



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2011150870/07, 14.12.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
14.12.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.12.2011

(45) Опубликовано: 27.07.2013 Бюл. № 21

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2133523 C1, 20.07.1999. RU 2176134 C2,  
20.11.2001. RU 2335821 C1, 10.10.2008. US  
5691885 A, 25.11.1997. US 5016138 A,  
14.05.1991. US 4499607 A, 12.02.1985.

Адрес для переписки:

105005, Москва, 2-я Бауманская, 5, МГТУ им.  
Н.Э. Баумана, Центр Защиты  
интеллектуальной собственности, Е.С.  
Халатовой

(72) Автор(ы):

**Сасов Юрий Дмитриевич (RU),  
Усачев Вадим Александрович (RU),  
Голов Николай Александрович (RU),  
Кудрявцева Наталья Валерьевна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

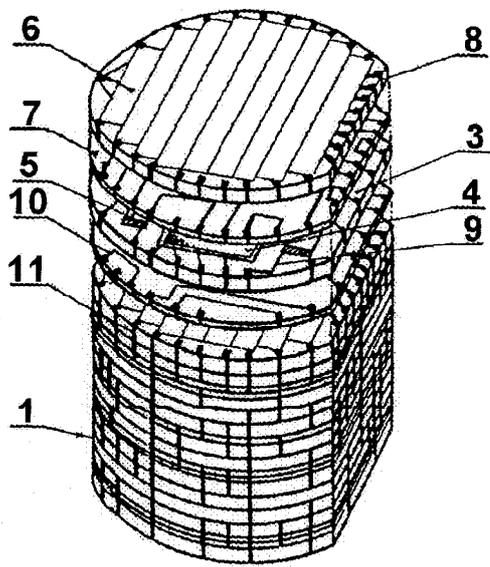
**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Московский государственный технический  
университет имени Н.Э. Баумана (МГТУ им.  
Н.Э. Баумана) (RU)**

**(54) ТРЕХМЕРНОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области конструирования электронных устройств с применением трехмерной технологии и с использованием бескорпусных электронных компонентов. Технический результат - создание трехмерного электронного устройства с конфигурацией произвольной пространственной формы, обеспечивающей получение оптимальных характеристик практически любой электронной аппаратуры, особенно эффективно при создании сверхбыстродействующих наземных и бортовых вычислительных комплексов. Достигается тем, что трехмерное электронное устройство выполняют в виде усеченного цилиндра, или усеченной пирамиды, или в виде составной фигуры из их комбинаций, непосредственно соединенных между собой, при этом микроплаты на своих торцах снабжены внешними контактами, электрически соединенными с компонентами микроплат, а трехмерные электронные модули - внешними

контактными полями, расположенными по их торцам или граням. Внешняя коммутационная плата может быть выполнена в виде гибкой печатной платы с контактными полями для присоединения к любой поверхности трехмерных модулей, внешние контактные поля могут быть выполнены из плоских, покрытых токопроводящим материалом зон, соединенных с внешней коммутационной платой, расположенных на внешних торцах каждого трехмерного модуля, или из консольных, выступающих за габариты трехмерных электронных модулей, металлических или полимерных металлизированных контактов, электрически соединенных с внешней коммутационной платой. Рассмотрены случаи выполнения внешней коммутационной платы, позволяющие универсализировать трехмерные электронные модули произвольной пространственной конфигурации. 9 з.п. ф-лы, 12 ил.



Фиг. 2

RU 2488913 C1

RU 2488913 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H01L 25/00* (2006.01)  
*H01L 25/04* (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2011150870/07, 14.12.2011

(24) Effective date for property rights:  
14.12.2011

Priority:

(22) Date of filing: 14.12.2011

(45) Date of publication: 27.07.2013 Bull. 21

Mail address:

105005, Moskva, 2-ja Baumanskaja, 5, MGTU im.  
N.Eh. Baumana, Tsentr Zashchity intellektual'noj  
sobstvennosti, E.S. Khalatovoj

(72) Inventor(s):

Sasov Jurij Dmitrievich (RU),  
Usachev Vadim Aleksandrovich (RU),  
Golov Nikolaj Aleksandrovich (RU),  
Kudrjavitseva Natal'ja Valer'evna (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij  
gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni  
N.Eh. Baumana (MGTU im. N.Eh. Baumana)  
(RU)

**(54) 3D ELECTRONIC DEVICE**

(57) Abstract:

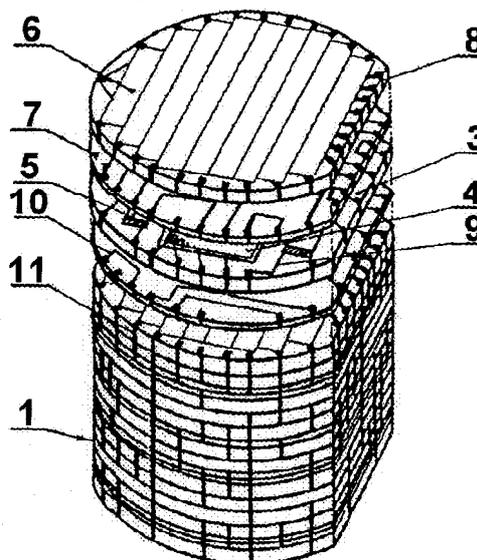
FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: 3D electronic device is designed in the form of a cylindrical or pyramidal frustum or a figure composed of their combinations immediately connected to each other; the microboards have external contacts at their butt-ends, the said contacts electrically connected to the microboards components with the 3D electronic modules are equipped with external contact fields positioned on their butt-ends or faces. The external switching board may be designed in the form of a flexible printed board with contact fields for connection to any surface of the 3D modules; the external contact fields may be made of flat zones (coated with a current-conductive material and connected to the external switching board, such zones positioned on the external butt-ends of each 3D module) or console-type metal or polymer metallised contacts (protruding outside the 3D electronic modules dimensions and electrically connected to the external switching board). Considered are cases when the external switching board design enables universalisation of 3D electronic modules of arbitrary spatial configuration.

EFFECT: creation of a 3D electronic device with

a configuration of arbitrary spatial shape, ensuring achievement of optimal characteristics with virtually any electronic hardware and especially efficient for purposes of creation of superhigh-speed ground-based or on-board computer complexes.

10 cl, 12 dwg



**Фиг. 2**

## Область техники

Данное изобретение относится к области конструирования электронных устройств с применением трехмерной технологии и с использованием бескорпусных электронных компонентов, а конкретно - к конструированию трехмерных электронных устройств.

## Уровень техники

Известно техническое решение по патенту США 4499607 от 12.02.85 г. H04B 9/00 «Геометрически интегрированная архитектура микросхем для высокоскоростных компьютеров». Геометрически интегрированная микросхема состоит из множества трапециевидальных или гексагональных кристаллов интегральных схем или схемных плат, расположенных вдоль внутренних плоскостей геометрического тела такого, как куб или в форме кристаллической ячейки. Кристаллы имеют скошенные противоположащие кромки лицевых сторон, которые имеют металлические включения такие, как замерзшая ртуть, и предусматривают как механические, так и электрические соединения между кристаллами. Кристаллы имеют противоположные кромки лицевых сторон, включающие оптические приемо-передатчики для передачи и приема сигналов вдоль линии передач между отдаленными, планарно расположенными кристаллами через центр, открытый в каждой ячейке. Множество таких ячеек может быть пакетированы в регулярное трехмерное построение с лицевыми сторонами кристаллов, обращенными в соседние ячейки, выровненные и соединенные по их длине. Дополнительные приемо-передатчики в каждой из граней кристаллов соединены через оптические волокна с внешними входными/выходными устройствами или с другими ячейками.

По данному патенту показана идеология произвольного пространственного построения электронного устройства, состоящего преимущественно из полупроводниковых кристаллов непосредственно соединенных друг с другом. Конструкторское решение в патенте не дано. Поэтому данный патент можно рассматривать только как теоретическую основу построения высокоскоростных компьютеров. Входящие в состав устройства кристаллы имеют сложную нетехнологичную форму. Не решены вопросы теплоотвода, взаимного контактирования ячеек и ремонтно-пригодности устройства. Показанные в патенте варианты компоновки устройства имеют очень короткие соединения между кристаллами, но изобилуют большими пустотами, что резко снижает плотность компоновки.

Известно решение по патенту США 4423465 от 27.12.83 г. H05K 7/10 «Конструкция электронного схемного элемента со сверхнаправленными регулируемые соединениями». Конструкция электронного схемного элемента состоит из блока кубической формы, имеющего электронный компонент, помещенный в нем. Блок содержит в себе пару ниш, образованных одной парой его внешних противоположных поверхностей и пару выступов на другой паре внешних противоположных поверхностей, следовательно, образуются общие четыре поверхности зацепления блока или четыре соединения. К нижней поверхности каждой ниши к верхней поверхности каждого выступа закрепляется контактная плата, которая соединяется с упомянутым электронным компонентом внутри упомянутого блока так, что при зацеплении ниш одного блока с выступами другого блока два электронных компонента, расположенные в двух блоках, соединяются друг с другом. Множество блоков, каждый из которых содержит различный электронный компонент, могут быть соединены вместе согласно с принятой электрической схемой путем сочленения

упомянутых ниш и выступов для обеспечения соединения и создания законченной электронной схемы. Это изобретение предусматривает, следовательно, не только легкость, с которой упомянутые элементы комбинируются, разбираются или переставляются, но также способствует экономии и практичности.

5 Патентом защищена конструкция, позволяющая осуществить произвольное соединение электронных компонентов в трехмерном пространстве. К недостаткам следует отнести громоздкость предложенного конструкторского решения и, как следствие, низкую плотность компоновки. Наличие скользящих контактов для  
10 электрического соединения отдельных частей устройства делает его показатели надежности низкими. Конструкция не предусматривает элементов теплоотвода и применима только для использования дискретных компонентов с малым числом внешних выводов.

15 Известны технические решения по патенту Великобритании 2095039 А, МПК Н05К 7/14 от 10.02.82 г. и по патенту США 4823233, Н05К 7/20 от 18.04.89 г.

Блок-схема состоит из несущей конструкции, имеющей стенки с токопроводящими дорожками, проходящими по всей длине конструкции. Элементы платы с такими компонентами, как интегральные схемы, имеют зоны проводимости,  
20 соприкасающиеся с токопроводящими дорожками при установке элементов в конструкцию. В стенках могут иметься пазы, в которые легко входят элементы платы. Таким образом, несущая конструкция выполняет функции физической опоры для элементов и обеспечивает их электрические межсоединения. Охлаждение всего блока осуществляется через отверстия в стенках и через оребрение.

25 Недостатками данной конструкции являются: все электрические соединения между платами осуществляются через скользящие контакты, расположенные в стенках конструкции, что резко снижает надежность аппаратуры; для ремонта блока необходим его полный демонтаж, так как без этого изъятие любой платы  
30 невозможно; наличие вентиляционных отверстий и оребрения многократно снижает плотность компоновки и делает ее аналогичной с традиционными методами монтажа.

Известна конструкция трехмерного многокристального модуля по патенту США 5373189, МПК Н01L 23/02 от 13.12.94 г. Трехмерный многокристальный модуль имеет множество многомерных элементарных электронных модулей, каждый из  
35 которых содержит, по меньшей мере, один кристалл, держатель, на котором расположен кристалл и сеть межсоединений, покрытую верхней поверхностью держателя, упомянутые элементарные модули взаимно накладываются и соединяются один с другим при помощи соединительных цепей. На нижней поверхности держателя  
40 имеют впадину с размером, существенно большим, чем размер кристаллов так, что держатель первого элементарного модуля должен быть соответственно выше кристалла на втором элементарном модуле. Каждый элементарный модуль также имеет, по меньшей мере, одну контактную площадку или короткую площадку, расположенную на одной плоскости держателя и контактирующую с кристаллом  
45 путем межсоединительных связей, каждая прокладка имеет контакт с прокладками близлежащих элементарных модулей (верхний модуль и нижний модуль) для того, чтобы обеспечить электрическое соединение между элементарными модулями. Электронные модули расположены существенно один над другим и смещены с  
50 защитой друг от друга таким образом, что прокладки каждого держателя не покрывают держатель верхнего электронного модуля, поэтому допускается электрическое контактирование проволоками упомянутых прокладок. Каждый электронный модуль имеет множество кристаллов, соединенных при помощи сети

межсоединений.

Данная конструкция имеет все недостатки традиционного «этажерочного» модуля: не решен вопрос с теплоотводом от каждого держателя и модуля в целом; модули неизбежно будут разновысокими в зависимости от их содержания и функционального назначения, поэтому неизбежна потеря объема при монтаже модулей на общую плату; при большом количестве внешних выводов они скапливаются на нижнем держателе, что приводит к увеличению его размеров, а при малом шаге расположения внешних выводов - к дорогому и малонадежному многослойному монтажу на общей плате.

Кроме того, соединения между держателями происходят только через прокладки и сваркой проволочными выводами, что увеличивает общее количество межсоединений и снижает надежность конструкции.

Известна конструкция трехмерного модуля интегральных схем по патенту США 5016138 H05K 7/20 от 14.05.91 г. и аналогичная конструкция по патенту США 4868712 H05K 7/20 от 19.10.89 г. Данные изобретения предназначены для усовершенствованного модуля и технологии упаковки кристаллов, из которых формируются схемные модули, что дает увеличение плотности компоновки и удешевление в изготовлении. В соответствии с данными изобретениями, по меньшей мере, один кристалл устанавливается на каждую из множества подложек, обычно керамических, каждая из которых имеет токопроводящие проводники для передачи электронных сигналов. Кристаллы электрически соединены с проводниками такими средствами, как проволочные соединения или соединение flip-chip. По крайней мере, некоторые из проводников доходят до краев подложки для того, чтобы осуществить электрические соединения от кристаллов на подложке к внешним цепям. Другие проводники могут проходить от одного края подложки до другого, позволяя внешнему сигналу проходить через подложку. Другие проводники также могут проходить между многими кристаллами на одной подложке, содержащей более одного кристалла. Выводы, которые выходят с краев подложки, соединены с проводниками в каждом слое. Подложка может содержать множество слоев проводников для распределения сигналов токов и напряжений, цепей питания и «земли». Две или более подложек соединены вместе, одна поверх другой в форме плотной сборки электронных цепей. Между каждым слоем расположена прокладка в форме окна, обычно керамическая, окружающая и защищающая кристаллы. Таким образом, слой состоит из подложки, проводников, кристаллов и внешних соединений.

Платы для боковых межсоединений (SIP) электрически соединяют слои между собой. SIP-подложка, обычно керамическая, на которой на определенных местах сформированы проводники. SIP соединена так, чтобы получать сигнал с внешних выводов каждого слоя или передавать сигнал с них. По меньшей мере, один проводник на SIP может быть таким, чтобы обеспечить соединение с каждым слоем внутри сборки, как это нужно для сигнала шины, цепей питания и «земли». Благодаря использованию проводников, проходящих через слой и SIP, сигналы могут быть направлены произвольно вокруг или внутри сборки. SIP могут иметь многие слои проводников. Три базовые конфигурации предложены для выполнения внешних соединений сборки.

Первая конфигурация использует внешние платы базовых межсоединений (ESIP). ESIP подобен SIP за исключением того, что ESIP больше, чем сторона сборки, с которой она соединяется и определенные проводники ESIP выходят за края сборки и заканчиваются контактными площадками достаточного размера для проволочного соединения. «Субсборка» модуля состоит из «этажерки», SIP, ESIP и установлена в

основание корпуса. Выводы корпуса для внешних соединений в законченном устройстве проходят через основание корпуса и заканчиваются внутри его. Используя стандартную для интегральных схем технику проволочных соединений, контактные площадки ESIP соединяются с выводами корпуса. Крышка закрывает сборку, SIP и ESIP для защиты сборки от механических повреждений и обеспечивает герметичную упаковку. Вторая конфигурация, используемая для получения внешних соединений сборки, соединяет сборку с базовой платой, из которой выходит массив выводов, аналогичный стандартному PGA корпусу для одного кристалла. Проводники формируются на подложке, обычно керамической. Основание может содержать многие слои проводников, если это требуется при специфическом применении. Выводы проходят через слой и электрически соединены с проводниками. Проводники идут в тех направлениях, которые расположены по краям сборки, соединенных с SIP. SIP соединяются с основанием, так как если бы она была другим слоем сборки.

Третья конфигурация соединяет сборку со вторым основанием, похожим на PGA. В этой конфигурации соединители на торцах каждого слоя соединяются с базовой платой PGA так, если бы она была SIP. Отверстия и проводники соединяют соединители на торцах каждого слоя и соединяются с базовой платой PGA так, если бы она была SIP. Отверстия и проводники соединяют соединители на торцах каждого слоя с выводами основания корпуса PGA. Если соединители на торцах слоев - штыри, то выводы PGA будут просто располагаться по периферии базовой платы. Из-за высокой плотности компоновки в определенных случаях могут потребоваться средства для охлаждения сборки. Одно из таких средств для модуля типа ESIP включает выход теплового радиатора за пределы базы корпуса. Другие средства включают размещение тепловых радиаторов с определенным интервалом внутри сборки. Третьи средства включают размещение слоев с жидкостным охлаждением с определенным интервалом внутри сборки.

Конструкция, описанная в данном патенте, имеет несомненное преимущество над другими конструкциями модулей попыткой решить вопросы теплоотвода (хотя и не самыми рациональными способами), что приводит к значительной потере плотности компоновки. Боковые коммутирующие платы делают конструкцию практически неремонтопригодной после сборки. Первоначальный вариант конструкции также обладает некоторыми недостатками традиционного «этажерочного» модуля, указанными в патенте США 5373189.

Известна также конструкция этажерочной сборки носителей кремниевых кристаллов по патенту США 5434745, H01L 21/18 от 18.07.95 г. В патенте показана этажерочная сборка носителей кристаллов и метод упаковки и соединения кремниевых чипов таких, как чипы памяти. Носитель сконструирован как металлизированная подложка, внутри которой закреплен чип. Чип проволочными выводами связан с токопроводящей разводкой на подложке. Каждый проводник, когда связь идет к кромке подложки, соединяется с полукруглым отверстием. Основание находится на верхней части подложки. Это основание имеет также разводку к металлизированным отверстиям полукруглой формы через отверстия, которые находятся в основании подложки. Комбинация основания подложки с кремниевым элементом и с верхним основанием формируют этажерочную единицу. Несколько таких единиц могут быть собраны в этажерку и расположены один над другим. Поверхность единицы может быть окончательно накрыта керамической крышкой, которая также имеет множество полукруглых металлизированных отверстий, образованных на ее краях. Чтобы электрически соединить этажерочную

сборку, может быть использован проводящий полимер, расположенный в выемках после выравнивания полукруглых отверстий с помощью основания.

Данная конструкция имеет те же недостатки, что и показанная в патенте США 5373189, Патент Великобритании 2095039 А, а также патенты США 4823233; 5016138; 4868712; 5434745 и 5373189 непосредственно не относятся к конструкциям трехмерных устройств, а являются частными решениями при конструировании трехмерных модулей.

Известно также техническое решение по международной заявке США PCT/US 95/12855 H05K 1/11 (международный номер публикации WO 96/12391 от 14.10.94 г.) «Трехмерное межсоединение, имеющее модули с вертикальными верхними и нижними соединениями». Система построения модулей образует трехмерную коммутационную межсоединительную ячейку. Первое воплощение трехмерного коммуникационного межсоединения - это тетраидальная решетка, имеющая регулярную, изотропическую, трехмерную топологию, в которой каждый модуль соединен с такими же четырьмя физически перекрытыми соседями.

Структура тетраидального соединения является общей со структурой ромбической решетки. Во втором воплощении межсоединение является гексагональным.

Характеристика обоих воплощений такова, что если бы даже соединения сделаны многочисленными с другими модулями, то физические соединения выполнены вдоль одинаковых направлений.

Данная заявка реализует произвольное пространственное расположение элементарных модулей с электронными компонентами и их произвольное электрическое и механическое соединение. К недостаткам следует отнести использование в качестве соединительных элементов разъемов со скользящими контактами, что снижает показатели надежности аппаратуры; между модулями неизбежно создаются пустоты, что снижает плотность компоновки; также не решен вопрос с теплоотводом.

Наиболее близким известным техническим решением является трехмерное электронное устройство по патенту РФ №2133523, H01L 25/03 от 20.06.99 г., содержащее множество трехмерных электронных модулей из микроплат, электрически соединенных между собой, внешний теплоотвод, соединенный с теплоотсекателями трехмерных электронных модулей. Модули используют бескорпусные объемные и пленочные электронные компоненты. Между самостоятельными электронными компонентами, выполненными на базе кристаллов интегральных схем (ИС), и микроплатами, содержащими активные и пассивные электронные компоненты, размещены промежуточные платы многофункционального назначения. Все составные части модуля выполнены преимущественно из теплопроводящих материалов и совместно с элементами внутримодульного теплоотвода составляют эффективную теплоотводящую систему. Микроплаты и промежуточные платы дополнительно содержат пленочные активные и пассивные компоненты, выполненные по тонкопленочной, толстопленочной или полупроводниковой технологии, что значительно увеличивает функциональные возможности аппаратуры.

Преимуществом данного решения является его универсальность и получение высокой плотности компоновки. Но изобретение касается только конструкции модуля и не отражает варианты построения конструкций микроплат.

Основной задачей данного изобретения является создание трехмерного электронного устройства с применением трехмерных электронных модулей произвольной пространственной формы и с произвольным трехмерным их

расположением.

#### Раскрытие изобретения

Для реализации указанной задачи трехмерное электронное устройство, содержащее множество трехмерных электронных модулей из микроплат, электрически  
5 соединенных между собой, внешний теплоотвод, соединенный с теплоотсекателями трехмерных электронных модулей, выполняются составным в виде параллелепипеда переменного сечения, или усеченного цилиндра, или усеченной пирамиды, или в виде их комбинаций, непосредственно соединенных между собой, при этом микроплаты на  
10 своих торцах снабжены внешними контактами, электрически соединенными с компонентами микроплат, а трехмерные электронные модули - внешними контактными полями, расположенными по их торцам или граням. Пространственная конфигурация формы трехмерного электронного устройства, выполненная составной в виде параллелепипеда переменного сечения, или усеченного цилиндра, или усеченной  
15 пирамиды, или в виде их комбинаций, непосредственно соединенных между собой трехмерных модулей и других электронных компонентов обеспечивает получение оптимальных характеристик (наименьшие длины межсоединений, высокие частотные характеристики, оптимальный теплоотвод и пр.). Произвольное пространственное  
20 расположение трехмерных модулей и других электронных компонентов обеспечивает непосредственное их соединение в нужных зонах также для получения оптимальных характеристик устройства в целом. Это, в частности, позволяет применить бескорпусные электронные компоненты в виде кристаллов ИС или целых полупроводниковых пластин. Пространственная форма модулей может зависеть от  
25 конфигурации электронно-механического устройства, в состав которого входит трехмерное электронное устройство, для расположения электроники в нишах, зазорах и прочих элементах конструкции механической части устройства.

При этом внешние контактные поля могут быть выполнены из плоских, покрытых  
30 токопроводящим материалом зон, соединенных с внешней коммутационной платой, расположенных на внешних торцах каждого трехмерного модуля, или из консольных, выступающих за габариты трехмерных электронных модулей, металлических контактов или полимерных металлизированных контактов, электрически  
соединенных с внешней коммутационной платой.

35 Электрические соединения между трехмерными электронными модулями и другими электронными компонентами, входящими в состав трехмерного электронного устройства, может осуществляться внешней коммутационной платой, выполненной в виде гибкой печатной платы.

40 На внешней коммутационной плате сформированы ответные контактные поля, повторяющие конфигурацию контактных полей, расположенных на трехмерных электронных модулях, и состоящие из металлизированных контактных площадок. Контактные поля на внешней коммутационной плате могут состоять также из металлизированных сквозных отверстий.

45 Трехмерные электронные модули, входящие в состав трехмерного электронного устройства, могут быть непосредственно соединены между собой электрически совмещенными контактными полями. Желательно, чтобы трехмерные электронные модули, входящие в состав трехмерного электронного устройства, а также другие  
50 электронные компоненты, не входящие в состав трехмерных электронных модулей, были бы выполнены с применением материалов, обладающих высокой теплопроводностью и теплоемкостью.

Трехмерные электронные модули, равно, как и другие электронные компоненты, а

также внешняя коммутационная плата могут иметь на своих внешних поверхностях контрольные точки, позволяющие производить контроль правильности соединений и функционирования трехмерного электронного устройства без его демонтажа.

5 Формирование контактных полей непосредственно на поверхностях трехмерных электронных модулей позволяет значительно сократить длину соединений между ними, а также обеспечить высокие частотные характеристики трехмерного электронного устройства. Внешняя коммутационная плата, выполненная в виде гибкой печатной платы и имеющая на своей поверхности контактные поля, позволяет легко  
10 электрически соединить произвольно расположенные в пространстве и произвольной формы трехмерные электронные модули и другие бескорпусные электронные компоненты. Гибкая печатная плата практически не занимает объем (например, при ее изготовлении из полиимида толщиной от 20 мкм до 40 мкм и напылении на него проводников толщиной 5 мкм). Такая внешняя коммутационная плата легко  
15 преобразуется в необходимую форму и может быть многослойной.

Применение гибкой внешней коммутационной платы не исключает непосредственный электрический и механический контакт между трехмерными модулями при помощи, например, капиллярной пайки. При этом контактные поля,  
20 расположенные на поверхностях трехмерных электронных модулей, состоят из внешних контактов, входящих в трехмерные модули микроплат, бескорпусных электронных компонентов и промежуточных печатных коммутационных плат, расположенных на их торцевых поверхностях. Могут также использоваться микроплаты или промежуточные коммутационные платы, расположенные на  
25 внешних торцах трехмерных модулей. В случае соединения трехмерных модулей с внешней коммутационной платой, на ней контактное поле образовано группой металлизированных контактов или отверстий.

Конструкция и форма теплоотвода трехмерного электронного устройства целиком  
30 зависит от конструкции всех входящих в него составных частей, а также от их взаимного расположения. Основные требования к теплоотводу: наименьшие тепловые потери и надежный тепловой контакт с тепловыделяющими компонентами. Хорошая теплопроводность трехмерных электронных модулей создает условия для теплорастекания по трехмерному модулю и термоаккумуляции, что выравнивает  
35 тепловую нагрузку и ликвидирует «горячие точки». Теплоотвод трехмерного электронного устройства может иметь также второй контур, например, жидкостного охлаждения. Суммарно это создает целую систему теплоотвода, обеспечивающую оптимальный тепловой режим работы всего трехмерного электронного устройства.

40 Конструкция и конфигурация трехмерного электронного устройства и трехмерных модулей должны позволять проводить полный контроль бескорпусных электронных компонентов, внутренних связей внутри микроплат и промежуточных коммутационных плат до установки в трехмерные модули или на внешнюю коммутационную плату. Все активные электронные компоненты предварительно  
45 проходят электротермотренировку или диагностику, и поэтому никакие потенциально негодные активные электронные компоненты не попадают в трехмерный модуль. Так как все внешние связи электронных компонентов, микроплат и промежуточных коммутационных плат проходят по торцевым поверхностям трехмерных электронных модулей, то представляется возможным их электрический контроль после их сборки, а также контроль всего монтажа после сочленения трехмерных модулей с внешней коммутационной платой. Демонтаж вышедших из строя трехмерных модулей,  
50 бескорпусных электронных компонентов, микроплат и промежуточных

коммутационных плат производят, например, путем местного изгиба внешней коммутационной платы и выпайки бракованного элемента. В случае непосредственного электрического соединения трехмерных модулей между собой, демонтаж может быть произведен путем локального разогрева мест стыка до температуры плавления припоя. При необходимости также демонтируют вышедший из строя электронный компонент или микроплату из трехмерного модуля.

Краткое описание чертежа

Изобретение поясняется фигурами, приведенными на чертеже.

Фиг.1 изображает вариант конструкции трехмерного модуля в виде параллелепипеда;

фиг.2 изображает вариант конструкции трехмерного модуля в виде усеченного цилиндра;

фиг.3 изображает вариант конструкции трехмерного модуля в виде усеченной пирамиды;

фиг.4 изображает вариант конструкции трехмерного модуля в виде составной фигуры из усеченных пирамид;

фиг.5 изображает вариант конструкции трехмерного электронного устройства с соединением трехмерных модулей гибкой печатной платой;

фиг.5А, 5В, 5С, 5D и 5Е изображают варианты контактирования трехмерных модулей с внешней коммутационной платой;

фиг.6 изображает вариант конструкции трехмерного электронного устройства с непосредственным соединением трехмерных модулей;

фиг.7 изображает вариант конструкции трехмерного электронного устройства со смешанным соединением трехмерных модулей.

Осуществление изобретения

Данное трехмерное электронное устройство состоит преимущественно из функционально законченных трехмерных электронных модулей.

В одном из конструкторских вариантов (фиг.1) трехмерный модуль 1 выполнен в виде параллелепипеда и состоит из бескорпусных электронных компонентов 2 в виде кристаллов ИС, микроплат 3, содержащих активные бескорпусные компоненты 4 и пассивные бескорпусные компоненты 5. Микроплата может также содержать бескорпусной электронный компонент в виде полупроводниковой пластины 6. Между микроплатами может располагаться одна или несколько промежуточных коммутационных плат 7. Бескорпусные электронные компоненты 2, микроплаты 3 и промежуточные коммутационные платы 7 имеют внешние контакты 8, расположенные по их торцам с выходом на лицевые и обратные стороны бескорпусных электронных компонентов 2, микроплат 3 и промежуточных коммутационных плат 7. Внешние контакты 8 соединены электрически с контактными площадками кристаллов ИС - бескорпусными электронными компонентами 2 и с другими активными 4 и пассивными 5 бескорпусными электронными компонентами, входящими в состав микроплат 3, проводниками 9, нанесенными на лицевую поверхность микроплат 3, а также с коммутирующими проводниками 10, нанесенными на лицевые и обратные стороны бескорпусных электронных компонентов 2, микроплат 3 и промежуточных коммутационных плат 7. В целях обеспечения высокой надежности межсоединений внешние контакты 8 и коммутирующие проводники 10 наносят преимущественно методом вакуумного осаждения проводников. Бескорпусные электронные компоненты 2, микроплаты 3 и промежуточные коммутационные платы 7 соединяют в трехмерном модуле 1 между

собой преимущественно капиллярной пайкой или нанесением на грани модуля внешних проводников 11, например, методом вакуумного напыления проводников. Внешние контакты 8 и внешние проводники 11 могут образовывать контактное поле для связи с внешней коммутационной платой 12 (на фиг.1 не показана), соединяющей  
5 трехмерные модули 1 между собой или для непосредственной связи трехмерных модулей 1 между собой.

На фиг.2 показан вариант конструкторского выполнения трехмерного модуля 1 в виде усеченного цилиндра. Это может оказаться целесообразным при использовании в  
10 составе трехмерного модуля 1 преимущественно одинаковых по размерам целых полупроводниковых пластин 6 в качестве активных бескорпусных компонентов. При этом микроплаты 3 с активными бескорпусными компонентами 4 и пассивными бескорпусными компонентами 5, а также промежуточные коммутационные платы 7 принимают также вид усеченного круга. Аналогично варианту, показанному на фиг.1,  
15 на поверхностях полупроводниковых пластин 6, микроплат 3 и промежуточных коммутационных плат 7 расположены внешние контакты 8 и коммутирующие проводники 10. Внешние контакты 8 в сочетании с внешними проводниками 11 могут создавать внешнее контактное поле.

На фиг.3 изображен конструкторский вариант трехмерного модуля 1 в виде усеченной пирамиды. Этот вариант приемлем, например, в случае расположения модуля в нише электронно-механического устройства. В этом варианте преимущественно используются микроплаты 3 с активными бескорпусными  
25 компонентами 4 и пассивными бескорпусными компонентами 5 в сочетании с промежуточными коммутационными платами 7. Внешние контакты 8 микроплат 3 и промежуточных коммутационных плат 7 в сочетании с внешними проводниками 11 создают внешнее контактное поле. Внешнее контактное поле могут создавать микроплаты 3 и промежуточные коммутационные платы 7, размещенные сверху (по  
30 фиг.3) или снизу трехмерного модуля 1.

На фиг.4 показан конструкторский вариант трехмерного модуля 1, выполненного в виде составной фигуры из усеченных пирамид. Это может оказаться целесообразным при жестких предъявляемых требованиях к длине межсоединений и разных по габаритным размерам примененных составных частей трехмерного модуля.  
35 Бескорпусные электронные компоненты 2, 4 и 5 располагаются таким образом, чтобы обеспечить наиболее короткую длину критических по длине соединений, состоящих из проводников 9 и коммутирующих проводников 10. При этом может оказаться, что некоторые бескорпусные электронные компоненты 2 и микроплаты 3 больше или  
40 меньше по размерам остальных составных частей трехмерного модуля 1, как показано на фиг.4. Внешнее контактное поле трехмерного модуля 1 создается, как правило, плоскими его участками с расположенными на них внешними контактами 8 в сочетании с внешними проводниками 11. В качестве внешнего контактного поля могут быть использованы микроплаты 3 и промежуточные коммутационные платы 7,  
45 расположенные по торцам трехмерного модуля.

На фиг.5 показан вариант конструкции трехмерного электронного устройства с соединением трехмерных модулей 1 гибкой внешней коммутационной платой 12. При этом внешняя коммутационная плата 12 имеет внешний разъем 13 для соединения с  
50 другими устройствами. Показанная на фиг.5 конструкция предусматривает использование теплорастекателя 14, входящего в состав трехмерного модуля 1, имеющего хороший тепловой контакт с одной стороны - с тепловыделяющими составными частями трехмерного модуля 1, а с другой стороны - с внешним

теплоотводом 15 трехмерного электронного устройства. Наличие теплорастекателя 14 в составе трехмерного модуля 1 облегчает контроль и испытание трехмерного модуля 1 до установки его в трехмерное электронное устройство, в особенности при значительном тепловыделении составных частей трехмерного модуля 1.

5 Внешняя коммутационная плата 12 огибает одну или несколько граней каждого трехмерного модуля 1 и имеет с ним электрический контакт через внешние контакты 8 микроплат 3, бескорпусных электронных компонентов 2 и промежуточных коммутационных плат 7. Как показано на фиг.5А, контакт может осуществляться 10 путем непосредственной пайки или сварки проводника, расположенного на внешней коммутационной плате 12 с внешним контактом 8. В варианте соединения по фиг.5В на внешний контакт 8 предварительно наносят токопроводящий материал 16, а во внешней коммутационной плате 12 делают металлизированные отверстия; при 15 локальном разогреве мест соединений образуется токопроводящая заклепка. Если микроплата 3 или корпусированный компонент 17 имеют жесткие консольные выводы (фиг.5С и 5D), то их вводят в металлизированные отверстия внешней коммутационной платы 12 и запаивают токопроводящим материалом 16. В случае, 20 когда корпусированный компонент 17 имеет J-образные выводы, то его контактирование с внешней коммутационной платой 12 осуществляется по фиг.5Е.

На фиг.6 показан вариант конструкции трехмерного электронного устройства с непосредственным электрическим соединением трехмерных модулей 1 между собой. В 25 данном случае трехмерные модули 1 имеют внешние контактные поля, расположенные по торцам (горизонтальные трехмерные модули) и по граням модуля (вертикальный трехмерный модуль). В этом варианте предусмотрены соединения внутри трехмерного модуля 1 через внешние контакты 8 путем нанесения внешних проводников 11 на поверхности трехмерного модуля 1, а соединение трехмерных 30 модулей 1 между собой - токопроводящим материалом 16 (например, припоем с применением капиллярной пайки). В данной конструкции внешний теплоотвод 15 имеет ребра 18, входящие в нагреваемые зоны трехмерных модулей 1, при этом сам внешний теплоотвод имеет жидкостное охлаждение, питаемое через штуцера 19. Внешние электрические связи трехмерного электронного устройства осуществляются 35 через выводные рамки 20 каждого трехмерного электронного модуля и их гибкие внешние коммутационные платы 12.

На фиг.7 показан вариант конструкции трехмерного электронного устройства со смешанным соединением трехмерных модулей 1. Трехмерные модули 1, показанные 40 ранее на фиг.1, 2, 3 и 4, соединены непосредственно электрически и механически между собой, например, капиллярной пайкой (см. фиг.6). Дополнительно два из них связаны электрически гибкой внешней коммутационной платой 12 (см. фиг.5). Трехмерный модуль 1 в виде усеченного конуса не имеет непосредственной электрической связи с 45 остальными трехмерными модулями, а связан с ними только гибкой внешней коммутационной платой 12. Предусмотрен в данном варианте единый теплоотвод 15, замыкающий тепловой поток от всех трехмерных модулей 1 и служащий для них единым теплоотводящим средством. Трехмерное электронное устройство может 50 содержать и отдельные компоненты, например микроплату 3 и корпусированный компонент 17, соединенные электрически с внешней коммутационной платой 12 и, при необходимости, могут иметь тепловой контакт с теплоотводом 15.

Данные иллюстрации не исчерпывают все варианты конструкторского построения трехмерного электронного устройства, так как трехмерные модули и само трехмерное электронное устройство в целом могут иметь практически любую конфигурацию,

отвечающую только требованиям оптимального функционирования. Данное изобретение направлено на определение основных принципов конструкторского построения трехмерных электронных устройств.

Настоящее изобретение может быть применено при создании  
5 сверхвысокопроизводительных вычислительных комплексов, преимущественно для использования в наземной и бортовой аппаратуре, а также при создании любой электронной аппаратуры, для которой критичной являются длины межсоединений, высокая надежность и ремонтпригодность.

#### Формула изобретения

1. Трехмерное электронное устройство, содержащее множество трехмерных  
электронных модулей из микроплат, электрически соединенных между собой, внешний  
теплоотвод, соединенный с теплорассекателями трехмерных электронных модулей,  
15 отличающееся тем, что трехмерное электронное устройство выполнено в виде усеченного цилиндра, или усеченной пирамиды, или в виде составной фигуры из их комбинаций, непосредственно соединенных между собой, при этом микроплаты на своих торцах снабжены внешними контактами, электрически соединенными с  
20 компонентами микроплат, а трехмерные электронные модули - внешними контактными полями, расположенными по их торцам или граням.

2. Трехмерное электронное устройство по п.1, отличающееся тем, что внешние контактные поля выполнены из плоских, покрытых токопроводящим материалом зон, соединенных с внешней коммутационной платой и расположенных на внешних торцах  
25 каждого трехмерного модуля.

3. Трехмерное электронное устройство по п.1, отличающееся тем, что внешние контактные поля выполнены посредством консольных, выступающих за габариты трехмерных электронных модулей, металлических контактов, электрически  
30 соединенных с внешней коммутационной платой.

4. Трехмерное электронное устройство по п.1, отличающееся тем, что внешние контактные поля выполнены из консольных, выступающих за габариты трехмерных электронных модулей, полимерных металлизированных контактов, электрически  
соединенных с внешней коммутационной платой.

5. Трехмерное электронное устройство по п.4, отличающееся тем, что внешняя коммутационная плата выполнена в виде гибкой печатной платы.

6. Трехмерное электронное устройство по п.5, отличающееся тем, что внешняя коммутационная плата выполнена с ответными контактными полями, повторяющими  
40 конфигурацию контактных полей, расположенных на трехмерных электронных модулях, и состоящими из металлизированных контактных площадок.

7. Трехмерное электронное устройство по п.5, отличающееся тем, что внешняя коммутационная плата выполнена с ответными контактными полями, повторяющими конфигурацию контактных полей, расположенных на трехмерных  
45 электронных модулях, и состоящими из металлизированных сквозных отверстий.

8. Трехмерное электронное устройство по п.5, отличающееся тем, что на внешней коммутационной плате расположены и имеющие с ней электрический контакт согласующие элементы в виде дискретных корпусированных и/или бескорпусных  
50 электронных компонент и микроплат.

9. Трехмерное электронное устройство по п.1, отличающееся тем, что трехмерные электронные модули и внешняя коммутационная плата содержат на своих внешних поверхностях контрольные точки для контроля правильности соединений и

функционирования трехмерного электронного устройства без его демонтажа.

10. Трехмерное электронное устройство по п.1, отличающееся тем, что между микроплатами расположены промежуточные коммутационные платы, имеющие внешние контакты, расположенные по их торцам с выходом на лицевые и обратные стороны бескорпусных электронных компонентов.

5

10

15

20

25

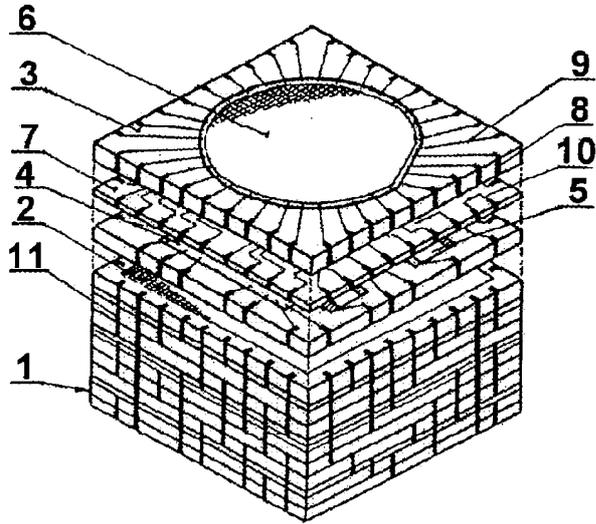
30

35

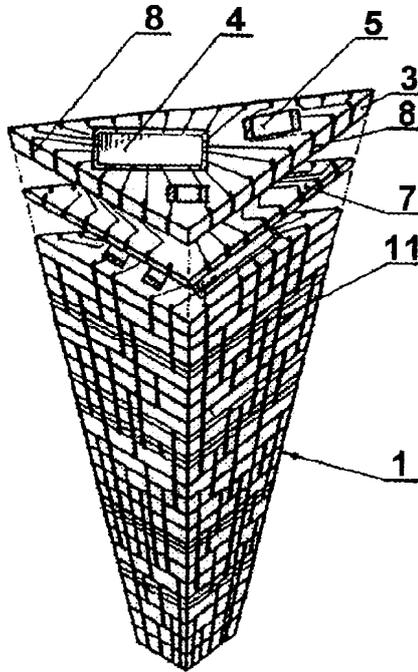
40

45

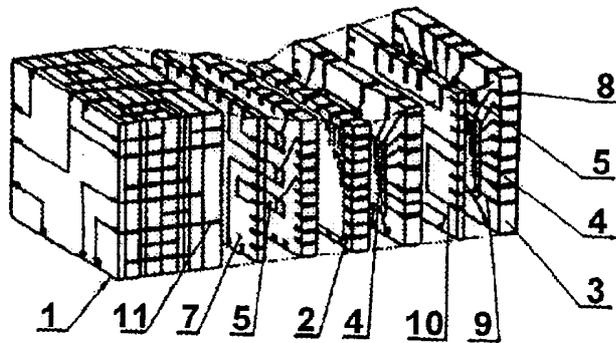
50



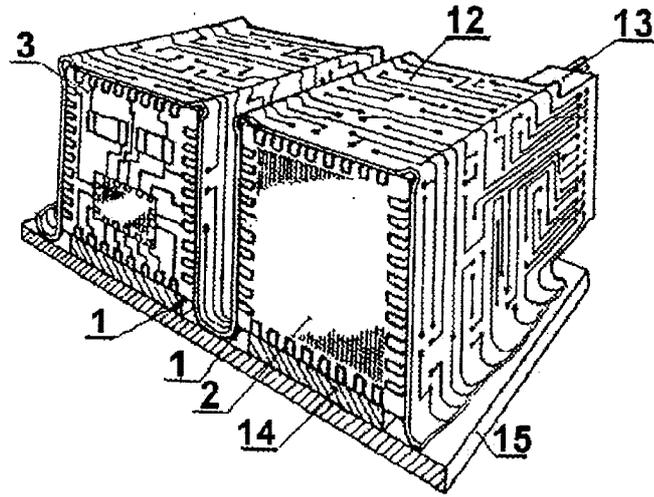
Фиг. 1



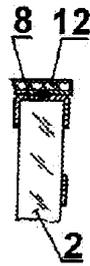
Фиг. 3



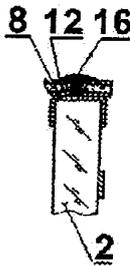
Фиг. 4



Фиг. 5



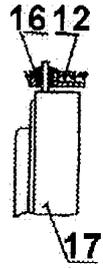
Фиг. 5А



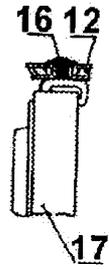
Фиг. 5В



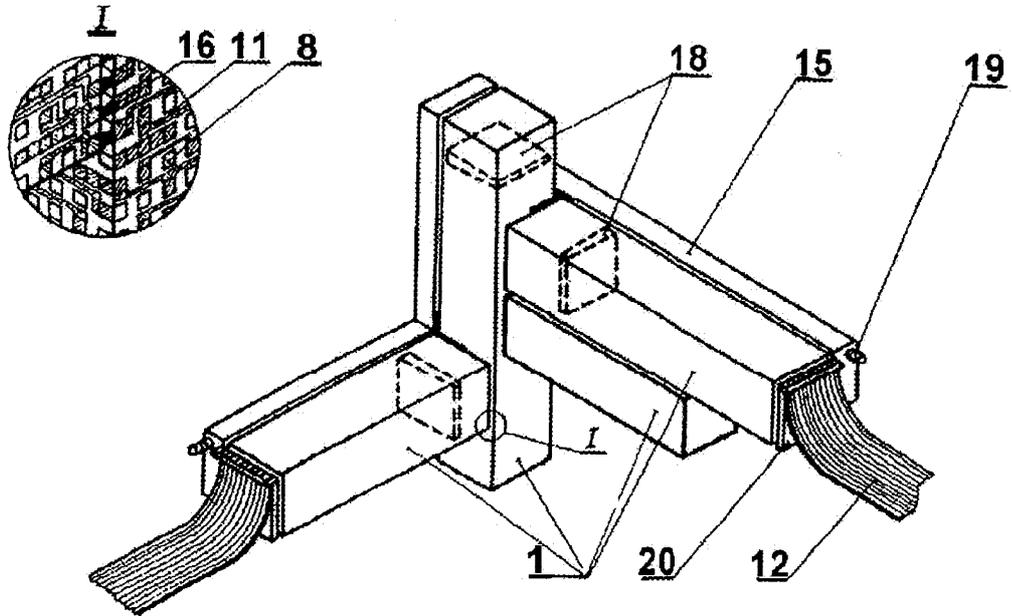
Фиг. 5С



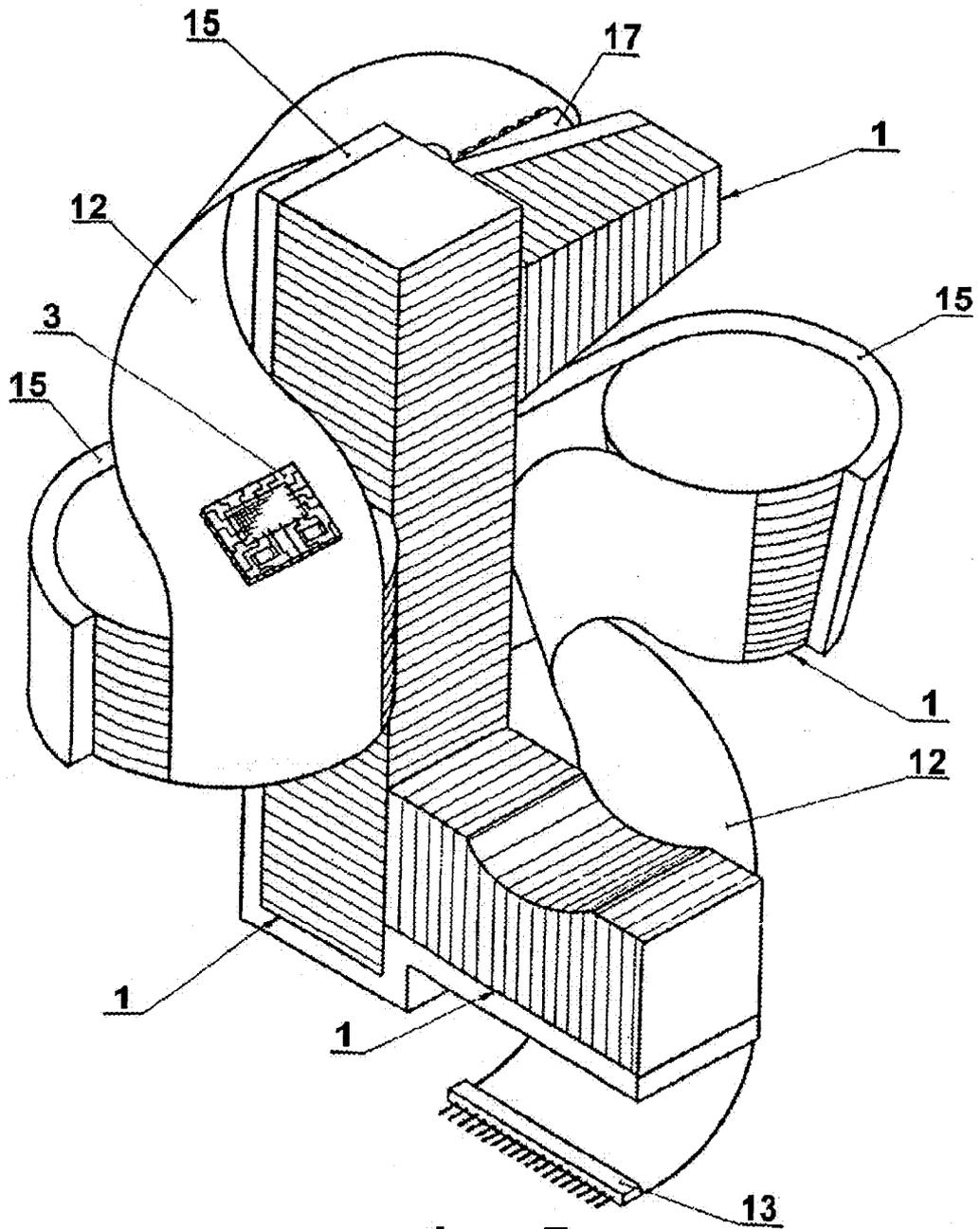
Фиг. 5D



Фиг. 5E



Фиг. 6



ФИГ. 7