акустооптическими каналами, а также оптически связанные между собой и расположенные на одной

оптической оси лазер и коллиматор, который оптически связан с многоканальным акустооптическим модулятором. 1 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к акустооптическим устройствам, позволяющее определение координат и частоты источника электромагнитного излучения в широком интервале углов и большой полосе частот.

Акустооптический процессор обработки сигналов антенных решеток содержит антенную решетку, многоканальный смеситель, гетеродин, акустооптический процессор, блок обработки полученных сигналов, лазер и коллиматор.

Известно устройство “Треугольно-дуговая антенна с кольцевым активным директором”, (Патент РФ № 179409, МПК H01Q 21/24, опубликован 22.07.2019).

Устройство содержит четыре изогнутых вибратора, выполненных длиной не менее 0,25 средней длины рабочей волны в виде дуговых элементов с линейными участками, параллельными экрану, расположенных парами во взаимно ортогональных плоскостях над экраном, где каждый из вибраторов замкнут дугой на экран, направлен по радиусу к центру антенны и возбужден равноамплитудно с прогрессивным на 90° сдвигом по фазе, при возбуждении концов расположенных вблизи осевой линии, проходящей через центр антенны, параллельно экрану перед вибраторами расположен директор, подключенный соединительными проводниками с точками «а» возбуждения концов вибраторов. Директор выполнен в виде кольца с длиной окружности, соизмеримой с длиной рабочей волны, расположен осесимметрично и параллельно плоскости линейных участков изогнутых вибраторов на расстоянии 0,25 средней длины рабочей волны от вибраторов, причем соединительные проводники от точек возбуждения концов вибраторов к точкам подключения активного кольцевого директора расположены во взаимно ортогональных плоскостях, перпендикулярных подключаемым парам вибраторов, где средние точки на окружности активного кольцевого директора, между точками подключенных проводников, радиально соединены проводниками между собой в точке «о» центра окружности в плоскости активного кольцевого директора. Технический результат заключается в упрощении устройства и повышении надежности при сниженных продольных размерах конструкции антенны и одновременном улучшении электрических характеристик.

Недостатком устройства является громоздкость структуры используемых элементов, увеличенные продольные размеры и сложная система симметрирования и согласования по питанию.

Известно устройство “Конструкция антенной решетки СВЧ с частотным сканированием”, (Патент РФ № 2701877, МПК H01Q 23/00, опубликован 02.10.2019).

Устройство содержит прямоугольный волновод с щелевой решеткой, изогнутый по дуге, при этом волновод по своей длине частично заполнен диэлектриком переменной

толщины, которая рассчитывается с использованием метода функций Джорджа Грина и изменяется по профилю вдоль центральной оси волновода, а на внешней стороне изгиба расположены поперечные щели, число которых и их геометрические размеры и расстояния между ними определяются длиной волны.

Недостатком устройства является то, что фазовращатель является технически сложным устройством, а также сложность настройки таких устройств.

Наиболее близким из числа известных технических решений является «Акустооптический процессор для обработки сигналов линейной ФАР», (Червяков, Г. Г. Введение в радиооптику (учебное пособие) / Г. Г. Червяков // Международный журнал экспериментального образования. – 2009. – № 4. – С. 20).

Акустооптический процессор для обработки сигналов линейной ФАР, состоящий из ФАР, выходы элементов которой соединены с одной группой $n+1$ входов многоканального смесителя, второй вход соединен с выходом гетеродина, многоканальный акустооптический модулятор, $n+1$ входы которого соединены с соответствующими $n+1$ выходами многоканального смесителя, а переизлучающая решетка, состоящая из n акустических преобразователей, расположенных на прямоугольном торце модулятора и образуют в многоканальном акустооптическом модуляторе, акустооптические каналы $n+1$ и электрически связаны с $n+1$ входами модулятора, а также сферической линзы, которая оптически связана с многоканальным акустооптическим модулятором, причем многоканальный смеситель может осуществлять фильтрацию и усиление полученных сигналов.

Недостатком устройства является то, что при помощи данного устройства невозможно обеспечивать пространственную обработку сигналов в секторе 360° как из дальней, так и ближней зон антенной решетки, а также технически сложное устройство фазовращателя.

Задачей изобретения является создание устройства, позволяющего использовать кольцевую антенную решетку, набор фотоприемников, блок обработки полученных сигналов, лазер и коллиматор.

Техническим результатом является обеспечение пространственной обработки сигналов в секторе 360° как из дальней, так и ближней зон антенной решетки.

Технический результат достигается тем, что акустооптический процессор обработки сигналов антенной решетки, содержащий антенную решетку, выходы $n+1$ элементов которой соединены с соответствующими $n+1$ входами многоканального смесителя, второй вход которого соединен с выходом генератора – гетеродина, многоканальный акустооптический модулятор, $n+1$ входы которого соединены с соответствующими $n+1$ выходами многоканального смесителя, а также переизлучающую решетку, состоящую из $n+1$ акустических преобразователей, расположенных на прямоугольном торце модулятора образуют в многоканальном акустооптическом модуляторе $n+1$ акустооптических каналов, которые электрически связаны с $n+1$ входами модулятора, при этом $n+1$ элементов антенной решетки расположены в секторе 360° , причем устройство дополнительно содержит $n+1$ фотоприемников, которые электрически связаны с блоком обработки полученных сигналов, расположенные на одной оптической оси с $n+1$ акустооптическими каналами, а также оптически связанные между собой и расположенные на одной оптической оси лазер и коллиматор, который оптически связан с многоканальным акустооптическим модулятором.

Технический результат достигается тем, что устройство содержит новые блоки и связи, которые позволяют проводить определения координат и частоты источника электромагнитного излучения в диапазоне 360° и большой полосе частот. Так как фокусировка сигналов осуществляется, (формирование диаграммы направленности) на уровне кольцевой фазированной антенной решетки и акустооптического модулятора.

Сущность изобретения поясняется чертежом, где на фиг. 1 – структурная схема с топологией акустооптического процессора обработки сигналов антенных решеток и введены следующие обозначения:

- 1 – антенная решетка;
- 2 – многоканальный смеситель;
- 3 – гетеродин;
- 4 – переизлучающая решетка;
- 5 – многоканальный акустооптический модулятор;
- 6 – n акустооптических каналов;
- 7 – n фотоприемников;
- 8 – блок обработки полученных сигналов;
- 9 – лазер;

10 – коллиматор.

Устройство содержит: антенную решетку 1, $n+1$ элементов которой расположены в секторе 360° , выходы которых соединены с соответствующими $n+1$ входами многоканального смесителя 2, второй вход которого соединен с выходом генератора – гетеродина 3, переизлучающую решетку 4, состоящую из $n+1$ акустических преобразователей, расположенных на прямоугольном торце многоканального акустооптического модулятора 5 и образуют в нем $n+1$ акустооптических каналов 6, $n+1$ входы которых соединены с соответствующими $n+1$ выходами многоканального смесителя 2, $n+1$ фотоприемников 7, которые электрически связаны с блоком обработки полученных сигналов 8, расположенные на одной оптической оси и оптически связанные с $n+1$ акустооптическими каналами 6, а также оптически связанные между собой и расположенные на одной оптической оси лазер 9 и коллиматор 10, который оптически связан с многоканальным акустооптическим модулятором 5.

В качестве многоканального смесителя 2 может быть использован высокочастотный мультиплексор Agilent 34907A [1].

В качестве гетеродина 3 могут быть использован Генератор сигналов высокочастотный Rigol DSG3030 предназначен для формирования ВЧ и РЧ сигналов в диапазоне частот от 9 кГц до 3 ГГц [2].

Переизлучающая решетка 4 может быть реализована на основе линейки пьезоэлектрических преобразователей, которые представляют собой пьезокерамическую пластинку, изготовленную из порошковых сегнетоэлектрических материалов – титаната бария ($BaTiO_3$), цирконата титаната свинца, ниобата свинца и др.

В качестве многоканального акустооптического модулятора 5 могут быть использованы модуляторы серии АОМС компании CASTECH, например акустооптический модулятор САОМ-f-al-TEt-1064-с на базе кристалла TeO_2 с высокой лучевой стойкостью [3].

В качестве фотоэлектронного преобразователя 6 могут быть использованы фотодиоды, расположенные в виде матрицы, например фотодиоды серии FD компании THORLABS [4], фотодиоды S серии компании Hamamtsu [5], фотодиоды ODD серии компании Opto Diode Corp [6].

В качестве блока обработки полученных сигналов 7 может быть использована модульная измерительная система, например система QMBox серии QMS17 [7] компании R-Technology.

В качестве лазера 8 может быть использован гелий-неоновый лазер Lumentum [8].

В качестве коллиматора 9 может быть использован расширитель пучка Arcturus [9].

Устройство работает следующим образом: пространственный сигнал с плоским волновым фронтом (из дальней зоны антенны), попадая на преобразователи внешней антенной решетки 1 модулируется благодаря кольцевому расположению элементов антенной решетки 1. Полученные сигналы после гетеродинирования 3 посредством многоканального смесителя 2 на разностной частоте поступают на переизлучающую решетку 4, содержащей $n+1$ (полупорционная адресация) акустических преобразователей. Далее переизлученные модулированные сигналы, переизлучаются, на разностной частоте акустическими преобразователями 4. $n+1$ фокусируются в многоканальном акустооптическом модуляторе 5 на определенной дальности L . Для снятия распределений фокусов световая волна должна освещать лишь ту часть звукопровода, где располагается зона фокусировки. Освещение необходимой части звукопровода осуществляется при помощи лазера 8, изменение диаметра луча которого осуществляется при помощи коллиматора 9. Далее световая волна снимается фотоприемниками 6. ($n+1$), а электрические сигналы поступают на входы блок обработки полученных сигналов установленными под определенным углом, относительно модулятора, например, при использовании дифракции Брэгга.

При обработке пространственных сигналов из ближней зоны антенной решетки, то есть при приходе сферической волны, фокусировка акустических волн осуществится на меньшем расстоянии $L_2 \leq L$ от переизлучающей решетки, что соответствующим размещением фотоприемников позволит их зафиксировать. Несколькими рядами фотоприемников можно перекрыть все дальности ближней и дальней зон фазированной антенной решетки.

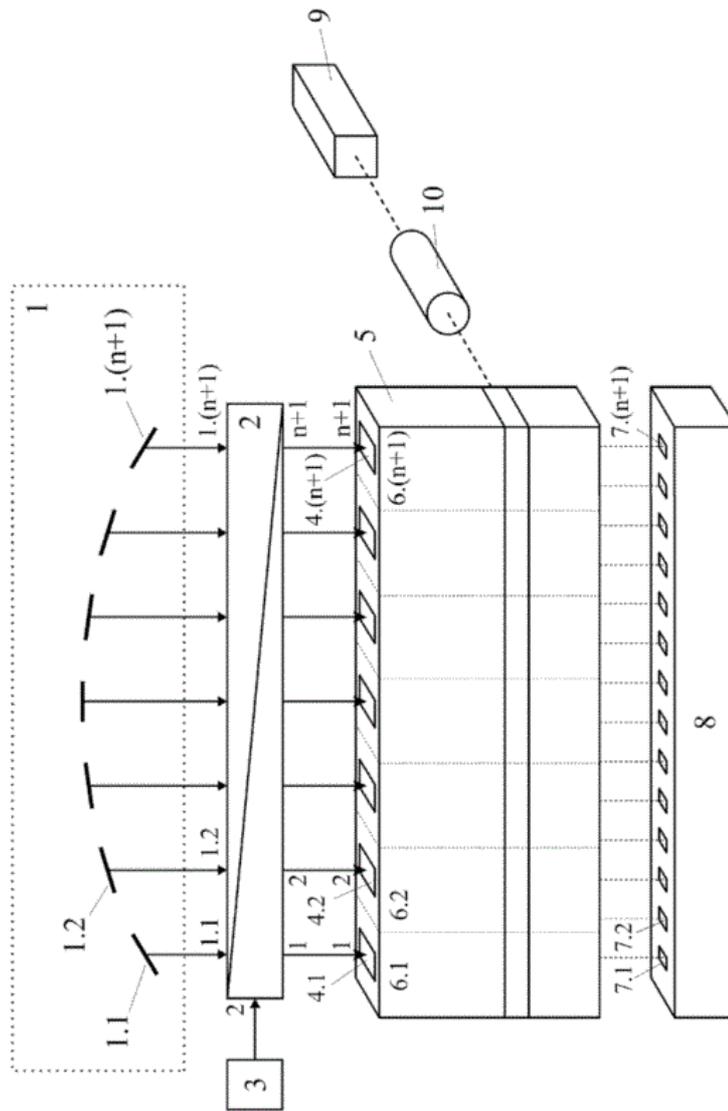
Также на основе вышеизложенного можно утверждать, что применение фотоприемников позволяет уменьшить габаритные размеры акустооптоэлектронного устройства.

Список источников принятых во внимание

1. 34907A Multifunction Module for 34970A/34972A | Keysight // 34907A Multifunction Module for 34970A/34972A | Keysight: URL: <https://www.keysight.com/us/en/product/34907A/multifunction-module.html> (дата обращения: 05.04.2023).
2. DSG3000 RF Signal Generator | RIGOL // RIGOL: URL: https://www.eliks.ru/kio/index.php?SECTION_ID=1608&ELEMENT_ID=2229005 (дата обращения: 05.04.2023).
3. Catech Acousto-Optic Modulators CAOM-f-al-Tet-1064-c // Catech: URL: <https://gwu-lasertechnik.de/wp-content/uploads/2021/01/catech-acousto-optic-modulators-gwu-lasertechnik-1.pdf> (дата обращения: 05.04.2023).
4. Photodiodes // Thorlabs: URL: https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=285&gclid=Cj0KCQjwyMiTBhDKARIsAAJ-9VvMZ0XBVvcY0wisNDBxqpBzWhoUZInThFcjm2aT60OkDy1-96914RwaAhzcEALw_wcB (дата обращения: 05.04.2023).
5. Si photodiodes // Hamamatsu Photonics: URL: <https://www.hamamatsu.com/eu/en/product/optical-sensors/photodiodes/si-photodiodes.html> (дата обращения: 05.04.2023).
6. Photodiodes: Visible (Blue and Red Enhanced Detectors) // Opto Diode Corp: URL: <https://optodiode.com/photodiodes-visible.html> (дата обращения: 05.04.2023).
7. Модульная измерительная система QMBox // R-Technology: URL: <https://www.r-technology.ru/products/qmbox/index.php> (дата обращения: 05.04.2023).
8. Helium-Neon Laser // Lumentum Operations LLC: URL: <https://www.lumentum.com/en/products/laser-head-helium-neon-1100-series> (дата обращения: 05.04.2023).
9. Arcturus HeNe Beam Expanders // Arcturus: URL: <https://www.edmundoptics.com/f/arcturus-hene-beam-expanders/12585/> (дата обращения: 05.04.2023).

Формула изобретения

Акустооптический процессор обработки сигналов антенной решетки, содержащий антенную решетку, выходы $n+1$ элементов которой соединены с соответствующими $n+1$ входами многоканального смесителя, второй вход которого соединен с выходом генератора – гетеродина, многоканальный акустооптический модулятор, $n+1$ входы которого соединены с соответствующими $n+1$ выходами многоканального смесителя, а также переизлучающую решетку, состоящую из $n+1$ акустических преобразователей, расположенных на прямоугольном торце модулятора, образуют в многоканальном акустооптическом модуляторе $n+1$ акустооптических каналов, которые электрически связаны с $n+1$ входами модулятора, отличающийся тем, что $n+1$ элементов антенной решетки расположены в секторе 360° , причем устройство дополнительно содержит $n+1$ фотоприемников, которые электрически связаны с блоком обработки полученных сигналов, расположенные на одной оптической оси с $n+1$ акустооптическими каналами, а также оптически связанные между собой и расположенные на одной оптической оси лазер и коллиматор, который оптически связан с многоканальным акустооптическим модулятором.



Фиг. 1