

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202491685** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2024.10.09

(51) Int. Cl. **H01Q 15/00** (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2022.12.26

(54) **ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ОТРАЖАТЕЛЬ МИКРОВОЛНОВЫХ/МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН**

(31) **63/293,781; 63/353,597; 63/395,918**

(72) Изобретатель:
**Абрамович Амир, Розбан Даниэль,
Ротшильд Дэвид (IL)**

(32) **2021.12.26; 2022.06.19; 2022.08.08**

(33) **US**

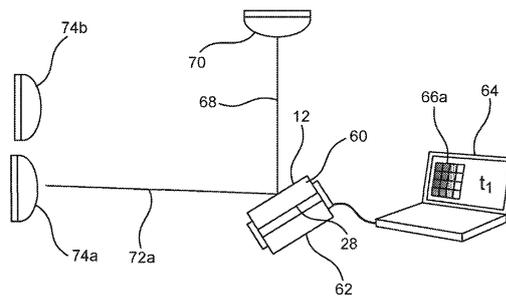
(86) **PCT/IB2022/062782**

(74) Представитель:
**Котлов Д.В., Яшмолкина М.Л.,
Лазебная Е.А. (RU)**

(87) **WO 2023/119259 2023.06.29**

(71) Заявитель:
**АРИЭЛЬ САИНТИФИК
ИННОВЕЙШНС, ЛТД. (IL)**

(57) Раскрыт способ отражения микроволновых/миллиметровых волн в требуемом направлении с помощью отражателя, который содержит электромагнитную метаповерхность, и представлено описание отражателя микроволновых/миллиметровых волн. В некоторых вариантах осуществления отражатель может перестраиваться путем проецирования света (в некоторых вариантах осуществления проецируемый свет представляет собой изображение) на часть отражателя, имеющую в своем составе светочувствительные компоненты. Проецирование света контролируемым образом устанавливает значение электрического параметра по меньшей мере одного из светочувствительных компонентов, причем значения электрического параметра светочувствительных компонентов в совокупности определяют фазовый сдвиг, который метаповерхность индуцирует в падающем микроволновом/миллиметровом-луче и который определяет направление отражения луча.



202491685
A1

202491685
A1

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ОТРАЖАТЕЛЬ МИКРОВОЛНОВЫХ/МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН

РОДСТВЕННАЯ ЗАЯВКА

Настоящая заявка испрашивает приоритет на основании предварительных 5
заявок на патент США US 63/293 781 от 26 декабря 2021 г., US 63/353 597 от 19 июня
2022 г. и US 63/395 918 от 8 августа 2022 г., все три из которых включены посредством
ссылки, как если бы они были представлены полностью в настоящем документе.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ И ПРЕДПОСЫЛКИ К СОЗДАНИЮ ИЗОБРЕТЕНИЯ 10

Изобретение в некоторых вариантах осуществления относится к области 15
электромагнитного излучения и, более конкретно, но не исключительно, к способу
отражения микроволновых (сантиметровых) или миллиметровых волн в требуемом
направлении путем облучения части отражателя светом, например, путем
проецирования изображения на часть отражателя, а также к отражателю 15
сантиметровых и/или миллиметровых волн, который может перестраиваться при
облучении части отражателя светом, например, путем проецирования изображения на
часть отражателя.

Микроволны — это электромагнитные волны частотой от 0,3 до 300 ГГц.
Миллиметровые волны (ММВ) — это электромагнитные волны частотой от 100 до 20
10000 ГГц. Известны способы передачи микроволновых- или ММВ-лучей от
источника (например, передатчика) в конечную точку (например, на приемник).
Например, модулированные микроволновые и миллиметровые волны используются в
конфигурациях беспроводной связи «точка-точка» и «группа точек» для беспроводной
передачи информации от передатчика на приемник. 25

Для увеличения принимаемой мощности и/или отношения сигнал/шум в
приемнике и/или предотвращения интерференции двух разных лучей,
предпочтительно, чтобы несущий информацию микроволновый/ММВ-луч был как
можно более узким. Обычно несущие информацию микроволновые- или ММВ-лучи
имеют ширину луча по половинной мощности менее 2°. Задача заключается в 30
обеспечении постоянной направленности этого узкого луча на приемник на
значительных расстояниях, особенно в тех случаях, когда источник и приемник
находятся в движении, например, когда один или оба установлены на движущемся
объекте, например, на башне или здании, раскачиваемом на ветру.

Поэтому желательно иметь в распоряжении способы и/или устройства, которые будут обеспечивать возможность непрерывного наведения узконаправленного микроволнового/ММВ-луча из источника на приемник, особенно когда один из них или оба (и источник, и приемник) находятся в движении.

В данной области техники известно, что это достигается за счет использования отражателя, имеющего группу рассеивающих элементов, составляющих электромагнитную метаповерхность для отражения падающего микроволнового/ММВ-луча в требуемом направлении путем создания соответствующего фазового сдвига в падающем луче. 5

Также известно, что отражатель может быть выполнен с возможностью перестройки таким образом, чтобы отражение и направление падающего микроволнового/ММВ-луча можно было контролируемо изменять, обеспечивая возможность контролируемого изменения фазового сдвига, индуцируемого метаповерхностью падающего луча. Это можно обеспечить за счет горизонтальной и/или вертикальной поляризации падающего луча в зависимости от геометрии и размещения рассеивающих элементов. 10 15

Кроме того, известно, что такой перестраиваемый отражатель может быть динамически перестраиваемым, что обеспечивает возможность контролируемого изменения индуцируемого фазового сдвига в реальном времени.

Было бы полезно иметь динамически перестраиваемый отражатель микроволновых/миллиметровых волн, который можно будет довольно легко изготовить (например, при наличии относительно небольшого количества электрических и управляющих схем) и/или который мог бы быстро и точно перестраиваться. 20

25

КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ СУЩЕСТВА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Изобретение в некоторых вариантах осуществления относится к области электромагнитного излучения и, более конкретно, но не исключительно, к способу отражения микроволнового/ММВ-луча в требуемом направлении при помощи отражателя, имеющего в своем составе электромагнитную метаповерхность, и к отражателю микроволновых/миллиметровых волн, имеющему в своем составе электромагнитную метаповерхность. В некоторых вариантах осуществления отражатель может перестраиваться путем проецирования света (в некоторых вариантах осуществления проецируемый свет представляет собой изображение) на часть 30

отражателя, имеющую в своем составе светочувствительные компоненты. При контролируемом проецировании света задается некоторое значение определенного электрического параметра (например, емкости перехода) по меньшей мере одного из светочувствительных компонентов, причем значения электрического параметра светочувствительных компонентов в совокупности определяют фазовый сдвиг, который метаповерхность индуцирует в падающем микроволновом или ММВ-луче и который определяет направление отражения луча. 5

Согласно особенностям некоторых вариантов осуществления идей, изложенных в настоящем документе, предложен способ отражения микроволновых и/или миллиметровых волн (ММВ) в требуемом направлении, включающий: 10

- a. обеспечение поверхности, отражающей микроволновые и/или миллиметровые волны, которая содержит множество проводящих участков на поверхности диэлектрической подложки, каждый проводящий участок которой имеет электропроводное соединение по меньшей мере с одним светочувствительным электронным компонентом, имеющим электрический параметр, зависящий от параметра (предпочтительно интенсивности) света, облучающего светочувствительный компонент, при этом значения электрического параметра светочувствительных компонентов в совокупности определяют фазовый сдвиг, который поверхность отражения индуцирует в падающем микроволновом- или ММВ-луче, причем индуцированный фазовый сдвиг определяет направление, в котором отражается падающий луч; и 15 20
- b. облучение каждого светочувствительного компонента лучами с выбранным значением параметра света (например, с выбранной интенсивностью света) таким образом, чтобы было установлено значение электрического параметра, таким образом, индуцируется в падающем микроволновом/ММВ луче фазовый сдвиг для отражения упомянутого луча в требуемом направлении. 25

Согласно особенностям некоторых вариантов осуществления идей, изложенных в настоящем документе, также предложен перестраиваемый отражатель микроволновых и/или миллиметровых волн, включающий: 30

множество светочувствительных компонентов, имеющих электрический параметр, зависящий от некоторого параметра (предпочтительно интенсивности) света, облучающего светочувствительный компонент; и

поверхность, отражающую микроволновые/миллиметровые волны, включающую:

диэлектрическую подложку, образующую верхнюю диэлектрическую поверхность,

множество проводящих участков на верхней диэлектрической поверхности, каждый из которых имеет электропроводное соединение по меньшей мере с одним светочувствительным компонентом,

при этом значения электрического параметра светочувствительных компонентов в совокупности определяют фазовый сдвиг, который поверхность, отражающая микроволновые/миллиметровые волны, индуцирует в падающем микроволновом/ММВ-луче и который определяет направление отражения падающего луча.

Для способа и устройства предпочтительным параметром света является интенсивность света, но в некоторых вариантах осуществления этот параметр дополнительно или в соответствии с другим вариантом представляет собой какой-либо другой параметр, например, цвет света.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ФИГУР

Некоторые варианты осуществления изобретения описаны в настоящем документе со ссылкой на прилагаемые фигуры. Описание вместе с фигурами дают обычному специалисту в данной области техники наглядное представление о том, как могут быть реализованы на практике некоторые варианты осуществления изобретения. Фигуры предназначены для наглядного рассмотрения без каких-либо попыток представления структурных деталей вариантов осуществления в более подробном виде, чем это необходимо для общего представления об изобретении. Для наглядности некоторые объекты, показанные на фигурах, представлены без соблюдения масштаба.

На фигурах представлено:

ФИГ. 1А, 1В, 1С и 1D — схематическое представление примера варианта осуществления отражателя согласно идеям, изложенным в настоящем документе, который имеет четыре ряда по четыре проводящих участка: вид сверху (фигура 1А), вид сбоку по оси x (фигура 1В), вид сбоку по оси y в поперечном сечении (фигура 1С) и вид снизу (фигура 1D);

ФИГ. 2А и 2В — схематическое представление примера варианта осуществления отражателя согласно идеям, изложенным в настоящем документе,

который имеет четыре ряда по четыре проводящих участка: вид сбоку по оси у в поперечном сечении (фигура 2А) и вид снизу (фигура 2В);

ФИГ. 3А, 3В и 3С — схематическое представление трех вариантов отражателя, показанного на фигурах 1, с использованием обратного смещения PIN-диодов, вид снизу; 5

ФИГ. 4А, 4В и 4С — схематическое представление трех вариантов отражателя, показанного на фигурах 2, с использованием обратного смещения PIN-диодов, вид снизу;

ФИГ. 5А и 5В — схематическое представление примера варианта осуществления отражателя согласно идеям, изложенным в настоящем документе: вид сбоку по оси х (фигура 5А) и вид сбоку по оси у в поперечном сечении (фигура 5В); 10

ФИГ. 6 — схематическое представление отражателя согласно идеям, изложенным в настоящем документе, вид сверху, где проводящие участки размещены в гексагональной упаковке;

ФИГ. 7А и 7В — схематическое представление перестройки отражателя согласно идеям, изложенным в настоящем документе, с изображением, генерируемым светодиодной матрицей; 15

ФИГ. 8А и 8В — схематическое представление перестройки отражателя согласно идеям, изложенным в настоящем документе, с изображением, генерируемым проектором; 20

ФИГ. 9 — схематическое представление отражателя согласно идеям, изложенным в настоящем документе, с ЖК-экраном в качестве облучающего компонента; и

ФИГ. 10А и 10В — схематическое представление отражателей согласно идеям, изложенным в настоящем документе, каждый из которых состоит из нескольких различных диэлектрических подложек. 25

ОПИСАНИЕ НЕКОТОРЫХ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение в некоторых вариантах осуществления относится к способу отражения микроволновых/миллиметровых волн в требуемом направлении с помощью отражателя, который содержит электромагнитную метаповерхность, и к отражателю микроволновых/миллиметровых волн, который содержит электромагнитную метаповерхность. В некоторых вариантах осуществления отражатель может перестраиваться путем проецирования света (в некоторых вариантах 30

осуществления проецируемый свет представляет собой изображение) на часть отражателя, имеющую в своем составе светочувствительные компоненты. Обычно, но не обязательно, эта часть находится на задней стороне отражателя. При контролируемом проецировании света задается некоторое значение определенного электрического параметра по меньшей мере одного из светочувствительных 5 компонентов, причем значения электрического параметра светочувствительных компонентов в совокупности определяют фазовый сдвиг, который метаповерхность индуцирует в падающем микроволновом- или ММВ-луче и который определяет направление отражения луча. Поскольку перестройка осуществляется беспроводным способом путем проецирования света на часть отражателя, в некоторых вариантах 10 осуществления отражатель относительно прост в изготовлении, а перестройка происходит относительно быстро и точно.

Принципы, использование и варианты осуществления идей изобретения могут быть лучше поняты при обращении к прилагаемому описанию и прилагаемым 15 фигурам. После внимательного изучения описания и фигур, представленных в настоящем документе, специалист в данной области техники сможет реализовать идеи изобретения не прилагая чрезмерных усилий и без проведения трудоемких экспериментов. На всех фигурах одинаковые номера позиций относятся к одинаковым 20 деталям.

Прежде чем приступить к подробному рассмотрению хотя бы одного варианта осуществления изобретения, следует понимать, что изобретение не обязательно ограничивается в своем применении деталями конструкции и размещением 25 компонентов и/или способами, изложенными в настоящем документе. Изобретение допускает другие варианты осуществления, которые либо могут быть реализованы на практике, либо могут быть выполнены различными способами. Формулировки и терминология, используемые в настоящем документе, предназначены для наглядного описания и не должны рассматриваться как ограничивающие.

Как известно из области техники получения и использования метаповерхностей, 30 отражающая метаповерхность отражателя микроволновых/миллиметровых волн может быть разделена на единичные элементы и каждый единичный элемент может содержать, по меньшей мере, часть проводящего участка (например, единичный элемент может содержать один проводящий участок или может состоять из двух

половин двух разных проводящих участков), при этом резонанс каждого единичного элемента зависит от таких факторов, как физические размеры единичного элемента, свойства диэлектрической поверхности, геометрия и размеры компонентов/частей проводящего участка и электрические параметры электронных компонентов, имеющих электрическое соединение с проводящим участком или участками. Резонанс единичных элементов, составляющих в совокупности метаповерхность, определяют фазовый сдвиг, который метаповерхность индуцирует в падающем микроволновом/ММВ-луче и который определяет направление отражения луча. 5

Отражатель, согласно идеям, изложенным в настоящем документе, имеет метаповерхность, отражающую микроволновые/миллиметровые волны, которая содержит группу проводящих участков, размещенных на диэлектрической поверхности, причем эти участки выполняют функцию рассеивающих элементов метаповерхности. Каждый проводящий участок имеет электропроводное соединение по меньшей мере с одним светочувствительным электронным компонентом. Каждый светочувствительный компонент имеет электрический параметр (например, емкость, фазу, диэлектрическую проницаемость, индуктивность), который зависит от некоторого параметра (предпочтительно интенсивности) света, облучающего светочувствительный электронный компонент. Когда конкретный светочувствительный компонент облучается светом, имеющим заданное значение некоторого параметра (например, интенсивности), электрический параметр светочувствительного компонента принимает значение, соответствующее данному значению параметра света. Значение электрического параметра (например, емкости) светочувствительного компонента влияет на резонанс одного или нескольких проводящих участков, имеющих электропроводное соединение с этим светочувствительным компонентом. 10 15 20 25

Поскольку отражательные свойства метаповерхности (например, направление, в котором отражается падающий микроволновый/ММВ-луч) определяются резонансом единичных элементов, а резонансы единичных элементов частично определяются значением параметра (предпочтительно, интенсивности) света, который облучает все светочувствительные компоненты, в настоящем документе было установлено и раскрыто, что, согласно идеям, изложенным в настоящем документе, отражатель можно перестраивать путем проецирования света на светочувствительные компоненты. Множество световых лучей с выбранными значениями одного или нескольких параметров света (например, интенсивности), облучающих каждый 30

светочувствительный компонент в любой отдельный момент времени, в целом можно рассматривать как изображение. Таким образом, в некоторых вариантах осуществления отражательные свойства отражателя согласно идеям, изложенным в настоящем документе, определяются тем, какое изображение проецируется на светочувствительные компоненты.

5

Путем облучения светочувствительных компонентов с использованием правильного сочетания интенсивностей света (например, правильного изображения), отражатель перестраивается на отражение падающего микроволнового/ММВ-луча в требуемом направлении, например, падающий луч, который взаимодействует с метаповерхностью при заданных углах падения по оси x и по оси y , может отражаться от метаповерхности под выбранным углом по оси x и/или углом по оси y . В двух словах, путем управления светом, облучающим светочувствительные компоненты, на отражателе создается метаповерхность, имеющая требуемые свойства отражения лучей. Поскольку перестройка отражателя осуществляется беспроводным способом, в некоторых вариантах осуществления изобретения конструкция отражателя согласно идеям, изложенным в настоящем документе, может быть относительно простой. В некоторых вариантах осуществления для управления направлением отражения падающего луча требуется относительно немного проводов, электрических цепей или плат, либо они совсем не требуются.

10

15

В некоторых вариантах осуществления отражатель, согласно идеям, изложенным в настоящем документе, может быть установлен для приема падающего луча (например, от источника микроволнового/ММВ излучения или от другого отражателя) и для направления исходящего отраженного луча на приемник (например, на приемник или на другой отражатель). Путем выбора правильной комбинации интенсивностей света (например, изображения) для облучения светочувствительных компонентов с целью получения метаповерхности, имеющей требуемые свойства отражения, падающий луч отражается в требуемом направлении, например, на приемник, даже если источник или приемник находятся в движении. Кроме того, при установке конкретного отражателя негативные последствия неизбежных производственных дефектов (такими негативными последствиями могут быть, например, рассеивание отраженного луча, деструктивная интерференция при взаимодействии с подложкой, увеличение боковых лепестков отраженного луча за счет основного лепестка и потери в цепях постоянного тока) можно компенсировать соответствующим облучением светочувствительных компонентов.

20

25

30

Дополнительно или в соответствии с некоторыми другими вариантами осуществления, отдельный отражатель используется в качестве компонента системы мультиплексирования, например, для отражения луча от одного источника на два или более различных приемников, для отражения лучей от двух или более приемников на один приемник или для отражения лучей от двух или более разных источников на два или более разных приемников. 5

Дополнительно или в соответствии с некоторыми другими вариантами осуществления, способы отражения и отражатели согласно идеям, изложенным в настоящем документе, используются для формирования луча. 10

Способ отражения микроволновых/миллиметровых волн

Таким образом, согласно особенностям некоторых вариантов осуществления идей, изложенных в настоящем документе, предложен способ отражения микроволновых и/или миллиметровых волн в требуемом направлении, который включает в себя: 15

- a. получение поверхности, отражающей микроволновые и/или миллиметровые волны, которая содержит группу проводящих участков на поверхности диэлектрической подложки, каждый проводящий участок которой имеет электропроводное соединение по меньшей мере с одним светочувствительным электронным компонентом, имеющим электрический параметр, зависящий от определенного параметра (предпочтительно интенсивности) света, облучающего светочувствительный компонент, при этом значения электрического параметра светочувствительных компонентов в совокупности определяют фазовый сдвиг, который поверхность отражения индуцирует в падающем микроволновом/ММВ-луче и который определяет направление отражения падающего луча; и 20 25
- b. облучение каждого светочувствительного компонента лучами с выбранным значением параметра света (например, с выбранной интенсивностью света) таким образом, чтобы было установлено значение электрического параметра, требуемое для индуцирования фазового сдвига в падающем микроволновом/ММВ-луче, чтобы луч отразился в нужном направлении. В предпочтительных вариантах поверхность диэлектрической подложки является плоской. 30

В некоторых вариантах осуществления отражатель, согласно идеям, изложенным в настоящем документе, содержит печатную плату, имеющую

поверхность, отражающую микроволновые и/или миллиметровые волны. В соответствии с некоторыми другими вариантами осуществления, отражатель, согласно идеям, изложенным в настоящем документе, содержит интегральную схему, имеющую поверхность, отражающую микроволновые и/или миллиметровые волны.

Электрический параметр по меньшей мере одного светочувствительного компонента, подключенного к конкретному проводящему участку, зависящему от некоторого параметра (например, интенсивности) света, облучающего светочувствительный компонент, представляет собой любой подходящий электрический параметр, который изменяет резонанс единичного элемента, частью которого является проводящий участок. Это, в свою очередь, влияет на фазовый сдвиг, который проводящий участок индуцирует в падающем микроволновом/миллиметровом луче. В некоторых вариантах осуществления электрический параметр, который зависит от некоторого параметра (например, интенсивности) света, облучающего светочувствительный компонент, выбран из группы, состоящей из емкости, фазы, диэлектрической проницаемости, индуктивности и их комбинаций.

Может использоваться любой подходящий светочувствительный компонент. В некоторых вариантах осуществления светочувствительный компонент выбран из группы, состоящей из PN-диода, PIN-диода, PPD (обедненного фотодиода), CCD (устройства с зарядовой связью), фоторезистора, фототранзистора и фотодиода с барьером Шоттки. В некоторых вариантах осуществления, в которых отражатель содержит печатную плату, один или несколько светочувствительных компонентов представляют собой физически обособленный электронный компонент, функционально связанный с диэлектрической платой во время сборки отражателя. В некоторых вариантах осуществления, в которых отражатель содержит интегральную схему, один или несколько светочувствительных компонентов напечатаны на поверхности кристалла из полупроводникового материала, например, из кремния, карбида кремния, нитрида галлия, графена или арсенида галлия (GaAs).

Облучающий свет представляет собой любой подходящий свет и определяется в основном характеристиками и свойствами конкретного используемого светочувствительного компонента. Обычно облучающий свет включает в себя, а в некоторых вариантах осуществления состоит из света, имеющего длину волны от 400 мкм до 2000 мкм.

В некоторых вариантах осуществления способ реализован таким образом, что отражатель имеет только два возможных состояния: либо одновременное облучение светом всех светочувствительных компонентов (полностью белое изображение, в некоторых вариантах осуществления с некоторым заранее заданным изменением интенсивности, в некоторых вариантах осуществления все светочувствительные компоненты облучены с одинаковой интенсивностью света), либо полное отсутствие облучения всех светочувствительных компонентов (полностью черное изображение). В некоторых таких вариантах осуществления способ можно рассматривать как использование отражателя в качестве триггера или переключателя. 5

В некоторых вариантах осуществления способ реализован таким образом, что отражатель имеет только четыре возможных состояния: полное отсутствие облучения всех светочувствительных компонентов (полностью черное изображение), либо облучение всех светочувствительных компонентов с одной интенсивностью света, выбранной из группы, состоящей из около 33 %, около 66 % и 100 % интенсивности. 10

Относительная пространственная ориентация светочувствительных компонентов друг относительно друга является любой подходящей относительной пространственной ориентацией. В некоторых предпочтительных вариантах осуществления светочувствительные компоненты размещены на поверхности (в некоторых предпочтительных вариантах осуществления — на плоской поверхности), и облучение светочувствительных компонентов светом заключается в проецировании изображения на поверхность таким образом, чтобы каждый из светочувствительных компонентов облучался с соответствующим выбранным значением параметра (например, интенсивности) света. В некоторых таких вариантах осуществления облучающий свет можно рассматривать как изображение, состоящее из пикселей, каждый из которых соответствует определенному светочувствительному компоненту. 15 20 25

В некоторых вариантах осуществления проводящие участки электрически изолированы друг от друга за исключением одного или нескольких светочувствительных компонентов.

В некоторых вариантах осуществления группа проводящих участков размещена на поверхности (в некоторых предпочтительных вариантах осуществления — на плоской поверхности) диэлектрической подложки (например, печатной платы или кристалла) в виде двумерной матрицы, имеющей n рядов по m проводящих участков в каждом ряду, где n и m являются целыми числами не менее 2, не менее 4, не менее 5, не менее 6, не менее 8 и даже не менее 9. В некоторых таких вариантах осуществления 30

m и n равны. В соответствии с некоторыми другими вариантами осуществления, m и n не равны.

В некоторых вариантах осуществления, в которых проводящие участки размещены рядами на поверхности диэлектрической подложки, соседние участки в одном и том же ряду имеют электропроводное соединение через светочувствительные компоненты и электрически изолированы от проводящих участков в других рядах. Такие варианты осуществления рассмотрены более подробно со ссылкой на фигуры 1A–1D, 3A–3C и 5A–5B. 5

В соответствии с некоторыми другими вариантами осуществления отражатель дополнительно содержит проводящий компонент заземления, и каждый светочувствительный компонент имеет электропроводное соединение с одним проводящим участком и с проводящим компонентом заземления. В некоторых предпочтительных вариантах проводящий компонент заземления представляет собой плавающее заземление. Такие варианты осуществления рассмотрены более подробно со ссылкой на фигуры 2A–2B и 4A–4C. 10 15

Согласно идеям, изложенным в настоящем документе, способ может быть реализован с использованием любого подходящего устройства или комбинации устройств. Согласно идеям, изложенным в настоящем документе, в некоторых предпочтительных вариантах осуществления способ реализуется с использованием отражателя. 20

Отражатель

Согласно идеям, изложенным в настоящем документе, отражатель представляет собой отражатель микроволновых и/или миллиметровых волн, который включает в себя диэлектрическую поверхность, на которой размещена группа проводящих участков, при этом каждый проводящий участок имеет электропроводное соединение не менее чем с одним светочувствительным компонентом, имеющим электрический параметр, зависящий от определенного параметра (например, интенсивности) света, облучающего светочувствительный компонент. Изменение значений параметра света, облучающего светочувствительные компоненты, меняет отражательные свойства отражателя согласно идеям, изложенным в настоящем документе. 25 30

Таким образом, согласно особенностям некоторых вариантов осуществления идей, изложенных в настоящем документе, также предложен перестраиваемый

отражатель микроволновых и/или миллиметровых (ММВ) волн, который включает в себя:

группу светочувствительных компонентов, имеющих электрический параметр, зависящий от некоторого параметра (предпочтительно интенсивности) света, облучающего светочувствительный компонент; и
поверхность, отражающую микроволновые/миллиметровые волны, включающую в себя:

диэлектрическую подложку, образующую верхнюю диэлектрическую поверхность,

группу проводящих участков на верхней диэлектрической поверхности, каждый из которых имеет электропроводное соединение по меньшей мере с одним светочувствительным компонентом,

при этом значения электрического параметра светочувствительных компонентов в совокупности определяют фазовый сдвиг, который поверхность, отражающая микроволновые/миллиметровые волны, индуцирует в падающем микроволновом/ММВ-луче и который определяет направление отражения падающего луча. В предпочтительном варианте проводящие участки на верхней диэлектрической поверхности физически отделены друг от друга. В предпочтительных вариантах верхняя диэлектрическая поверхность является плоской.

Слово «верхний» в термине «верхняя диэлектрическая поверхность» обязательно указывает ориентацию, а добавляется только для того, чтобы описание отражателя было понятным для обычного специалиста в данной области техники.

Диэлектрическая подложка

Диэлектрическая подложка представляет собой любую подходящую диэлектрическую подложку.

В некоторых вариантах осуществления диэлектрическая подложка представляет собой плату (например, печатную плату), имеющую первую плоскую поверхность, которая представляет собой верхнюю диэлектрическую поверхность отражателя, и вторую плоскую поверхность, которая представляет собой нижнюю плоскую поверхность платы. В некоторых вариантах осуществления вторая плоская поверхность представляет собой нижнюю поверхность отражателя. В соответствии с некоторыми другими вариантами осуществления вторая плоская поверхность не является нижней поверхностью отражателя. Расстояние между двумя поверхностями

(толщина диэлектрической подложки) представляет собой любое подходящее расстояние. В некоторых таких вариантах осуществления диэлектрическая подложка имеет толщину не менее 0,1 мм и не более 10 мм. В экспериментальной части описан отражатель, имеющий диэлектрическую подложку толщиной 508 мкм.

В некоторых вариантах осуществления диэлектрическая подложка представляет собой кристалл из полупроводникового материала, например, из кремния или из GaAs (известных в области техники производства интегральных схем). В таких предпочтительных вариантах осуществления одна сторона кристалла представляет собой отражающую поверхность, на которой расположена группа проводящих участков, другая сторона представляет собой поверхность, на которой расположены светочувствительные компоненты (например, фотодиоды GaAs на подложке GaAs), при этом конкретный проводящий участок имеет электропроводное соединение с конкретным светочувствительным компонентом любым подходящим способом, например, с использованием переходных отверстий в кремнии или переходных отверстий в GaAs (TSV/TGV). Такие варианты осуществления могут быть выполнены с использованием стандартных технологий производства интегральных схем. В таких вариантах осуществления полупроводниковый материал представляет собой любой подходящий материал такого рода, например, кремний, германий или GaAs. Толщина кристалла представляет собой любую подходящую толщину, известную в области техники производства интегральных схем на данный момент, от примерно 275 мкм до примерно 925 мкм, преимущественно от 375 мкм до 675 мкм, например, 375 мкм, 525 мкм или 625 мкм, в зависимости от требуемой рабочей частоты.

Светочувствительные компоненты

Как обсуждалось выше, подходящим светочувствительным компонентом является светочувствительный компонент, имеющий подходящий электрический параметр, значение которого зависит от некоторого параметра (предпочтительно интенсивности) света, облучающего светочувствительный компонент. Подходящим электрическим параметром является электрический параметр, значение которого влияет на резонанс единичного элемента, частью которого является проводящий участок, имеющий электропроводное соединение со светочувствительным компонентом. В некоторых вариантах осуществления электрический параметр, зависящий от параметра света, облучающего светочувствительный компонент, выбран

из группы, состоящей из емкости, фазы, диэлектрической проницаемости, индуктивности и их комбинаций.

Может использоваться любой подходящий светочувствительный компонент. В некоторых вариантах осуществления светочувствительный компонент выбран из группы, состоящей из PN-диода, PIN-диода, PPD, CCD, фоторезистора, фототранзистора и фотодиода с барьером Шоттки. 5

В предпочтительных вариантах осуществления светочувствительные компоненты выбраны из группы, состоящей из PN-диодов и PIN-диодов.

В некоторых вариантах осуществления светочувствительные компоненты изготавливаются на поверхности кристалла из полупроводникового материала обычным способом производства интегральных схем. В некоторых таких вариантах осуществления диэлектрическая подложка представляет собой кристалл из полупроводникового материала, на одной стороне которого расположены светочувствительные компоненты, а на противоположной стороне – отражательные участки, причем как светочувствительные компоненты, так и отражательные участки предпочтительно выполнены на соответствующей поверхности обычным способом производства интегральных схем. В некоторых таких вариантах осуществления диэлектрическая подложка представляет собой кристалл из полупроводникового материала, на одной стороне которого расположены как светочувствительные компоненты, так и отражательные участки, при этом как светочувствительные компоненты, так и отражательные участки предпочтительно выполнены на одной и той же поверхности обычным способом производства интегральных схем. 10 15 20

В вариантах осуществления, в которых диэлектрической подложкой является печатная плата, коммерчески доступные светочувствительные компоненты, которые подходят для реализации одного или нескольких вариантов осуществления идей, изложенных в настоящем документе, включают кремниевый PIN-фотодиод SFH 2704 производства компании OSRAM Opto Semiconductors GmbH (Регенсбург, Германия) и кремниевый PIN-фотодиод BPV10 производства Vishay Semiconductors (Малверн, Пенсильвания, США). 25

В некоторых вариантах осуществления светочувствительные компоненты работают без смещения, например, светочувствительные компоненты представляют собой PIN- или PN-диоды с разомкнутой цепью. Такие варианты осуществления рассмотрены более подробно со ссылкой на фигуры 1A–1D, 2A–2B и 5A–5B. В PN- или PIN-диодах с разомкнутой цепью падающий свет соответствующей длины волны 30

вызывает движение электронов и дырок к N- и P-сторонам перехода, сужая область обеднения и тем самым увеличивая емкость перехода C_j . Чем ближе длина волны света к идеальной (в соответствии с квантовой эффективностью светочувствительного компонента) и чем выше интенсивность света, тем больше емкость перехода C_j .

В соответствии с некоторыми другими вариантами осуществления светочувствительные компоненты работают с обратным смещением, например, светочувствительные компоненты представляют собой PIN- или PN-диоды с обратным смещением. Такие варианты осуществления рассмотрены более подробно со ссылкой на фигуры 3A–3C и 4A–4C. Когда PN- или PIN-диод смещен в обратном направлении, динамический диапазон емкости перехода C_j увеличивается. В некоторых вариантах осуществления PIN-диоды являются более предпочтительными, чем PN-диоды, так как PIN-диоды быстрее реагируют на изменение облучения, чем PN-диоды, при воздействии света (порядка нескольких десятков ГГц), также PIN-диоды имеют лучший длинноволновый отклик и более высокие характеристики квантовой эффективности, чем у PN-диодов. PIN-диоды обычно имеют квантовую эффективность 50–90 % в видимой (кремниевый PIN-фотодиод) и в ближней ИК-области (InGaAs PIN-фотодиод).

В вариантах осуществления, в которых светочувствительными компонентами являются PN- или PIN-диоды, может использоваться материал для диодов любого подходящего типа. В некоторых вариантах осуществления более предпочтительными являются кремниевые диоды, так как они имеют высокую квантовую эффективность, но только при облучении с длинами волн менее 1100 нм, например 400–950 нм. В других предпочтительных вариантах осуществления более предпочтительными являются диоды Ge, GaAs или InGaAs, в особенности, PIN-диоды, так как они имеют крайне быстрое время отклика при облучении с длинами волн 1300–1500 нм. В некоторых вариантах осуществления, в которых диэлектрическая подложка представляет собой кристалл полупроводникового материала, светочувствительные компоненты предпочтительно содержат или состоят из германия, GaAs или InGaAs. В таких вариантах осуществления площадь поверхности, которую каждый светочувствительный компонент занимает на поверхности кристалла, обычно составляет примерно не более $0,01 \text{ мм}^2$ (соответствует квадрату размером $100 \times 100 \text{ мкм}$).

фотоприемник	длина волны [нм]	чувствительность [А/Вт]	темновой ток [нА]	время нарастания [нс]
Кремниевый PIN-фотодиод	550–850	0,41–0,7	1–5	5–10
Кремниевый PIN-фотодиод	850–950	0,6–0,8	10	0,070
InGaAs PIN- фотодиод	1310–1550	0,85	0,5–1,0	0,005–5
Лавинный InGaAs- фотодиод	1310–1550	0,80	30	0,100
Германиевый фотодиод	1000–1500	0,70	1000	1–2

Таблица: Типичные характеристики фотоприемника

Вторая поверхность

Светочувствительные компоненты могут быть присоединены к другим компонентам отражателя любым подходящим способом. 5

В некоторых вариантах осуществления светочувствительные компоненты размещены на той же поверхности, что и отражательные участки.

В некоторых предпочтительных вариантах осуществления отражатель содержит вторую поверхность, на которой размещены светочувствительные компоненты. В некоторых таких вариантах осуществления вторая поверхность является плоской. В 10 таких предпочтительных вариантах осуществления плоская вторая поверхность параллельна верхней диэлектрической поверхности. В некоторых вариантах осуществления вторая плоская поверхность представляет собой нижнюю поверхность отражателя. В некоторых вариантах осуществления вторая поверхность представляет собой вторую диэлектрическую поверхность. 15

В некоторых альтернативных вариантах осуществления вторая поверхность, на которой размещены светочувствительные компоненты, выполнена из материала,

отличающегося от материала первой поверхности, на которой размещены отражательные участки.

Вторая диэлектрическая подложка

В некоторых вариантах осуществления вторая диэлектрическая поверхность 5 представляет собой поверхность второй диэлектрической подложки, которая отличается от диэлектрической подложки, из которой выполнена верхняя диэлектрическая поверхность.

В некоторых вариантах осуществления вторая диэлектрическая подложка представляет собой плату, имеющую первую плоскую поверхность, являющуюся 10 второй диэлектрической поверхностью отражателя, и верхнюю плоскую поверхность, являющуюся плоской верхней поверхностью платы. Расстояние между двумя поверхностями (толщина второй диэлектрической подложки) представляет собой любое подходящее расстояние. В некоторых таких вариантах осуществления диэлектрическая подложка имеет толщину не менее 0,1 мм и не более 10 мм. В 15 экспериментальной части описан отражатель, имеющий вторую диэлектрическую подложку толщиной 127 мкм.

Как отмечалось выше, в некоторых вариантах осуществления, в которых диэлектрическая подложка представляет собой кристалл из полупроводникового материала, первая диэлектрическая поверхность представляет собой первую 20 (переднюю) отражающую поверхность кристалла, а вторая диэлектрическая поверхность представляет собой противоположную (заднюю) поверхность кристалла, на которой размещены светочувствительные компоненты.

Проводящий компонент заземления

25

В некоторых вариантах осуществления отражатель содержит проводящий компонент заземления.

В некоторых вариантах осуществления диэлектрическая подложка и вторая диэлектрическая подложка разделены таким проводящим компонентом заземления. В некоторых таких вариантах осуществления компонент заземления представляет собой 30 плоский компонент (например, слой проводящего материала), который контактирует с плоской нижней поверхностью диэлектрической подложки и плоской верхней поверхностью второй диэлектрической подложки. В некоторых таких вариантах осуществления толщина компонента заземления составляет не менее 1 мкм и не более

200 мкм. В экспериментальной части описан отражатель, имеющий плоский проводящий компонент заземления толщиной 50 мкм.

В некоторых вариантах осуществления проводящий компонент заземления выполнен с возможностью заземления во время работы отражателя. В предпочтительных вариантах проводящий компонент заземления не заземляется во время работы отражателя. В некоторых предпочтительных вариантах проводящий компонент заземления выполнен в виде плавающего заземления. Варианты осуществления отражателя, имеющего плавающий компонент заземления, представлены, в частности, на фигурах 1А–1D и 2А–2В. 5

В некоторых вариантах осуществления по меньшей мере некоторые из проводящих участков имеют электропроводное соединение не менее чем с одним из светочувствительных компонентов через проводник, который проходит через диэлектрическую подложку, проводящий компонент заземления и вторую диэлектрическую подложку без электрического контакта с проводящим компонентом заземления. В некоторых таких вариантах осуществления диэлектрическая подложка и вторая диэлектрическая подложка представляют собой печатные платы, а проводящие компоненты, которые проходят через диэлектрическую подложку, проводящий компонент заземления и вторую диэлектрическую подложку, являются переходными перемычками. Такой вариант осуществления представлен, в частности, на фигурах 1 и 2. 10 15 20

Проводящие участки

Проводящие участки могут быть изготовлены любым подходящим способом, иметь любую подходящую геометрию, любое подходящее размещение, любой подходящий размер и быть в любом подходящем количестве, которые известны специалисту в области техники получения и использования метаповерхностей. 25

В некоторых предпочтительных вариантах проводящие участки представляют собой слой проводящего материала на верхней диэлектрической поверхности диэлектрической подложки. В некоторых таких вариантах осуществления, например, в которых устройство выполнено в виде печатной платы, проводящие участки изготовлены из проводящего материала толщиной от 1 до 200 мкм, предпочтительно от 50 до 100 мкм. В экспериментальной части описан отражатель с проводящими участками из меди толщиной 50 мкм. 30

В некоторых других предпочтительных вариантах осуществления, в которых устройство реализовано в виде интегральной схемы, проводящие участки представляют собой слой проводящего материала на (передней) поверхности кристалла, имеющий любые подходящие размеры и любую подходящую толщину, которые известны в области техники производства интегральных схем. В таких вариантах осуществления толщина проводящих участков обычно составляет примерно от 1 мкм до 100 мкм, предпочтительно примерно от 10 мкм до 50 мкм, например, примерно от 20 мкм до 40 мкм, например, толщина примерно 35 мкм. 5

Как отмечалось выше, предпочтительно проводящие участки физически отделены друг от друга на верхней диэлектрической поверхности. Расстояние между любыми двумя соседними участками может быть любым подходящим расстоянием. В некоторых вариантах проводящие участки находятся друг от друга на расстоянии не менее 1 нм (7 радиусов атомов меди) и не более 5000 мкм в зависимости от предусмотренной частоты работы отражателя. Как известно специалисту в области техники получения и использования метаповерхностей, расстояние разделения влияет на резонанс единичных элементов отражателя и обычно определяется расчетной рабочей частотой отражателя. В экспериментальной части описаны отражатели, в которых соседние проводящие участки расположены на расстоянии 0,24 мкм. В некоторых вариантах осуществления отражатель может иметь разные расстояния для разных проводящих участков, как известно в области техники получения и использования метаповерхностей, см., например, статью Litmanovitch, Rothshild и Abramovich в журнале Chinese Optics Letters 2017, 15(1), 011101. 10 15 20

Проводящие участки могут быть изготовлены любым подходящим способом из любого подходящего материала, предпочтительно из металла. В некоторых вариантах осуществления, в которых устройство изготовлено с использованием технологии производства печатных плат, проводящие участки изготавливают, например, обычным способом, известным в области техники производства печатных плат, путем травления (химического, механического, лазерного) медной фольги на верхней поверхности печатной платы или методом парофазного осаждения. В некоторых вариантах осуществления, в которых устройство изготовлено с использованием технологии производства интегральных схем, проводящие участки изготавливают обычным способом изготовления интегральных схем, включая, необязательно, защитный слой, используя любую подходящую технологию для получения, например, защитного слоя из золота, алюминия или серебра. 25 30

Проводящие участки имеют любой подходящий размер. В некоторых вариантах осуществления все проводящие участки отражателя составляют примерно 5 % площади одной поверхности (в плоскости x-y верхней диэлектрической поверхности), более предпочтительно примерно 3 % площади одной поверхности. В некоторых альтернативных вариантах осуществления один отражатель включает в себя проводящие участки разных размеров, см., например, статью Litmanovitch, Rothshild и Abramovich в журнале Chinese Optics Letters 2017, 15(1), 011101. 5

Конкретный проводящий участок и связанный с ним единичный элемент могут иметь любой подходящий размер. Как известно специалисту в области техники получения и использования метаповерхностей, размер единичного элемента обычно определяет длину волны микроволновых/миллиметровых волн, которые могут эффективно отражаться отражателем. Связь длины волны с размером проводящего участка или единичного элемента более подробно рассмотрена ниже. 10

В некоторых вариантах осуществления каждый проводящий участок занимает площадь поверхности примерно не менее $0,25 \text{ мм}^2$ (соответствует квадратному участку $0,5 \times 0,5 \text{ мм}$) и не более 100 мм^2 (соответствует квадратному участку $10 \times 10 \text{ мм}$) верхней поверхности диэлектрика. В некоторых вариантах осуществления каждый проводящий участок занимает площадь поверхности примерно не менее 1 мм^2 (соответствует квадратному участку $1 \times 1 \text{ мм}$) верхней диэлектрической поверхности. В некоторых вариантах осуществления каждый проводящий участок занимает площадь поверхности не более 25 мм^2 (соответствует квадратному участку $5 \times 5 \text{ мм}$) верхней диэлектрической поверхности. В экспериментальной части описан отражатель с квадратными проводящими участками размером $1,36 \times 1,36 \text{ мм}$. 15 20

Форма проводящего участка 25

Проводящие участки могут быть любой подходящей формы, известной специалисту в области техники получения и использования метаповерхностей, в том числе квадратные, прямоугольные, многоугольные, круглые, крестообразные, звездообразные, в форме иерусалимского креста, в форме кольца с прорезью (например, резонаторы в виде кольца с прорезью, резонаторы в виде двойного кольца с прорезью, квадратные, круглые) и участки сетчатой формы. В некоторых вариантах осуществления все проводящие участки отражателя имеют одинаковую форму. В соответствии с некоторыми другими вариантами осуществления один отражатель может содержать проводящие участки различной формы. 30

В некоторых вариантах осуществления проводящие участки имеют в основном квадратную форму, имеющую размер по ширине в диапазоне примерно 10 % от размера по длине, с четырьмя внутренними углами примерно $90^\circ \pm 3^\circ$, и, более предпочтительно, квадратную форму, имеющую размер по ширине в диапазоне примерно 2 % от размера по длине, с четырьмя внутренними углами примерно $90^\circ \pm 1^\circ$. 5

Количество проводящих участков

Количеством проводящих участков может быть любое подходящее количество участков, известное специалисту в области техники получения и использования метаповерхностей. В некоторых вариантах осуществления отражатель включает не менее четырех участков, не менее шестнадцати участков, не менее 25, не менее 36, не менее 64 и даже не менее 81 участка. На фигурах 1A–1D и 2A–2B представлены отражатели, каждый из которых имеет 16 проводящих участков. В экспериментальной части описан отражатель, имеющий 256 проводящих участков. 15

Размещение проводящих участков на поверхности

Проводящие участки размещены на верхней диэлектрической поверхности любым подходящим способом, известным специалисту в области техники получения и использования метаповерхностей. 20

В некоторых вариантах осуществления проводящие участки размещены на верхней диэлектрической поверхности в виде двумерной матрицы, имеющей n рядов, причем каждый ряд содержит m проводящих участков, где n и m являются целыми числами не менее 2 (квадратная упаковка). На фигурах 1A–1D и 2A–2B представлены отражатели, каждый из которых имеет 16 проводящих участков, размещенных в четыре ряда по четыре участка в каждом. В экспериментальной части описан отражатель, имеющий 16 рядов по 16 участков в каждом. 25

В некоторых других вариантах осуществления проводящие участки размещены в гексагональной упаковке на верхней диэлектрической поверхности, в некоторых таких вариантах осуществления участки имеют круглую форму. На фигуре 6 схематически представлен отражатель, имеющий круглые проводящие участки, размещенные в гексагональной упаковке. 30

Другие варианты осуществления, имеющие другие подходящие способы размещения проводящих участков, не описаны для краткости.

Размер отражающей поверхности

Размер отражающей поверхности отражателя представляет собой любой подходящий размер, обычно определяемый длиной волны, которая должна отражаться, а также размером, количеством, размещением и расстоянием между единичными элементами и проводящими участками, что известно специалисту в области техники получения и использования метаповерхностей. По существу, для отражения микроволновых/миллиметровых волн, имеющих длину волны λ_0 , размеры отражающей поверхности предпочтительно составляют примерно не менее $10 \lambda_0$, причем чем больше размеры отражателя, тем лучше его характеристики. Кроме того, для эффективного отражения микроволновых или миллиметровых волн, имеющих длину волны λ_0 , единичный элемент и проводящие участки отражателя предпочтительно должны иметь размеры на плоскости (размеры по осям x и y , которые находятся в плоскости верхней диэлектрической поверхности (передней стороны)), которые составляют примерно не более $0,25 \lambda_0$, предпочтительно примерно от $0,10 \lambda_0$ до $0,25 \lambda_0$.

На фигурах 1А–1D и 2А–2В представлены примеры отражателей, имеющих шестнадцать квадратных проводящих участков размером $1,36 \times 1,36$ мм, размещенных в виде квадратной матрицы 4×4 , при этом соседние участки находятся на расстоянии $0,24$ мм друг от друга, так что отражающая поверхность представляет собой квадрат размером $6,4 \times 6,4$ мм. При таких размерах отражатели, представленные на фигурах 1А–1D и 2А–2В, не обязательно являются реальными отражателями, а представляют собой упрощенные чертежи, дающие возможность понять некоторые аспекты изобретения. В экспериментальной части описан отражатель, имеющий 256 квадратных проводящих участков размером $1,36 \times 1,36$ мм, размещенных в виде квадратной матрицы 16×16 , при этом соседние участки находятся на расстоянии $0,24$ мм друг от друга, так что отражающая поверхность представляет собой квадрат размером $25,6 \times 25,6$ мм.

В некоторых вариантах осуществления идеи, изложенные в настоящем документе, ориентированы на отражение лучей микроволновых/миллиметровых волн, имеющих частоты примерно от 1 ГГц ($\lambda_0 = 330$ мм) до примерно 300 ГГц ($\lambda_0 = 1$ мм). На основании предпочтительных размеров отражающей поверхности, которые предпочтительно составляют примерно не менее $10 \lambda_0$, для излучения 300 ГГц отражающая поверхность предпочтительно имеет размеры примерно не менее 10 мм с проводящими участками, имеющими размеры примерно от $0,1$ мм до $0,25$ мм, в то время как для излучения 1 ГГц отражающая поверхность предпочтительно имеет

размеры примерно не менее 3300 мм с проводящими участками размером примерно от 33 мм до 82 мм. В некоторых предпочтительных вариантах отражатель изготавливают с использованием технологии печатных плат, где одна сторона печатной платы представляет собой отражающую поверхность, на которой размещены проводящие участки, тогда как на противоположной стороне такого же размера печатной платы размещены светочувствительные компоненты. Печатные платы размером примерно до 300 мм (например, квадратные печатные платы 300×300 мм или круглые печатные платы диаметром 300 мм) есть в широком коммерческом доступе и имеют размеры, подходящие для отражения лучей с длиной волны λ_0 от 1 мм (300 ГГц) до 30 мм (10 ГГц). Печатные платы большего размера менее доступны, более дорогие и для них может потребоваться прочная упаковка, чтобы снизить вероятность поломки и помочь в обеспечении достаточной плоскостности для использования.

В некоторых предпочтительных вариантах осуществления отражатель представляет собой полупроводниковый кристалл, изготовленный с использованием технологии производства интегральных схем, где одна сторона кристалла представляет собой отражающую поверхность, на которой размещены проводящие участки, тогда как на другой стороне кристалла такого же размера размещены светочувствительные компоненты. Как известно, кристаллы получают из полупроводниковых пластин стандартного размера. В настоящее время доступны следующие размеры полупроводниковых пластин: пластины диаметром 51 мм/толщиной 275 мкм; пластины диаметром 76 мм/толщиной 375 мкм; пластины диаметром 100 мм/толщиной 525 мкм; пластины диаметром 125 мм и 130 мм/толщиной 625 мкм; пластины диаметром 150 мм/толщиной 675 мкм; пластины диаметром 200 мм/толщиной 725 мкм; пластины диаметром 300 мм/толщиной 775 мкм и пластины диаметром 450 мм/толщиной 925 мкм.

Хорошо известно, например, что изготовление нескольких кристаллов из одной полупроводниковой пластины обеспечивает возможность получения отражателей небольшого размера согласно идеям, изложенным в настоящем документе, которые подходят для отражения коротковолновых/высокочастотных лучей. В соответствии с некоторыми другими вариантами осуществления, вся полупроводниковая пластина используется для изготовления одного кристалла, представляющего собой отражатель согласно идеям, изложенным в настоящем документе, например: пластина диаметром 51 мм для изготовления отражателя, подходящего для отражения лучей с длиной волны λ_0 примерно до 5 мм (60 ГГц); пластина диаметром 76 мм для изготовления

отражателя, подходящего для отражения лучей с длиной волны λ_0 примерно до 7 мм (43 ГГц); пластина диаметром 100 мм для изготовления отражателя, подходящего для отражения лучей с длиной волны λ_0 примерно до 10 мм (30 ГГц); пластина диаметром 125/130 мм для изготовления отражателя, подходящего для отражения лучей с длиной волны λ_0 примерно до 12 мм (25 ГГц); пластина диаметром 150 мм для изготовления отражателя, подходящего для отражения лучей с длиной волны λ_0 примерно до 15 мм (20 ГГц); пластина диаметром 200 мм для изготовления отражателя, подходящего для отражения лучей с длиной волны λ_0 примерно до 20 мм (15 ГГц); пластина диаметром 300 мм для изготовления отражателя, подходящего для отражения лучей с длиной волны λ_0 примерно до 30 мм (10 ГГц) и пластина диаметром 450 мм для изготовления отражателя, подходящего для отражения лучей с длиной волны λ_0 примерно до 45 мм (6 ГГц).

Составная отражающая поверхность 15

В некоторых вариантах осуществления электрическая подложка, на которой находится отражающая поверхность отражателя, согласно идеям, изложенным в настоящем документе, представляет собой отдельный физический блок, например, одну печатную плату или один полупроводниковый кристалл.

В соответствии с некоторыми другими вариантами осуществления, например, в тех случаях, когда требуется получить отражатель, способный эффективно отражать относительно низкочастотные/длинноволновые лучи (например, с длиной волны λ_0 от 300 мм (1 ГГц) до 45 мм (6 ГГц), когда это представляется более экономичным с учетом технических особенностей) и/или когда хрупкость/плоскостность плат или кристаллов большого размера имеет определенное значение, поверхность устройства, отражающего микроволновые/миллиметровые волны, содержит не менее двух разных электрических подложек, каждая из которых образует верхнюю электрическую поверхность, на которой размещена группа проводящих участков, например, не менее двух печатных плат или не менее двух полупроводниковых кристаллов. В предпочтительном варианте разные электрические подложки расположены в одной плоскости. Расстояние между любыми двумя разными электрическими подложками представляет собой любое подходящее расстояние и обычно определяется размером и размещением проводящих участков на двух подложках. Поскольку отражательные свойства электрических поверхностей каждой электрической подложки

контролируются облучением связанных светочувствительных компонентов, согласование отражательных свойств группы отдельных диэлектрических подложек для совместного функционирования в качестве единой отражающей поверхности является простой задачей. Такие варианты осуществления схематически представлены на фигурах 10А–10В, рассмотренных ниже.

5

Электропроводное соединение проводящих участков со светочувствительными компонентами

Каждый проводящий участок отражающей поверхности отражателя согласно идеям, изложенным в настоящем документе, имеет электропроводное соединение по меньшей мере с одним светочувствительным компонентом, имеющим электрический параметр, который зависит от определенного параметра света, облучающего светочувствительный компонент. Электропроводное соединение выполнено так, что изменение значения электрического параметра светочувствительного компонента в результате изменения облучения светочувствительного компонента приводит к изменению резонанса единичного элемента, включающего в себя светочувствительный компонент.

10

15

Электропроводное соединение одного проводящего участка с несколькими светочувствительными компонентами

20

В некоторых вариантах осуществления по меньшей мере 50 % проводящих участков имеют электропроводное соединение с двумя светочувствительными компонентами. Данный вариант осуществления обсуждается со ссылкой на фигуры 1А–1D, фигуры 3А–3С и фигуры 5А–5В.

25

В некоторых таких вариантах осуществления общее количество проводящих участков превышает общее количество светочувствительных компонентов.

В некоторых таких вариантах осуществления по меньшей мере 50 % проводящих участков имеют электропроводное соединение ровно с двумя светочувствительными компонентами.

30

В некоторых таких вариантах осуществления проводящие участки электрически изолированы друг от друга, за исключением светочувствительных компонентов.

В некоторых таких вариантах осуществления для проводящего участка, имеющего электропроводное соединение с двумя светочувствительными компонентами, соединение выполнено через противоположные стороны участка.

В некоторых таких вариантах осуществления для проводящего участка, имеющего электропроводное соединение с двумя светочувствительными компонентами (например, с PIN- или PN-диодами), участок имеет электропроводное соединение с анодом светочувствительного компонента (P-электродом PIN- или PN-диода) и с катодом другого светочувствительного компонента (N-электродом PIN- или PN-диода). 5

В некоторых таких вариантах осуществления проводящие участки размещены на верхней диэлектрической поверхности в виде двумерной матрицы, имеющей n рядов, при этом: 10

участки в ряду имеют электропроводное соединение с соседними участками в ряду через один светочувствительный компонент;

в каждом ряду имеются два крайних участка, имеющих электропроводное соединение с одним светочувствительным компонентом; 15

в каждом ряду имеется по меньшей мере один внутренний участок, при этом каждый такой внутренний участок имеет электропроводное соединение с анодом светочувствительного компонента и с катодом другого светочувствительного компонента; и 20

между любыми двумя рядами электропроводное соединение отсутствует. Такой вариант осуществления обсуждается со ссылкой на фигуры 1A–1D.

Электропроводное соединение одного проводящего участка с одним светочувствительным компонентом 25

В некоторых вариантах осуществления каждый из проводящих участков имеет электропроводное соединение с одним светочувствительным компонентом. Такой вариант осуществления обсуждается со ссылкой на фигуры 2A–2B.

В некоторых таких вариантах осуществления светочувствительный компонент содержит два контакта: первый контакт имеет электропроводное соединение с проводящим участком, а второй контакт имеет электропроводное соединение с проводящим компонентом заземления. В некоторых таких вариантах осуществления проводящие участки имеют электропроводное соединение друг с другом только через проводящий компонент заземления. 30

В некоторых таких вариантах осуществления анод светочувствительного компонента (например, PN- или PIN-диода) имеет электропроводное соединение с проводящим участком, а катод светочувствительного компонента имеет электропроводное соединение с проводящим компонентом заземления. В соответствии с некоторыми другими такими вариантами осуществления, катод светочувствительного компонента (например, PN- или PIN-диода) имеет электропроводное соединение с проводящим участком, а анод светочувствительного компонента имеет электропроводное соединение с проводящим компонентом заземления.

5

10

Обратное смещение

В некоторых вариантах осуществления светочувствительные компоненты находятся в разомкнутой цепи с проводящими участками и работают без смещения. Такие варианты осуществления рассмотрены со ссылкой на фигуры 1A–1D, фигуры 2A–2B и фигуры 5A–5B.

15

В некоторых альтернативных вариантах осуществления светочувствительные компоненты (например, PN- или PIN-диоды) смещены в обратном направлении. Такие варианты осуществления рассмотрены со ссылкой на фигуры 3A–3C и 4A–4C.

Облучающий модуль

20

В некоторых вариантах осуществления отражатель, согласно идеям, изложенным в настоящем документе, содержит облучающий модуль, выполненный с возможностью облучения светочувствительных компонентов отражателя облучающим светом, имеющим выбранное значение одного или нескольких параметров света, например, выбранные значения интенсивности и/или цвета и/или поляризации. В некоторых таких вариантах осуществления отражатель дополнительно содержит контроллер, функционально связанный с облучающим модулем для управления активацией облучающего модуля с целью управления отражательными свойствами поверхности, отражающей микроволновые/миллиметровые волны.

25

Как обсуждалось выше, согласно идеям, изложенным в настоящем документе, отражатель перестраивается путем облучения светочувствительных компонентов отражателя облучающим светом, имеющим выбранное значение выбранного параметра, например, интенсивности света, чтобы установить электрические параметры светочувствительного компонента на требуемое значение, что в конечном

30

итоге приведет к получению метаповерхности с требуемыми отражательными свойствами. В целом можно считать, что свет, облучающий различные светочувствительные компоненты, представляет собой изображение.

Для перестройки отражателя, то есть, для изменения метаповерхности с целью получения разных отражательных свойств, облучающий свет изменяется, то есть 5
изменяется один или несколько параметров света, облучающего один или несколько светочувствительных компонентов.

В некоторых предпочтительных вариантах осуществления изменение облучающего света заключается в изменении интенсивности облучающего света. В таких предпочтительных вариантах осуществления облучающий свет является 10
монохроматическим.

Дополнительно или в соответствии с некоторыми другими вариантами осуществления изменение облучающего света включает изменение цвета (длины волны или распределения длин волн) облучающего света.

Облучающий свет представляет собой любой подходящий облучающий свет, 15
имеющий в своем составе любую подходящую длину волны или длины волн, что обычно зависит от отклика светочувствительных компонентов в зависимости от длины волны. В некоторых типичных вариантах осуществления, в которых светочувствительными компонентами являются PIN-диоды, в частности, Ge, InGaAs или GaAs PIN-диоды, имеющие особенно быстрое время отклика на свет с длиной 20
волны 1300–1500 нм, облучающий свет создается одним или несколькими светодиодами БИК-области спектра. Светодиоды БИК-области спектра, излучающие свет с длиной волны примерно от 1000 до 1700 нм, имеются в коммерческом доступе.

В некоторых вариантах осуществления облучающий модуль выполнен с возможностью облучения по меньшей мере одной группы светочувствительных 25
компонентов отражателя (каждая группа содержит по меньшей мере один светочувствительный компонент) с выбором одного из не менее двух разных лучей облучающего света, за счет чего обеспечивается возможность устанавливать электрический параметр светочувствительных компонентов группы по меньшей мере на два разных значения. В некоторых таких вариантах осуществления (например, 30
представленных на фигурах 7А–7В и 8А–8В) каждая группа включает в себя ровно один светочувствительный компонент, и поэтому значение электрического параметра может быть установлено независимо для каждого светочувствительного компонента. Два разных луча облучающего света отличаются любым подходящим образом при

условии, что облучение ими светочувствительных компонентов вызывает изменение значения электрического параметра светочувствительных компонентов согласно идеям, изложенным в настоящем документе. Параметры, подходящие для изменения свойств лучей облучающего света, могут включать в себя интенсивность, длину волны, поляризацию и их комбинации, предпочтительным параметром является интенсивность, так как интенсивность света технически просто быстро и точно изменять между разными фиксированными значениями. 5

Примером компонента, имеющегося в коммерческом доступе, который можно использовать в качестве облучающего модуля или компонента облучающего модуля, является плата контроллера ЖК-дисплея с 5-дюймовым круглым экраном и разрешением 1080×1080 (каталожн. № TOP050MPI10801080R) от компании Wisecoco Display (район Лунган, Шэньчжэнь, Китай). В вариантах осуществления, в которых есть поверхность отражателя (передняя) и другая поверхность (задняя), на которой размещены светочувствительные компоненты, компонент может быть прикреплен к поверхности, на которой размещены светочувствительные компоненты, см. фигуру 9, рассмотренную ниже. В некоторых таких предпочтительных вариантах осуществления облучающая поверхность (поверхность, через которую испускается свет) облучающего модуля находится на расстоянии менее 1 мм от поверхности отражателя (и даже соприкасается с нею), на которой размещены светочувствительные компоненты, см. фигуру 9, рассмотренную ниже. 10 15 20

Материалы

В некоторых вариантах осуществления по меньшей мере несколько проводящих участков имеют электропроводное соединение со светочувствительным электронным компонентом через переходное отверстие. В некоторых вариантах осуществления некоторые или все переходные перемычки представляют собой сплошные проводящие штыри (любого поперечного сечения). В некоторых вариантах осуществления некоторые или все переходные перемычки представляют собой полые проводящие трубки. 25 30

В некоторых предпочтительных вариантах осуществления диэлектрическая подложка (и, при ее наличии, вторая диэлектрическая подложка) представляет собой любую подходящую жесткую диэлектрическую подложку, образующую плоскую поверхность. Подложка изготовлена из любого подходящего материала или

комбинации материалов с диэлектрической прочностью менее 400 В/мкм. В некоторых вариантах осуществления диэлектрическая подложка содержит диэлектрический материал, выбранный из группы, состоящей из полиэстера (300 В/мкм), полиимида (280 В/мкм), поликарбоната (250 В/мкм), полиэтилена (200 В/мкм), полипропилена (200 В/мкм), полистирола (200 В/мкм), политетрафторэтилена (90–180 В/мкм), 5
эпоксидной смолы (25–45 В/мкм) и поливинилиденфторида (10,2 В/мкм), в некоторых вариантах осуществления сюда также входят композиционные материалы, содержащие в своем составе усиливающую фазу, например, волокна. Например, в предпочтительных вариантах осуществления диэлектрическая подложка представляет собой подложку печатной платы, например, фиброармированный термореактопласт, 10
известный в области техники изготовления печатных плат.

Все проводящие участки, переходные переключки, выводы и компонент заземления отражателя, согласно идеям, изложенным в настоящем документе, изготовлены из проводящего материала. Для выполнения этих компонентов независимо выбирают любой подходящий материал или комбинацию материалов. В 15
некоторых вариантах осуществления проводящие участки, переходные переключки, выводы и компонент заземления изготовлены из проводящего материала, независимо выбранного из группы, состоящей из меди, серебра, золота, алюминия, цинка, никеля, железа, платины и их сплавов.

20

Использование отражателя

В некоторых вариантах осуществления после изготовления отражателя и перед установкой для использования отражатель помещают на испытательный стенд и функционально связывают с облучающим модулем, например, со светодиодной матрицей или проектором изображений. Микроволновой- или ММВ-луч направляют 25
на отражающую поверхность отражателя, а для облучения светочувствительных компонентов используют некоторые, многие или все варианты возможных сочетаний параметров света (например, каждое такое сочетание представляет собой изображение), каждое сочетание индуцирует соответствующий индуцированный фазовый сдвиг и, соответственно, отражение луча. Для конкретного отражателя 30
создается таблица соответствия, которая обеспечивает возможность оператору выбирать конкретную комбинацию интенсивностей света (например, каждую конкретную комбинацию, представляющую изображение) для получения требуемых отражательных свойств.

Вариант осуществления перестраиваемого отражателя согласно идеям, изложенным в настоящем документе, обсуждается со ссылкой на примеры вариантов осуществления, представленные на фигурах 1А–1D.

На фигурах 1 схематически представлен пример отражателя **10** на фигуре 1А (вид сверху), фигуре 1В (вид сбоку по оси x), фигуре 1С (вид сбоку по оси y, 5 поперечное сечение) и фигуре 1D (вид снизу).

На фигуре 1А отражающая поверхность **12** отражателя **10** представляет собой метаповерхность, отражающую микроволновые/миллиметровые волны, содержащую матрицу проводящих медных участков **14** размером 4×4 , напечатанных на плоской верхней поверхности **16** первой диэлектрической подложки **18** (печатной платы). 10 Каждый медный участок **14** представляет собой квадрат размером $1,36 \times 1,36$ мм и толщиной 0,05 мм (в направлении по оси z). Соседние проводящие участки **14** отстоят друг от друга на 0,24 мм. Верхняя диэлектрическая поверхность **16** представляет собой плоский квадрат размером $6,4 \times 6,4$ мм, определяющий плоскость отражателя **10** по осям x-y. Верхняя диэлектрическая поверхность **16** и проводящие участки **14** покрыты 15 прозрачным для микроволнового/ММВ излучения покрытием для предотвращения коррозии и увлажнения участков **14**. Проводящие участки **14** размещены в четыре ряда **20a**, **20b**, **20c** и **20d** по четыре участка **14** в каждом, причем ряды **20** ориентированы в направлении по оси x.

На фигуре 1В представлен вид сбоку отражателя **10** по оси x, на котором виден 20 один участок **14** и один светочувствительный компонент **22** (InGaAs PIN-диод) каждого из четырех рядов **20**. Также виден проводящий компонент заземления, пластина заземления **24** из проводящего материала (медь толщиной 0,05 мм), которая отделяет первую диэлектрическую подложку **18** от второй диэлектрической подложки **26** (печатной платы). В направлении по оси z первая диэлектрическая подложка **18** 25 имеет толщину 0,508 мм, а вторая диэлектрическая подложка **26** имеет толщину 0,127 мм. Между компонентами любых двух разных рядов или с проводящей пластиной заземления **24** электрическое соединение отсутствует. Светочувствительные компоненты **22** размещены на второй диэлектрической поверхности **28**, которая является нижней открытой поверхностью второй диэлектрической подложки **26**. 30

На фигуре 1С представлен вид отражателя **10** в направлении по оси y в поперечном сечении А–В, которое делит пополам проводящие участки **14** первого ряда **20a**. Видно, что каждый участок **14** связан с двумя переходными переключками **30** (диаметром 0,3 мм), которые проходят через отверстия **32** (диаметром 0,7 мм).

Внешние переходные перемычки **30'** двух наружных участков **14** проходят через первую диэлектрическую подложку **18** и пластину заземления **24** и закрепляются на второй диэлектрической подложке **26**. Все остальные переходные перемычки **30** проходят через первую диэлектрическую подложку **18**, пластину заземления **24** и вторую диэлектрическую подложку **26** и выходят на вторую диэлектрическую поверхность **28**. Любые две переходные перемычки **30** любых двух соседних участков **14** в одном ряду **20** имеют электрическое соединение со светочувствительным компонентом **22**, которым, как указано выше, в отражателе **10** являются InGaAs PIN-диоды. Ни одна из переходных перемычек **30** не находится в контакте с пластиной заземления **24** и электрически изолирована от нее. 5 10

Соответственно, в отражателе **10** ряд **20** из четырех проводящих участков **14** связан с тремя светочувствительными компонентами **22**. Все светочувствительные компоненты **22** ориентированы в одном направлении, то есть, Р-контакт (анод) **34** первого PIN-диода находится в электрическом контакте с N-контактом **36** (катодом) второго PIN-диода через две переходные перемычки **30** и проводящий участок **14**. 15

На фигуре 1D представлен вид снизу отражателя **10**. Видны светочувствительные компоненты **22**, размещенные на второй диэлектрической поверхности **28** в четыре ряда **20a**, **20b**, **20c** и **20d**, при этом Р-контакты (анод) **34** и N-контакты (катод) **36** контактируют с переходными перемычками **30**, выходящими через вторую диэлектрическую подложку **26**. На фигуре 1D пунктирными линиями показано размещение проводящих участков **14** на верхней диэлектрической поверхности **16**: участки **14** не видны на второй диэлектрической поверхности **28**. Как видно на фигуре 1D, в отражателе **10** больше проводящих участков **14**, чем светочувствительных компонентов **22**. 20

Второй вариант отражателя согласно идеям, изложенным в настоящем документе, отражатель **38**, схематически представлен на фигурах 2A (вид сбоку в направлении по оси у, поперечное сечение) и фигуре 2B (вид снизу). На виде сверху и виде сбоку по оси х отражатель **38** выглядит идентичным отражателю **10**, как показано на фигуре 1A и фигуре 1B соответственно. 25

На фигуре 2A представлен вид отражателя **38** в направлении по оси у в поперечном сечении, которое делит пополам проводящие участки **14** первого ряда **20a**. Видно, что каждый проводящий участок **14** связан с одной переходной перемычкой **30a**, которая проходит через отверстие **32** в первой диэлектрической подложке **18**, пластине заземления **24** и второй диэлектрической подложке **26** для электрического 30

соединения с Р-контактом (анодом) **34** светочувствительного компонента **22** (InGaAs PIN-диод). В отражателе **38** ни одна из переходных перемычек **30a**, имеющих электрическое соединение с участком **14**, не контактирует с пластиной заземления **24** и все они электрически изолированы от нее.

Каждый N-контакт (катод) **36** светочувствительных компонентов **22** контактирует с переходной перемычкой **30b**, которая проходит через отверстие **32** во второй диэлектрической подложке **26**, выходит через вторую диэлектрическую подложку **26** и электрически соединяется с пластиной заземления **24**.

В отражателе **38** ряд проводящих участков **14**, например ряд **20a**, имеет одинаковое количество светочувствительных компонентов **22** и проводящих участков **14**. Все светочувствительные компоненты **22** ориентированы в одном направлении, то есть для всех светочувствительных компонентов **22** Р-контакт **34** находится в электрическом контакте с проводящим участком **14** через переходную перемычку **30a**, а N-контакт **36** находится в электрическом контакте с пластиной заземления **24** через переходную перемычку **30b**. В не приведенном на фигурах варианте отражателя **38** ориентация светочувствительных компонентов **22** другая: для всех светочувствительных компонентов **22** N-контакт **36** находится в электрическом контакте с проводящим участком **14** через переходную перемычку **30a**, а Р-контакт **34** находится в электрическом контакте с пластиной заземления **24** через переходную перемычку **30b**.

На фигуре 2В представлен вид снизу отражателя **38**. Видны светочувствительные компоненты **22**, размещенные на второй диэлектрической поверхности **28** в четыре ряда **20a**, **20b**, **20c** и **20d**, при этом Р-контакты **34** и N-контакты **36** контактируют с переходными перемычками, выходящими через вторую диэлектрическую подложку **26**. На фигуре 2В пунктирными линиями показано размещение проводящих участков **14** на верхней диэлектрической поверхности **16**: участки **14** не видны на второй диэлектрической поверхности **28**. Как видно на фигуре 2В, в отражателе **38** больше проводящих участков **14**, чем светочувствительных компонентов **22**.

На фигурах 3А, 3В и 3С схематически представлен вид снизу трех вариантов отражателя **10** (рассмотренного со ссылкой на фигуры 1А–1D), причем во всех трех вариантах реализовано обратное смещение светочувствительных компонентов **22**.

На фигуре 3А отражатель **40** содержит один источник питания постоянного тока с регулируемым напряжением **42**. Анод **44** источника питания **42** находится в

электрическом соединении с Р-контактами (анодом) **34** всех светочувствительных компонентов **22**. Катод **46** источника питания **42** находится в электрическом соединении с N-контактами (катодом) **36** всех светочувствительных компонентов **22**. В результате все светочувствительные компоненты **22** могут быть смещены в обратном направлении одинаковым напряжением, которое можно изменять.

5

На фигуре 3В отражатель **48** содержит три разных источника питания постоянного тока с регулируемым напряжением **42a**, **42b** и **42c**. Каждый из источников **42** питания находится в электрическом соединении с четырьмя светочувствительными компонентами **22**, причем каждый из четырех светочувствительных компонентов **22** относится к разным рядам проводящих участков **20**. Как и в случае с отражателем **40**, анод **44** источника питания **42** находится в электрическом соединении с Р-контактами **34** светочувствительных компонентов **22**, а катод **46** источника питания **42** находится в электрическом соединении с N-контактами **36** светочувствительных компонентов **22**.

10

На фигуре 3С отражатель **50** содержит двенадцать разных источников питания постоянного тока с регулируемым напряжением **42**. Каждый из двенадцати источников питания **42** находится в электрическом соединении с одним светочувствительным компонентом **22**, анод **44** источника питания **42** — в электрическом соединении с Р-контактом **34** светочувствительных компонентов **22**, катод **46** источника питания **42** — в электрическом соединении с N-контактом **36** светочувствительных компонентов **22**. В результате каждый светочувствительный компонент **22** может смещаться в обратном направлении независимым напряжением, которое можно изменять. Такие варианты осуществления исключительно полезны в тех случаях, когда отражатель используется для формирования луча.

15

20

На фигурах 4А, 4В и 4С схематически представлен вид снизу трех вариантов отражателя **38** (рассмотренного со ссылкой на фигуры 2), причем во всех трех вариантах реализовано обратное смещение светочувствительных компонентов **22**.

25

На фигуре 4А отражатель **52** содержит один источник питания постоянного тока с регулируемым напряжением **42**. Анод **44** источника питания **42** находится в электрическом соединении с Р-контактами (анодом) **34** всех светочувствительных компонентов **22**. Катод **46** источника питания **42** находится в электрическом соединении с N-контактами (катодом) **36** всех светочувствительных компонентов **22**. В результате все светочувствительные компоненты **22** могут быть смещены в обратном направлении одинаковым напряжением, которое можно изменять.

30

На фигуре 4В отражатель **54** содержит четыре разных источника питания постоянного тока с регулируемым напряжением **42**. Каждый из источников **42** питания находится в электрическом соединении с четырьмя светочувствительными компонентами **22**, причем каждый из четырех светочувствительных компонентов **22** относится к разным рядам проводящих участков **20**. Как и в случае с отражателем **52**, 5 анод **44** источника питания **42** находится в электрическом соединении с Р-контактами **34** светочувствительных компонентов **22**, а катод **46** источника питания **42** находится в электрическом соединении с N-контактами **36** светочувствительных компонентов **22**.

На фигуре 4С отражатель **56** содержит шестнадцать разных источников питания постоянного тока с регулируемым напряжением **42**. Каждый из шестнадцати 10 источников питания **42** находится в электрическом соединении с одним светочувствительным компонентом **22**, анод **44** источника питания **42** — в электрическом соединении с Р-контактом **34** светочувствительных компонентов **22**, катод **46** источника питания **42** — в электрическом соединении с N-контактом **36** 15 светочувствительных компонентов **22**. В результате каждый светочувствительный компонент **22** может смещаться в обратном направлении независимым напряжением, которое можно изменять. Такие варианты осуществления исключительно полезны в тех случаях, когда отражатель используется для формирования луча.

Все конкретные варианты осуществления отражателя согласно идеям, изложенным в настоящем документе, описанные со ссылкой на фигуры 1А–1D, 2А–2В, 20 3А–3С и 4А–4С, включали в себя две подложки, первую диэлектрическую подложку **18** и вторую диэлектрическую подложку **26**, разделенные проводящим компонентом заземления, пластиной заземления **24**. Пример отражателя **58** схематически представлен на фигуре 5А (вид сбоку по оси *x*) и фигуре 5В (вид сбоку по оси *y*, 25 поперечное сечение). Отражатель **58** включает в себя одну подложку **18**, имеющую первую плоскую поверхность, которая представляет собой верхнюю диэлектрическую поверхность **16** отражателя **58**, и вторую плоскую поверхность, которая представляет собой вторую диэлектрическую поверхность **28** отражателя **58**. Отражатель **58** не имеет проводящего компонента заземления.

Все конкретные варианты осуществления отражателя согласно идеям, 30 изложенным в настоящем документе, описанные со ссылкой на фигуры 1А–1D, 2А–2В, 3А–3С, 4А–4С и 5А–5В, включали в себя шестнадцать квадратных проводящих участков одинакового размера, размещенных на диэлектрической поверхности из $n = 4$ рядов, содержащих по четыре проводящих участка. Как отмечалось выше и как должно

быть понятно обычному специалисту в области техники получения и использования метаповерхностей после внимательного прочтения описания, приведенного в настоящем документе, в некоторых вариантах осуществления отражатель имеет один или несколько проводящих участков различного размера и/или участков, имеющих форму, отличающуюся от квадратной, и/или меньшее/большее количество проводящих участков, размещенных каким-либо подходящим способом на диэлектрической поверхности. Например, на фигуре **6** схематически представлен вид сверху отражателя **59**, где тридцать семь круглых проводящих участков **14** размещены на верхней диэлектрической поверхности **16** в гексагональной упаковке. 5

На фигурах **7А** и **7В** представлен пример отражателя **60** согласно идеям, изложенным в настоящем документе, который содержит облучающий модуль, включающий в себя проектор изображений **62**. Проектор изображений **62** функционально связан с контроллером **64**, программно-конфигурируемым компьютером общего назначения. 10

Отражатель **60** представляет собой любой подходящий отражатель согласно идеям, изложенным в настоящем документе, имеющий шестнадцать светочувствительных компонентов, размещенных в виде матрицы 4×4 на второй диэлектрической поверхности, например, отражатель **10**, представленный на фигурах **1**, или отражатель **38**, представленный на фигурах **2**. 15

Проектор изображений **62** содержит шестнадцать БИК/ВИД-светодиодов (излучающих в ближней инфракрасной/видимой области спектра), размещенных в виде матрицы 4×4 , который сконфигурирован так, что при активации свет, излучаемый каким-либо одним конкретным из шестнадцати БИК-светодиодов, облучает только один конкретный из шестнадцати светочувствительных компонентов, размещенных на второй диэлектрической поверхности **28** отражателя **60**. Интенсивность света, излучаемого каким-либо из шестнадцати светодиодов, регулируется независимо для облучения соответствующих светочувствительных электронных компонентов одной выбранной интенсивностью света, которая имеет шестнадцать дискретных значений. Каждая комбинация из шестнадцати значений интенсивности для каждого из шестнадцати светодиодов составляет изображение. 20 25 30

Контроллер **64** включает в себя сохраняемую таблицу соответствия отражательных свойств метаповерхности, формирующейся путем облучения светочувствительных электронных компонентов отражателя **60** каким-либо из изображений.

На фигуре 7А в первый момент времени t_1 контроллер **64** активирует проектор изображений **62** для облучения светочувствительных компонентов отражателя **60** первым изображением **66a**, что приводит к созданию метаповерхности на отражающей поверхности **12** отражателя **60**. Метаповерхность отражает падающий микроволновой луч **68** от микроволнового передатчика **70** в первом направлении в виде отраженного луча **72a** на первый приемник **74a**. 5

На фигуре 7В во второй момент времени t_2 контроллер **64** активирует проектор изображений **62** для облучения светочувствительных компонентов отражателя **60** вторым изображением **66b**, отличным от первого изображения **66a**, что приводит к созданию метаповерхности на отражающей поверхности **12** отражателя **60**. 10
Метаповерхность отражает падающий микроволновой луч **68** во втором направлении в виде отраженного луча **72b** на второй приемник **74b**.

На фигурах 7А и 7В изображения **66a** и **66b** состоят из шестнадцати пикселей, размещенных в матрице 4×4 , где разные оттенки на фигурах 7А и 7В представляют собой разные значения интенсивности света, излучаемого соответствующим светодиодом проектора изображений **62**. 15

На фигурах 8А и 8В представлен пример отражателя **76** согласно идеям, изложенным в настоящем документе, который содержит облучающий модуль, включающий в себя проектор изображений **78** (стандартный коммерчески доступный проектор пиксельных изображений, например, проектор ААХА Р7 HD компании ААХА Technologies, Inc., Ирвин, Калифорния, США). Проектор изображений **78** функционально связан с контроллером **64**, программно-конфигурируемым компьютером общего назначения. 20

На фигуре 8А проектор изображений **78** расположен так, чтобы проецировать изображение **66a** на вторую диэлектрическую поверхность **28** отражателя **76**, на которой размещены светочувствительные компоненты отражателя **76**. Контроллер **64** включает в себя сохраняемую таблицу соответствия отражательных свойств метаповерхности, формирующейся на отражающей поверхности **12** отражателя **76**, когда светочувствительные электронные компоненты отражателя **76** облучаются различными изображениями, проецируемыми проектором изображений **78**. 25
30

На фигуре 8А в первый момент времени t_1 контроллер **64** активирует проектор изображений **78** для облучения светочувствительных компонентов отражателя **76** первым изображением **66a**, что приводит к созданию метаповерхности на отражающей поверхности **12** отражателя **76**. Метаповерхность отражает падающий микроволновой

луч **68** от микроволнового передатчика **70** в первом направлении в виде отраженного луча **72a** на первый приемник **74a**.

На фигуре 8В во второй момент времени t_2 контроллер **64** активирует проектор изображений **78** для облучения светочувствительных компонентов отражателя **76** вторым изображением **66b**, отличным от первого изображения **66a**, что приводит к созданию метаповерхности на отражающей поверхности **12** отражателя **76**. Метаповерхность отражает падающий микроволновой луч **68** во втором направлении в виде отраженного луча **72b** на второй приемник **74b**. 5

На фигуре 9 представлен вид сбоку отражателя **80**, который функционально связан с устройством отображения **82** в качестве компонента облучающего модуля. Можно использовать любое подходящее устройство отображения, например, плату контроллера ЖК-дисплея с круглым экраном размером 5 дюймов и разрешением 1080×1080 (каталожн. № TOP050MPI10801080R) от компании Wisecoco Display (район Лунган, Шэньчжэнь, Китай). Отражатель **80** изготовлен с использованием способов изготовления полупроводниковых устройств, и включает в себя диэлектрическую подложку **18**, кремниевый кристалл, представляющий собой по существу полностью круглую кремниевую пластину диаметром 100 мм и толщиной 525 мкм. Верхняя поверхность **12** отражателя **80** имеет площадь поверхности 7854 мм^2 . Диаметр 100 мм делает отражатель **80** особенно подходящим для отражения электромагнитного излучения с длиной волны примерно до 10 мм (т. е. для частот примерно от 30 ГГц и выше). Подложка **18** имеет верхнюю первую диэлектрическую поверхность **16** и нижнюю вторую диэлектрическую поверхность **28**. На второй диэлектрической поверхности **28** расположена группа светочувствительных компонентов **22**, в основном PIN-фотодиодов из галлия арсенида (GaAs). На верхней диэлектрической поверхности **16** подложки **18** размещена группа металлических проводящих участков **14**, причем каждый участок **14** имеет электропроводное соединение со светочувствительным компонентом **22** через по меньшей мере одно переходное отверстие в кремнии (TSV), чтобы верхняя диэлектрическая поверхность **16** представляла собой поверхность, отражающую микроволновые/миллиметровые волны **12** отражателя **80**. Облучающая передняя поверхность **84** устройства отображения **82** прикреплена к отражателю **80** через вторую диэлектрическую поверхность **28** с использованием круга из прозрачной двусторонней клейкой пленки **86** толщиной 160 мкм. Проводящие участки **14**, светочувствительные компоненты **22** и отверстия TSV изготовлены с использованием известных способов изготовления 10 20 25 30

полупроводниковых устройств. Размеры и формы проводящих участков **14** определяют отражаемые частоты. Например, в вариантах осуществления, в которых проводящие участки **14** имеют размеры около 2,5 мм, отражатель **80** может иметь около 1500 проводящих участков, и он подходит для отражения лучей с частотой около 30 ГГц. Например, в вариантах осуществления, в которых проводящие участки **14** имеют размеры около 0,25 мм, отражатель **80** может иметь около 150000 проводящих участков, и он подходит для отражения лучей с частотой около 300 ГГц. 5

На фигуре 10А представлен отражатель **84**, состоящий из семи различных диэлектрических подложек **18**. Каждая диэлектрическая подложка **18** представляет собой кремниевый кристалл, сделанный из одной полупроводниковой пластины диаметром 450 мм/толщиной 925 мкм, который имеет верхнюю диэлектрическую поверхность **16** с группой проводящих участков (не показано), имеющей электропроводное соединение через отверстия TSV с группой светочувствительных компонентов на задней стороне кристалла, по существу, в соответствии с описанием для отражателя **80** со ссылкой на фигуру 9. Семь диэлектрических подложек **18** присоединены к каркасу **86**, который обеспечивает размещение всех подложек **18** в одной плоскости и требуемое разделение в представленной гексагональной упаковке. Размер отражателя **84** по вершинам составляет 1350 мм, поперечный размер – 1169 мм, так что отражающая поверхность отражателя **84** составляет около 1100 мм, что подходит для отражения лучей с длиной волны до 110 мм (2,7 ГГц). 10 15 20

На фигуре 10В представлен отражатель **88**, состоящий из ста различных диэлектрических подложек **18** (отмечена только одна). Каждая диэлектрическая подложка **18** представляет собой печатную плату размером 350×350 мм, которая имеет верхнюю диэлектрическую поверхность **16** с группой проводящих участков (не показано), имеющей электропроводное соединение через переходные отверстия с группой светочувствительных компонентов на задней стороне платы. Сто диэлектрических подложек **18** присоединены к каркасу (не показано), который обеспечивает размещение всех подложек **18** в одной плоскости и требуемое разделение в представленной квадратной упаковке. Поперечный размер отражателя **88** составляет 3500 мм, так что отражатель **84** имеет отражающую поверхность около 3500 мм, подходящую для отражения лучей с длиной волны до 350 мм (0,85 ГГц). 25 30

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Строение и конструкция отражателя

Экспериментальный отражатель согласно идеям, изложенным в настоящем документе, аналогичный отражателю **38**, описанному выше со ссылкой на фигуры 2А и 2В, был смоделирован с использованием программного обеспечения для моделирования электромагнитного поля CST от компании Dassault Systems и продемонстрировал успешное двухмерное управление электромагнитным лучом, как 5
подробно описано в прилагаемом приложении. В прилагаемом приложении некоторые компоненты могут называться с использованием терминологии, отличной от используемой в данном описании. Обычный специалист в данной области техники способен понять прилагаемое приложение и указанные компоненты. В прилагаемом приложении также описаны дополнительные варианты осуществления и особенности 10
идей, изложенных в настоящем документе. В прилагаемом приложении даны 44 ссылки: по крайней мере, в некоторых из ссылок представлена общая информация, и они не имеют отношения к патентоспособности формулы изобретения.

В экспериментальном отражателе первая диэлектрическая подложка представляла собой печатную плату толщиной 0,508 мм. 15

В экспериментальном отражателе вторая диэлектрическая подложка представляла собой печатную плату толщиной 0,127 мм.

В экспериментальном отражателе проводящий компонент заземления представлял собой слой меди толщиной 0,05 мм, расположенный между первой и второй подложками, разделяя их. Проводящий компонент заземления представлял 20
собой сплошную поверхность, за исключением случаев, когда он был перфорирован отверстиями, обеспечивающими возможность установки переходных перемычек, как описано ниже.

Вместо шестнадцати участков, как показано для отражателя **12** на фигурах 2А–2В, экспериментальный отражатель имеет 256 участков, размещенных в виде 25
квадратной матрицы из шестнадцати рядов по шестнадцать проводящих участков в каждом на верхней поверхности первой диэлектрической подложки.

Каждый проводящий участок представлял собой слой меди в виде квадрата размером 1,36×1,36 мм и толщиной 0,05 мм. Соседние проводящие участки отстояли друг от друга на 0,24 мм. 30

Каждый проводящий участок имел электропроводное соединение с анодом кремниевого PIN-фотодиода SFH 2704 через сплошную переходную перемычку диаметром 0,3 мм в отверстии диаметром 0,7 мм, которая проходила через первую подложку, проводящий компонент заземления и вторую подложку.

Катод каждого кремниевого PIN-фотодиода SFH 2704 имел электропроводное соединение с проводящим компонентом заземления через сплошную переходную перемычку диаметром 0,3 мм в отверстии диаметром 0,7 мм, которая проходила через вторую диэлектрическую подложку.

5

Если не указано иное, все технические и научные термины, используемые в настоящем документе, имеют то же значение, которое обычно понимается обычным специалистом в области техники, к которой относится изобретение. В случае конфликта приоритет имеет описание изобретения, включающее в себя определения.

Используемые в настоящем документе термины «содержащий», «включающий в себя», «имеющий» и их грамматические варианты применяют для определения заявленных признаков, целых величин, этапов или компонентов, но не исключают добавление одного или нескольких дополнительных признаков, целых величин, этапов, компонентов и/или их групп. В настоящем документе существительные в единственном числе без дополнительного уточнения могут означать «по меньшей мере один» или «один или несколько», если по контексту явно не подразумевается иное.

В настоящем документе, когда числовому значению предшествует термин «примерно», данный термин подразумевает допуск +/- 10 %. В настоящем документе фраза в форме «А и/или В» означает выбор из группы, состоящей из (А), (В) или (А и В). В настоящем документе фраза в форме «по меньшей мере один из А, В и С» означает выбор из группы, состоящей из (А), (В), (С), (А и В), (А и С), (В и С) или (А и В и С).

Следует принимать во внимание, что некоторые признаки изобретения, которые описаны для наглядности в контексте отдельных вариантов осуществления, также могут быть реализованы в комбинации в одном варианте осуществления. И наоборот, некоторые признаки изобретения, которые для краткости описаны в контексте одного варианта осуществления, также могут быть представлены отдельно или в какой-либо подходящей подкомбинации или в соответствии с каким-либо другим описанным вариантом осуществления изобретения. Конкретные признаки, описанные в контексте различных вариантов осуществления, не следует считать существенными признаками этих вариантов осуществления, за исключением случаев, когда вариант осуществления оказывается недействующим без этих элементов.

Варианты осуществления способов и/или устройств, описанных в настоящем документе, могут включать выполнение или завершение выбранных задач вручную,

автоматически или комбинированным способом. Некоторые способы и/или устройства, описанные в настоящем документе, реализованы с использованием компонентов, которые содержат аппаратное обеспечение, программное обеспечение, встроенное ПО или их комбинации. В некоторых вариантах осуществления некоторые компоненты являются компонентами общего назначения, например, компьютеры, цифровые процессоры или осциллографы общего назначения. В некоторых вариантах осуществления некоторые компоненты являются специализированными или нестандартными компонентами, например, схемы, интегральные схемы или программное обеспечение. 5

Например, в некоторых вариантах осуществления, некоторая часть варианта осуществления реализована в виде группы программных команд, выполняемых устройством обработки данных, которое может быть, например, частью компьютера общего назначения или специализированного компьютера. В некоторых вариантах осуществления устройство обработки данных или компьютер содержит энергозависимое запоминающее устройство для хранения команд и/или данных и/или энергонезависимое запоминающее устройство, например, жесткий магнитный диск и/или съемный носитель, для хранения команд и/или данных. В некоторых вариантах осуществления их реализация включает в себя сетевое соединение. В некоторых вариантах осуществления их реализация включает в себя пользовательский интерфейс, обычно содержащий одно или несколько устройств ввода (например, для ввода команд и/или значений параметров) и устройств вывода (например, для выдачи сообщений о параметрах работы и результатах). 10 15 20

Хотя изобретение было описано в рамках конкретных вариантов осуществления, понятно, что для специалистов в данной области техники будут очевидны многие альтернативы, модификации и варианты. Соответственно, предполагается, что оно охватывает все подобные альтернативы, модификации и варианты, которые включены в объем прилагаемой формулы изобретения. 25

Цитирование или указание какой-либо ссылки в настоящей заявке не должно быть истолковано как признание того, что такая ссылка представлена как известный уровень техники. 30

Заголовки разделов используются в настоящем документе для облегчения понимания описания изобретения и не должны рассматриваться как обязательно ограничивающие.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ отражения микроволновых и/или миллиметровых волн (ММВ) в требуемом направлении, включающий:

а. обеспечение поверхности отражения, которая содержит множество проводящих участков на поверхности диэлектрической подложки, при этом каждый упомянутый проводящий участок имеет электропроводное соединение по меньшей мере с одним светочувствительным электронным компонентом, имеющим электрический параметр, зависящий от параметра света, облучающего упомянутый светочувствительный компонент, при этом значения электрического параметра упомянутых светочувствительных компонентов в совокупности определяют фазовый сдвиг, который упомянутая поверхность отражения индуцирует в падающем микроволновом/ММВ-луче, причем индуцированный фазовый сдвиг определяет направление, в котором отражается падающий луч; и

б. облучение каждого упомянутого светочувствительного компонента лучами с выбранным значением параметра света таким образом, чтобы было установлено требуемое значение упомянутого электрического параметра, таким образом, индуцируется в падающем микроволновом/ММВ луче фазовый сдвиг для отражения упомянутого луча в требуемом направлении.

2. Способ по п. 1, в котором упомянутый электрический параметр, который зависит от параметра света, облучающего упомянутый светочувствительный компонент, выбран из группы, состоящей из емкости, фазы, диэлектрической проницаемости, индуктивности и их комбинаций.

3. Способ по любому из пп. 1–2, в котором упомянутые светочувствительные компоненты выбраны из группы, состоящей из PN-диода, PIN-диода, PPD, CCD, фоторезистора, фототранзистора и фотодиода с барьером Шоттки.

4. Способ по любому из пп. 1–3, в котором упомянутый облучающий свет содержит лучи, имеющие длину волны от 400 мкм до 2000 мкм.

5. Способ по любому из пп. 1–4, в котором упомянутые светочувствительные компоненты размещены на поверхности, а упомянутое облучение включает проецирование изображения на упомянутую поверхность таким образом, что каждый упомянутый

светочувствительный компонент облучается с соответствующим выбранным значением параметра света.

6. Способ по любому из пп. 1–5, в котором упомянутое множество проводящих участков размещено на указанной поверхности упомянутой диэлектрической подложки в виде двумерной матрицы, имеющей n рядов, причем каждый упомянутый ряд содержит по m упомянутых проводящих участков, где n и m являются целыми числами не менее 2.

7. Способ по п. 6, в котором значения n и m равны.

8. Способ по любому из пп. 6–7, в котором соседние упомянутые проводящие участки в одном и том же упомянутом ряду имеют электропроводное соединение через упомянутые светочувствительные компоненты, и упомянутые проводящие участки электрически изолированы от участков в другом упомянутом ряду.

9. Способ по любому из пп. 1–6, упомянутый отражатель дополнительно содержит проводящий компонент заземления, и каждый упомянутый светочувствительный компонент имеет электропроводное соединение с одним упомянутым проводящим участком и с упомянутым проводящим компонентом заземления.

10. Перестраиваемый отражатель микроволнового и/или миллиметрового (ММВ) диапазона (10, 38, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 59, 60, 76), включающий:

множество светочувствительных компонентов (22), имеющих электрический параметр, зависящий от параметра света, облучающего упомянутый светочувствительный компонент (22); и

поверхность (12), отражающую микроволновые/ ММВ волны, включающую:

диэлектрическую подложку (18), образующую верхнюю диэлектрическую поверхность (16),

на упомянутой верхней диэлектрической поверхности (16) размещено множество проводящих участков (14), при этом каждый упомянутый проводящий участок (14) имеет электропроводное соединение по меньшей мере с одним упомянутым светочувствительным компонентом (22),

при этом значения упомянутого электрического параметра светочувствительных компонентов (22) в совокупности определяют фазовый сдвиг, который упомянутая

поверхность отражения (12) индуцирует в падающем микроволновом/ миллиметровом-луче (68) и который определяет направление отражения падающего луча (68).

11. Отражатель по п. 10, в котором упомянутый электрический параметр, который зависит от значения параметра света, облучающего упомянутый светочувствительный компонент (22), выбран из группы, состоящей из емкости, фазы, диэлектрической проницаемости, индуктивности и их комбинаций.

12. Отражатель по любому из пп. 10–11, в котором упомянутые светочувствительные компоненты (22) выбраны из группы, состоящей из PN-диода, PIN-диода, PPD, CCD, фоторезистора, фототранзистора и светодиода с барьером Шоттки.

13. Отражатель по любому из пп. 10–12, в котором упомянутая диэлектрическая подложка (18) представляет собой плату, имеющую первую плоскую поверхность, которая является упомянутой верхней диэлектрической поверхностью (16), и вторую плоскую поверхность, которая представляет собой плоскую нижнюю поверхность упомянутой платы.

14. Отражатель по любому из пп. 10–13, в котором упомянутая диэлектрическая подложка (18) имеет толщину не менее 0,1 мм и не более 10 мм.

15. Отражатель по любому из пп. 10–14, дополнительно содержащий вторую диэлектрическую поверхность (28), на которой размещены упомянутые светочувствительные компоненты (22).

16. Отражатель по п. 15, в котором упомянутая вторая диэлектрическая поверхность (28) является плоской.

17. Отражатель по п. 16, в котором упомянутая вторая диэлектрическая поверхность (28) параллельна упомянутой первой диэлектрической поверхности (16).

18. Отражатель по любому из пп. 13–17, в котором упомянутая вторая диэлектрическая поверхность (28) представляет собой поверхность второй диэлектрической подложки (26), отличной от упомянутой диэлектрической подложки (18).

19. Отражатель по п.18, в котором упомянутая вторая диэлектрическая подложка (26) представляет собой плату, имеющую первую плоскую поверхность, которая является упомянутой второй диэлектрической поверхностью (28), и вторую плоскую поверхность, которая представляет собой плоскую верхнюю поверхность упомянутой платы.
20. Отражатель по любому из пп.18–19, в котором упомянутая диэлектрическая подложка (18) и упомянутая вторая диэлектрическая подложка (26) разделены проводящим компонентом заземления (24).
21. Отражатель по п. 20, в котором упомянутый проводящий компонент заземления (24) является плоским и имеет толщину не менее 1 мкм и не более 200 мкм.
22. Отражатель по любому из пп. 20–21, в котором упомянутый проводящий компонент заземления (24) выполнен в виде плавающего заземления.
23. Отражатель по любому из пп. 20–22, в котором по меньшей мере некоторые из упомянутых проводящих участков (14) имеют электропроводное соединение по меньшей мере с одним упомянутым светочувствительным компонентом (22) через проводник (30), который проходит через упомянутую диэлектрическую подложку (18), упомянутый проводящий компонент заземления (24) и упомянутую вторую диэлектрическую подложку (26) без электрического контакта с упомянутым проводящим компонентом заземления (24).
24. Отражатель по п. 23, в котором упомянутая диэлектрическая подложка (18) и упомянутая вторая диэлектрическая подложка (26) представляют собой печатные платы и упомянутые проводящие компоненты, которые проходят через упомянутую диэлектрическую подложку (18), упомянутый проводящий компонент заземления (24) и упомянутый второй диэлектрической подложкой (26) представляют собой переходные перемычки (30).
25. Отражатель по любому из пп.10–24, содержащий по меньшей мере четыре упомянутых проводящих участка (14).
26. Отражатель по любому из пп.10–25, в котором упомянутые проводящие участки (14) размещены на упомянутой верхней поверхности (16) в виде двумерной матрицы,

имеющей n рядов (20) по m упомянутых проводящих участков (14) в каждом ряду (20), где n и m являются целыми числами не менее 2.

27. Отражатель по любому из пп. 10–26, в котором каждый из упомянутых проводящих участков (14) занимает площадь поверхности не менее $0,025 \text{ мм}^2$ ($0,5 \text{ мм} \times 0,5 \text{ мм}$) и не более 100 мм^2 ($10 \text{ мм} \times 10 \text{ мм}$) упомянутой верхней диэлектрической поверхности (16).

28. Отражатель по любому из пп. 10–27, в котором любые два соседних проводящих участка (14) находятся друг от друга на расстоянии не менее 1 нм (7 радиусов атомов меди) и не более 1000 микрометров.

29. Отражатель по любому из пп. 10–28, в котором по меньшей мере 50 % упомянутых проводящих участков (14) имеют электропроводное соединение с двумя упомянутыми светочувствительными компонентами (22).

30. Отражатель по п. 29, в котором по меньшей мере 50 % упомянутых проводящих участков (14) имеют электропроводное соединение ровно с двумя упомянутыми светочувствительными компонентами (22).

31. Отражатель по любому из пп. 29–30, в котором для проводящего участка (14), имеющего электропроводное соединение с двумя упомянутыми светочувствительными компонентами (22), упомянутое соединение выполнено через противоположные стороны упомянутого проводящего участка (14).

32. Отражатель по любому из пп. 29–31, в котором для проводящего участка (14), имеющего электропроводное соединение с двумя упомянутыми светочувствительными компонентами (22), упомянутый проводящий участок (14) имеет электропроводное соединение с анодом (34) упомянутого светочувствительного компонента (22) и с катодом (36) другого упомянутого светочувствительного компонента (22).

33. Отражатель по любому из пп. 29–32, в котором упомянутые проводящие участки (14) размещены на упомянутой верхней поверхности (16) в виде двумерной матрицы, имеющей n рядов (20), при этом:

проводящие участки (14) упомянутого ряда (20) имеют электропроводное соединение с соседним участком (14) в упомянутом ряду (20) через отдельный упомянутый светочувствительный компонент (22);

в каждом ряду (20) имеются два крайних участка (14), имеющих электропроводное соединение с одним упомянутым светочувствительным компонентом (22);

каждый ряд (20) имеет по меньшей мере один внутренний проводящий участок (14), причем каждый упомянутый внутренний проводящий участок (14) имеет электропроводное соединение с анодом (34) упомянутого светочувствительного компонента (22) и с катодом (36) другого упомянутого светочувствительного компонента (22); и

при этом электропроводное соединение между любыми двумя рядами (20) отсутствует.

34. Отражатель по любому из пп. 10–33, в котором каждый из упомянутых проводящих участков (14) имеет электропроводное соединение с одним упомянутым светочувствительным компонентом (22).

35. Отражатель по п. 34, в котором упомянутый светочувствительный компонент (22) содержит два контакта (34, 36), первый упомянутый контакт имеет электропроводное соединение с упомянутым проводящим участком (14), а второй упомянутый контакт имеет электропроводное соединение с проводящим компонентом заземления (24).

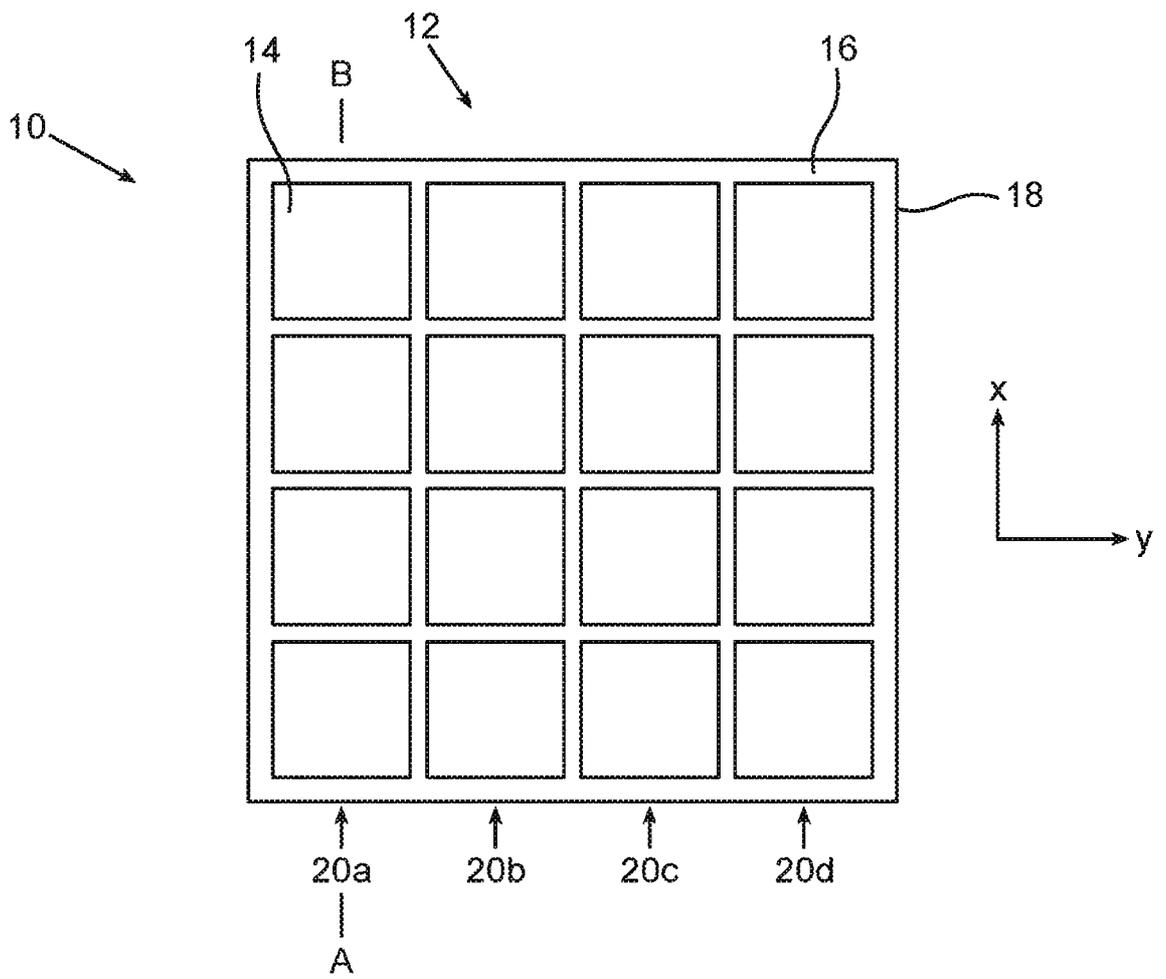
36. Отражатель по любому из пп. 34–35, в котором анод (34) упомянутого светочувствительного компонента (22) имеет электропроводное соединение с упомянутым проводящим участком (14) и катод (36) упомянутого светочувствительного компонента (22) имеет электропроводное соединение с проводящим компонентом заземления (24).

37. Отражатель по любому из пп. 34–36, в котором катод (36) упомянутого светочувствительного компонента (22) имеет электропроводное соединение с упомянутым проводящим участком (14) и анод (34) упомянутого светочувствительного компонента (22) имеет электропроводное соединение с проводящим компонентом заземления (24).

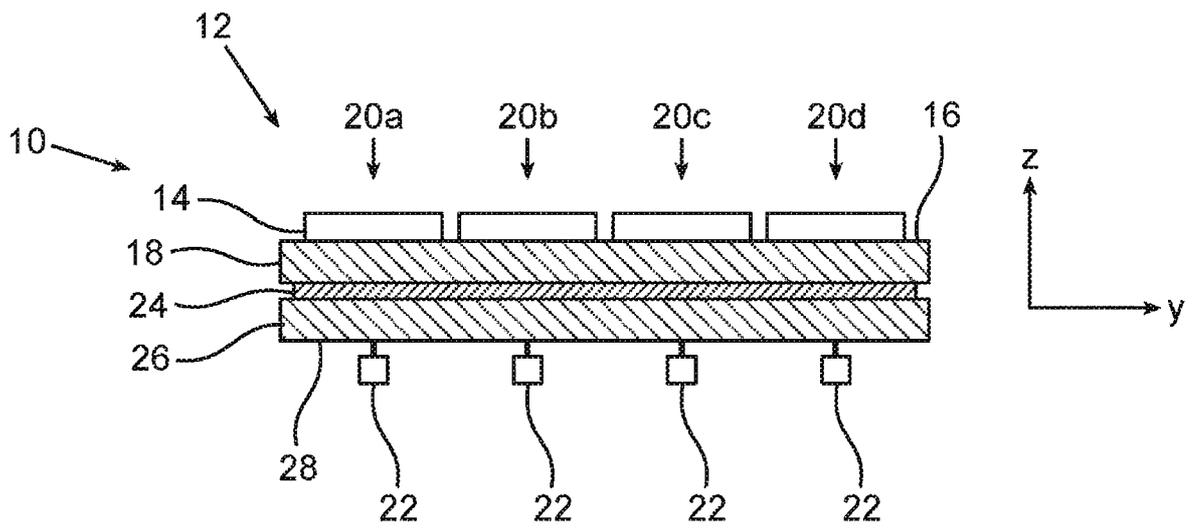
38. Отражатель по любому из пп. 10–37, дополнительно содержащий облучающий модуль (62, 78), выполненный с возможностью облучения упомянутых светочувствительных компонентов (22) упомянутым облучающим светом.

39. Отражатель по п. 38, в котором упомянутый облучающий модуль (62, 78) выполнен с возможностью облучения по меньшей мере одной группы упомянутых светочувствительных компонентов (22), при этом каждая группа содержит по меньшей мере один светочувствительный компонент (22) с выбранным одним из по меньшей мере двух разных лучей упомянутого облучающего света, за счет чего обеспечивается возможность устанавливать упомянутый электрический параметр по меньшей мере на два разных значения.

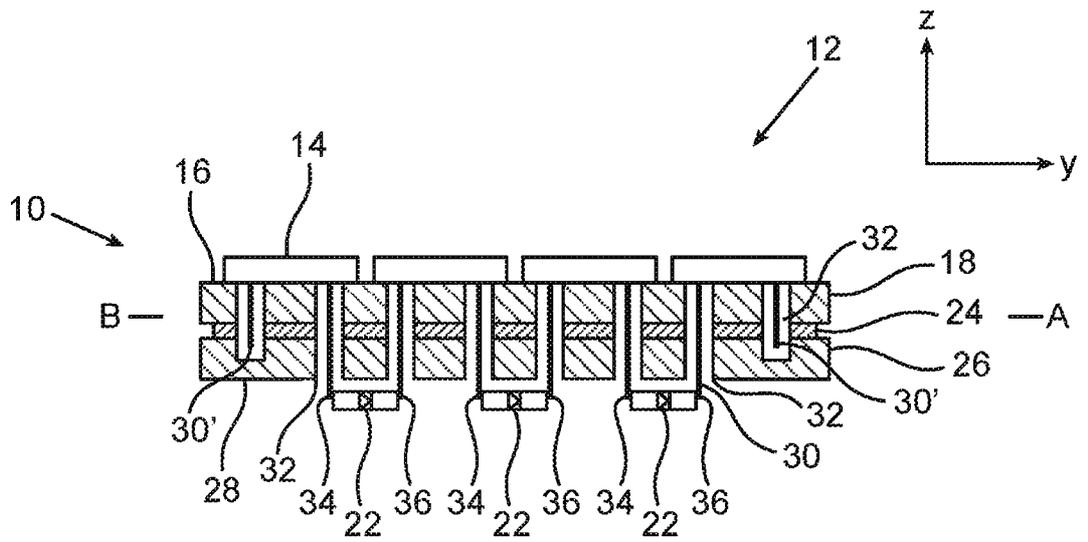
40. Отражатель по п. 39, в котором каждая группа включает в себя ровно один упомянутый светочувствительный компонент (22), так что упомянутое значение упомянутого электрического параметра может независимо устанавливаться для каждого упомянутого светочувствительного компонента (22).



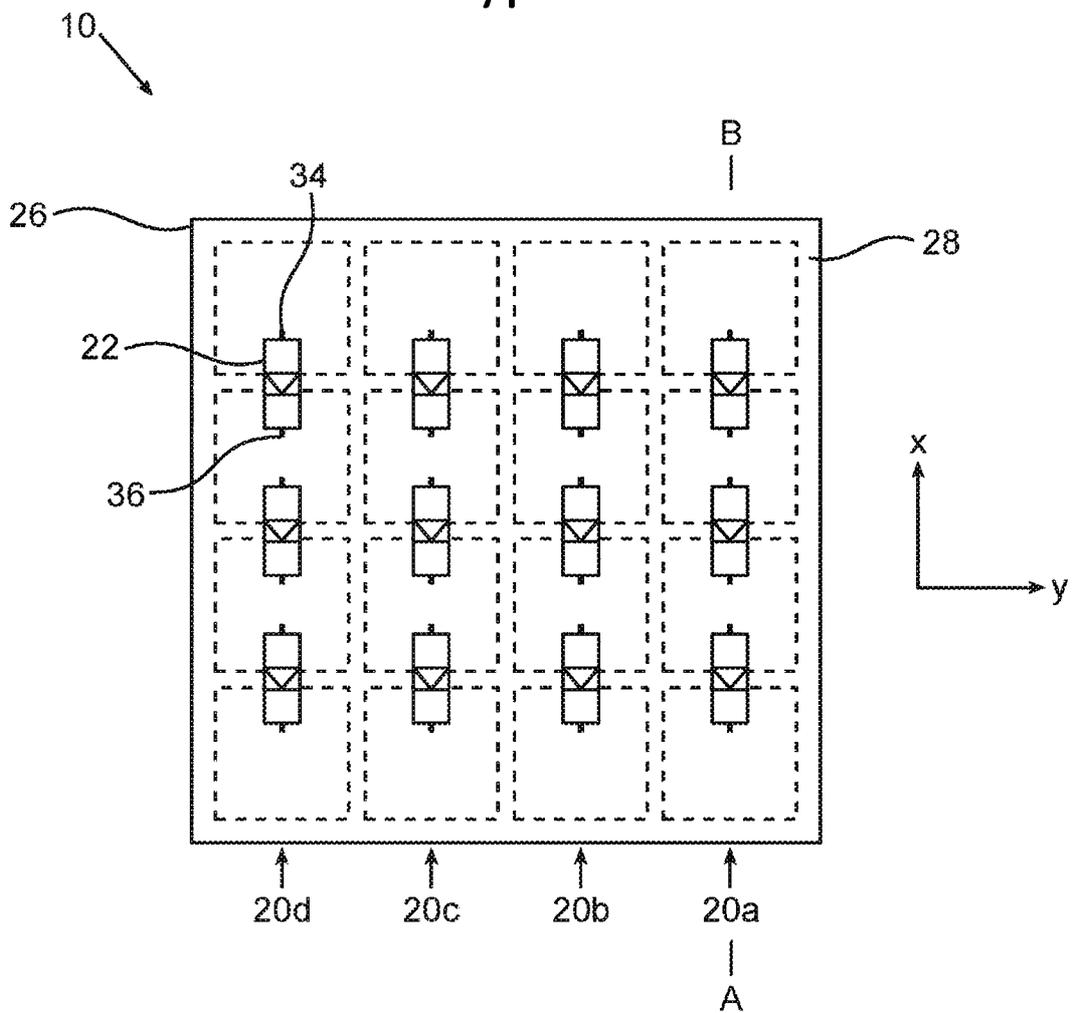
Фигура 1А



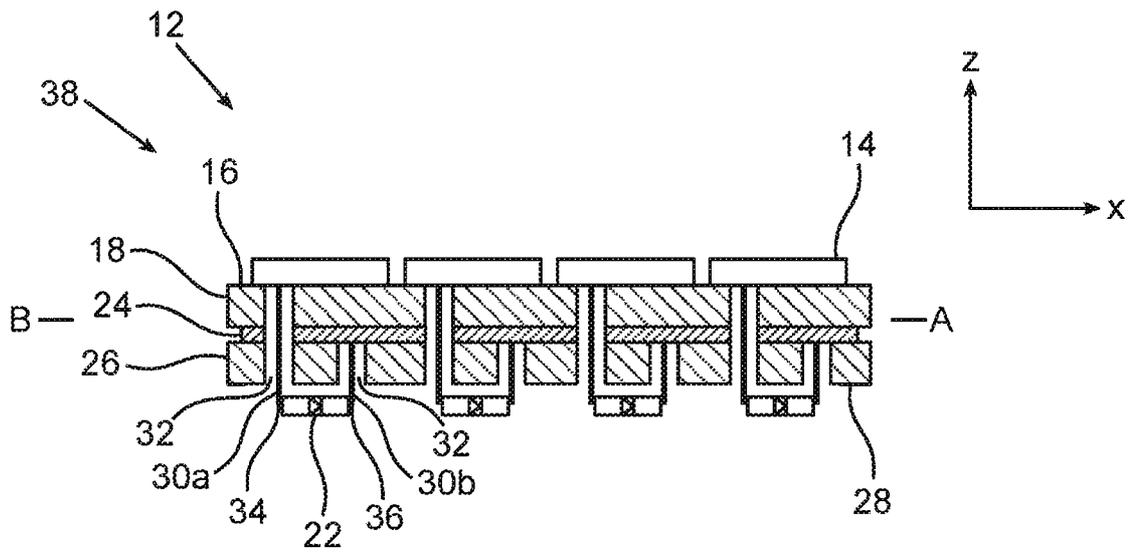
Фигура 1В



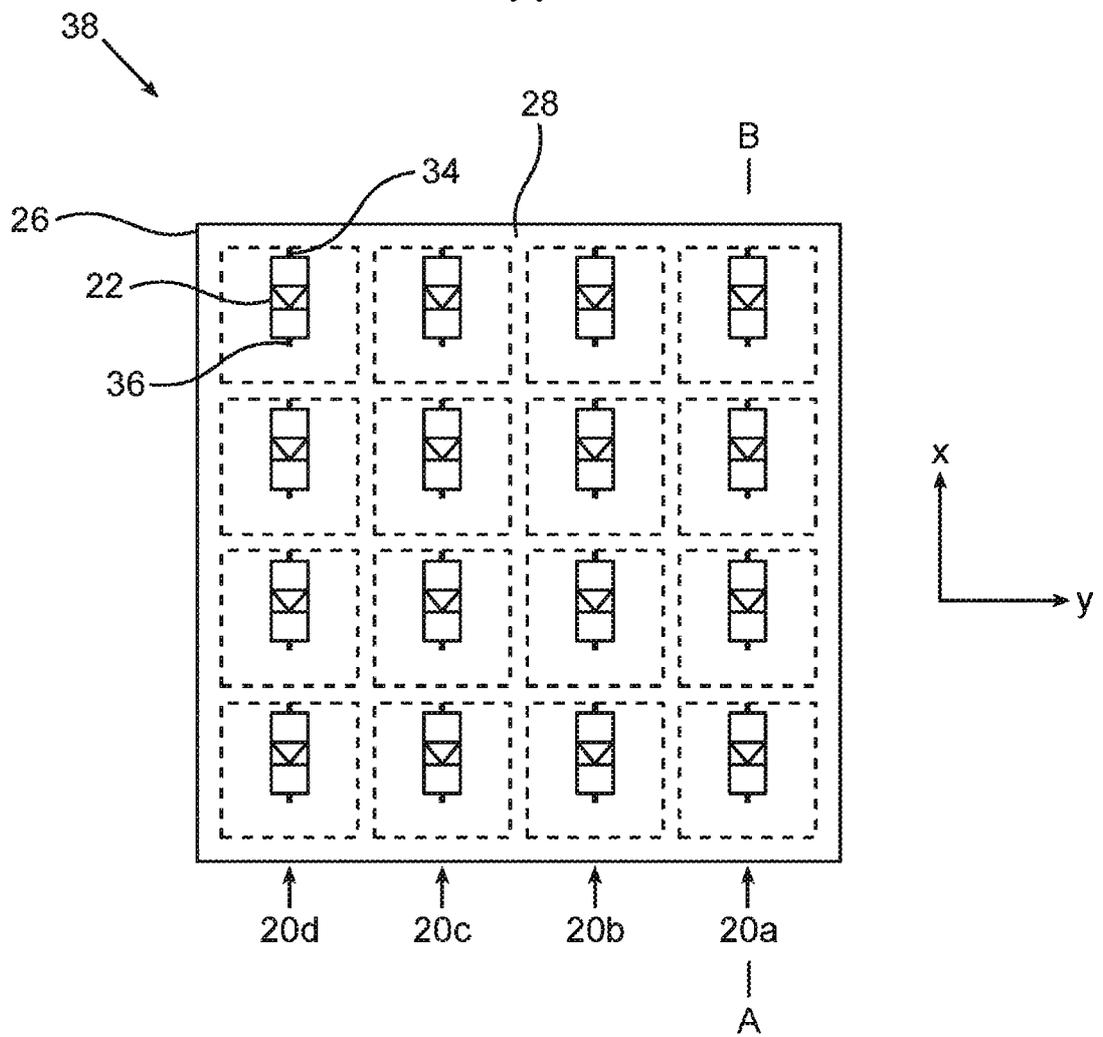
Фигура 1С



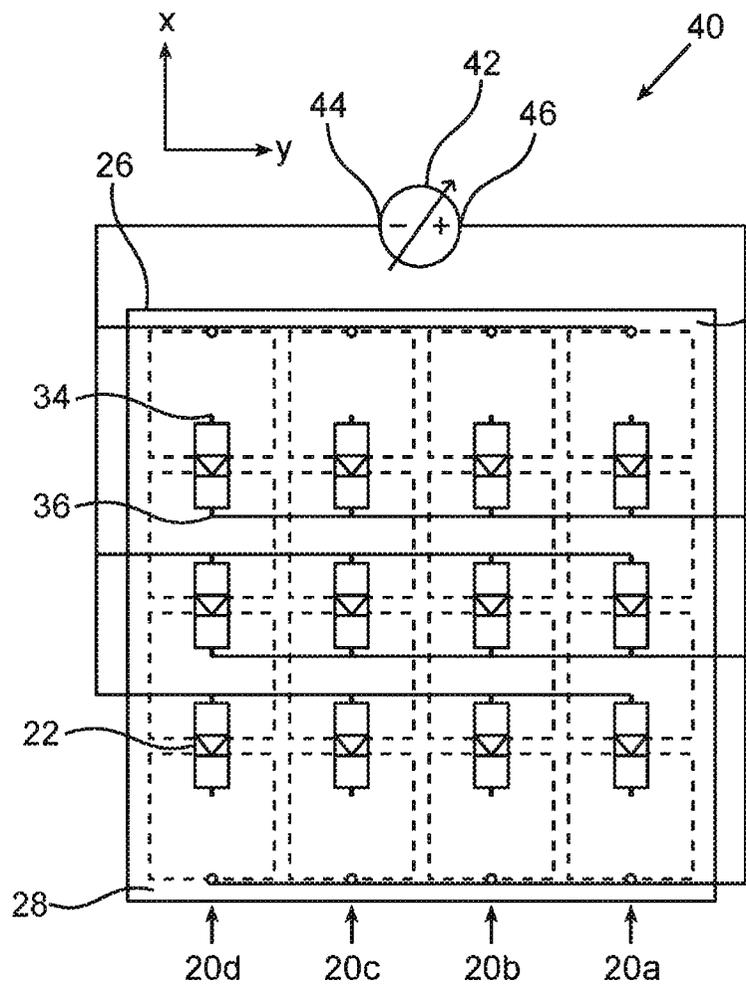
Фигура 1D



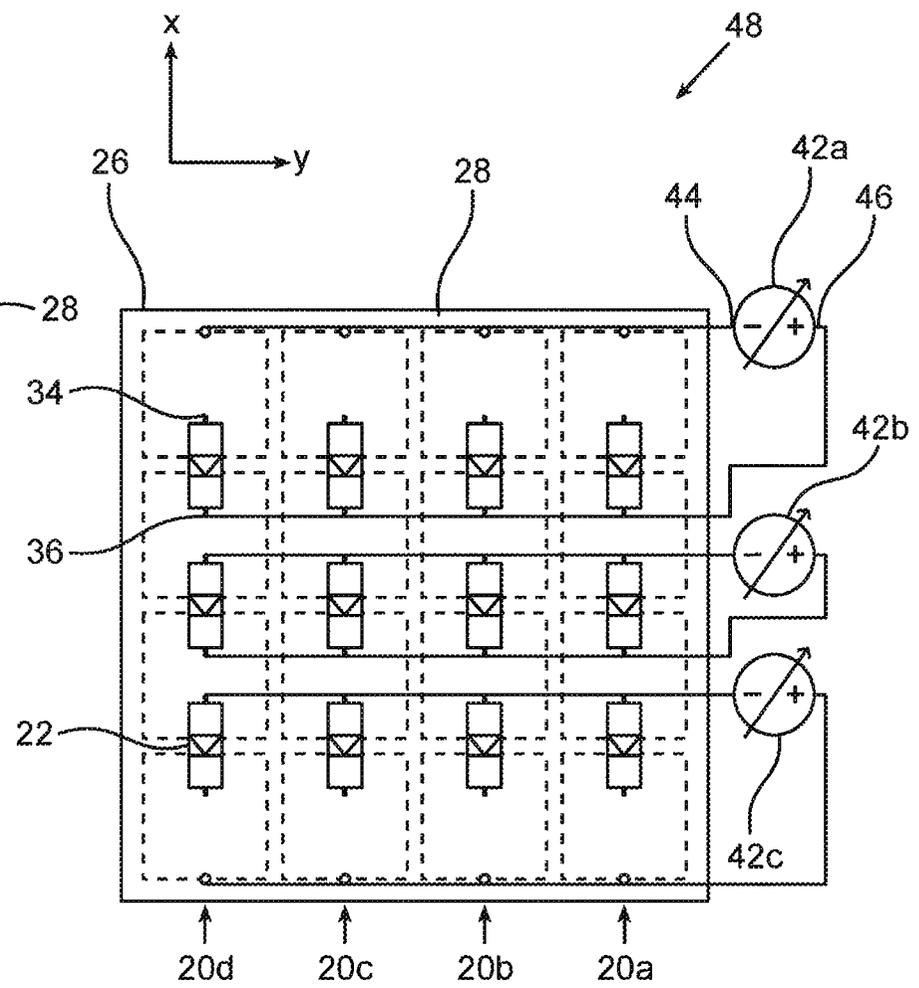
Фигура 2А



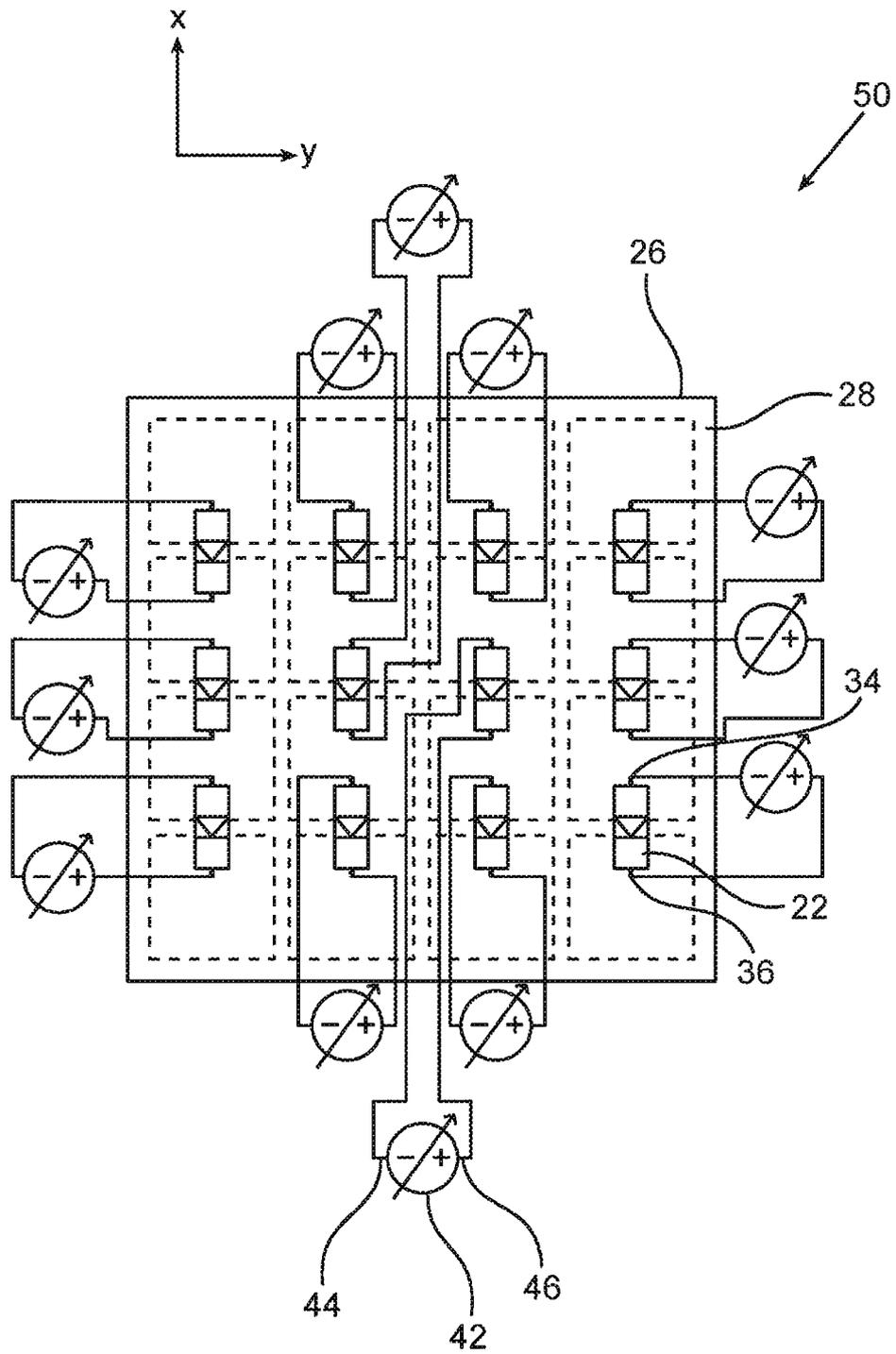
Фигура 2В



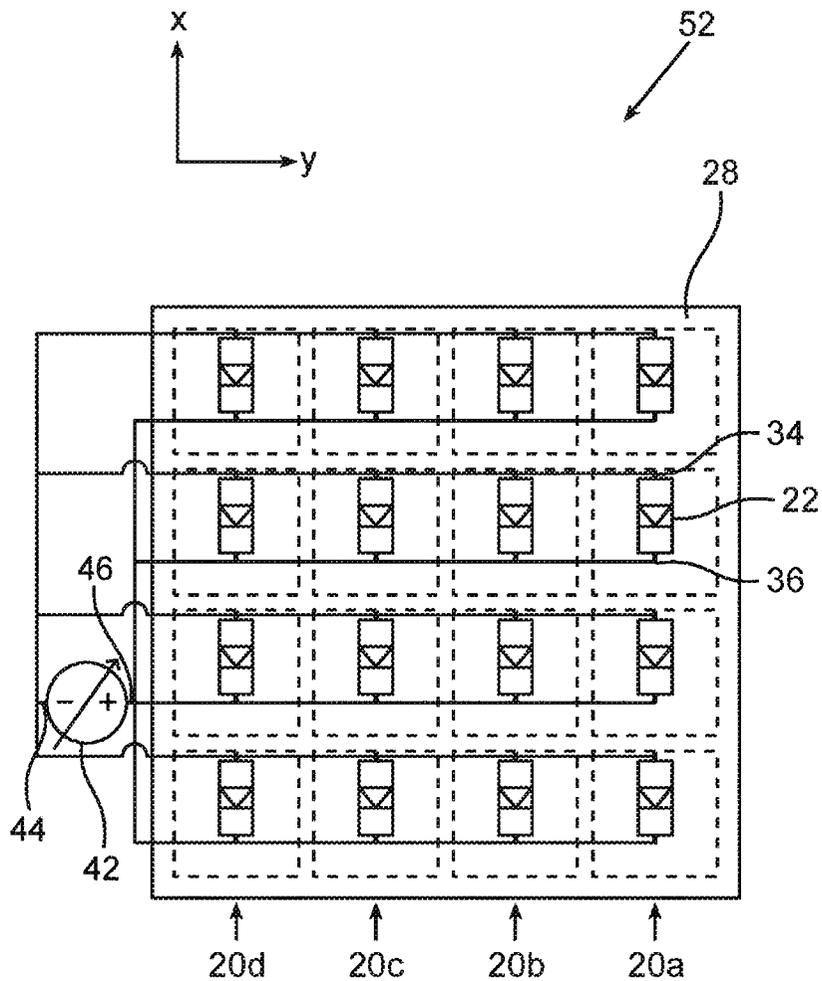
Фигура 3А



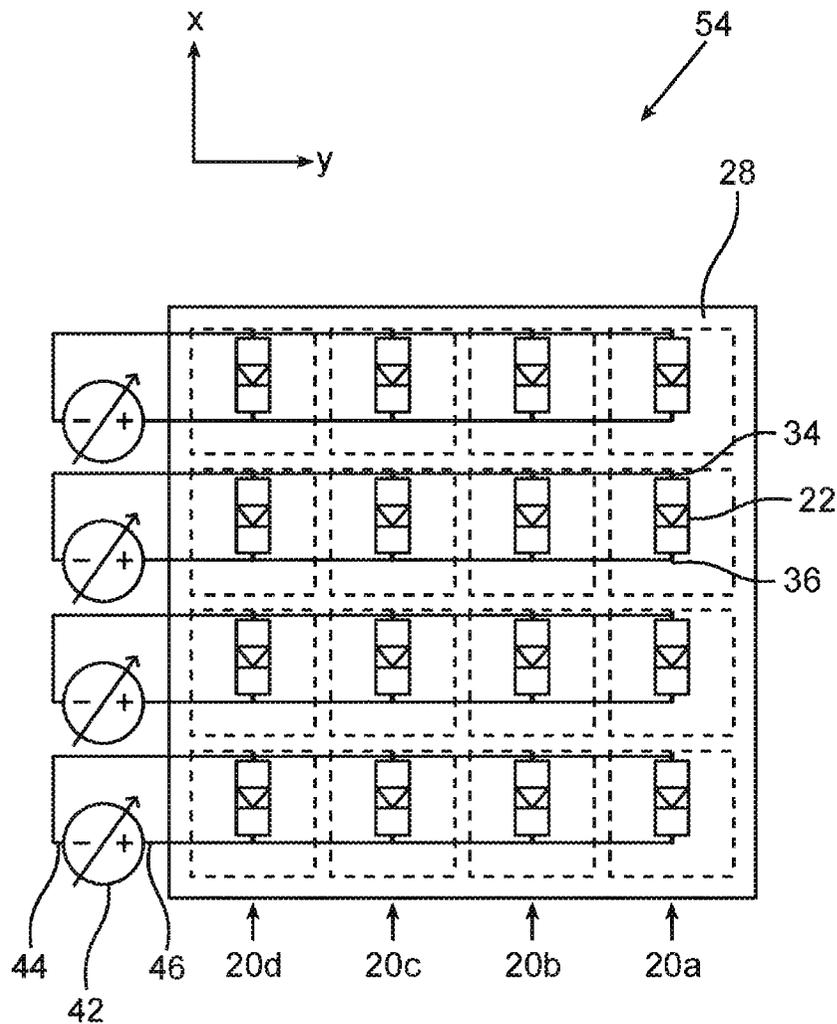
Фигура 3В



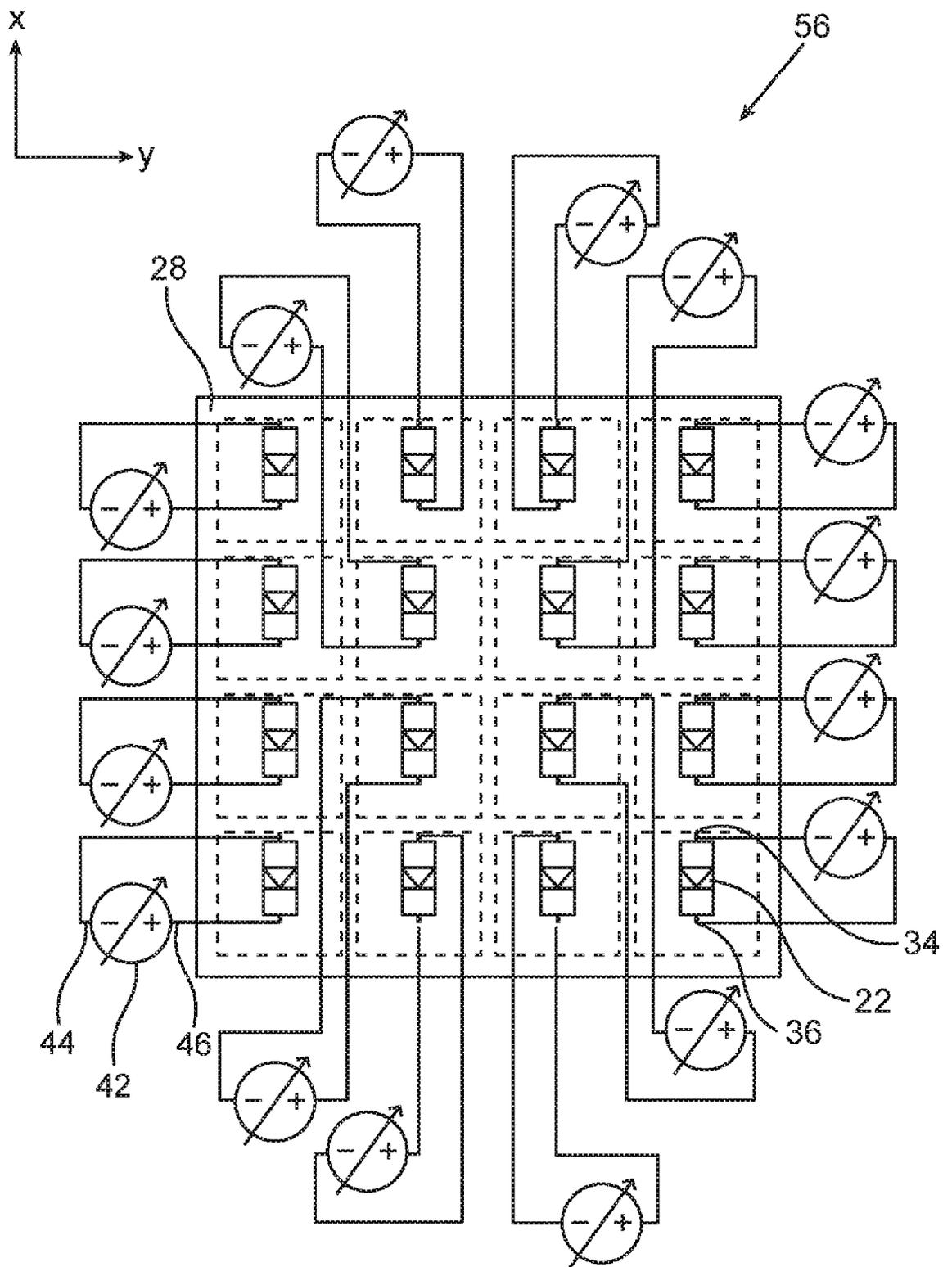
Фигура 3С



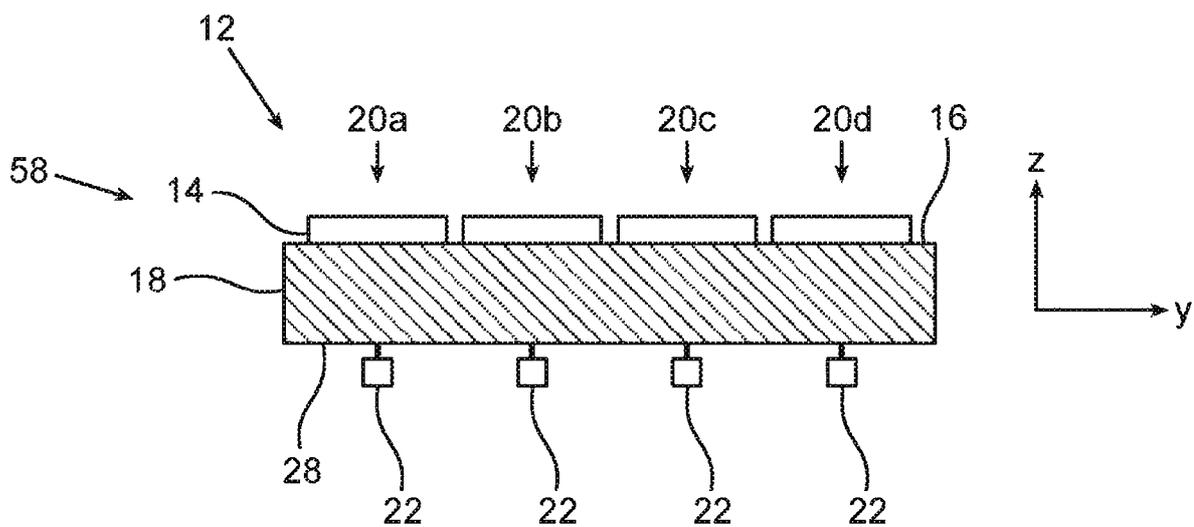
Фигура 4А



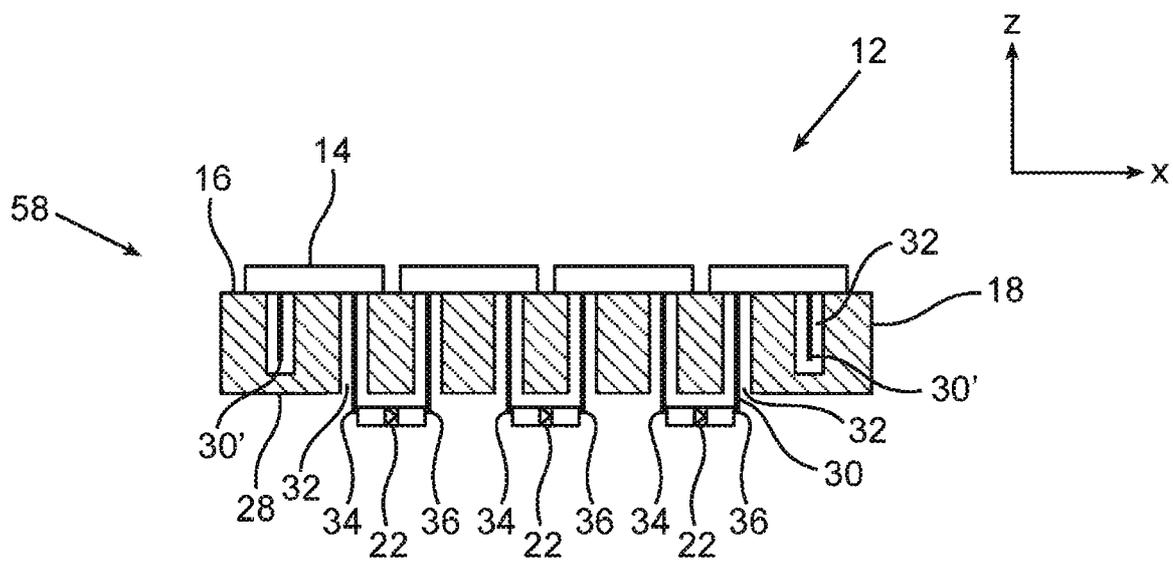
Фигура 4В



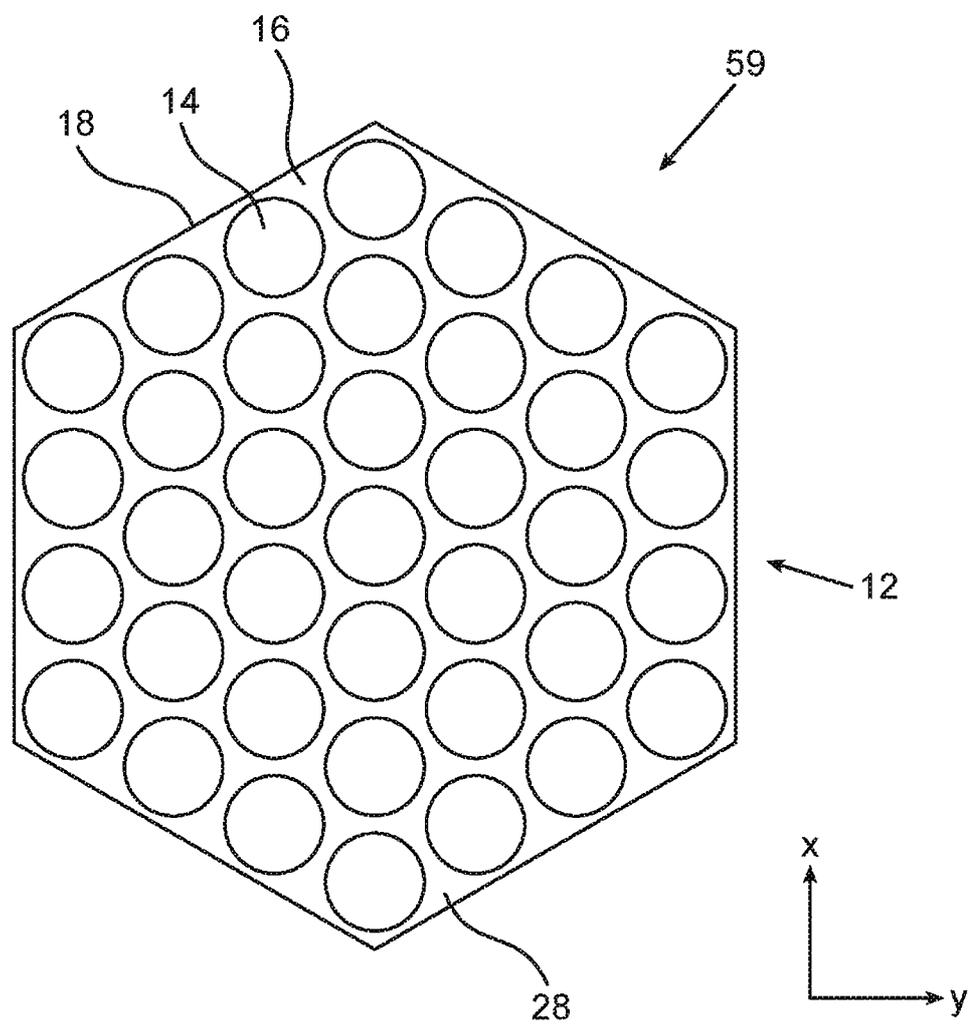
Фигура 4С



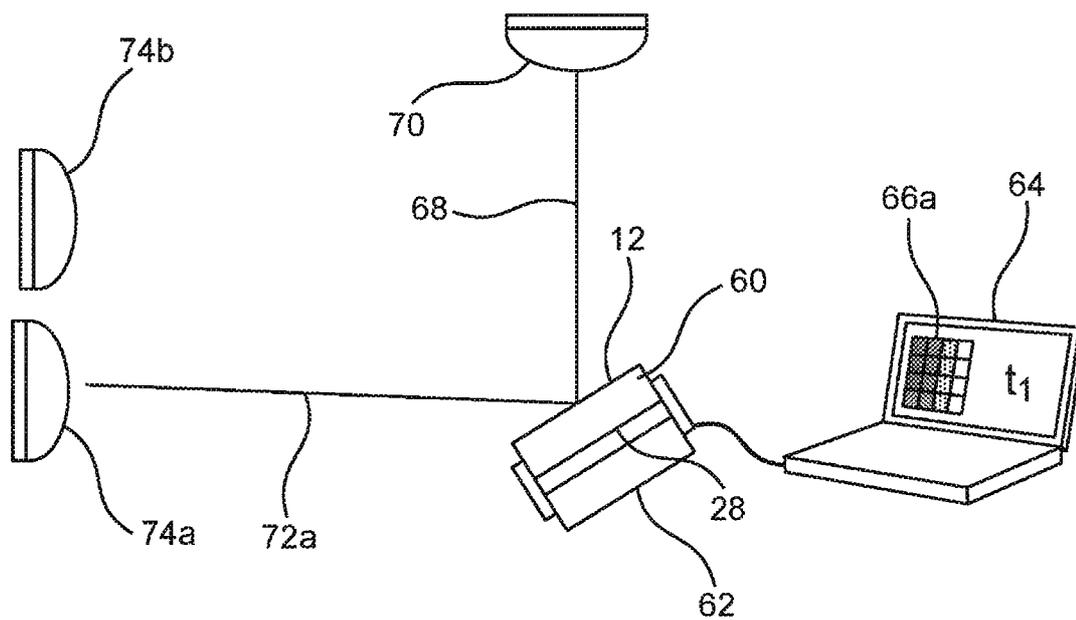
Фигура 5А



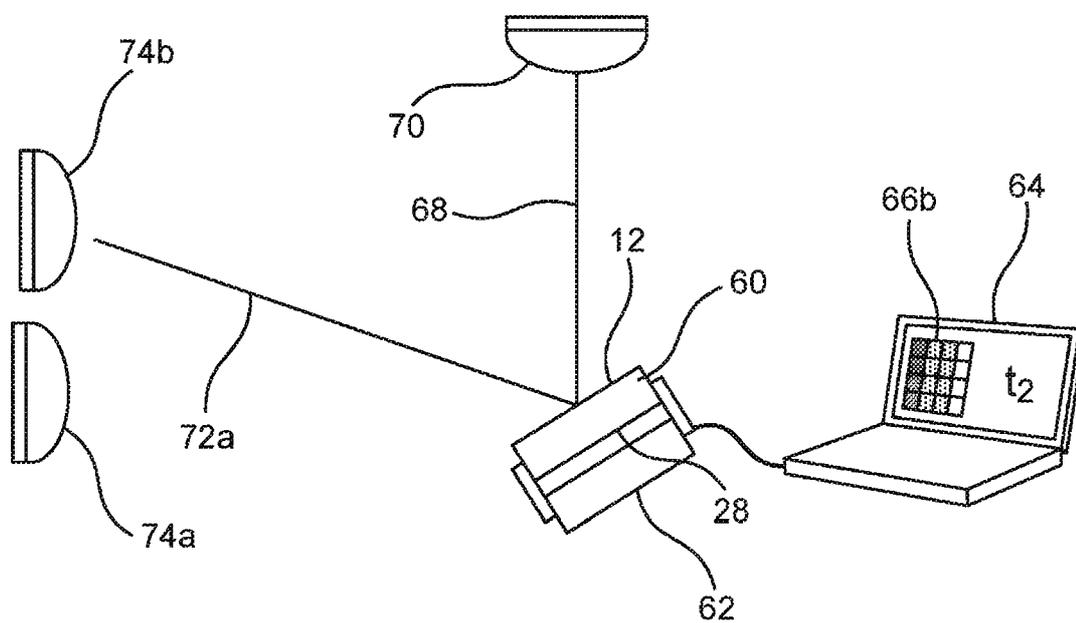
Фигура 5В



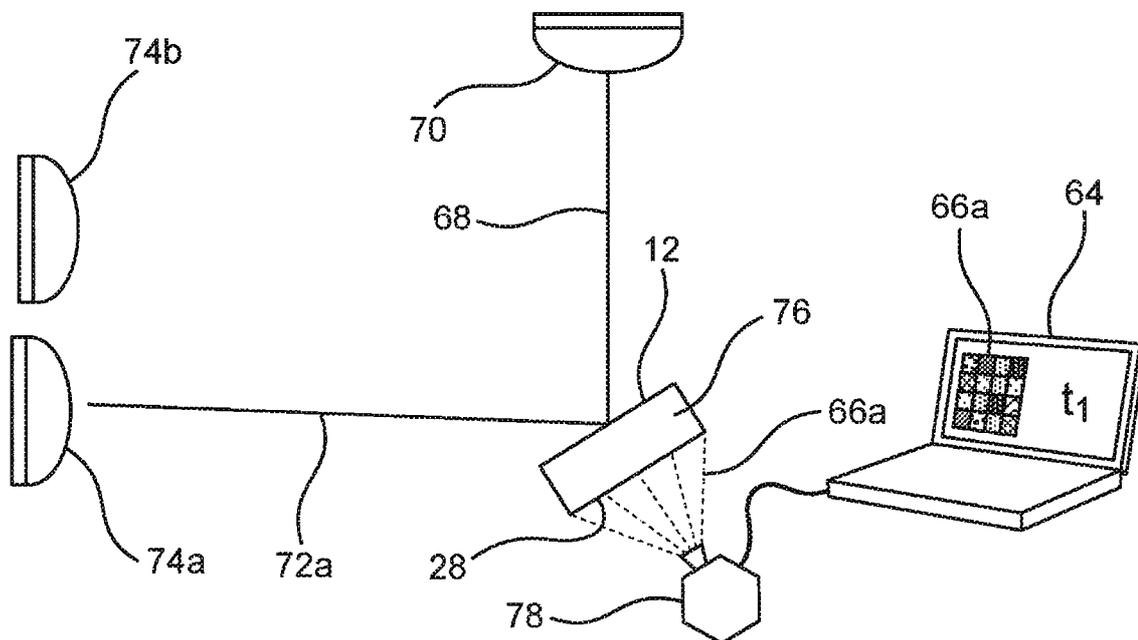
Фигура 6



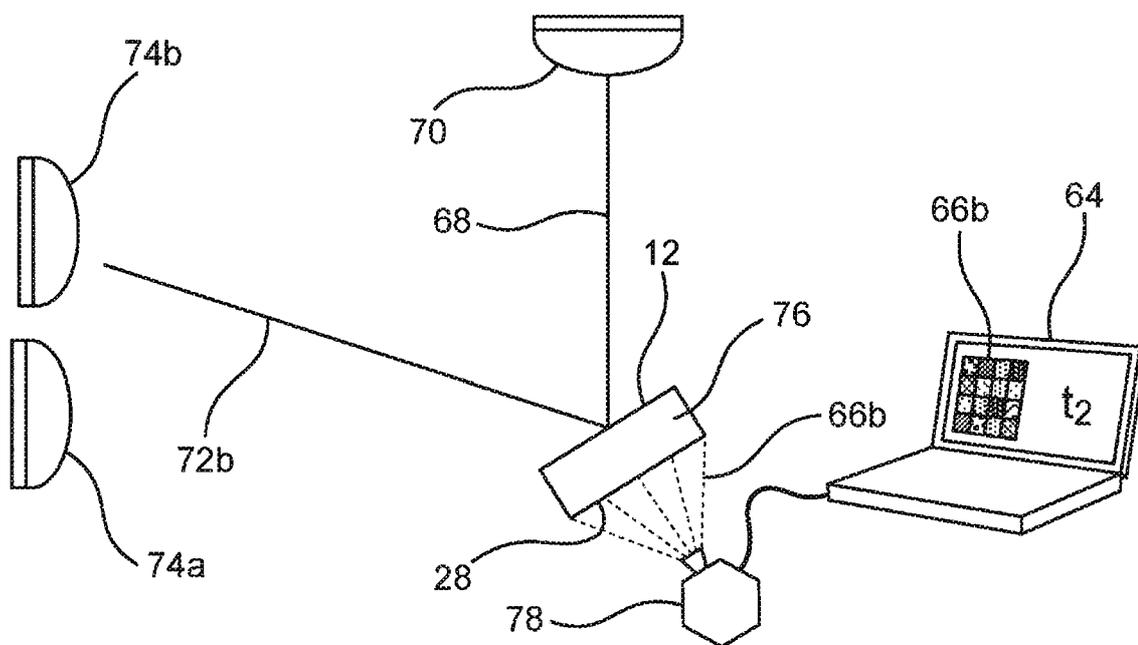
Фигура 7А



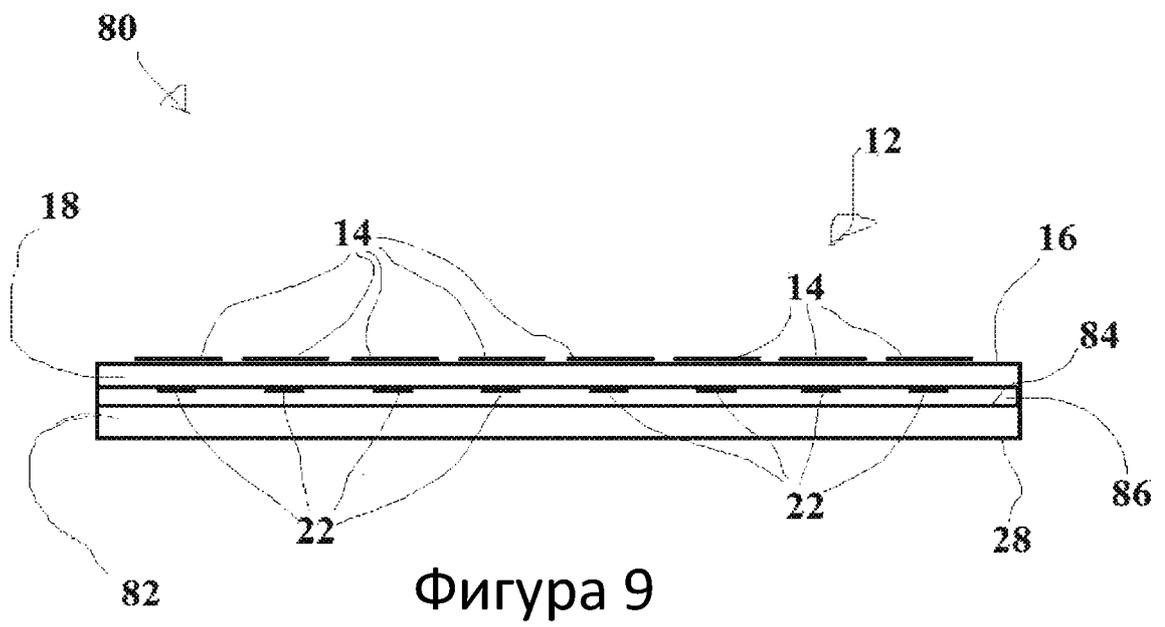
Фигура 7В



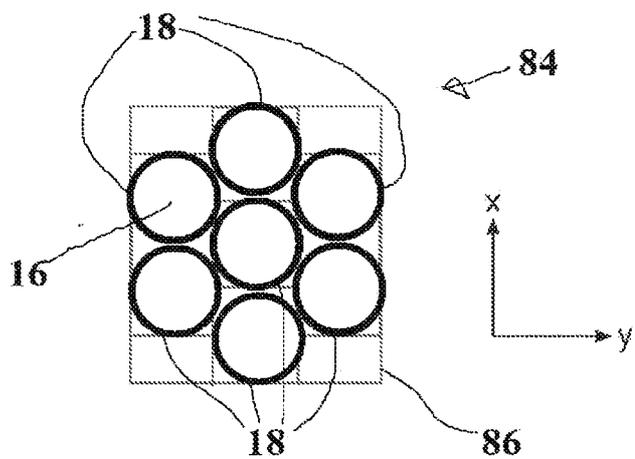
Фигура 8А



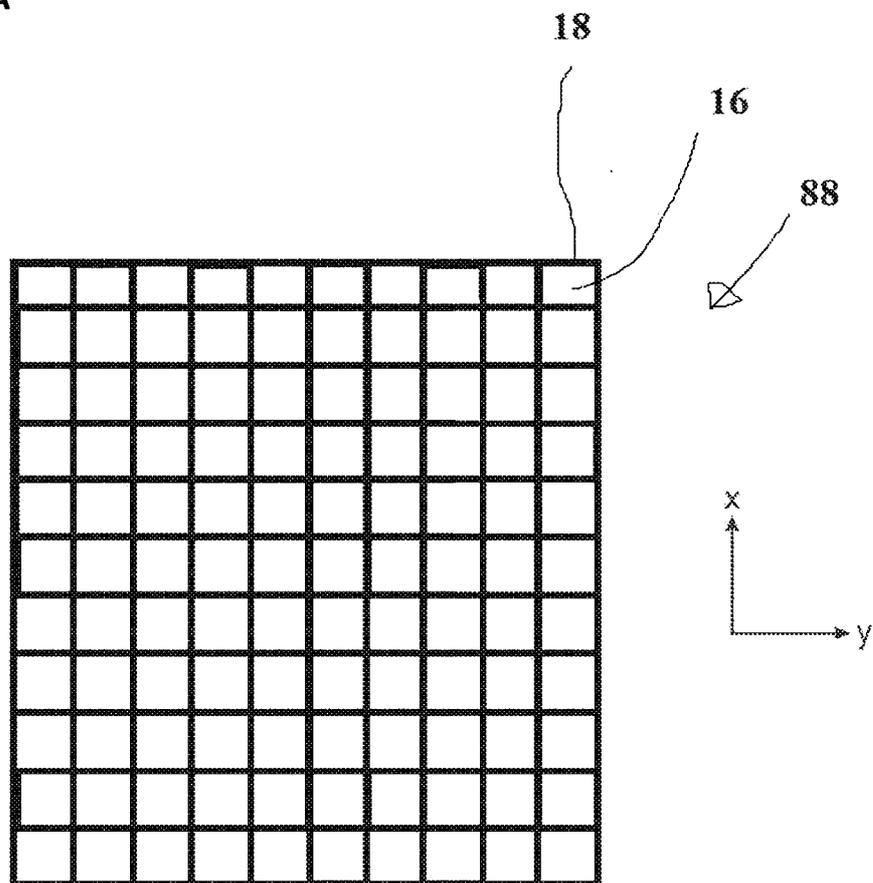
Фигура 8В



Фигура 9



Фигура 10А



Фигура 10В