



УКРАЇНА

(19)

(11) ОНЧ-ОО

(13) (51)

7 H04B7/185, H01Q3/22

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І
НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) МОБІЛЬНА СУПУТНИКОВА БОРТОВА АПАРАТУРА ЗВ'ЯЗКУ (ВАРІАНТИ) ТА ВИКОРИСТОВУВАНІ В НІЙ БЛОК ПЕРЕДАВАЛЬНОЇ АНТЕНИ З ФАЗОВАНОЮ РЕШІТКОЮ (ВАРІАНТИ) ТА БЛОК ПРИЙМАЛЬНОЇ АНТЕНИ З ФАЗОВАНОЮ РЕШІТКОЮ (ВАРІАНТИ)

(21)94005196

(22)26 04 1994

(24) 15 03 2001

(31)08/060207

(32)07 05 1993

(33) US

(46) 15 03 2001, Бюл № 2. 2001 р

(72) Хершфілд Едвард (US), Тао Чіч - Хсінг Алекс {US}

(73) СПЕЙС СИСТЕМ/ЛОРЕЛ, ІНК / (US)

(56) 1 Патент США 4872015. МПК H04B7/185, H01Q3/22, публ 0310 89

2 Міжнародна заявка 88/01106, МПК H01Q21/22, 21/00, публ 11 02 88

3 Патент США 5012254, МПК H04B7/185, H01Q3/22, публ 30 04 91

(57) 1 Мобильная спутниковая бортовая аппаратура связи, содержащая приемную антенну с фазированной решеткой, имеющую п приемных элементов для приема ВЧ сигналов в первом частотном диапазоне, первое устройство формирования лучей, вход которого соединен с каждым из указанных п приемных элементов, для формирования п лучей в линии связи Земля-спутник по ВЧ сигналам принятым приемной антенной с фазированной решеткой, причем п больше 1, а т меньше, чем п, устройство связи с наземной станцией, вход которого соединен с выходом первого устройства формирования лучей, для преобразования т лучей линии связи Земля-спутник в ВЧ сигналы второго частотного диапазона, передачи ВЧ сигналов на наземную станцию и приема ВЧ сигналов от наземной станции, причем передаваемые и принимаемые ВЧ сигналы лежат во втором частотном диапазоне, второе устройство формирования лучей, вход которого соединен с выходом устройства связи с наземной станцией, для формирования т лучей в линии связи спутник-Земля по ВЧ сигналам, принятым от наземной станции и передающую антенну с фазированной решеткой имеющую п передающих элементов, для передачи т лучей в линии связи спутник-Земля в виде ВЧ сигналов, причем каждый передающий элемент имеет связанный с ним усилитель мощности, вход которого соединен с выходом второго устройства формирования лучей, а выход соединен с одним из пе-

редающих элементов, отличающаяся тем, что второе устройство формирования лучей выполнено с возможностью формирования т лучей в линии связи спутник-Земля в третьем частотном диапазоне передающая антенна выполнена с возможностью передачи т лучей в виде ВЧ сигналов в третьем частотном диапазоне, каждый из указанных п передающих элементов участвует в формировании каждого из т лучей в линии связи спутник-Земля, каждому из т лучей в линии связи Земля-спутник соответствует луч в линии связи спутник-Земля, который облучает ту же область, с которой приходит указанный луч в линии связи Земля-спутник, а уровень мощности указанного соответствующего л/ча в пинии связи спутник-Земля является функцией уровня мощности указанного луча в линии связи Земля-спутник

2 Аппаратура связи по п 1 отличающаяся тем, что первый частотный диапазон находится в L-диапазоне, эторой частотный диапазон находится в С-диапазоне и третий частотный диапазон находится в S-диапазоне

3 Аппаратура связи по п 1, отличающаяся тем, что каждый из п приемных элементов имеет несколько соединенных с ним приемных усилителей

4 Аппаратура связи по п 1, отличающаяся тем, что вход каждого из приемных усилителей связан со свободным пространством а одним из приемных элементов

5 Аппаратура связи по п 1, отличающаяся тем, что выход каждого из усилителей мощности связан со свободным пространством в одном из передающих элементов

6 Аппаратура связи по п 1, отличающаяся тем, что первое устройство формирования лучей содержит делители мощности, а второе устройство формирования лучей содержит сумматоры мощности

7 Мобильная спутниковая бортовая аппаратура связи, содержащая приемную антенну с фазированной решеткой, имеющую п приемных элементов для приема т лучей в линии связи Земля-спутник, образованных ВЧ сигналами в первом частотном диапазоне, причем л больше 1, а т меньше, чем п, л делителей мощности, каждый из которых имеет вход, соединенный с выходом

CM
O

OD
O

CO

<

одного из p приемных элементов и m выходов m устройств формирования лучей в линии связи Земля-спутник, каждое из которых имеет p входов и один выход, причем каждый из указанных p входов соединен с одним из m выходов одного из p делителей мощности, m первых преобразователей частоты, вход каждого из которых соединен с выходом одного из m устройств формирования лучей и каждый из которых имеет выход для формирования ВЧ сигнала во втором частотном диапазоне, устройство для суммирования сигналов с выходов указанных m преобразователей частоты и для передачи m канального ВЧ сигнала на наземную станцию, причем передаваемый ВЧ сигнал находится во втором частотном диапазоне, устройство для приема m -канального ВЧ сигнала от наземной станции, причем принимаемый ВЧ сигнал находится во втором частотном диапазоне, и передающую антенну с фазированной решеткой, имеющую p передающих элементов для передачи m лучей, образованных 54 сигналами, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит m вторых преобразователей частоты, вход каждого из которых соединен с выходом указанного устройства для приема сигналов наземной станции и каждый из которых реагирует на один из каналов принятого m -канального ВЧ сигнала и имеет выход для формирования ВЧ сигнала в третьем частотном диапазоне, m устройств формирования лучей в линии связи спутник-Земля, вход каждого из которых соединен с выходом одного из m вторых преобразователей частоты, и p сумматоров мощности, каждый из которых имеет m входов для соединения с выходами gl устройств формирования лучей в линии связи спутник-Земля и выход, при этом передающая антенна выполнена с возможностью передачи m лучей, образованных ВЧ сигналами в третьем частотном диапазоне, каждый ИЗСП Передающих элементов соединен с Выходом одного из l сумматоров мощности и участвует в формировании каждого из m лучей в линии связи спутник-Земля, каждому из m лучей в линии связи Земля-спутник соответствует луч в линии связи спутник-Земля, который облучает ту же область, с которой приходит указанный луч в линии связи Земля-спутник, в уровень мощности указанного соответствующего луча в линии связи спутник-Земля кепается функцией уровня мощности указанного луча в линии связи Земля-спутник.

в Аппаратура связи по п. 7, отличающаяся тем, что первый частотный диапазон находится в L-диапазоне, второй частотный диапазон находится в С-диапазоне и третий частотный диапазон находится в S-диапазоне

9 Аппаратура связи по п. 7, отличающаяся тем, что каждый из p приемных элементов имеет по меньшей мере один связанный с ним приемный усилитель, а вход каждого из приемных усилителей связан со свободным пространством в одном из приемных элементов

10 Аппаратура связи по п. 7, отличающаяся тем, что каждый из p передающих элементов имеет по меньшей мере один связанный с ним усилитель передаваемого сигнала, а выход каждого из указанных усилителей передаваемого

сигнала связан со свободным пространством в одном из передающих элементов

11 Блок передающей антенны с фазированной решеткой, содержащий p передающих элементов, размещенных согласно заранее определенной конфигурации причем каждый из p передающих элементов имеет связанный с ним усилитель мощности отличающийся тем, что выход каждого из усилителей мощности связан со свободным пространством в соответствующем из p передающих элементов, при этом блок передающей антенны с фазированной решеткой дополнительно включает m схем формирования лучей, которые размещены одна над другой в виде этажерки под p передающими элементами и каждая из которых имеет p выходов, и pm -канальных сумматоров мощности, соединенных с m схемами формирования лучей, причем каждый из m входов каждого сумматора мощности соединен с соответствующим выходом одной из m схем формирования лучей, а выход из pm -канальных сумматоров соединен с одним из усилителей мощности, связанным с одним из m передающих элементов

12 Блок передающей антенны по п. 11, отличающийся тем, что он имеет форму по существу круглого цилиндра, имеющего продольную ось, причем p передающих элементов размещены на одном конце этого цилиндра, каждая из m схем формирования лучей включает печатную плату по существу круглой формы, указанные p выходы размещены по окружности указанной печатной платы, а каждый из pm -канальных сумматоров мощности включает печатную плату, расположенную своей длинной стороной вдоль указанной продольной оси, для соединения с соответствующим выходом каждой из m схем формирования лучей

13 Блок передающей антенны по п. 11, отличающийся тем, что каждая из m схем формирования лучей имеет вход для приема одного из m входных сигналов и выполнена в виде многоуровневого устройства, образованного множеством каскадно включенных делителей мощности, имеющих каждый один порт для поступления сигнала и два порта для съема сигналов

14 Блок передающей антенны по п. 11, отличающийся тем, что он дополнительно содержит p полосовых фильтров, каждый из которых расположен между одним из p передающих элементов и связанным с ним усилителем мощности

15 Блок передающей антенны по п. 13, отличающийся тем, что по меньшей мере один из уровней указанного многоуровневого устройства содержит средства для обеспечения различных значений фазы на каждом антенном элементе

16 Блок передающей антенны по п. 15, отличающийся тем, что средства для обеспечения различных значений фазы выполнены в виде отрезков электрического тракта различной длины

17 Блок передающей антенны с фазированной решеткой, содержащий p передающих элементов, размещенных согласно заранее определенной конфигурации, отличающийся тем, что каждый из p передающих элементов включает электропроводящую площадку, расположенную на поверхности многослойной печатной платы, причем

блок передающей антенны с фазированной решеткой дополнительно содержит л двухрезонаторных фильтров, каждый из которых электрически соединен с одной из указанных п площадок и которые образованы в нескольких слоях указанной многослойной печатной платы, лежащих под указанной поверхностью

18. Блок приемной антенны с фазированной решеткой, содержащий л приемных элементов, размещенных согласно заранее определенной конфигурации, причем каждый из п приемных элементов имеет связанный с ним приемный усилитель, отличающийся тем, что каждый из приемных усилителей имеет вход, связанный со свободным пространством в соответствующем из п приемных элементов, при этом блок приемной антенны с фазированной решеткой дополнительно содержит m схем формирования лучей, которые размещены одна над другой в виде этажерки под п приемными элементами и каждая из которых имеет п входов и один выход, и пт-канальных делителей мощности, соединенных с m схемами формирования лучей, причем вход каждого из пт-канальных делителей мощности соединен с выходом одного из приемных усилителей, а каждый из m выходов каждого из пт-канальных делителей мощности соединен с соответствующим входом одной из п схем формирования лучей.

19. Блок приемной антенны по п. 18, отличающийся тем, что он имеет форму по существу круглого цилиндра, имеющего продольную ось, указанные п приемных элементов размещены на конце цилиндра, каждая из п схем формирования лучей включает печатную плату круглой формы, по окружности которой размещены указанные п входов, а каждый из пт-канальных делителей мощности включает печатную плату, расположенную своей длинной стороной вдоль указанной продольной оси для соединения с соответст-

вующим входом каждой из m схем формирования лучей.

20. Блок приемной антенны по п. 18, отличающийся тем, что каждый из п входов каждой из m схем формирования лучей соединен с соответствующим выходом одного из пт-канальных делителей мощности, z m схем формирования лучей выполнены в виде многоуровневого устройства, образованного множеством включенных каскадно сумматоров мощности, каждый из которых имеет два порта для поступления сигналов и один порт для съема сигнала

21. Блок приемной антенны по п. 18, отличающийся тем, что он дополнительно содержит п полосовых фильтров, каждый из которых размещен между одним из п приемных элементов и соответствующим приемным усилителем.

22. Блок приемной антенны по п. 20, отличающийся тем, что по меньшей мере один из уровней указанного многоуровневого устройства содержит средства для обеспечения различных значений фазы на каждом антенном элементе.

23. Блок приемной антенны по п. 20, отличающийся тем, что средства для обеспечения различных значений фазы выполнены в виде отрезков электрического тракта различной длины.

24. Блок приемной антенны с фазированной решеткой, содержащий п приемных элементов, размещенных согласно заранее определенной конфигурации, отличающийся тем, что каждый из п приемных элементов включает электропроводящую площадку, расположенную на поверхности многослойной печатной платы, причем блок приемной антенны с фазированной решеткой дополнительно содержит п двухрезонаторных фильтров, каждый из которых электрически соединен с одной из указанных площадок и которые образованы в нескольких слоях указанной многослойной печатной платы, лежащих под указанной поверхностью.

Данное изобретение относится в целом к системам связи, и в частности к аппаратуре связи, размещаемой на спутниковых платформах.

Известна мобильная спутниковая бортовая аппаратура связи, описанная в патенте США № 4,872,015 по 01.12.1986, МКИ⁴ H04B 7/185. Известная система содержит полезный груз спутника для использования в системах связи, содержащий приемную антенну с фазированной решеткой, имеющую п приемных элементов для приема ВЧ сигналов в первом частотном диапазоне, первое устройство формирования лучей, вход которого соединен с каждым из указанных п приемных элементов, для формирования m лучей в линии связи Земля-спутник по ВЧ сигналам, принятым приемной антенной с фазированной решеткой, причем п больше 1,3(11) меньше, чем п, устройство связи с наземной станцией, вход которого соединен с выходом первого устройства формирования лучей, для преобразования m лучей линии связи а Земля-спутник в ВЧ сигналы второго частотного диапазона, передачи

ВЧ сигналов на наземную станцию и приема ВЧ сигналов от наземной станции, причем передаваемые и принимаемые ВЧ сигналы лежат во втором частотном диапазоне, второе устройство формирования лучей, вход которого соединен с выходом устройства связи с наземной станцией, для формирования m лучей в линии связи спутник-Земля по ВЧ сигналам, принятым от наземной станции, и передающую антенну с фазированной решеткой, имеющую п передающих элементов, для передачи m лучей в линии связи спутник-Земля в виде ВЧ сигналов, причем каждый передающий элемент имеет связанный с ним усилитель мощности, вход которого соединен с выходом второго устройства формирования лучей, а выход соединен с одним из передающих элементов.

Известен блок передающей антенны с фазированной решеткой, описанный в патенте США № 5283587 МКИ⁵ H 01 Q 3/22, 3/24, 3/26. Известный блок передающей антенны с фазированной решеткой содержит л передающих элементов.

размещенных согласно заранее определенной конфигурации, причем каждый из p передающих элементов имеет связанный с ним усилитель мощности

Известен, также, блок передающей антенны с фазированной решеткой описанный в международной заявке WO 88/01106 МКН⁵ Н 01 Q 21/22. 21/00 Известный блок передающей антенны с фазированной решеткой содержит p передающих элементов, размещенных согласно заранее определенной конфигурации

Известен блок приемной антенны с фазированной решеткой, описанный в патенте США 5283587 МКИ⁵ Н 01 Q 3/22, 3/24, 3/26 Известный блок приемной антенны с фазированной решеткой содержит p передающих элементов, размещенных согласно заранее определенной конфигурации, причем каждый из p приемных элементов имеет связанный с ним приемный усилитель

Известен, также, блок приемной антенны с фазированной решеткой, описанный в международной заявке WO 88/01106 МКИ⁵ Н 01 Q 21/22, 21/00 Известный блок содержит p приемных элементов, размещенных согласно заранее определенной конфигурации

При проектировании аппаратуры связи для базиремых в космическом пространстве платформ учитываются следующие важные параметры вес, сложность аппаратуры и потребляемая ею мощность Дальнейшие соображения связаны с минимизацией потерь в сигналах, принимаемых от наземных станций (линии связи Земля-спутник) и посылаемых к наземным станциям (линия связи Спутник-Земля) Например, в обычных передатчиках, содержащих фазированные антенные решетки, могут иметь место существенные потери в пределах системы формирования луча, которая расположена между выходом усилителей мощности и входом фазированных решеток антенн

Задачей настоящего изобретения является создание мобильной спутниковой аппаратуры связи, состоящей из аппаратуры меньшей сложности и с большей эффективностью использования полезной мощности по сравнению с известными ранее системами

Следующей задачей настоящего изобретения является создание мобильной спутниковой аппаратуры связи, в которой формирование пучка осуществляется до окончательного усиления передаваемых сигналов, тем самым уменьшая потери в аппаратуре формирования луча

Еще одной задачей настоящего изобретения является создание мобильной спутниковой аппаратуры связи, которая использует многоэлементные фазированные решетки приемных антенн и многоэлементные фазированные решетки передающих антенн, причем каждый элемент каждой фазированной решетки используется для каждого луча из множества принимаемых и передаваемых лучей

Также задачей настоящего изобретения является обеспечение создания мобильной спутниковой аппаратуры связи, которая использует многоэлементные фазированные решетки приемных антенн и многоэлементные фазированные решетки передающих антенн, причем

согласованная мощность в конкретном луче линии связи спутник-Земля является заданной функцией мощности соответствующего луча линии связи Земля-спутник, что избавляет от необходимости использовать командные и управляющие логические схемы

Поставленная задача решается благодаря тому, в мобильной спутниковой аппаратуре связи, содержащей приемную антенну с фазированной решеткой, имеющую p приемных элементов для приема ВЧ сигналов в первом частотном диапазоне, первое устройство формирования лучей, вход которого соединен с каждым из указанных p приемных элементов, для формирования m лучей в линии связи Земля-спутник по ВЧ сигналам, принятым приемной антенной с фазированной решеткой, причем p больше 1, а m меньше, чем p , устройство связи с наземной станцией, вход которого соединен с выходом первого устройства формирования лучей, для преобразования m лучей линии связи Земля-спутник в ВЧ сигналы второго частотного диапазона, передачи ВЧ сигналов на наземную станцию и приема ВЧ сигналов от наземной станции, причем передаваемые и принимаемые ВЧ сигналы лежат во втором частотном диапазоне, второе устройство формирования лучей, вход которого соединен с выходом устройства связи с наземной станцией, для формирования m лучей в линии связи спутник-Земля по ВЧ сигналам, принятым от наземной станции, и передающую антенну с фазированной решеткой, имеющую p передающих элементов, для передачи m лучей в линии связи спутник-Земля в виде ВЧ сигналов, причем каждый передающий элемент имеет связанный с ним усилитель мощности, вход которого соединен с выходом второго устройства формирования лучей, а выход соединен с одним из передающих элементов, согласно изобретению второе устройство формирования лучей выполнено с возможностью формирования m пучков в линии связи спутник-Земля в третьем частотном диапазоне, передающая антенна выполнена с возможностью передачи m лучей в виде ВЧ сигналов в третьем частотном диапазоне, каждый из указанных l передающих элементов участвует в формировании каждого из m пучков в линии связи спутник-Земля, каждому из m лучей в линии связи Земля-спутник соответствует луч в линии связи спутник-Земля, который облучает ту же область, с которой приходит указанный луч в линии связи Земля-спутник, а уровень мощности указанного соответствующего луча в линии связи спутник-Земля является функцией уровня мощности указанного луча в линии связи Земля-спутник

Первый частотный диапазон находится в L-диапазоне, второй частотный диапазон находится в C-диапазоне и третий частотный диапазон находится в S-диапазоне

Каждый из p приемных элементов имеет несколько соединенных с ним приемных усилителей

Вход каждого из приемных усилителей связан со свободным пространством в одном из приемных элементов.

Выход каждого из усилителей мощности связан со свободным пространством в одном из передающих элементов

Первое устройство формирования лучей содержит делители мощности, а второе устройство формирования лучей содержит сумматоры мощности

Поставленная задача решается благодаря еще одному варианту мобильной спутниковой бортовой аппаратуры связи, содержащему приемную антенну с фазированной решеткой, имеющей p приемных элементов, для приема лучей в линии связи Земля-спутник, образованных ВЧ сигналами в первом частотном диапазоне, причем p больше 1, а m меньше, чем p , p делителей мощности, каждый из которых имеет вход, соединенный с выходом одного из p приемных элементов, и m выходов, m устройств формирования лучей в линии связи Земля-спутник, каждое из которых имеет p входов и один выход, причем каждый из указанных p входов соединен с одним из m выходов одного из p делителей мощности, m первых преобразователей частоты, вход каждого из которых соединен с выходом одного из m устройств формирования лучей и каждый из которых имеет выход для формирования ВЧ сигнала во втором частотном диапазоне, устройство для суммирования сигналов с выходов указанных m преобразователей частоты и для передачи m канального ВЧ сигнала на наземную станцию, причем передаваемый ВЧ сигнал находится во втором частотном диапазоне, устройство для приема m -канального ВЧ сигнала от наземной станции, причем принимаемый ВЧ сигнал находится во втором частотном диапазоне, и передающую антенну с фазированной решеткой, имеющую p передающих элементов для передачи m лучей, образованных ВЧ сигналами, который согласно изобретению дополнительно содержит m вторых преобразователей частоты, вход каждого из которых соединен с выходом указанного устройства для приема сигналов наземной станции и каждый из которых реагирует на один из каналов принятого m -канального ВЧ сигнала и имеет выход для формирования ВЧ сигнала в третьем частотном диапазоне, m устройств формирования лучей в линии связи спутник-Земля, вход каждого из которых соединен с выходом одного из m вторых преобразователей частоты, и p сумматоров мощности, каждый из которых имеет m входов для соединения с выходами m устройств формирования лучей в линии связи спутник-Земля и выход, при этом передающая антенна выполнена с возможностью передачи m лучей, образованных ВЧ сигналами в третьем частотном диапазоне, каждый из p передающих элементов соединен с выходом одного из p сумматоров мощности и участвует в формировании каждого из m лучей в линии связи спутник-Земля, каждому из m лучей, в линии связи Земля-спутник соответствует луч в линии связи спутник-Земля, который облучает ту же область, с которой приходит указанный луч в линии связи Земля-спутник, а уровень мощности указанного соответствующего луча в линии связи спутник-Земля является функцией уровня мощности указанного луча в линии связи Земля-спутник.

Первый частотный диапазон находится в L-диапазоне, второй частотный диапазон находится в C-диапазоне и третий частотный диапазон находится в S-диапазоне

Каждый из p приемных элементов имеет по меньшей мере один связанный с ним приемный усилитель, а вход каждого из приемных усилителей связан со свободным пространством в одном из приемных элементов

Каждый из p передающих элементов имеет по меньшей мере один связанный с ним усилитель передаваемого сигнала, а выход каждого из указанных усилителей передаваемого сигнала связан с свободным пространством в одном из передающих элементов

Поставленная задача решается также благодаря используемому в мобильной спутниковой бортовой аппаратуре связи блоку передающей антенны с фазированной решеткой, содержащему p передающих элементов, размещенных согласно заранее определенной конфигурации, причем каждый из p передающих элементов имеет связанный с ним усилитель мощности, в котором согласно изобретению выход каждого из усилителей мощности связан со свободным пространством в соответствующем из p передающих элементов, при этом блок передающей антенны с фазированной решеткой дополнительно включает m схем формирования лучей, которые размещены одна над другой в виде этажерки под p передающими элементами и каждая из которых имеет p выходов, и pm -канальных сумматоров мощности, соединенных с m схемами формирования лучей, причем каждый из m входов каждого сумматора мощности соединен с соответствующим выходом одной из схем формирования лучей, а выход каждого из pm -канальных сумматоров соединен с одним из усилителей мощности, связанным с одним из p передающих элементов

Блок передающей антенны с фазированной решеткой имеет форму по существу круглого цилиндра, имеющего продольную ось, причем p передающих элементов размещены на одном конце этого цилиндра, каждая из m схем формирования лучей включает печатную плату, по существу, круглой формы, указанные p выходов размещены по окружности указанной печатной платы, а каждый из pm -канальных сумматоров мощности включает печатную плату, расположенную своей длинной стороной вдоль указанной продольной оси, для соединения с соответствующим выходом каждой из m схем формирования лучей.

Каждая из m схем формирования лучей имеет вход для приема одного из m входных сигналов и выполнена в виде многоуровневого устройства, образованного множеством каскадно включенных делителей мощности, имеющих каждый один порт для поступления сигнала и два порта для съема сигналов.

Блок передающей антенны с фазированной решеткой дополнительно содержит p полосовых фильтров, каждый из которых расположен между одним из p передающих элементов и связанным с ним усилителем мощности

Кроме того, в блоке передающей антенны с фазированной решеткой по меньшей мере один

из уровней указанного многоуровневого устройства содержит средства для обеспечения различных значений фазы на каждом антенном элементе

Средства для обеспечения различных значений фазы выполнены в виде отрезков электрического тракта различной длины

Поставленная задача решается благодаря еще одному варианту блока передающей антенны с фазированной решеткой, содержащему p передающих элементов, размещенных согласно заранее определенной конфигурации, в котором согласно изобретению каждый из p передающих элементов включает электропроводящую площадку, расположенную на поверхности многослойной печатной платы, причем блок передающей антенны с фазированной решеткой дополнительно содержит p двухрезонаторных фильтров, каждый из которых электрически соединен с одной из указанных p площадок и которые образованы в нескольких слоях указанной многослойной печатной платы, лежащих под указанной поверхностью

Указанная задача решается также благодаря используемому в мобильной спутниковой бортовой аппаратуре связи блоку приемной антенны с фазированной решеткой, содержащему p приемных элементов, размещенных согласно заранее определенной конфигурации, причем каждый из p приемных элементов имеет связанный с ним приемный усилитель, в котором каждый из приемных усилителей имеет вход, связанный со свободным пространством в соответствующем из p приемных элементов, при этом блок приемной антенны с фазированной решеткой дополнительно включает m схем формирования лучей, которые размещены одна над другой в виде этажерки под p приемными элементами и каждая из которых имеет p входов и один выход, и pt -канальных делителей мощности, соединенных с m схемами формирования лучей, причем вход каждого из pt -канальных делителей мощности соединен с выходом одного из приемных усилителей, z каждый из m выходов каждого из pt -канальных делителей мощности соединен с соответствующим входом одной из m схем формирования лучей

Блок приемной антенны с фазированной решеткой имеет форму, по существу, круглого цилиндра, имеющего продольную ось, указанные p приемных элементов размещены на конце цилиндра, каждая из m схем формирования лучей включает печатную плату круглой формы, по окружности которой размещены указанные p входов, а каждый из pt -канальных делителей мощности включает печатную плату, расположенную своей длинной стороной вдоль указанной продольной оси для соединения с соответствующим входом каждой из p схем формирования лучей

Каждый из p входов каждой из m схем формирования лучей соединен с соответствующим выходом одного из pt -канальных делителей мощности, а m схем формирования лучей выполнены в виде многоуровневого устройства, образованного множеством включенных каскадно сумматоров мощности, каждый из которых имеет

два порта для поступления сигналов и один порт для съема сигнала

Кроме того, блок приемной антенны с фазированной решеткой дополнительно содержит p полосовых фильтров, каждый из которых размещен между одним из p приемных элементов и соответствующим из приемных усилителей

Кроме того, по меньшей мере один из уровней указанного многоуровневого устройства содержит средства для обеспечения различных значений фазы на каждом антенном элементе

Средства для обеспечения различных значений фазы выполнены в виде отрезков электрического тракта различной длины

Указанная задача решается благодаря еще одному варианту блока приемной антенны с фазированной решеткой, содержащего p приемных элементов, размещенных согласно заранее определенной конфигурации, в котором согласно изобретению каждый из p приемных элементов включает электропроводящую площадку, расположенную на поверхности многослойной печатной платы, причем блок приемной антенны с фазированной решеткой дополнительно содержит p двухрезонаторных фильтров, каждый из которых электрически соединен с одной из указанных площадок и которые образованы в нескольких слоях указанной многослойной печатной платы, лежащих под указанной поверхностью.

Настоящее изобретение относится к мобильной спутниковой аппаратуре связи, которая предназначена для эффективной связи между, например, множеством переносных сотовых телефонов или других радиотелефонов и наземным интерфейсом, который может быть соединен с мировыми телефонными и телеграфными сетями общественного пользования. Аппаратура на спутнике, согласно настоящему изобретению, поддерживает одновременно множество антенных лучей, например, 12 или 16 лучей, как по линии связи Земля-спутник, так и по линии связи спутник-Земля, используя двустороннюю одновременную передачу. Кроме того, эта аппаратура поддерживает идентичное число дуплексных каналов между наземным интерфейсом и спутником. В наиболее предпочтительной на сегодняшний день реализации настоящего изобретения предполагается, что эта аппаратура представляет собой полезный груз одного из множества таких спутников связи, находящихся на низкой околоземной орбите с целью обеспечения связи в пределах всего земного шара.

В соответствии с настоящим изобретением предлагается мобильная аппаратура связи искусственного спутника для использования в системах связи. Эта аппаратура включает в себя приемную антенну с фазированной решеткой, имеющую множество (p) приемных элементов для приема высокочастотных (ВЧ) сигналов в пределах первой полосы частот. Имеется также множество (gl) формирователей луча в линии связи Земля-спутник, вход каждого из которых соединен с каждым из множества приемных элементов, для формирования m лучей в линии связи Земля-спутник из ВЧ сигналов, принятых приемной антенной с фазированной решеткой.

Эта аппаратура включает в себя схему связи с шпемной станцией, вход которой соединен с пыходпм фопмирпаат'зпя пуча в пинии связи Земля-спутник, длп преобразо-вания т лучей линии связи З^мля спутник а ВЧ сигнал в пределах второй поносы частот Далее, электрическая схема связи с наземной станцией включает в себя электронный блок и антенну для передачи ВЧ сигнала на наземную станцию и для приема ВЧ сигнала от наземной станции Передаваемый и принимаемый ВЧ сигналы лежат в пределах второй полосы частот

Далее, эта аппаратура включает я себя формирователь пуча в пинии связи спутник-Земля, вход которого соединен с выходом электрической схемы связи с наземной станцией для формирования т лучей в линии связи спутник-Земля из ВЧ сигналов, принятых от наземной станции Эти т лучей в линии связи спутник-Земля формируются в пределах третьей полосы частот. Передающая антенна с фазированной решеткой имеет множество передающих элементов для передачи т лучей в пинии связи спутник-Земля как ВЧ сигналов в пределах третьей полосы частот Каждый передающий элемент имеет связанный с ним усилитель мощности, и вход каждого усилителя мощности соединен с выходом формирователя е линии связи, спутник-Земля, а выход соединен с одним из передающих элементов Таким образом формирование луча в пинии связи спутник-Земля осуществляется до окончательного усиления.

В наиболее предпочтительной на сегодняшний день реализации настоящего изобретения первая поноса частот находится в диапазоне L, вторая полоса частот находится в диапазоне C, и третья полоса частот находится в диапазоне S

В соответствии с реализацией настоящего изобретения каждый из приемных элементов имеет множество соединенных с ним приемных усилителей, и вход каждого из приемных усилителей соединен со свободным пространством одного из приемных элементов Подобным же образом, выход каждого усилителя мощности соединен со свободным пространством одного из передающих элементов передающей антенны с фазированной решеткой

Далее, в соответствии с настоящим изобретением каждому из т лучей в линии связи Земля-спутник сопоставляется луч в пинии связи спутник-Земля, принадлежащий тому же частотному диапазону, а уровень мощности соответствующего луча в линии связи спутник-Земля зависит от уровня мощности пуча в пинии связи Земля-спутник

В дальнейшей реализации изобретения приемная и передающая антенны с фазированной решеткой формируются каждая посредством технологии многослойных схем, а приемные и передающие элементы представляют собой каждый проводящую площадку, которая выполнена на поверхности многослойной печатной платы Два резонаторных фильтра соединены с каждой из площадок, причем эти фильтры формируются во внутреннем слое многослойной печатной платы.

ыр РЫШВ и другие особенности изобретения стянут более очевидными и? прилагаемых чертржей где

на фиг 1 представлрнз примерная система связи, когорця соответствует положениям настоящего изобретения,

на фиг 2 приведены основные функциональные компоненты аппаратуры, представляющей полезную магруіку искусстве" чого спутника для систем сязи, по настоящему изобретению.

на фиг 3 представлена блок-схема аппаратуры подвижной спутниковой связи согласно фиг 2, которая сконструирована и функционирует в соответствии с положениями настоящего изобретения,

на фиг 4-6 более детально представлен один из излучателей передающей фазированной антенной решетки, изображенной на фиг 2, в частности, фиг 4 представляет собой вид сбоку на один из эгементов передающей фазированной решетки, фиг 5 - вид сверху, а фиг 6 схематически иллюстрирует использование четырех усилителей, которые расположены под углом 90° относительно друг друга;

на фиг 7 представлен вид сверху на отдельный элемент фазированной решетки приемной антенны, что иллюстрирует использование двух приемных усилителей,

на фиг 8 и 9 более детально иллюстрируется полная конструкция передающей фазированной решетки, изображенной на фиг 2;

на фиг 10 представлено поперечное сечение рабочей зоны 12-лучевой фазированной антенной решетки;

на фиг 11 изображен вид сверху, показывающий примерное расположение двунаправленного сумматора/делителя мощности,

на фиг 12 представлена б л гж-диаграмма схемы формирования лучей, которая состоит из множества сумматоров/делителей мощности, изображенных на фиг 11

на фиг 13 представлена реализация настоящего изобретения, которая включает излучательные площадки для фазированных решеток приемной и передающей антенн;

на фиг 14 представлен вид сверху и ступенчатые разрезы части многослойной платы с излучательной площадкой, изображенной на фиг. 13, в частности, показана излучательная площадка и связанные с ней 2 резонансных фильтра,

на фиг 15 представлено поперечное сечение многослойной платы, на которой показаны излучательная площадка, 2 резонансных фильтра, изображенных на фиг 14, а также дополнительные слои, которые обеспечивают соединения с обслуживающими цепями

Фиг 1 иллюстрирует примерную среду, в которой, предполагается, будет функционировать аппаратура, представляющая собой полезный груз спутника связи Концептуально, система связи может быть разделена на несколько сегментов 1, 2, 3, и 4 В дальнейшем сегмент 1 будем называть космическим сегментом, сегмент 2 - сегментом пользователя, сегмент 3 - наземным сегментом и сегмент 4 - сегментом инфраструктуры системы телефонии Настоящее изобретение относится прежде всего к космичес-

кому сегменту 1, в частности, к аппаратуре связи, составляющей полезный груз 5, который несет один из совокупности искусственных спутников 6, выведенных на низкую околоземную орбиту

Сегмент пользователя 2 включает в себя большое число оборудования различного типа, предназначенного для связи со спутниками 5. В это оборудование пользователя входит, например, многообразие приборов 7, которое включает в себя радиотелефоны 8, подвижные радиотелефоны 9 и приборы поискового вызова и передачи информации 10, хотя и не ограничивается только этими аппаратами. Пользовательские аппараты могут работать в дуплексном режиме и связываться с аппаратурой спутника 6 посредством канала связи в ВЧ L-диапазоне (линия связи Земля-спутник) и канала связи в ВЧ S-диапазоне (линия связи спутник-Земля). Линии связи Земля-спутник в ВЧ L-диапазоне функционируют в диапазоне частот 1,61-1,6265 ГГц с полосой частот 16,5 МГц и модулируются речевыми сигналами и/или служебными сигналами, определенными для спутниковой связи. Линии связи спутник-Земля в ВЧ S-диапазоне функционируют в диапазоне частот 2,4835-2,5 ГГц с полосой частот 16,5 МГц. ВЧ линии связи Земля-спутник и спутник-Земля 11 модулируются речевыми сигналами и/или служебными сигналами, определенными для спутниковой связи.

Наземный сегмент 3 включает в себя множество интерфейсов 12, которые осуществляют связь со спутниками 6 посредством дуплексного ВЧ канала связи в С-диапазоне 13, функционирующего в диапазоне частот вблизи 5 ГГц. Назначение интерфейсов 12 - связать коммуникационную аппаратуру 6 спутников 5 с сегментом телефонной инфраструктуры 4. Сегмент телефонной инфраструктуры 4 состоит из существующих телефонных систем и включает в себя интерфейс сотовой связи 14, региональные абонентские телефонные станции 15, средства междугородной связи 16, средства международной связи 17, частные телефонные сети 18, а также телефонные системы общественного пользования и телеграф 19. Коммуникационная система функционирует с целью обеспечения связи между сегментом пользователя 2 и телефонами 20 из сегмента телефонной инфраструктуры 4, а также, чтобы осуществить возможность связи между индивидуальными пользовательскими аппаратами в сегменте пользователя посредством интерфейсов 12.

На фиг 1 также показана, как часть наземного сегмента 3, система телеметрического контроля 21, которая включает в себя центр контроля функционирования спутника 22 и центр контроля сети 23. Маршрут связи 24 служит для обеспечения внутренней связи интерфейсов 12, центра контроля функционирования спутника 22 и центра контроля сети 23 наземного канала. Эта часть коммуникационной системы обеспечивает функциональный контроль спутника и не имеет непосредственного отношения к аппаратуре связи, составляющей полезный груз 5, являющейся предметом настоящего изобретения.

Фиг 2 и 3 демонстрируют блок-схемы одного из комплектов спутниковой аппаратуры свя-

зи, составляющей полезный груз 5, изображенной на фиг 1. Этот полезный груз 5 состоит из следующих основных компонент

Приемная антенна 25 L-диапазона и передающая антенна 26 S-диапазона, осуществляющие, соответственно, связь Земля-спутник и спутник-Земля с приборами пользователя из сегмента пользователя 2. Антенны 25, 26 представляют собой фазированные решетки, состоящие, например, из 61 элемента каждая (27 и 28). Взаимное расположение этих элементов имеет обычно гексагональную конфигурацию. Например, максимальная ширина приемной антенны 25 составляет приблизительно 40 дюймов (1016 мм), а максимальная ширина передающей антенны 26 составляет приблизительно 25 дюймов (635 мм). Диаметр каждого элемента 27 составляет приблизительно 4,4 дюйма (113 мм), а диаметр каждого элемента 29 составляет приблизительно 2,7 дюйма (70 мм). Каждая антенна 25 и 26 работает с одинаковым количеством лучей, например, 12 или 16, и использует все (61) элементы для формирования любого из лучей.

На фиг. 9 показана конфигурация рабочей области 12-лучевой антенны, причем не показанная на рисунке нижняя часть антенны представляет собой зеркальное изображение верхней части. Использование 12-ти лучей обеспечивает рабочую область 110° (угол места 10°). Использование только одного луча позволяет обслуживать приблизительно 200 аппаратов пользователей, что дает возможность обслуживать приблизительно 2400 аппаратов пользователей с помощью 12-ти лучевой конфигурации и приблизительно 3600 аппаратов пользователей с помощью 16-ти лучевой конфигурации. Для обслуживания такого количества аппаратов пользователей аппаратура спутника, составляющая его полезный груз 5, осуществляет многократное использование частотного диапазона путем параллельного доступа в системах с кодовым уплотнением каналов (CDMA), обеспечивая 13 поддиапазонов с полосой 1,25 МГц.

Для приема сигналов по линии связи Земля-спутник в L-диапазоне служат малошумящие усилители 30, непосредственно соединенные с 61-им элементом 27 приемной антенны 25. Для передачи сигналов по линии связи спутник-Земля в S-диапазоне служат усилители мощности 31, непосредственно соединенные с 61-им элементом 29 передающей антенны 26. Уровень мощности, передаваемой с помощью усилителей мощности 31, может иметь несколько значений. Малошумящие усилители 30 и усилители мощности 31 сконструированы так, что работают в линейном режиме, когда выходной сигнал прямо пропорционален входному сигналу. Линейные операции не нарушают точности воспроизведения передаваемых сигналов и обеспечивают возможность того, что каждый антенный элемент одновременно работает с множеством независимых лучей.

При движении спутника 6 над группой аппаратов пользователей канал доступа к спутнику 6 перемещается от луча к лучу в направлении, противоположном движению спутника. Таким образом, излучаемая со спутника 5 мощность,

необходимая для передачи по линии связи спутник-Земля в S-диапазоне, также должна изменяться от пучка к лучу соответствующим образом

В соответствии с настоящим изобретением *аппаратура*, составляющая полезный груз спутника связи, обеспечивает ситуацию, когда мощность имеющегося сигнала связывается с конкретным лучом линии связи спутник-Земля, который направлен на ту же область земной поверхности, что и луч линии связи Земля-спутник. Это осуществляется в результате того, что усилители мощности 31 связаны с *каждым* излучательным элементом 29 и, таким образом, каждый элемент 29 принимает участие в формировании каждого луча. Поэтому требуемая мощность устанавливается автоматически посредством интерфейса 12 без необходимости контроля управления.

Если конкретизировать, антенны 25 и 26 с фазированными решетками образуются из совокупности формирователей лучей 32 и 33. соответственно, которые задают направление каждого луча относительно спутника 6. В рассматриваемой реализации имеется 16 лучей линий связи Земля-спутник и спутник-Земля и, соответственно, 16 формирователей луча 32 для линии связи спутник-Земля и 16 формирователей луча 33 для линии связи Земля-спутник. Для одновременной генерации 16 лучей на линии связи Земля-спутник выходные сигналы каждого элемента 27 приемной антенны после усиления в малошумящем усилителе 30 разделены на 16 каналов, которые ведут к формирователям лучей 32, формируя, таким образом, направление и диаграмму луча в линии связи Земля-спутник. То же самое справедливо для лучей в линии связи спутник-Земля. В этом случае 16 входных сигналов складываются и затем усиливаются в усилителе мощности 31 для последующей передачи. Сегментирование осуществляется в делителе мощности линии связи Земля-спутник 34 и сумматоре мощностей линии связи спутник-Земля 35.

Имеется 61 делитель мощности 34 в линии связи Земля-спутник. Вход каждого такого делителя 34 соединен с выходом одного из малошумящих усилителей 30, а 16 выходов соединены каждый со входом одного из 16 формирователей луча 32. Аналогично, имеется 61 сумматор мощности 35 в линии связи спутник-Земля. Каждый такой сумматор 35 имеет 16 входов, соединенных с выходом одного из 16 формирователей пучка 33. и один выход, соединенный с одним из усилителей мощности 31.

На фиг 11 приведен возможный двунаправленный делитель/сумматор мощности 36. Делитель/сумматор мощности 36 состоит из первой заземленной пластины 37, второй заземленной пластины 38 и области, образованной изолирующим материалом 39, который расположен между первой и второй заземленными пластинами 37 и 38. Внутри изолирующего материала 39 находится также электрическая цепь 40, которая содержит отдельный резистор 41. При работе схемы как делителя мощности входной сигнал поступает в порт А и снимается с портов В и С. При работе схемы как сумматора мощности входные сигналы, подлежащие суммированию, поступают на порты В и С, а суммарный сигнал

снимается с порта А. Размеры описанных элементов определяются желаемой частотой и диэлектрической постоянной материала 39. Делитель/сумматор на 16 или 61 канал создается аналогичным *способом* или может быть выполнен каскадным включением нескольких двухканальных делителей/сумматоров 36.

Например, на фиг 12 показана одна из схем формирования лучей (32, 33), которая выполнена с использованием каскадного включения делителей/сумматоров 36 шести уровней. Р1, Р2, Р61 обозначают различные длины электрического тракта, необходимые для обеспечения различных значений фазы на каждом антенном элементе. Неиспользуемые порты делителей/сумматоров следует заглушить с помощью подключения соответствующих нагрузок.

Как было сказано выше, система коммуникации использует интерфейс 12 для приема сигналов, собираемых спутником (спутниками) и для передачи этих сигналов в соответствующие телефонные и телеграфные сети общественного пользования. Кроме того, интерфейс 12 принимает сигналы от телефонных и телеграфных сетей общественного пользования для передачи их с помощью спутниковой аппаратуры связи 5 назад к аппаратам пользователей. Передача между интерфейсом 12 и спутниками 6 осуществляется с помощью ВЧ канала С-диапазона 13.

Для осуществления этого режима работы сигналы, принятые по одному из 16 лучей и принадлежащие L-диапазону, подвергаются частотному уплотнению для преобразования в С-диапазон частот. Возвращаясь снова к фиг 3, мы видим, что эта задача решается с помощью множества (16) микшерных усилителей 42, которые преобразовывают с повышением частоты сигналы L-диапазона в сигналы С-диапазона частоты всех каналов, где происходит частотное уплотнение, формируются с помощью местных генераторов 43 соединенных с микшерными усилителями 42 и фильтрами 44. Несколько (8) каналов объединяются в один в схемах суммирования 45 и 46 и идут на усилители мощности 47 и 48, соответственно. Выходные сигналы с усилителей мощности 47 и 48 через дуплексоры 49 и 50 поступают в ортогональные каналы для передачи через антенну 51 на интерфейс 12. Ортогональные каналы формируются с помощью поляризатора 52.

Циркулярно-поляризованные ортогональные сигналы назад с интерфейса 12 поступают через антенну 51 и разделяются поляризатором 52. Сигналы с линий связи Земля-спутник и спутник-Земля, поступающие через интерфейс 12, лежат в различных частотных диапазонах и разделяются дуплексорами 49 и 50. Эти сигналы с линий связи Земля-спутник усиливаются малошумящими усилителями 53 и 54 и поступают на делители мощности 55 и 56, соответственно. С выходов делителей мощности 55 и 56 сигналы поступают на 16 фильтров 57 и микшерные усилители 58, которые совместно с местными генераторами 59 преобразуют его с понижением частоты, в результате чего сигнал С-диапазона с интерфейса преобразуется в сигнал S-диапазона для схемы формирования луча 33. Выходы мик-

шерных усилителей 58 соединены со схемами формирования луча 33 через фильтры 60.

Усиление, необходимое для возбуждения схем формирования лучей 33, достигается с помощью малошумящих усилителей 53 и 54 и микшерными усилителями 58. Сигналы со схем формирования лучей 33 собираются п-канальными (в нашем примере $p=16$) смесителями 35 и поступают на отдельные элементы 29 передающей антенны с фазированной решеткой 26.

Как указано выше, настоящее изобретение позволяет создавать эффективное средство для переключения сигналов в аппаратуре, составляющей полезный груз спутника, в требуемом направлении без необходимости установки системы контроля и без нежелательных временных задержек. Таким образом, за счет использования линейных усилителей m за счет того, что для формирования каждого из 16 лучей используются все элементы каждой фазированной антенной решетки, сигнал L-диапазона от каждого луча системы связи Земля-спутник не претерпевает искажений при преобразовании с повышением частоты в С-диапазоне, при преобразовании с понижением частоты в S-диапазон и при окончательном усилении для подачи в передающую антенну с фазированной решеткой 26. Сигнальная мощность, так таковая, в каждом луче S-диапазона в линии связи спутник-Земля является функцией от сигнальной мощности в соответствующем луче L-диапазона линии связи Земля-спутник. Сигнальная мощность в луче L-диапазона линии связи Земля-спутник зависит от количества аппаратов пользователя, которые обслуживает данный луч.

В общем случае, схемы формирования лучей 32 и 33 в процессе формирования изменяют как амплитуду, так и фазу сигналов. Однако, предпочтительная реализация схемы формирования луча согласно настоящему изобретению осуществляет только преобразование фазы. Это позволяет подавать на каждый элемент антенны и связанный с ним усилитель сигналы равной мощности. Последнее важно для сохранения соотношений фаз между элементами антенны, поскольку фазовая передаточная характеристика усилителей может меняться в зависимости от уровня возбуждения. За счет возбуждения всех усилителей до одинакового уровня эта потенциальная проблема снимается.

Кроме того, за счет размещения схем формирования лучей 33 для передающей антенны 26 с фазированными решетками на пути сигнала до потребляющих много энергии усилителей мощности 31 потери, связанные с процессом формирования луча, значительно ниже, чем при использовании общепринятых конфигураций.

Формирование луча до его усиления требует, чтобы оконечные усилители 31 для всех элементов антенны 29 имели одинаковые как амплитудные, так и фазовые передаточные характеристики с высокой степенью точности (в пределах $\pm 2^\circ$ и $\pm 0,5$ дБ). Это достигается за счет предпочтительного использования для усилителей мощности интегральных микросхем (ИС) СВЧ диапазона, что обеспечивает высокую вос-

производимость характеристик от усилителя к усилителю.

Для рассмотрения следующего аспекта настоящего изобретения обратимся к фиг 4, 5, 6 и 7. Этот аспект касается способа размещения малошумящих усилителей 30 в элементах 27 приемной антенны, а также способа размещения усилителей мощности 31 в элементах 29 фазированной решетки передающей антенны, входы малошумящих усилителей 30, а также выходы усилителей мощности 31 присоединяются непосредственно к свободному пространству. В результате, не имеется никаких потерь в подводящих кабелях, волноводах и других СВЧ компонентах.

На фиг. 4 изображен вид сбоку на один из элементов передающей фазированной антенной решетки 29. На фиг. 5 изображен вид сверху, а на фиг. 6 - схематически представлено использование четырех усилителей мощности 31, которые расположены под углом 90° относительно друг друга. Отдельный излучательный элемент 29 представляет собой цилиндрическую структуру 61, размеры которой подобраны так, чтобы обеспечить распространение излучения вдоль вертикальной оси. Структура 61 образует короткий волновод круглого сечения, настроенный на рабочую частоту. С целью получения желаемой циркулярно-поляризованной волны усилители мощности 31, вплоть до четырех штук, могут быть размещены на позиции по периферии структуры 61, которые характеризуются возрастанием фазы на 90° . В случае передающей антенны 26 с фазированной решеткой, в зависимости от размера усилителей мощности и величины требуемой мощности, необходимы два или четыре штыря 62 и столько же связанных с ними усилителей мощности 31.

Как видно из фиг 7 и в случае приемных элементов 29 для приема циркулярно поляризованного сигнала используются два штыря 28 в позициях, где фазовый сдвиг составляет 90° , а также размещение в вершинах квадрата.

Позицией 25 обозначена приемная 16-и лучевая решетка, а позицией 26 - передающая фазированная решетка.

Физическая конструкция фазированных антенных решеток 25 и 26 является важным фактором, определяющим эффективность аппаратуры, составляющей полезный груз 5 спутника связи, поскольку уменьшения веса или снижение потребляемой мощности сильно влияет на его стоимость. Оптимальный в настоящее время конструктивный подход иллюстрируется на фиг. 8 и 9.

На фиг 8 приведен вид сверху на 61 элемент решетки антенных излучателей 26, а не фиг. 9 - его фронтальная проекция. Элементы 29 размещены над многослойными платами 63, которые выполнены в виде трехпластинчатых дисков, содержащих схемы формирования луча. Имеется 16 таких плат 63, расположенных одна над другой, которые обеспечивают работу формирователей луча 33, изображенных на фиг. 2. Каждая плата 63 схемы формирования луча имеет 61 выход 64. Все выходы выведены наружу радиально. Соответствующие выходные сигналы с выхода 64 от каждой из 16 плат 63 со схе*

мами формирования луча суммируются в сумматорах мощности 35, имеющих 16 входов. Выходы каждого сумматора 35 соединены с 61 элементом 29 коаксиальными кабелями 65 и соответствующими соединителями 66. Каждый из элементов 29 включает четыре усилителя мощности 31, показанных на фиг. 4-6.

Альтернативная реализация антенных решеток 25 и 26 представлена на фиг. 13. В этой реализации излучательный элемент состоит из проводящей площадки 67, которая соединяется с резонатором 68 через диафрагму 69. Подобным же образом резонатор 68 соединяется с резонатором 70 через диафрагму 71. Резонаторы 68 а и 70 образуют *двухполюсный* фильтр 72. Подвод и отвод энергии от фильтра 72 осуществляется по проводникам 73 и 74, расположенным на сторонах квадрата. Когда эти проводники соединены в устройство связи 75 под углом 90°, фронт циркулярно поляризованной волны принимается/возбуждается излучателем 67. В этом случае возбуждение каждого элемента может осуществляться посредством одного малошумящего усилителя/усилителя мощности. Альтернативно, для генерации циркулярно поляризованного излучения возбуждение этой структуры может быть осуществлено способом, подобным описанному ранее, с двумя или четырьмя малошумящими усилителями/усилителями мощности. Преимущество этой конструкции заключается в том, что она может быть реализована с помощью технологии изготовления многослойных печатных плат, хотя диэлектрик может обладать большими потерями, чем свободное пространство в резонаторно-рупорной конструкции, описанной ранее. Однако, конструкция с использованием печатных плат является более дешевой.

На фиг. 13 показано, что в конструкции используются два антенных рупора С-диапазона 76 и 77 и диплексоры 49 и 50 (фиг. 3).

Характерные размеры площадок 67 приемной антенны 25 с фазированной решеткой требуют, чтобы расстоянию между центрами соседних площадок 67 составляло 4,5 дюйма (115 мм), тогда как для передающей антенны 26 с фазированной решеткой расстояние между центрами соседних площадок должно быть 3 дюйма (77 мм).

Теперь обратимся к фиг. 14 и 15, которые более детально показывают составные части одного из элементов многослойной излучательной площадки. На фиг. 14 эта площадка 67 формируется на поверхности диэлектрика 78 и окружена защитной проводящей пластиной 79. Площадка 67 и защитная пластина 79 содержат, к примеру, 1/2 унции меди. Под площадкой 67 находится медная пластина, в которой травлением выполнена диафрагма 69. Эта пластина может являться тыльной стороной слоя печатной платы, содержащей диэлектрик 7В и площадку 67. Под диафрагмой 69 находится односторонняя печатная плата, состоящая из диэлектрика 80, на которой травлением получен медный прямоугольник

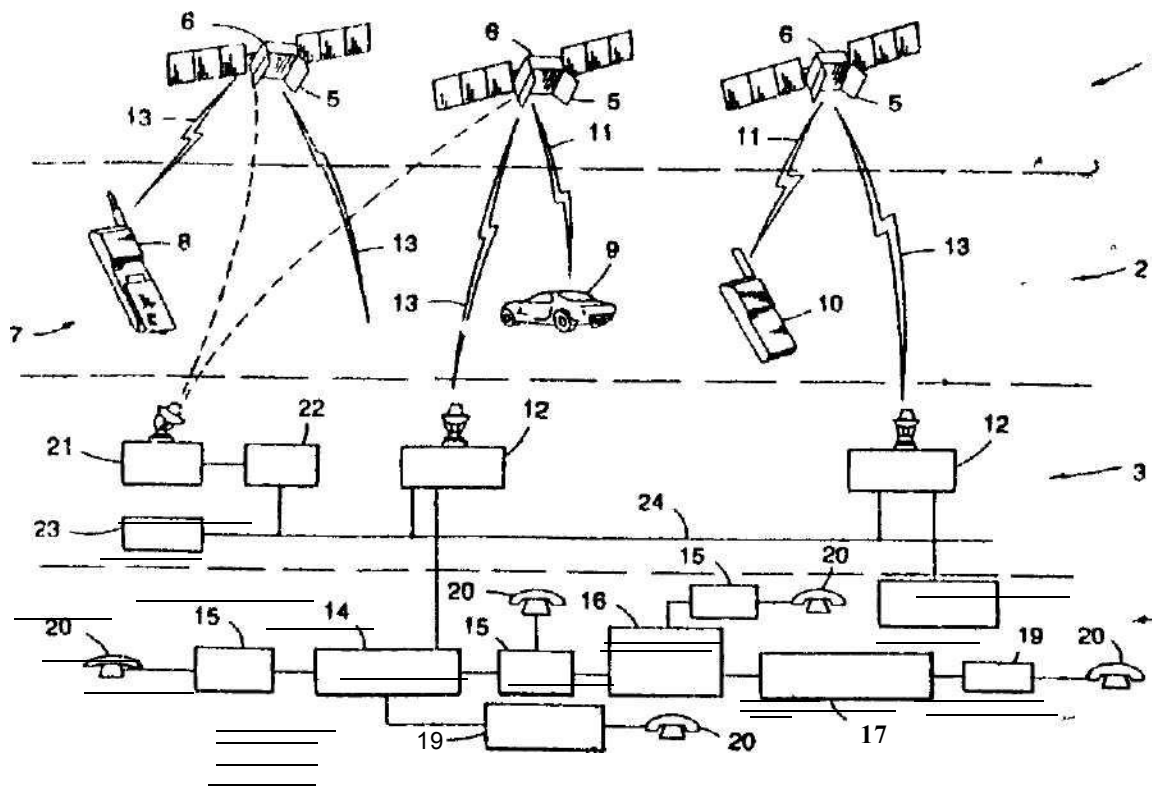
для формирования фильтра 66. Полученный травлением медный прямоугольник расположен на нижней части односторонней печатной платы. Вторая диафрагма 71 выполнена на односторонней печатной плате и также получена травлением медной части пластины. Фильтр 70 представляет собой медный прямоугольник, полученный травлением на нижней части печатной платы из диэлектрика 80. Под фильтром 70 помещается заземленная медная пластина 81. Диафрагмы 69, 71, и фильтры 68 и 70 формируют два резонансных фильтра, связанных с площадкой 67. Через все слои, начиная от изолятора 79 и до заземленной пластины 81 проходят сквозные отверстия 82.

Фиг. 15 представляет собой поперечное сечение, на котором показаны площадка 67 на два резонансных фильтра с фиг. 1*, размещенные над остальными слоями, которые обеспечивают связь с СВЧ усилителями на ИС (малошумящий усилитель на ИС для приемной фазированной антенной решетки 25 и усилитель мощности на ИС для передающей фазированной антенной решетки 26). Кроме того, шесть слоев формируют еще три заземленных плоскости 81 с соответствующими сквозными межслойными соединениями 83, которые проходят через все 6 слоев. Один из слоев содержит ИС 84, осуществляющую контроль мощности, другой слой содержит управляющую шину на ИС 85 и один из слоев содержит делитель мощности 86, который является выходом ИС. Полная многослойная плата 87, включающая необходимые слои адгезивного покрытия, имеет толщину приблизительно 0,3 дюйма (7,6 мм). При реализации изобретения предпочтительно, чтобы отдельная многослойная плата 87 была сконструирована таким образом, чтобы она содержала все 61 площадки 67, два связанных с ними резонансных фильтра, обслуживающие цепи и схемы выбора маршрута передачи сигнала,

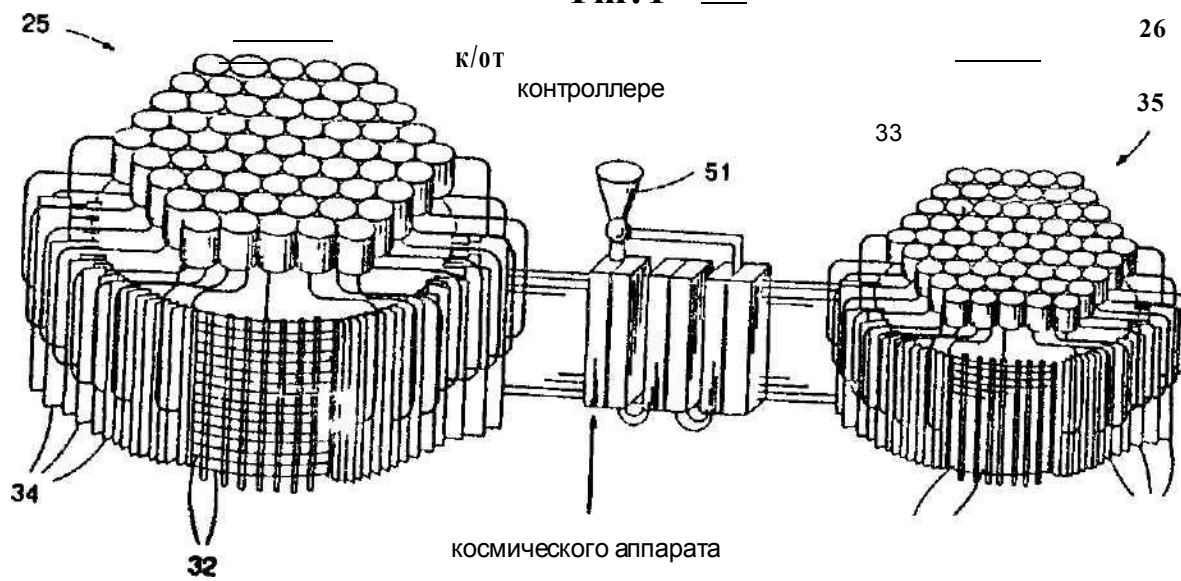
Термоотводящий слой 88 (показан на фиг. 13) расположен под многослойной платой 87 для отвода тепла, выделяемого ИС. Термоотводящий слой 88 может содержать тепловые трубки и/или другие подходящие термопроводящие элементы.

Настоящее изобретение было описано выше в рамках наиболее предпочтительной на сегодняшний день реализации. Однако, ясно, что число передающих и приемных элементов, число лучей в линиях связи Земля-спутник и спутник-Земля и различные частотные диапазоны не следует понимать в узком смысле как суть изобретения.

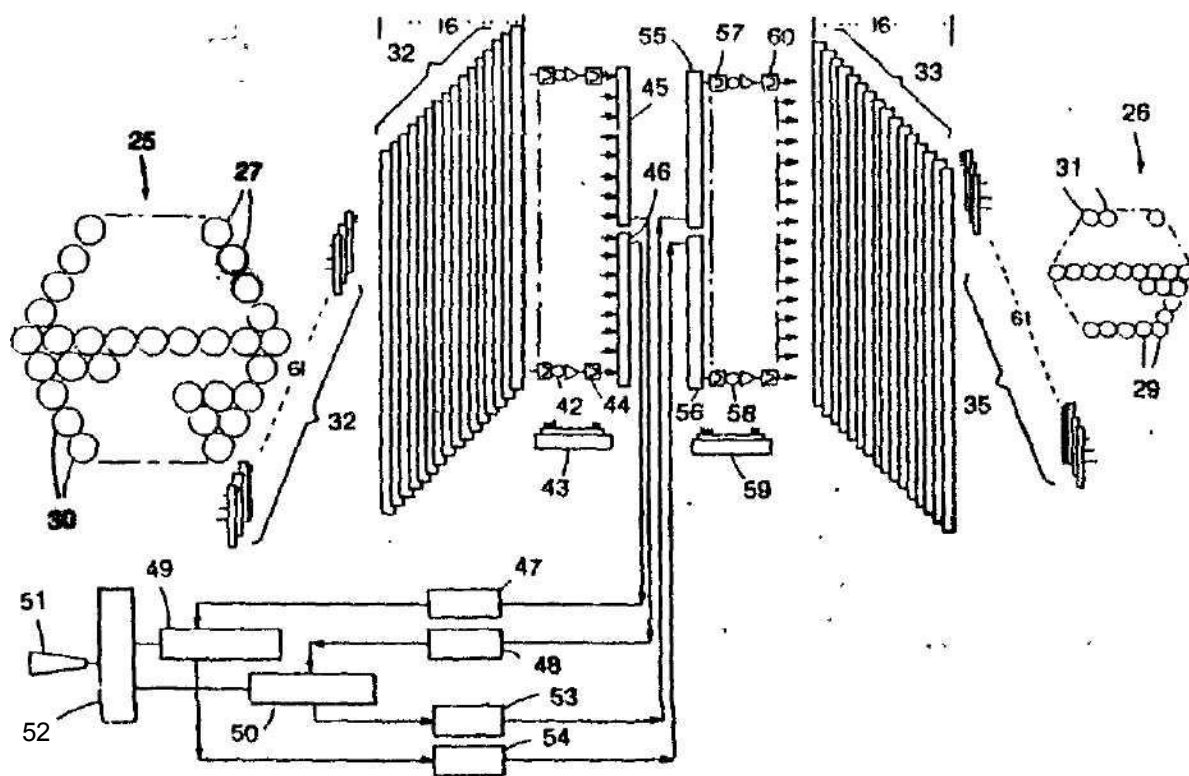
Таким образом, несмотря на то, что настоящее изобретение было описано и рассмотрено в рамках наиболее предпочтительной на сегодняшний день реализации, искусственные в данной области специалисты поймут, что в настоящее изобретение можно внести различные изменения, касающиеся формы и деталей изобретения, без отхода от его духа и сути.



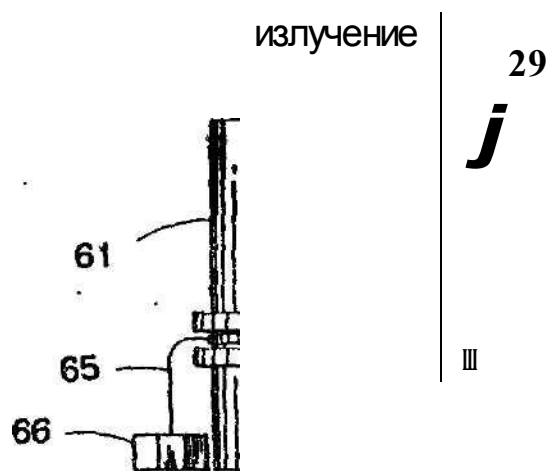
Фиг. 1



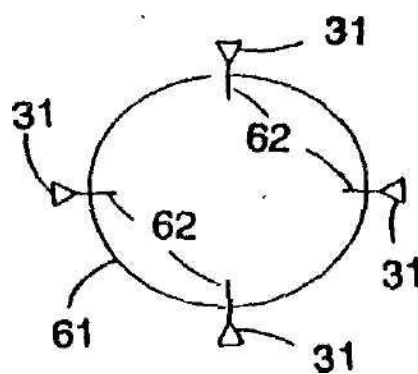
Фиг. 2



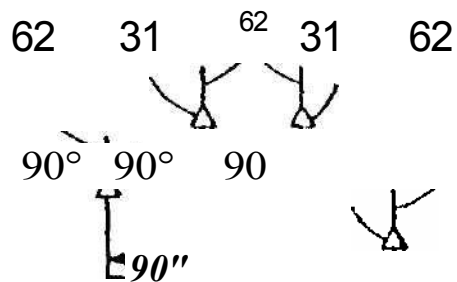
Фиг. 3



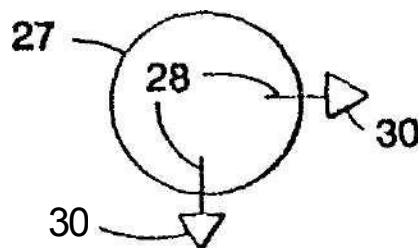
Фиг. 4



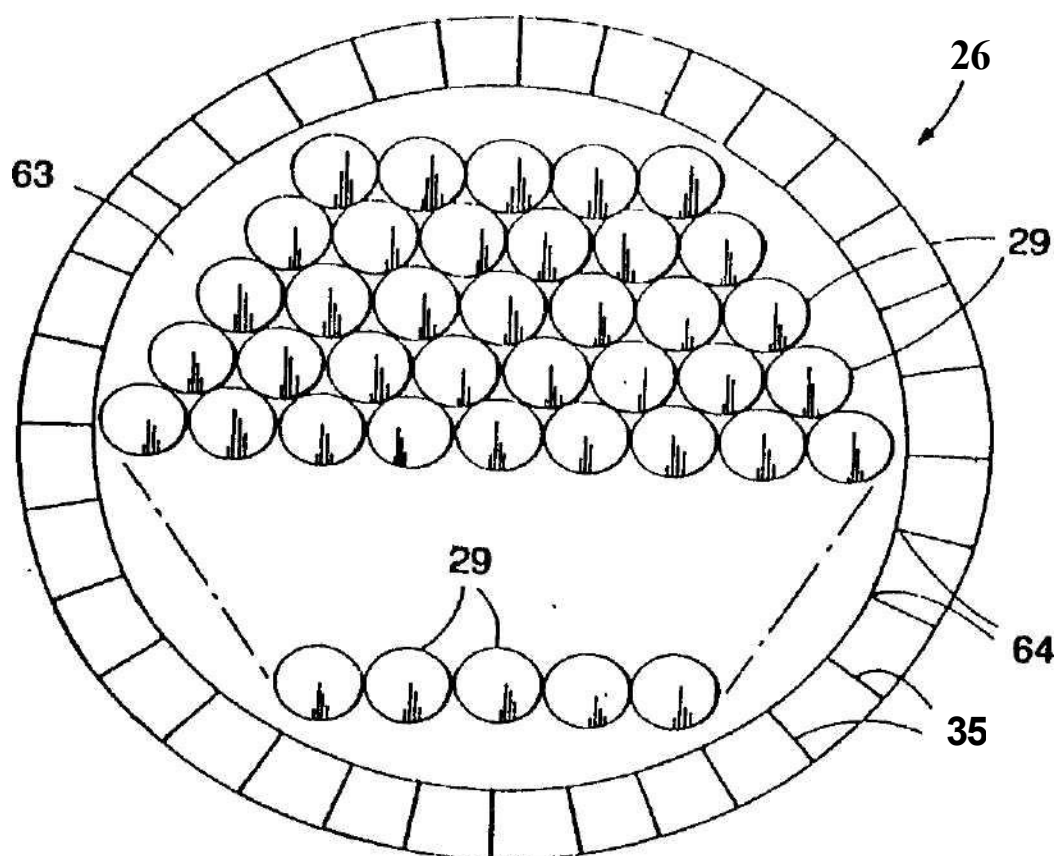
Фиг. 5



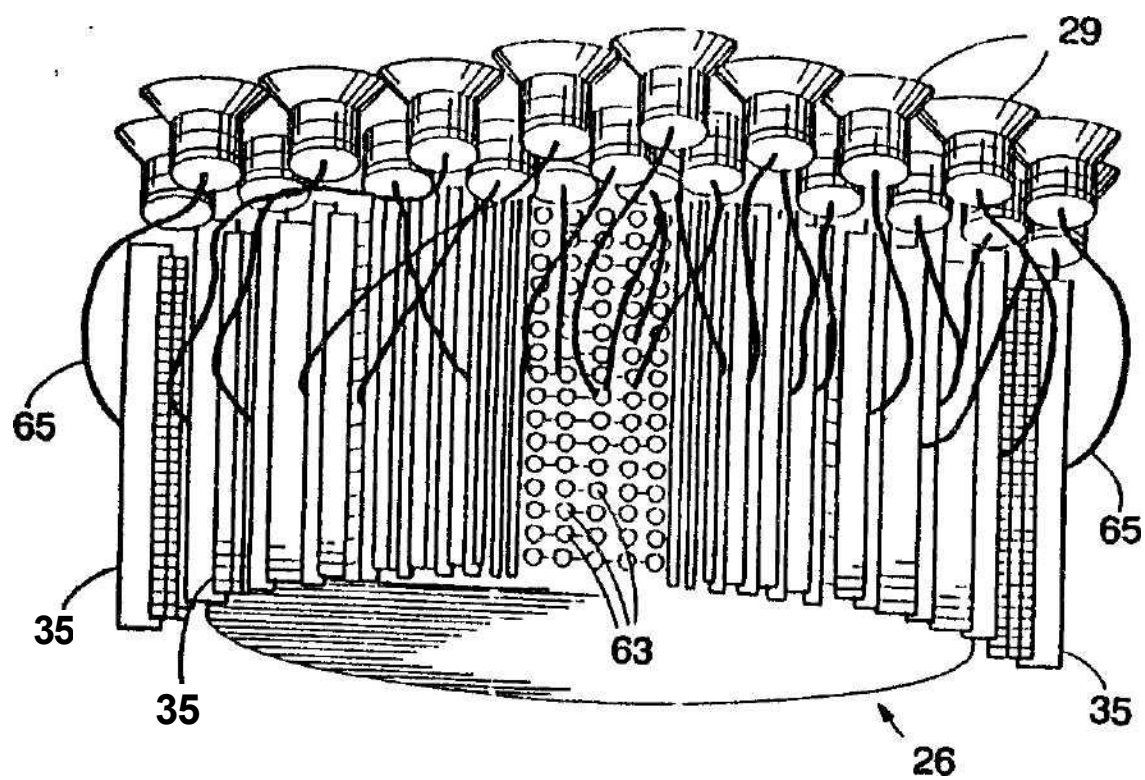
Фиг. 6



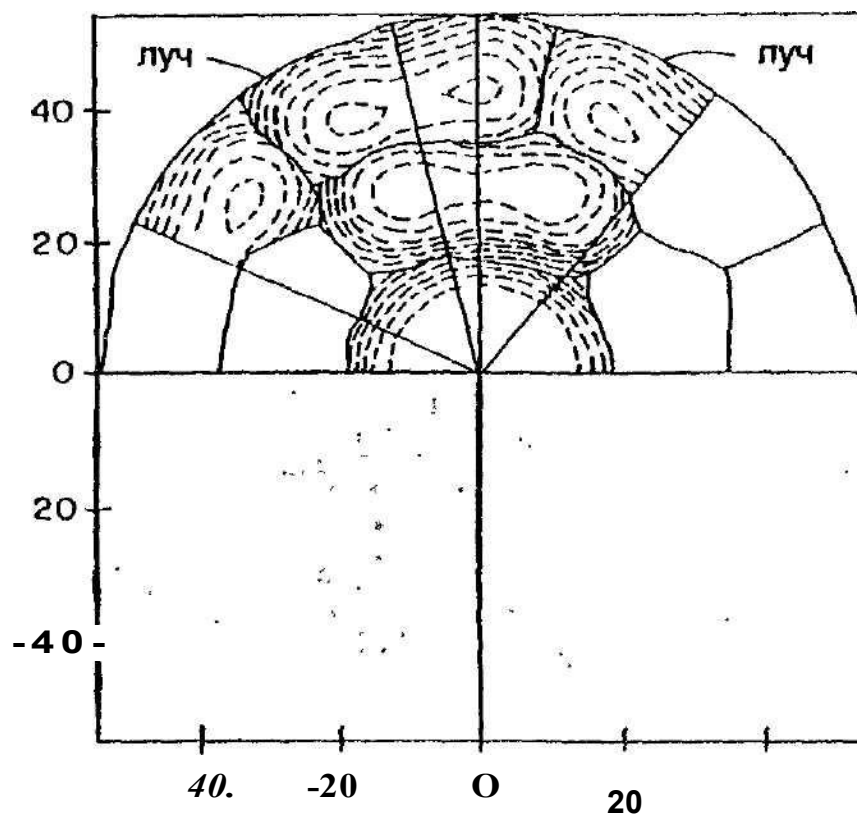
Фиг. 7



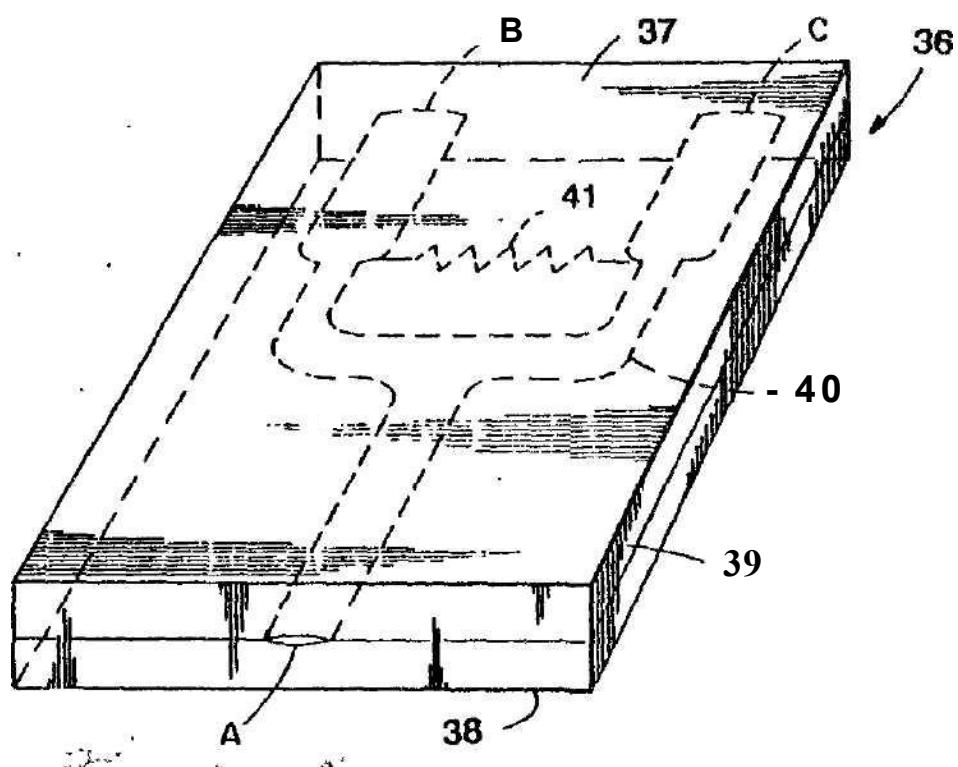
Фиг. 8



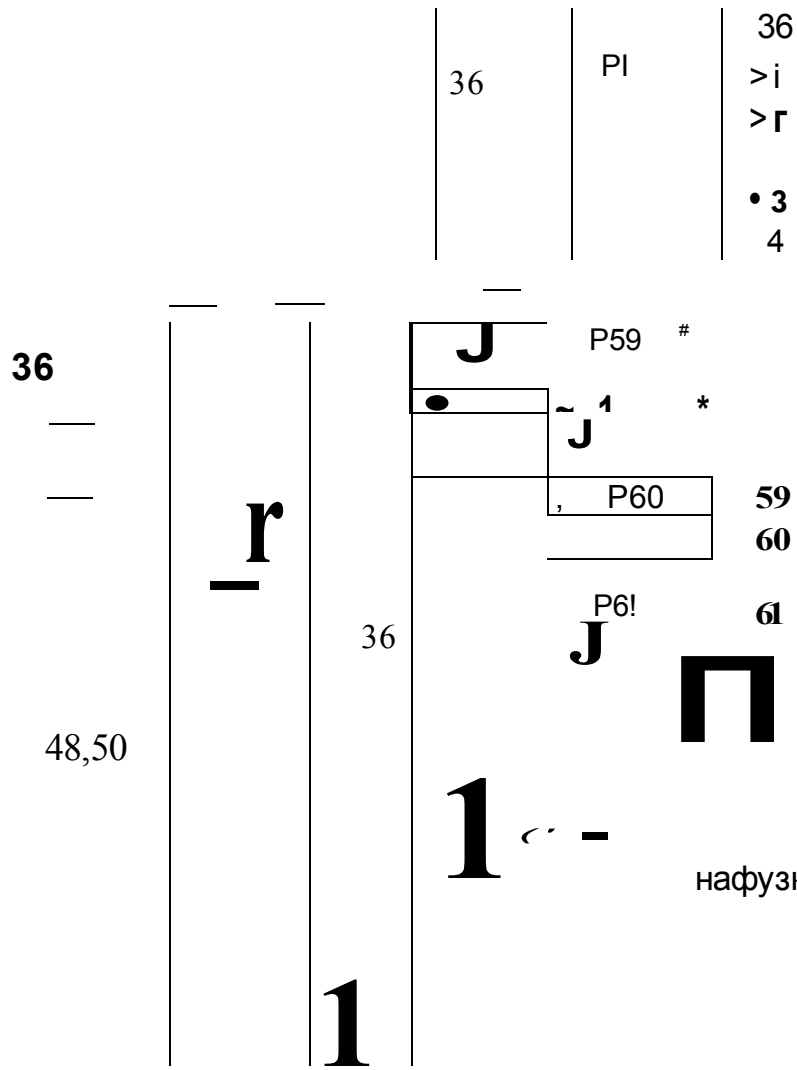
Фиг. 9



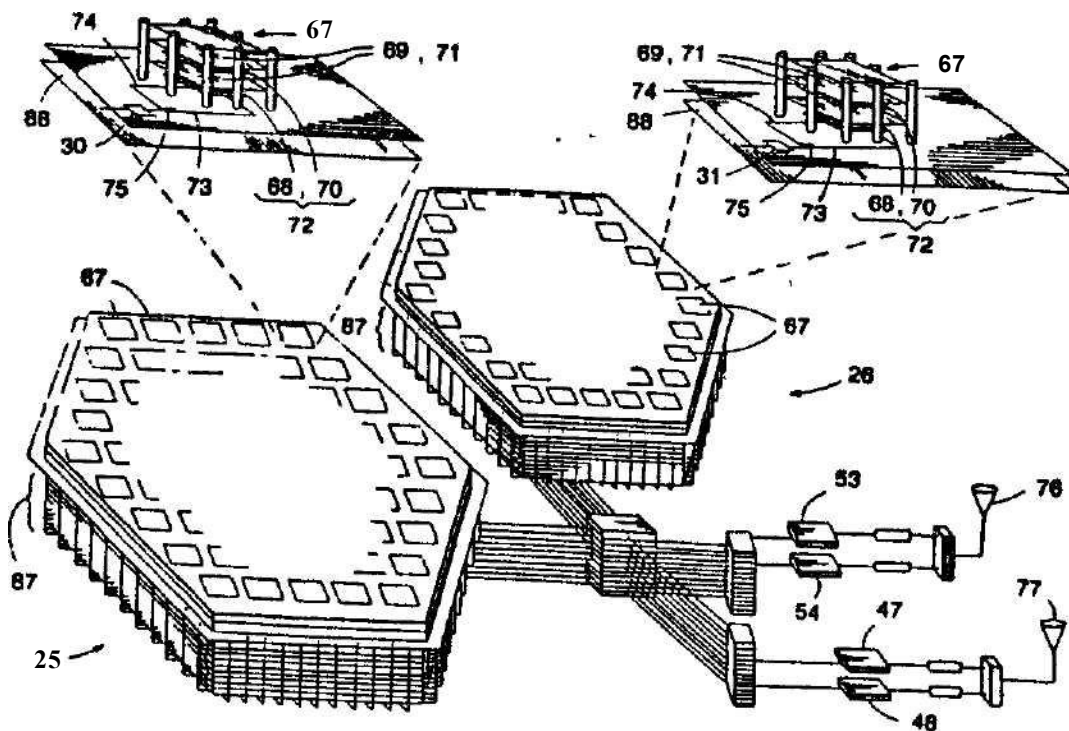
Фиг. 10



Фиг. 11



ФИГ. 12



Фиг. 13

J

Тираж 50 ега.

Відкрите акціонерне товариство «Патент»
Україна, 88000, м. Ужгород, вул Гагаріна, 101
(03122)3-72-69 (03122)2-57-03
