



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011126276/28, 28.06.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.06.2011

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
29.06.2010 US 12/826,016

(43) Дата публикации заявки: 10.01.2013 Бюл. № 1

(45) Опубликовано: 10.04.2016 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: US 5161089 A1 03.11.1992. US 7156159  
B2 02.01.2007. US 7569426 B2 04.08.2009.

Адрес для переписки:

191036, Санкт-Петербург, а/я 24, "НЕВИНПАТ"

(72) Автор(ы):

ПАУЧ Адам Грегори (US),  
ГУНТУРИ Сатиш Сиварама (US),  
ЛАЗАТИН Патрик Хосе (US)

(73) Патентообладатель(и):

Дженерал Электрик Компани (US)

(54) ТЕПЛООТВОДЫ С С-ОБРАЗНЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ И МИЛЛИКАНАЛЬНЫМ  
ОХЛАЖДЕНИЕМ

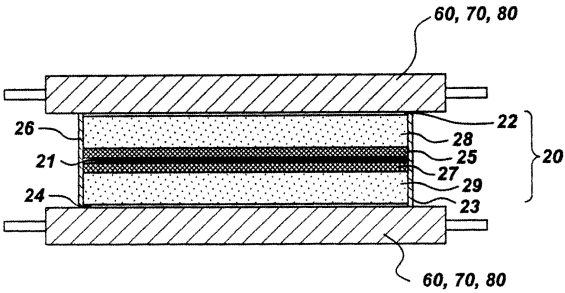
(57) Реферат:

Изобретение имеет отношение в общем к силовой электронике, а более конкретно, к усовершенствованному охлаждению для силовой электроники. Заявленный теплоотвод (60, 70) для охлаждения по меньшей мере одного корпуса (20) электронного устройства включает нижнюю крышку (12), верхнюю крышку (14) и тело (16), сформированные по меньшей мере из одного теплопроводящего материала. Тело (16) расположено между нижней и верхней крышками (12, 14) и герметично соединено с ними, при этом оно ограничивает сужающуюся входную распределительную камеру (136), конфигурированную для приема хладагента, входные С-образные коллекторы (130), конфигурированные для приема хладагента из сужающейся распределительной входной камеры (136), и обратные выходные С-образные коллекторы (132), конфигурированные для выпуска хладагента. Входные и выходные коллекторы чередуются и расположены в круговой конфигурации. Выходные коллекторы проходят вокруг только части тела и

заканчиваются рядом с противоположными сторонами (135, 137) входной камеры. Тело теплоотвода также ограничивает сужающуюся выходную камеру (138), конфигурированную для приема хладагента из выходных коллекторов, причем входные коллекторы проходят вокруг только части тела теплоотвода и заканчиваются рядом с противоположными сторонами (131, 133) сужающейся выходной камеры (138). Милликаналы (34) сформированы в теле теплоотвода или по меньшей мере в одной из крышек и конфигурированы для приема хладагента из входных коллекторов и подачи хладагента в выходные коллекторы. Милликаналы расположены радиально, при этом Милликаналы, входные коллекторы и выходные коллекторы конфигурированы так, чтобы охлаждать одну из верхней и нижней контактных поверхностей корпуса электронного устройства. Технический результат заключается в создании улучшенной конструкции теплоотводов, которые препятствуют протеканию хладагента на электронику во время сборки, разборки или

обслуживания, а также которые позволяют использовать эффекты рассеяния тепла для улучшенного охлаждения силовой электроники, при этом обеспечены низкие производственные

затраты и увеличенная теплопередача высокой надежности, а также большой рабочий запас. 3 н. и 6 з.п. ф-лы, 15 ил.



Фиг.1

RU 2580374 C2

RU 2580374 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2011126276/28, 28.06.2011

(24) Effective date for property rights:  
28.06.2011

Priority:

(30) Convention priority:  
29.06.2010 US 12/826,016

(43) Application published: 10.01.2013 Bull. № 1

(45) Date of publication: 10.04.2016 Bull. № 10

Mail address:

191036, Sankt-Peterburg, a/ja 24, "NEVINPAT"

(72) Inventor(s):

**PAUCH Adam Gregori (US),  
GUNTURI Satish Sivarama (US),  
LAZATIN Patrik KHose (US)**

(73) Proprietor(s):

**Dzheneral Elektrik Kompani (US)**

(54) **HEAT SINKS WITH C-SHAPED COLLECTORS AND MILLI-CHANNEL COOLING**

(57) Abstract:

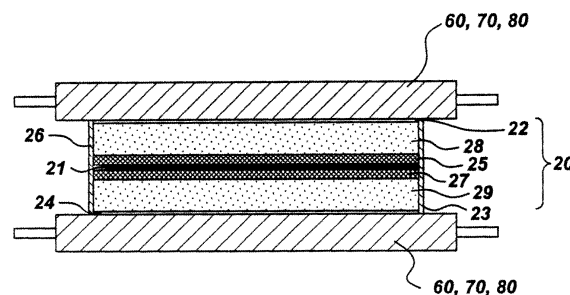
FIELD: heating.

SUBSTANCE: invention relates generally to power electronics and, more particularly, to improved cooling for power electronics. The inventive heat sink (60, 70) for cooling at least one housing (20) of the electronic device comprises a lower cover (12), an upper cover (14) and a body (16) formed by at least one thermally conductive material. The body (16) is disposed between the upper and lower covers (12, 14) and is sealingly connected to them, while it limits the tapered input distribution chamber (136) configured to receive the coolant, the input C-shaped collectors (130) configured to receive the coolant from the tapered input distribution chamber (136), and inverse output C-shaped collectors (132) configured for discharging the coolant. The input and output collectors are alternated and arranged in a circular configuration. The output collectors extend around only part of the body and end near the opposite sides (135, 137) of the input chamber. The body of the heat sink also limits the tapering output chamber (138) configured to receive the coolant from the output collectors, and the input collectors extend around only part of the heat sink body and end near the opposite sides (131, 133) of the tapering output chamber (138). The milli-channels (34) formed in the heat sink body or at least in one of the covers, and configured to receive

the coolant from the input collectors and feeding the coolant to the output collectors. The milli-channels are arranged radially, and the milli-channels, the input collectors and the output collectors are configured so that to cool one of the upper and lower contact surfaces of the housing of the electronic device.

EFFECT: creation is achieved of an improved design of heat sinks that impede the flow of the coolant on the electronics during assembly, disassembly or maintenance, as well as allow to use the effects of heat dissipation for improved cooling of power electronics, while providing low operating costs and increased heat transfer of high reliability, and also a large working stock.

9 cl, 15 dwg



Фиг. 1

## Уровень техники

[0001] Изобретение имеет отношение в общем к силовой электронике, а более конкретно, к усовершенствованному охлаждению для силовой электроники.

[0002] Мощные конвертеры, такие как промышленные двигатели высокого напряжения, конвертеры частоты для нефтяной и газовой промышленности, тяговые двигатели, устройства с гибкой передачей переменного тока и другое мощное преобразовательное оборудование, например выпрямители и инверторы, как правило, включают мощные устройства в корпусах таблеточного типа с прижимными контактами (корпуса типа press-pack) с жидкостным охлаждением. Некоторые примеры таких силовых устройств включают тиристоры с интегрированным управлением (IGCT, integrated gate commutated thyristor), диоды, биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT, insulated gate bipolar transistor) и тиристоры, с коммутируемым затвором (GTO, gate turn-off thyristors). Устройства в корпусах таблеточного типа особенно удобны в мощных приложениях, и преимущества таких корпусов включают возможность двухстороннего охлаждения, а также отсутствие плазменного взрыва при отказе.

[0003] Чтобы построить мощный конвертер, используя устройства в корпусах таблеточного типа, теплоотводы и устройства в корпусах таблеточного типа, как правило, устанавливают друг на друга, чтобы сформировать пакет. Современные пакеты силовых конвертеров, как правило, используют обычные охлаждаемые жидкостью теплоотводы с большими диаметрами каналов охлаждения. В определенных приложениях между соответствующими устройствами, помещенными в корпуса таблеточного типа, и обычными охлаждаемыми жидкостью теплоотводами помещают слои теплопроводной пасты. В других приложениях по меньшей мере некоторые из слоев просто скрепляют сжатием, без теплопроводной пасты между ними. Это приводит к существенному тепловому сопротивлению контакта.

[0004] Было бы желательно создать улучшенные конструкции теплоотводов, которые препятствовали бы протеканию хладагента на электронику во время сборки, разборки или обслуживания. Также было бы желательно создать улучшенные конструкции теплоотводов, которые позволили бы использовать эффекты рассеяния тепла для улучшенного охлаждения силовой электроники. Кроме того, также требуются улучшенные конструкции теплоотводов с низкими производственными затратами и увеличенной теплопередачей.

## Краткое описание

[0005] Один аспект данного изобретения заключается в теплоотводе для охлаждения по меньшей мере одного корпуса электронного устройства. У этого корпуса электронного устройства есть верхняя контактная поверхность и нижняя контактная поверхность. Теплоотвод включает нижнюю крышку, верхнюю крышку и тело, сформированное по меньшей мере из одного теплопроводящего материала. Тело расположено и герметизировано между нижней и верхней крышками, и оно ограничивает сужающуюся входную распределительную камеру для приема хладагента, множество входных С-образных коллекторов для приема хладагента из сужающейся распределительной входной камеры и множество обратных выходных С-образных коллекторов, конфигурированных для выпуска хладагента. Входные С-образные коллекторы и обратные выходные С-образные коллекторы чередуются и расположены в круговой конфигурации, причем обратные выходные С-образные коллекторы проходят вокруг только части тела теплоотвода и заканчиваются рядом с противоположными сторонами сужающейся входной камеры. Тело теплоотвода также ограничивает сужающуюся выходную камеру, конфигурированную для приема хладагента из

обратных выходных С-образных коллекторов. С-образные входные коллекторы проходят вокруг только части тела теплоотвода и заканчиваются рядом с противоположными сторонами сужающейся выходной камеры. Милликаналы сформированы в теле теплоотвода или по меньшей мере в одной из нижней и верхней крышек и конфигурированы для приема хладагента из входных С-образных коллекторов и подачи хладагента в обратные выходные С-образные коллекторы. Милликаналы расположены радиально, при этом милликаналы, входные С-образные коллекторы и обратные выходные С-образные коллекторы конфигурированы так, чтобы охлаждать одну из верхней и нижней контактных поверхностей корпуса электронного устройства.

[0006] Другой аспект изобретения заключается в теплоотводе для охлаждения корпуса электронного устройства. Теплоотвод включает крышку и тело, сформированные по меньшей мере из одного теплопроводящего материала. Тело теплоотвода герметично присоединено к крышке и ограничивает сужающуюся входную распределительную камеру, конфигурированную для приема хладагента, множество входных С-образных коллекторов, конфигурированных для приема хладагента из сужающейся распределительной входной камеры, и множество обратных выходных С-образных коллекторов, конфигурированных для выпуска хладагента. Входные С-образные коллекторы и обратные выходные С-образные коллекторы чередуются и расположены в круговой конфигурации. Обратные выходные С-образные коллекторы проходят вокруг только части тела теплоотвода и заканчиваются рядом с противоположными сторонами сужающейся входной камеры. Тело теплоотвода также ограничивает сужающуюся выходную камеру, конфигурированную для приема хладагента из обратных выходных С-образных коллекторов. С-образные входные коллекторы проходят вокруг только части тела и заканчиваются рядом с противоположными сторонами сужающейся выходной камеры. Милликаналы сформированы в теле теплоотвода или в крышке и конфигурированы для приема хладагента из входных С-образных коллекторов и подачи хладагента в обратные выходные С-образные коллекторы. Милликаналы расположены радиально, при этом милликаналы, входные С-образные коллекторы и обратные выходные С-образные коллекторы конфигурированы так, чтобы охлаждать одну из верхней или нижней контактных поверхностей корпуса электронного устройства.

[0007] Еще один аспект изобретения заключается в теплоотводе для непосредственного охлаждения по меньшей мере одного корпуса электронного устройства. Теплоотвод включает тело, сформированное по меньшей мере из одного теплопроводящего материала, при этом тело теплоотвода ограничивает сужающуюся входную распределительную камеру, конфигурированную для приема хладагента, множество входных С-образных коллекторов, конфигурированных для приема хладагента из сужающейся распределительной входной камеры, и множество обратных выходных С-образных коллекторов, конфигурированных для выпуска хладагента. Входные С-образные коллекторы и обратные выходные С-образные коллекторы чередуются и расположены в круговой конфигурации. Обратные выходные С-образные коллекторы проходят вокруг только части тела и заканчиваются рядом с противоположными сторонами сужающейся входной камеры. Тело теплоотвода также ограничивает сужающуюся выходную камеру, конфигурированную для приема хладагента из обратных выходных С-образных коллекторов. С-образные входные коллекторы проходят вокруг только части тела и заканчиваются рядом с противоположными сторонами сужающейся выходной камеры. Тело теплоотвода также ограничивает множество милликаналов, конфигурированных для приема

хладагента из входных С-образных коллекторов и подачи хладагента в обратные выходные С-образные коллекторы. Милликаналы расположены радиально, при этом милликаналы, входные С-образные коллекторы и обратные выходные С-образные коллекторы конфигурированы для непосредственного охлаждения одной из верхней и нижней контактных поверхностей корпуса электронного устройства.

#### Чертежи

[0008] Эти и другие особенности, аспекты и преимущества данного изобретения станут более понятны из следующего подробного описания со ссылками на сопровождающие чертежи, где подобные символы представляют подобные части на всех чертежах, при этом:

[0009] фиг.1 изображает корпус электронного устройства с верхним и нижним теплоотводом;

[00010] фиг.2 - поперечное сечение одностороннего теплоотвода с радиальными милликаналами, сформированными в верхней крышке;

[00011] фиг.3 - поперечное сечение двухстороннего теплоотвода с радиальными милликаналами, сформированными в нижней и верхней крышках;

[00012] фиг.4 иллюстрирует конструкцию теплоотвода, которая увеличивает число радиальных каналов;

[00013] фиг.5 - вид сверху тела теплоотвода с С-образными коллекторами и клиновидными входной и выходной камерами;

[00014] фиг.6 - обратная модель двухстороннего теплоотвода с С-образными коллекторами и радиальными каналами, сформированными в крышках;

[00015] фиг.7 - вид в перспективе тела теплоотвода с С-образными коллекторами;

[00016] фиг.8 - поперечное сечение одностороннего теплоотвода с радиальными милликаналами, сформированными в теле теплоотвода;

[00017] фиг.9 - вид сверху тела теплоотвода с С-образными коллекторами и клиновидными входной и выходной камерами и с радиальными милликаналами, сформированными в теле теплоотвода;

[00018] фиг.10 иллюстрирует конфигурацию теплоотвода, которая не включает крышки;

[00019] фиг.11 иллюстрирует конфигурацию уплотнения для двухстороннего теплоотвода, показанного на фиг.13;

[00020] фиг.12 - вид сверху тела теплоотвода с С-образными коллекторами и клиновидными входной и выходной камерами, расположенными линейно относительно соответствующей входной и выходной полости;

[00021] фиг.13 иллюстрирует двухстороннюю конфигурацию теплоотвода, которая не включает крышки;

[00022] фиг.14 иллюстрирует одностороннюю конфигурацию теплоотвода, которая не включает крышки; и

[00023] фиг.15 - поперечное сечение двухстороннего теплоотвода с радиальными милликаналами, сформированными в теле теплоотвода.

#### Подробное описание

[00024] Теплоотвод 60, 70 для охлаждения по меньшей мере одного корпуса 20 электронного устройства будет описан со ссылками на фиг.1-9 и 15. Как показано, например, на фиг.1, у типичного корпуса 20 электронного устройства есть верхняя контактная поверхность 22 и нижняя контактная поверхность 24. Для конфигураций, показанных в качестве примера на фиг.3 и 6, теплоотвод 60, 70 включает нижнюю крышку 12, верхнюю крышку 14 и тело 16, сформированные по меньшей мере из одного

теплопроводящего материала. Теплопроводящий материал выбран из группы, состоящей из меди, алюминия, никеля, молибдена, титана, медных сплавов, сплавов никеля, сплавов молибдена, сплавов титана, алюминия - карбида кремния (AISIC), алюминия - графита и нитрид-кремниевой керамики. Для отдельных конфигураций нижняя и верхняя крышки 12, 14 и тело 16 сформированы из одного и того же теплопроводящего материала (материалов). Однако для других конфигураций могут использоваться различные материалы.

[00025] Для конфигураций, показанных на фиг.3 и 6, тело 16 теплоотвода расположено и герметизировано между нижней и верхней крышками 12, 14. Крышки 12, 14 могут быть приварены, припаяны твердым припоем или диффузионно присоединены к телу 16, при этом могут использоваться обычная сварка, пайка твердым припоем или способы диффузионного соединения. Как показано, например, на фиг.7, тело 16 ограничивает сужающуюся входную распределительную камеру 136, конфигурированную для приема хладагента. Некоторые примеры хладагента включают деионизированную воду и другие электрически непроводящие жидкости. Кроме того, для определенных приложений хладагент может включать электрически проводящую жидкость. Как показано, например, на фиг.7, тело 16 также ограничивает множество входных С-образных коллекторов 130, конфигурированных для приема хладагента из сужающейся распределительной входной камеры 136, и множество обратных выходных С-образных коллекторов 132, конфигурированных для выпуска хладагента. Входные С-образные коллекторы и обратные выходные С-образные коллекторы 130, 132 чередуются (перемежены) и расположены в круговой конфигурации (также называемой здесь аксиальной). Здесь фразы "круговая конфигурация" и "аксиальная конфигурация" должны пониматься как охватывающие как изогнутые, так и прямолинейные проходы "по кругу", соединяющие радиальные проходы. Как показано, например, на фиг.5, обратные выходные С-образные коллекторы 132 проходят вокруг только части тела 16 и заканчиваются рядом с противоположными сторонами 135, 137 сужающейся входной камеры 136. Как показано, например, на фиг.7, тело 16 также ограничивает сужающуюся выходную камеру 138, конфигурированную для приема хладагента из обратных выходных С-образных коллекторов 132. Как показано, например, на фиг.5, входные С-образные коллекторы 130 проходят вокруг только части тела 16 и заканчиваются рядом с противоположными сторонами 131, 133 сужающейся выходной камеры 138.

[00026] В конфигурациях, показанных в качестве примера на фиг.6, 7 и 9, сужающаяся входная камера 136 и сужающаяся выходная камера 138 имеют форму клина. Однако у сужающихся входной и выходной камер 136, 138 могут быть также другие формы.

[00027] В зависимости от конкретной конфигурации, множество милликаналов 34 сформировано в теле 16 и/или сформировано по меньшей мере в одной из нижней и верхней крышек 12, 14 и конфигурировано для приема хладагента из входных С-образных коллекторов 130 и подачи хладагента в обратные выходные С-образные коллекторы 132. Хотя это явно не проиллюстрировано, милликаналы 34 могут быть сформированы и в теле 16, и в одной или обеих из крышек 12, 14, чтобы максимизировать число радиальных каналов, что приводит к дальнейшему уменьшению падения давления. Как показано, например, на фиг.4, 6 и 9, милликаналы 34 расположены радиально. Милликаналы 34 и входные С-образные и обратные выходные С-образные коллекторы 132, 134 конфигурированы так, чтобы охлаждать одну из верхней и нижней контактных поверхностей 22, 24 корпуса 20 электронного устройства, как схематично показано на фиг.1.

[00028] Эти внутренние структуры для передачи потока получают хладагент из входной камеры 136 и распределяют его по всей охлаждаемой поверхности для обеспечения однородности тепловых параметров. Хладагент проходит через С-образные коллекторы 130, затем через радиальные милликаналы 34 к набору обратных С-образных коллекторов 132, и назад через радиальные милликаналы 34 в выходную камеру 138. Коллекторы и милликаналы могут быть литыми и/или фрезерованными. Тело 16 и крышки 12, 14 могут быть литыми и/или фрезерованными. Например, части 12, 14, 16 могут быть отлиты (отштампованы) и затем обработаны на станке, чтобы сформировать мелкие детали и обеспечить требования к качеству поверхности. В этой конфигурации проходы для потока (коллекторы и милликаналы) герметично закрыты крышками 12, 14. Использование крышек и теплоотвода, герметично соединенного с ними, позволяет охлаждающим каналам проходить дальше поверхности полюса охлаждаемого устройства. Это позволяет использовать эффекты рассеяния тепла и помогает предотвратить утечку хладагента во время разборки и обслуживания.

[00029] Для конкретных вариантов выполнения С-образные коллекторы 130, 132 имеют относительно большие площади поперечного сечения, чем милликаналы 34. В одном не ограничивающем изобретение примере ширина милликаналов была в диапазоне приблизительно от 0,5 мм приблизительно до 2,0 мм, и глубина милликаналов была в диапазоне приблизительно от 0,5 мм приблизительно до 2 мм. В частности, площади поперечного сечения каналов могут быть выбраны так, чтобы гарантировать однородность давления на полупроводник. Если распределение давления на полупроводник будет более однородным, работоспособность полупроводника не будет поставлена под угрозу.

[00030] Далее нужно отметить, что милликаналы 34 и С-образные коллекторы 130, 132 могут иметь множество частных форм поперечного сечения, включая, но не ограничиваясь этим, округленные, круговые, трапециевидные, треугольные и квадратные/прямоугольные поперечные сечения. Форма прохода может быть выбрана на основании приложения и производственных ограничений и зависит от применяемых производственных методов, а также от потока хладагента. Введение милликаналов 34 в теплоотвод 60, 70 значительно увеличивает площадь поверхности отвода тепла от полупроводникового устройства 20 к хладагенту.

[00031] Кроме того, для особых конфигураций по меньшей мере один из входных С-образных и обратных выходных С-образных коллекторов 130, 132 может иметь переменную глубину. Например, глубина С-образных входных коллекторов 130 может иметь максимальную величину около сужающейся входной камеры 136 и минимальную величину около сторон 131, 133 сужающейся выходной камеры 138. Точно так же, глубина обратных выходных С-образных коллекторов 132 может иметь минимальную величину около сторон 135, 137 сужающейся входной камеры 136 и максимальную величину около сужающейся выходной камеры 138. Эта клиновидная конфигурация обеспечивает получение более однородного распределения потока по контуру охлаждения.

[00032] Фиг.4 иллюстрирует конструкцию, позволяющую увеличить количество радиальных каналов, чтобы обеспечить уменьшение падения давления, с соответствующим улучшением эффективности охлаждения. Более конкретно, в конфигурации, показанной в качестве примера на фиг.6, количество радиальных милликаналов 34 около периферии тела 16 больше числа радиальных милликаналов 34 вблизи от центра тела 16. Эта конфигурация обеспечивает включение дополнительных радиальных каналов при заданных пространственных ограничениях и ограничениях,



связанных с механической обработкой.

[00033] В некоторых конфигурациях теплоотвод 60, 70 формируется для охлаждения множества корпусов 20 электронных устройств. Фиг.6 иллюстрирует пример двухстороннего теплоотвода 70, где милликаналы 34 сформированы в крышках 12, 14. Фиг.15 иллюстрирует пример двухстороннего теплоотвода 60, где милликаналы 34 сформированы в теле теплоотвода. В конфигурациях, проиллюстрированных в качестве примера на фиг.8 и 15, милликаналы 34 сформированы в теле 16. Для конфигурации на фиг.15 первое подмножество входных С-образных коллекторов и обратных выходных С-образных коллекторов 130, 132 и милликаналов 34 сформировано на первой поверхности 2 тела 16, а второе подмножество входных и выходных коллекторов 130, 132 и милликаналов 34 сформировано на второй поверхности 4 тела 16, как схематично показано на фиг.15. Первое подмножество входных и выходных коллекторов 130, 132 и милликаналов 34 конфигурировано так, чтобы охлаждать верхнюю контактную поверхность 22 одного из корпусов 20 электронных устройств с помощью хладагента, а второе подмножество входных и выходных коллекторов 130, 132 и милликаналов 34 конфигурировано так, чтобы охлаждать нижнюю контактную поверхность 24 другого из корпусов 20 электронных устройств с помощью хладагента, как схематично изображено на фиг.1.

[00034] Нужно отметить, что конкретная конфигурация, показанная на фиг.1, является просто иллюстративной, и любое число корпусов 20 электронных устройств и соответствующих теплоотводов 60, 70 для охлаждения корпусов электронных устройств может быть включено в данный пакет, в зависимости от определенного приложения. Одно из многих преимуществ данного изобретения - его гибкость и модульность для обеспечения охлаждения желаемого числа корпусов устройств.

[00035] Аналогично, в конфигурации двухстороннего теплоотвода 70, показанной на фиг.3 и 6, милликаналы 34 сформированы в каждой из нижней и верхней крышек 12, 14. Как показано, например, на фиг.6 и 7, второе подмножество входных С-образных коллекторов и обратных выходных С-образных коллекторов 130, 132 сформировано на второй поверхности 4 тела 16 (см. фиг.7), а второе подмножество милликаналов 34 сформировано в верхней крышке 14 (см. фиг.6). Подобно конфигурации, показанной на фиг.7, первое подмножество входных и выходных коллекторов 130, 132 сформировано на первой поверхности 2 тела 16, и, как показано на фиг.6, первое подмножество милликаналов 34 сформировано в нижней крышке 12. Как схематично показано на фиг.1, первые подмножества входных и выходных коллекторов 130, 132 и милликаналов 34 конфигурированы так, чтобы охлаждать верхнюю контактную поверхность 22 одного из корпусов 20 электронных устройств с помощью хладагента, а вторые подмножества входных и выходных коллекторов 130, 132 и милликаналов 34 конфигурированы так, чтобы охлаждать нижнюю контактную поверхность 24 другого из корпусов 20 электронных устройств с помощью хладагента.

[00036] В конфигурации, изображенной на фиг.12, тело 16 также ограничивает входную полость 40, конфигурированную для подачи хладагента в сужающуюся входную распределительную камеру 136, при этом сужающаяся входная камера 136 и входная полость 40 расположены линейно по отношению друг к другу. Тело 16 также ограничивает выходную полость 42, конфигурированную для приема хладагента из сужающейся выходной камеры 138, при этом сужающаяся выходная камера 138 и выходная полость 42 также расположены линейно. Здесь термин "линейно" должен пониматься как охватывающий ориентации камер 136, 138 относительно соответствующей полости 40, 42 под углом в пределах плюс или минус десять градусов

( $\pm 10^\circ$ ).

[00037] Изобретение не ограничено определенной относительной ориентацией входной и выходной камер 136, 138 и соответствующих входной и выходной полостей. Например, фиг.5 и 6 иллюстрируют перпендикулярную ориентацию камер и соответствующих полостей. Для конфигураций, в качестве примера показанных на фиг.5 и 6, тело 16 также ограничивает входную полость 40, конфигурированную для подачи хладагента в сужающуюся входную камеру 136, где сужающаяся входная распределительная камера 136 и входная полость 40 расположены перпендикулярно по отношению друг к другу. Тело 16 также ограничивает выходную полость 42, конфигурированную для приема хладагента из сужающейся выходной камеры 138, где сужающаяся выходная камера 138 и выходная полость 42 расположены перпендикулярно по отношению друг к другу. Здесь термин "перпендикулярно" должен пониматься как охватывающий ориентации сужающихся камер 136, 138 относительно соответствующей полости 40, 42 в пределах ( $90^\circ \pm 10^\circ$ ). Ориентация входной полости 40 и выходной полости 42 в одном и том же направлении упрощает подключение соединений для подачи и удаления жидкости. Например, эта конфигурация может требовать, чтобы были просверлены четыре отверстия для подачи и удаления жидкости, два из которых позже заглушают.

[00038] Теплоотводы 60, 70 могут быть односторонними или двухсторонними.

Односторонние конфигурации теплоотвода 60, 70 для охлаждения корпуса 20 электронного устройства описаны в отношении фиг.2 и 8. Теплоотвод 60, 70 включает крышку 12, 14, сформированную по меньшей мере из одного теплопроводящего материала, и тело 16, сформированное по меньшей мере из одного теплопроводящего материала. Тело 16 герметично присоединено к крышке 12, 14, а конструкции крышки и тела описаны выше. Как показано, например, на фиг.7, тело 16 ограничивает сужающуюся входную распределительную камеру 136, конфигурированную для приема хладагента, множество входных С-образных коллекторов 130, конфигурированных для приема хладагента из сужающейся распределительной входной камеры 136, и множество обратных выходных С-образных коллекторов 132, конфигурированных для выпуска хладагента. Как показано, например, на фиг.8, входные и выходные коллекторы 130, 132 чередуются (перемежены) и расположены в круговой конфигурации. Как показано на фиг.5, обратные выходные С-образные коллекторы 132 проходят вокруг только части тела 16 и заканчиваются рядом с противоположными сторонами 135, 137 сужающейся входной камеры 136. Как показано, например, на фиг.7, тело 16 также ограничивает сужающуюся выходную камеру 138, конфигурированную для приема хладагента из обратных выходных С-образных коллекторов 132. Как показано на фиг.5, входные С-образные коллекторы 130 проходят вокруг только части тела 16 и заканчиваются рядом с противоположными сторонами 131, 133 сужающейся выходной камеры 138. Для односторонних конфигураций, проиллюстрированных на фиг.2 и 8, милликаналы 34 сформированы в теле 16 (фиг.8) или в крышке 12, 14 (фиг.2) и конфигурированы для приема хладагента из входных С-образных коллекторов 130 и подачи хладагента в обратные выходные С-образные коллекторы 132. Кроме того, хотя это явно не проиллюстрировано, милликаналы 34 могут быть сформированы и в теле 16, и в крышке 12, 14, чтобы максимизировать число радиальных каналов, что приводит к дальнейшему уменьшению падения давления. Милликаналы 34 расположены радиально, при этом милликаналы 34 и входные и выходные коллекторы 132, 134 конфигурированы так, чтобы охлаждать одну из верхней и нижней контактных поверхностей 22, 24 корпуса 20 электронного устройства, как схематично изображено

на фиг.1.

[00039] В конфигурации, показанной в качестве примера на фиг.9, милликаналы 34 сформированы в теле 16. Более конкретно, входные и выходные коллекторы 130, 132 и радиальные милликаналы 34 сформированы только на одной из первой поверхности 2 и второй поверхности 4 тела 16 (на второй поверхности 4 для случая на фиг.8), так что теплоотвод 60 является односторонним теплоотводом 60, как показано, например, на фиг.8.

[00040] В конфигурации, показанной в качестве примера на фиг.2, милликаналы 34 сформированы в крышке 14. Размещение радиальных каналов в крышке уменьшает тепловое сопротивление, поскольку хладагент находится ближе к корпусу 20 электронного устройства. Более конкретно, входные и выходные коллекторы 130, 132 сформированы только на одной из первой поверхности 2 и второй поверхности 4 тела 16 (на второй поверхности 4 для случая фиг.2), так что теплоотвод 70 является односторонним теплоотводом 70, как показано, например, на фиг.2.

[00041] В этих конфигурациях система подачи/удаления охлаждающей жидкости расположена таким образом, что требуется механическая обработка меньшего количества сторон. Отверстия сверлят от одного торца до середины заготовки. Затем другие отверстия сверлят вниз от главной поверхности, чтобы соединиться с первыми отверстиями. Путем фрезерования вырезают камеры в форме клина (которые могут также быть прямоугольными), которые пересекаются с С-образными и обратными С-образными коллекторами, которые чередуются как имеющие торец слева и имеющие торец справа, так что каждый второй из них соединяется с входной камерой, а остальные соединяются с выходной камерой. Затем могут быть вырезаны радиальные милликаналы, в основной части или в крышке, и все части соединяют посредством пайки твердым припоем, сварки или другими способами, такими как диффузионное соединение. Таким образом, это уменьшает производственные затраты, требуя обработки только трех поверхностей (для охлаждения, дополнительная поверхность для электрических соединений).

[00042] Для вариантов выполнения, описанных выше в отношении фиг.1-9 и 15, верхняя контактная поверхность 22 и нижняя контактная поверхность 24 могут быть круговыми в поперечном сечении, а тело 16 может быть цилиндрическим (то есть иметь форму диска или хоккейной шайбы). Однако другие конфигурации также могут использоваться, включая, без ограничения этим, квадратные и прямоугольные поперечные сечения. В конфигурации, изображенной в качестве примера на фиг.1, корпус 20 электронного устройства 20 является таблеточным корпусом 20. Хотя изобретение не ограничено никакой определенной структурой устройства, следующая конфигурация таблеточного корпуса дана в качестве примера в иллюстративных целях. В этом примере таблеточный корпус 20 включает по меньшей мере одно полупроводниковое устройство 21, сформированное на подложке 23, верхнюю и нижнюю пластины 25, 27 с согласованным коэффициентом теплового расширения, а также верхний и нижний электроды 28, 29. Подложка 23 расположена между пластинами 25, 27 с согласованным коэффициентом теплового расширения, верхний электрод 28 расположен выше верхней пластины 25 с согласованным коэффициентом теплового расширения, и нижняя пластина 27 с согласованным коэффициентом теплового расширения расположена выше нижнего электрода 29, как показано, например, на фиг.1. В варианте выполнения таблеточного корпуса у подложки 23, пластин 25, 27 с согласованным коэффициентом теплового расширения и электродов 28, 29 может быть круговое поперечное сечение. Некоторые примеры полупроводниковых устройств

включают IGCT, GTO и IGBT. Данное изобретение может найти применение в полупроводниковых устройствах, изготовленных из множества различных полупроводников, некоторые примеры которых включают кремний (Si), карбид кремния (SiC), нитрид галлия (GaN) и арсенид галлия (GaAs). Таблеточный корпус, как правило, включает изолирующий (например, керамический) кожух 26, как показано, например, на фиг.1. Хотя на фиг.1 теплоотводы 60, 70 показаны выходящими за пределы кожуха 26, в других вариантах выполнения тела 16 теплоотводы 60, 70 могут быть расположены в кожухе 26. Кроме того, электроды 28, 29 могут быть продлены вертикально за пределы границ кожуха 26, например, с соответствующим герметичным уплотнением, расположенным между внешней окружностью электрода 28 (и 29) и кожухом 26. Кроме того, теплоотводы 60, 70 могут выходить за пределы кожуха (как показано), чтобы позволить выполнить электрические соединения и для размещения других устройств, которые должны быть охлаждены. Поэтому у тела 16 может быть больший диаметр, чем у кожуха 26.

[00043] Благодаря формированию герметичного соединения теплоотводы 60, 70 препятствуют протеканию хладагента на электронику во время сборки, разборки или обслуживания. Кроме того, теплоотводы 60, 70 обеспечивают высокоэффективное охлаждение, однородное по всей поверхности полюса корпуса 20 электронного устройства.

[00044] В дополнение к конфигурациям, описанным выше, конфигурация без крышки также может использоваться для прямого охлаждения. Соответственно, другая конфигурация теплоотвода 80 будет описана в отношении фиг.5, 7 и 9-14. Как показано, например, на фиг.1, имеется теплоотвод 80 для охлаждения по меньшей мере одного корпуса 20 электронного устройства. Как показано на фиг.1, у корпуса электронного устройства есть верхняя и нижняя контактные поверхности 22, 24. Как показано, например, на фиг.10, теплоотвод 80 включает тело 16, сформированное по меньшей мере из одного теплопроводящего материала. Как показано на фиг.7, тело 16 ограничивает сужающуюся входную распределительную камеру 136, конфигурированную для приема хладагента, входные С-образные коллекторы 130, конфигурированные для приема хладагента из сужающейся входной распределительной камеры 136, и обратные выходные С-образные коллекторы 132, конфигурированные для выпуска хладагента. Как показано, например, на фиг.5, входные и выходные коллекторы 130, 132 чередуются (перемежены) и расположены в круговой (осевой) конфигурации. Как также показано на фиг.6, обратные выходные С-образные коллекторы 132 проходят вокруг только части тела 16 и заканчиваются рядом с противоположными сторонами 135, 137 сужающейся входной камеры 136. Как показано на фиг.7, тело 16 также ограничивает сужающуюся выходную камеру 138, конфигурированную для приема хладагента из выходных коллекторов 132. Как показано, например, на фиг.5, С-образные входные коллекторы 130 проходят вокруг только части тела 16 и заканчиваются рядом с противоположными сторонами 131, 133 сужающейся выходной камеры 138. Для проиллюстрированных примеров сужающиеся входная и выходная камеры 136, 138 имеют форму клина. Однако у сужающихся камер 136, 138 могут быть и другие формы.

[00045] Как показано, например, на фиг.9 и 11, тело 16 также имеет милликаналы 34, конфигурированные для приема хладагента из входных С-образных коллекторов 130 и подачи хладагента в выходные коллекторы 132. Милликаналы 34 расположены радиально, при этом милликаналы 34 и входной и выходной коллекторы 132, 134 конфигурированы для непосредственного охлаждения верхней или нижней контактной

поверхности 22, 24 корпуса 20 электронного устройства, как схематично показано на фиг.1. Примеры размеров и поперечных сечений коллекторов 130, 132 и милликаналов 34 представлены выше. Кроме того, как сказано выше, по меньшей мере один из входных и выходных коллекторов 130, 132 может иметь переменную глубину. Такая клиновидная конфигурация обеспечивает более однородное распределение потока в контуре охлаждения.

[00046] Благодаря включению милликаналов и входных/выходных коллекторов в тело 16, процесс сборки упрощается. В частности, эта конфигурация, состоящая из единственной части, избавляет от необходимости соединять два компонента.

[00047] В примере конфигурации, показанной на фиг.4, количество радиальных милликаналов 34 больше около периферии тела 16 относительно числа радиальных милликаналов 34 вблизи центра тела 16. Как отмечено выше, конфигурация, показанная на фиг.4, обеспечивает улучшенное охлаждение благодаря включению дополнительных радиальных каналов при заданных пространственных и связанных с механической обработкой ограничениях. Хотя это не показано явно для конфигурации без крышки на фиг.10 и 11, это показано для случая С-образных коллекторов на фиг.6.

[00048] Для конфигурации, показанной в качестве примера на фиг.10 и 11, тело 16 также имеет канавку 302 для приема прокладки 304. В отдельных конфигурациях прокладка 304 включает кольцевой уплотнитель. При этом процесс сборки является относительно простым и надежным, требуя немногих технологических этапов и избавляя от необходимости использования более сложных способов сборки, таких как пайка или другие способы соединения металлов.

[00049] В конфигурации, показанной в качестве примера на фиг.12, тело 16 также ограничивает входную полость 40, конфигурированную для подачи хладагента в сужающуюся входную распределительную камеру 136, и выходную полость 42, конфигурированную для приема хладагента из сужающейся выходной камеры 138. Сужающаяся входная камера 136 и входная полость 40 могут быть расположены линейно, и сужающаяся выходная камера 138 и выходная полость 42 могут быть расположены линейно, как показано, например на фиг.12. Для других конфигураций сужающаяся входная камера 136 и входная полость 40 могут быть расположены перпендикулярно друг другу, и сужающаяся выходная камера 138 и выходная полость 42 могут быть расположены перпендикулярно друг другу, как показано на фиг.9.

[00050] В отдельных конфигурациях теплоотвод 80 служит для охлаждения множества корпусов 20 электронных устройств. Фиг.10 и 13 схематично иллюстрируют пример двухсторонней конфигурации теплоотвода 80. Для этой конфигурации первое подмножество входных и выходных коллекторов 130, 132 и милликаналов 34 сформировано на первой поверхности 2 тела 16, а второе подмножество входных и выходных коллекторов 130, 132 и милликаналов 34 сформировано на второй поверхности 4 тела 16, как показано на фиг.13. Первое подмножество коллекторов 130, 132 и милликаналов 34 служит для непосредственного охлаждения верхней контактной поверхности 22 (фиг.1) одного из корпусов 20 электронных устройств с помощью хладагента, а второе подмножество коллекторов 130, 132 и милликаналов 34 служит для непосредственного охлаждения нижней контактной поверхности 24 (фиг.1) другого из корпусов электронных устройств 20 с помощью хладагента, как показано на фиг.13.

[00051] В других конфигурациях теплоотвод 80 формируется как односторонний теплоотвод. Для конфигурации, показанной в качестве примера на фиг.14, входные и выходные коллекторы 130, 132 сформированы только на одной из первой поверхности 2 и второй поверхности 4 тела 16 (на второй поверхности 4 для случая фиг.14), так что

теплоотвод 80 является односторонним теплоотводом 80.

[00052] Теплоотвод 80 обеспечивает увеличенную теплопередачу по сравнению с обычным охлаждением силовых устройств, с надежной и простой герметизацией.

Например, теплоотводы 80 могут быть герметично присоединены к смежным корпусам

5 20 устройств с использованием относительно простых соединений с кольцевым уплотнителем. Теплоотвод 80 является интегральной частью таблеточного корпуса, непосредственно охлаждая силовые устройства путем прямого контакта с хладагентом, таким образом увеличивая теплопередачу. Кроме того, теплоотвод 80 уменьшает риск утечки или отказа вследствие усталости материала, а также позволяет уменьшить  
10 стоимость благодаря сокращению количества паек (или других средств механического приоединения), требуемых для удержания хладагента. Далее, чередование входных и выходных С-образных каналов обеспечивает подачу хладагента однородно по поверхности охлаждаемого устройства, а милликаналы увеличивают площадь поверхности отвода тепла от силового устройства к хладагенту в этом интегральном  
15 теплоотводе. Кроме того, введение милликаналов и входных/выходных коллекторов в тело 16 упрощает процесс сборки.

[00053] Благодаря более высокой надежности и большему рабочему запасу из-за улучшенных тепловых параметров, теплоотводы 60, 70, 80 особенно полезны для приложений, требующих очень высокой надежности, таких как приводы трубопроводов  
20 для нефти и сжиженного газа, подводная передача и распределение нефти и газа, а также двигатели. Кроме того, теплоотводы 60, 70, 80 могут использоваться в множестве приложений, некоторые примеры которых включают приложения с высокой мощностью, такие как металлопрокатные станы, бумажные фабрики и тяговые устройства.

[00054] Хотя выше были проиллюстрированы и описаны только определенные  
25 особенности изобретения, специалисты смогут предложить для них множество модификаций и изменений. Поэтому подразумевается, что приложенная формула изобретения охватывает все такие модификации и изменения, которые находятся в рамках изобретения.

Перечень обозначений

30 2 первая поверхность тела теплоотвода  
4 вторая поверхность тела теплоотвода  
12 нижняя крышка  
14 верхняя крышка 16 тело теплоотвода  
20 корпус электронного устройства  
35 21 полупроводниковое устройство (устройства)  
22 верхняя контактная поверхность  
23 подложка  
24 нижняя контактная поверхность  
25 верхняя, пластина с согласованным коэффициентом теплового расширения  
40 26 кожух  
27 нижняя пластина с согласованным коэффициентом теплового расширения  
28 верхний электрод  
29 нижний электрод  
34 радиальные милликаналы  
45 40 входная полость  
42 выходная полость  
60 теплоотвод с С-образными коллекторами и радиальными каналами в теле  
70 теплоотвод с С-образными коллекторами и радиальными каналами в крышках

80 теплоотвод с С-образными коллекторами и радиальными каналами в теле, без крышек

130 С-образные входные коллекторы

131 противоположная сторона сужающейся выходной камеры

5 132 обратные выходные С-образные коллекторы

133 противоположная сторона сужающейся выходной камеры

135 противоположная сторона сужающейся входной камеры

136 сужающаяся входная распределительная камера

137 противоположная сторона сужающейся входной камеры

10 140 сужающаяся выходная камера

302 канавка

304 прокладка

### Формула изобретения

15 1. Теплоотвод (60, 70) для охлаждения по меньшей мере одного корпуса (20) электронного устройства, имеющего верхнюю контактную поверхность (22) и нижнюю контактную поверхность (24), включающий:

нижнюю крышку (12), сформированную по меньшей мере из одного теплопроводящего материала;

20 верхнюю крышку (14), сформированную по меньшей мере из одного теплопроводящего материала; и

тело (16), сформированное по меньшей мере из одного теплопроводящего материала, причем тело (16) теплоотвода расположено между нижней и верхней крышками (12, 14) и герметично соединено с ними, при этом тело (16) теплоотвода ограничивает:

25 сужающуюся входную распределительную камеру (136), конфигурированную для приема хладагента,

множество входных С-образных коллекторов (130), конфигурированных для приема хладагента из сужающейся распределительной входной камеры (136),

30 множество обратных выходных С-образных коллекторов (132), конфигурированных для выпуска хладагента, при этом входные С-образные коллекторы и обратные выходные С-образные коллекторы (130, 132) чередуются и расположены в круговой конфигурации, причем обратные выходные С-образные коллекторы (132) проходят вокруг только части тела (16) и заканчиваются рядом с противоположными сторонами (135, 137) сужающейся входной камеры (136), и

35 сужающуюся выходную камеру (138), конфигурированную для приема хладагента из обратных выходных С-образных коллекторов (132), при этом входные С-образные коллекторы (130) проходят вокруг только части тела (16) и заканчиваются рядом с противоположными сторонами (131, 133) сужающейся выходной камеры (138),

40 при этом множество милликаналов (34) сформировано в теле (16) и/или по меньшей мере в одной из нижней и верхней крышек (12, 14) и конфигурировано для приема хладагента из входных С-образных коллекторов (130) и подачи хладагента в обратные выходные С-образные коллекторы (132), причем милликаналы (34) расположены радиально, при этом милликаналы (34), входные С-образные коллекторы и обратные выходные С-образные коллекторы (132, 134) конфигурированы так, чтобы охлаждать 45 одну из верхней и нижней контактных поверхностей (22, 24) корпуса (20) электронного устройства.

2. Теплоотвод (60) по п. 1, предназначенный для охлаждения множества корпусов (20) электронных устройств, в котором милликаналы (34) сформированы в теле (16)

теплоотвода, при этом у тела (16) теплоотвода есть первая поверхность (2) и вторая поверхность (4), причем первое подмножество входных С-образных коллекторов и обратных выходных С-образных коллекторов (130, 132) и милликаналов (34) сформировано на первой поверхности (2) тела (16), а второе подмножество входных С-образных коллекторов и обратных выходных С-образных коллекторов (130, 132) и милликаналов (34) сформировано на второй поверхности (4) тела, при этом первое подмножество входных С-образных и обратных выходных С-образных коллекторов (130, 132) и милликаналов (34) конфигурировано так, чтобы охлаждать с помощью хладагента верхнюю контактную поверхность (22) одного из корпусов (20) электронных устройств, а второе подмножество входных С-образных и обратных выходных С-образных коллекторов (130, 132) и милликаналов (34) конфигурировано так, чтобы охлаждать с помощью хладагента нижнюю контактную поверхность (24) другого из корпусов (20) электронных устройств.

3. Теплоотвод (70) по п. 1, предназначенный для охлаждения множества корпусов (20) электронных устройств, в котором милликаналы (34) сформированы в каждой из нижней и верхней крышек (12, 14), при этом у тела (16) теплоотвода есть первая поверхность (2) и вторая поверхность (4), первое подмножество входных С-образных коллекторов и обратных выходных С-образных коллекторов (130, 132) сформировано на первой поверхности (2) тела (16) теплоотвода, первое подмножество милликаналов (34) сформировано в нижней крышке (12), второе подмножество входных С-образных коллекторов и обратных выходных С-образных коллекторов (130, 132) сформировано на второй поверхности (4) тела, и второе подмножество милликаналов (34) сформировано в верхней крышке (14), при этом первые подмножества входных С-образных и обратных выходных С-образных коллекторов (130, 132) и милликаналов конфигурированы так, чтобы охлаждать верхнюю контактную поверхность (22) одного из корпусов (20) электронных устройств с помощью хладагента, а вторые подмножества входных С-образных и обратных выходных С-образных коллекторов (130, 132) и милликаналов (34) конфигурированы так, чтобы охлаждать с помощью хладагента нижнюю контактную поверхность (24) другого из корпусов электронных устройств (20).

4. Теплоотвод (60, 70) по п. 1, в котором сужающаяся входная распределительная камера (136) и сужающаяся выходная камера (138) имеют форму клина, а поперечное сечение милликаналов (34) и поперечное сечение входных С-образных и обратных выходных С-образных коллекторов (130, 132) выбрано из группы, состоящей из округленных, круговых, трапециевидных, треугольных и прямоугольных поперечных сечений.

5. Теплоотвод (60, 70) по п. 1, в котором тело (16) теплоотвода также ограничивает: входную полость (40), конфигурированную для подачи хладагента к сужающейся входной распределительной камере (136); и

выходную полость (42), конфигурированную для приема хладагента из сужающейся выходной камеры (138),

при этом (а) сужающаяся входная камера (136) и входная полость (40) расположены линейно друг за другом, и сужающаяся выходная камера (138) и выходная полость (42) расположены линейно друг за другом, или (б) сужающаяся входная камера (136) и входная полость (40) расположены перпендикулярно друг другу, и сужающаяся выходная камера (138) и выходная полость (42) расположены перпендикулярно друг другу.

6. Теплоотвод (60, 70) по п. 1, в котором по меньшей мере один из входных С-



образных и обратных выходных С-образных коллекторов (130, 132) имеет переменную глубину.

7. Теплоотвод (60, 70) для охлаждения корпуса (20) электронного устройства, который имеет верхнюю контактную поверхность (22) и нижнюю контактную поверхность (24),

включающий:

крышку (12, 14), сформированную по меньшей мере из одного теплопроводящего материала; и

тело (16), сформированное по меньшей мере из одного теплопроводящего материала, при этом тело (16) теплоотвода герметично соединено с крышкой (12, 14) и ограничивает:

сужающуюся входную распределительную камеру (136), конфигурированную для приема хладагента,

множество входных С-образных коллекторов (130), конфигурированных для приема хладагента из сужающейся входной распределительной камеры (136),

множество обратных выходных С-образных коллекторов (132), конфигурированных для выпуска хладагента, при этом входные С-образные коллекторы и обратные выходные С-образные коллекторы (130, 132) чередуются и расположены в круговой конфигурации, причем обратные выходные С-образные коллекторы (132) проходят вокруг только части тела (16) и заканчиваются рядом с противоположными сторонами (135, 137) сужающейся входной камеры (136), и

сужающуюся выходную камеру (138), конфигурированную для приема хладагента из обратных выходных С-образных коллекторов (132), при этом входные С-образные коллекторы (130) проходят вокруг только части тела (16) и заканчиваются рядом с противоположными сторонами (131, 133) сужающейся выходной камеры (138), и

при этом множество милликаналов (34) сформировано в теле (16) или в крышке (12, 14) и конфигурировано для приема хладагента из входных С-образных коллекторов (130) и подачи хладагента в обратные выходные С-образные коллекторы (132), причем милликаналы (34) расположены радиально, при этом милликаналы (34) и входные и выходные С-образные коллекторы (132, 134) конфигурированы так, чтобы охлаждать одну из верхней или нижней контактных поверхностей (22, 24) корпуса (20) электронного устройства.

8. Теплоотвод (80) для непосредственного охлаждения по меньшей мере одного корпуса (20) электронного устройства, который имеет верхнюю контактную поверхность (22) и нижнюю контактную поверхность (24), включающий:

тело (16), сформированное по меньшей мере из одного теплопроводящего материала, при этом тело (16) ограничивает:

сужающуюся входную распределительную камеру (136), конфигурированную для приема хладагента,

множество входных С-образных коллекторов (130), конфигурированных для приема хладагента из сужающейся входной распределительной камеры (136),

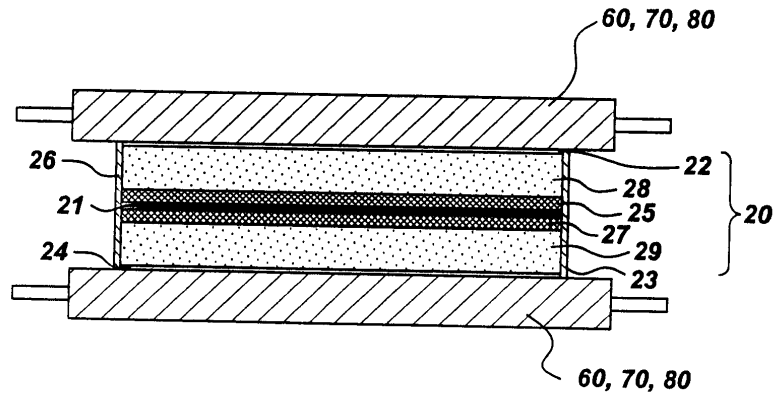
множество обратных выходных С-образных коллекторов (132), конфигурированных для выпуска хладагента, при этом входные С-образные коллекторы и обратные выходные С-образные коллекторы (130, 132) чередуются и расположены в круговой конфигурации, причем обратные выходные С-образные коллекторы (132) проходят вокруг только части тела (16) и заканчиваются рядом с противоположными сторонами (135, 137) сужающейся входной камеры (136),

сужающуюся выходную камеру (138), конфигурированную для приема хладагента из обратных выходных С-образных коллекторов (132), причем входные С-образные коллекторы (130) проходят вокруг только части тела (16) и заканчиваются рядом с

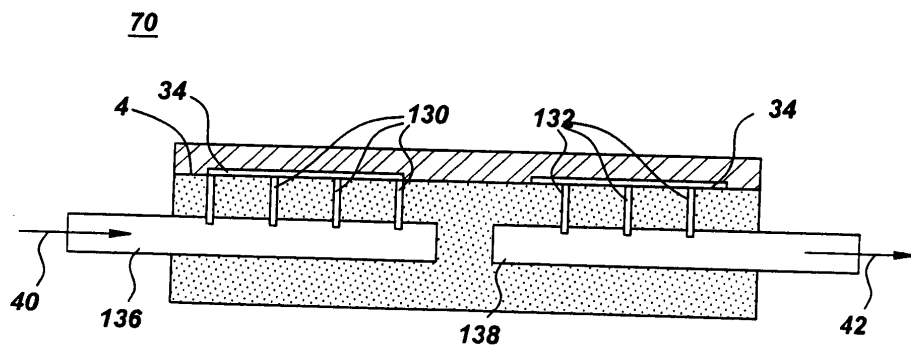
противоположными сторонами (131, 133) сужающейся выходной камеры (138), и множество милликаналов (34), конфигурированных для приема хладагента из входных С-образных коллекторов (130) и подачи хладагента в обратные выходные С-образные коллекторы (132), причем милликаналы (34) расположены радиально, при этом милликаналы (34), входные С-образные коллекторы и обратные выходные С-образные коллекторы (132, 134) конфигурированы для непосредственного охлаждения верхней или нижней контактной поверхности (22, 24) корпуса (20) электронного устройства.

9. Теплоотвод (80) по п. 8, в котором тело (16) также имеет канавку (302) для прокладки (304), при этом сужающаяся входная распределительная камера (136) и сужающаяся выходная камера (138) имеют форму клина, а поперечное сечение милликаналов (34) и поперечное сечение входных и выходных коллекторов (130, 132) выбрано из группы, состоящей из округленных, круговых, трапецевидных, треугольных и прямоугольных поперечных сечений.

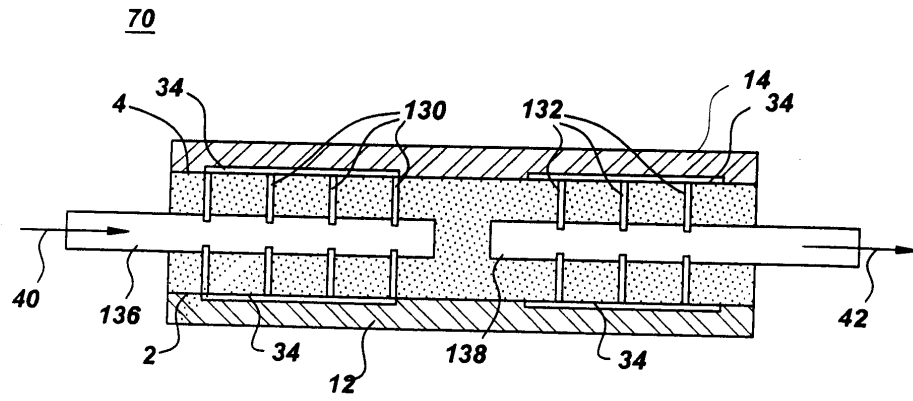
1/8



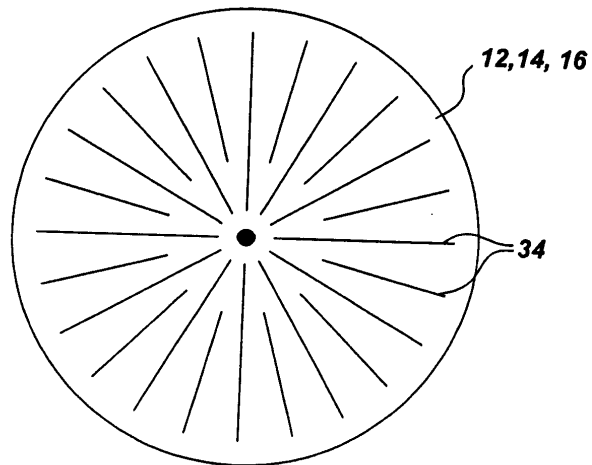
Фиг.1



Фиг.2

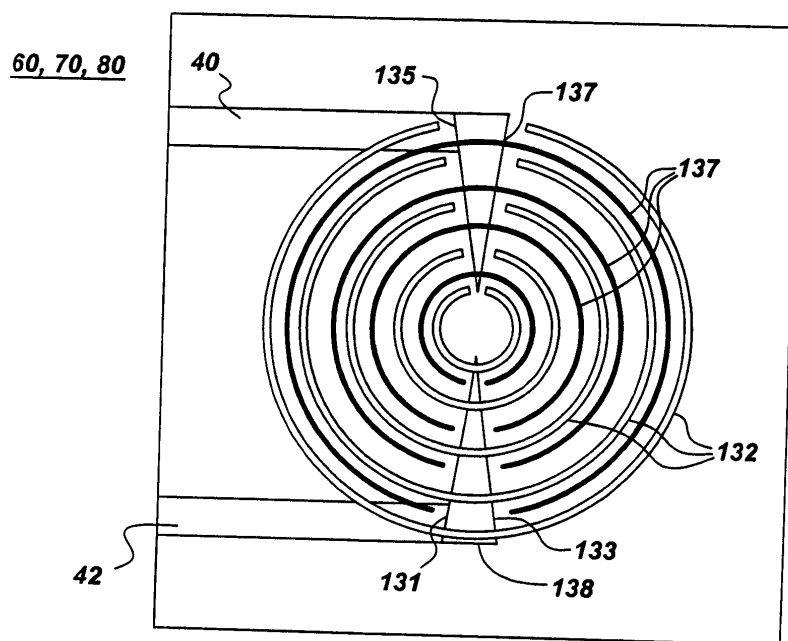


Фиг.3

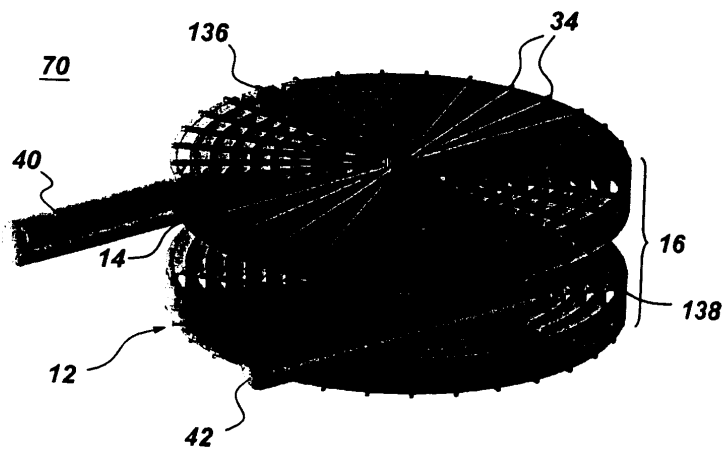


Фиг.4

3/8



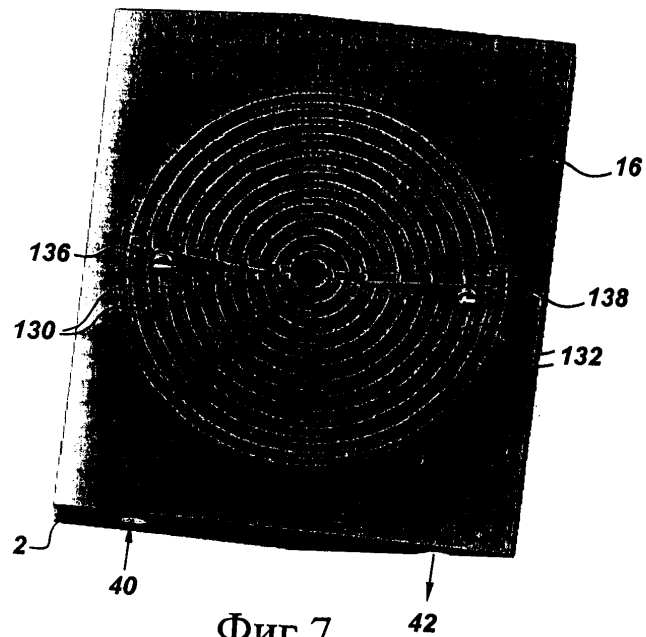
Фиг.5



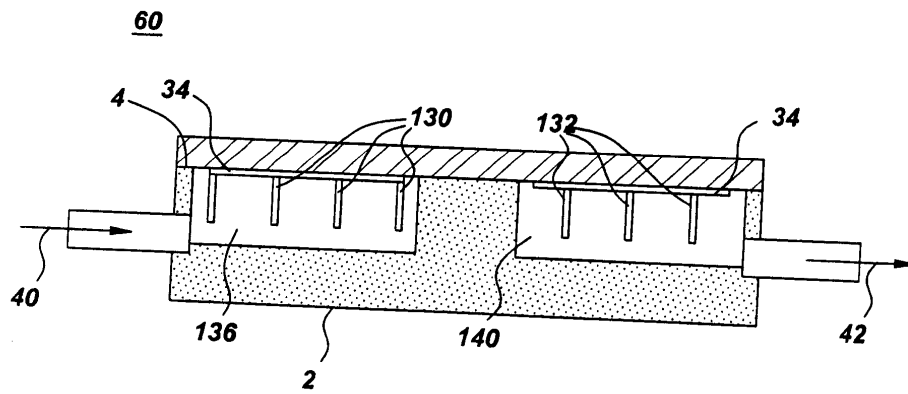
Фиг.6

Теплоотводы с С-образными коллекторами и  
милликанальным охлаждением

4/8

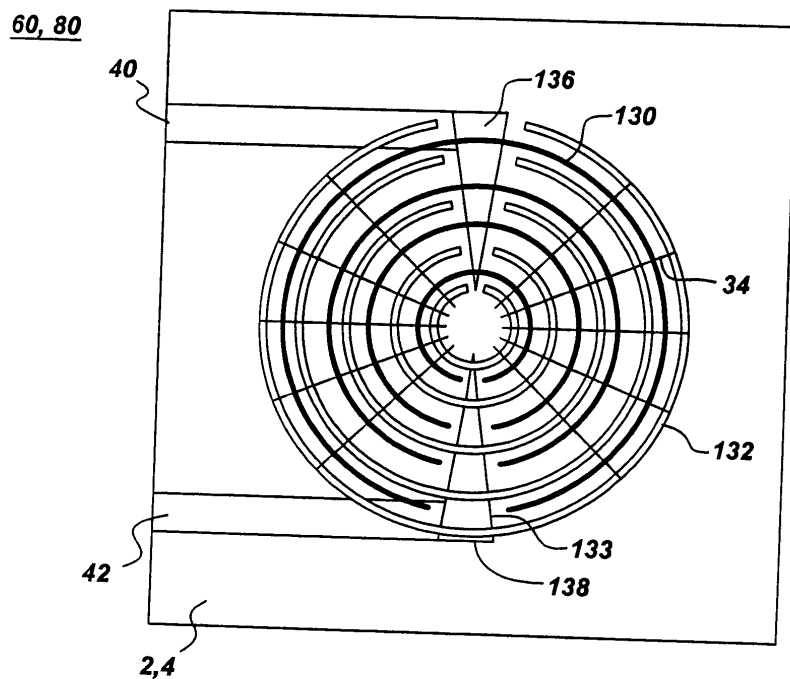


Фиг.7

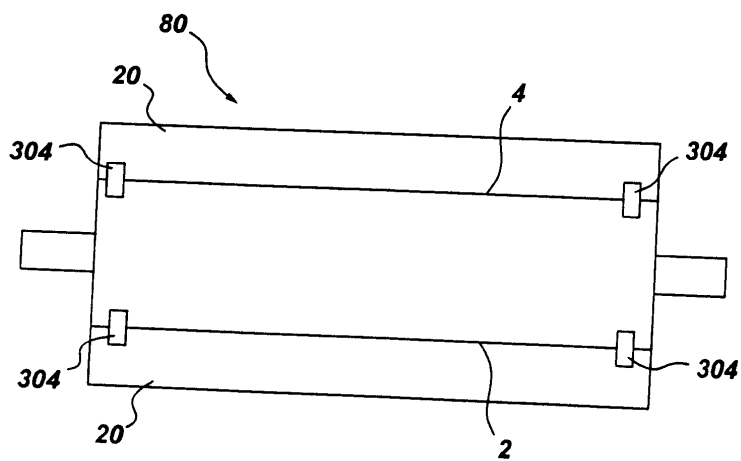


Фиг.8

5/8

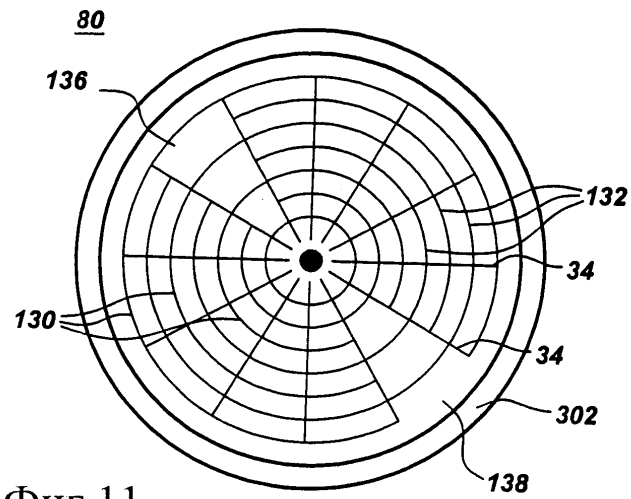


Фиг.9

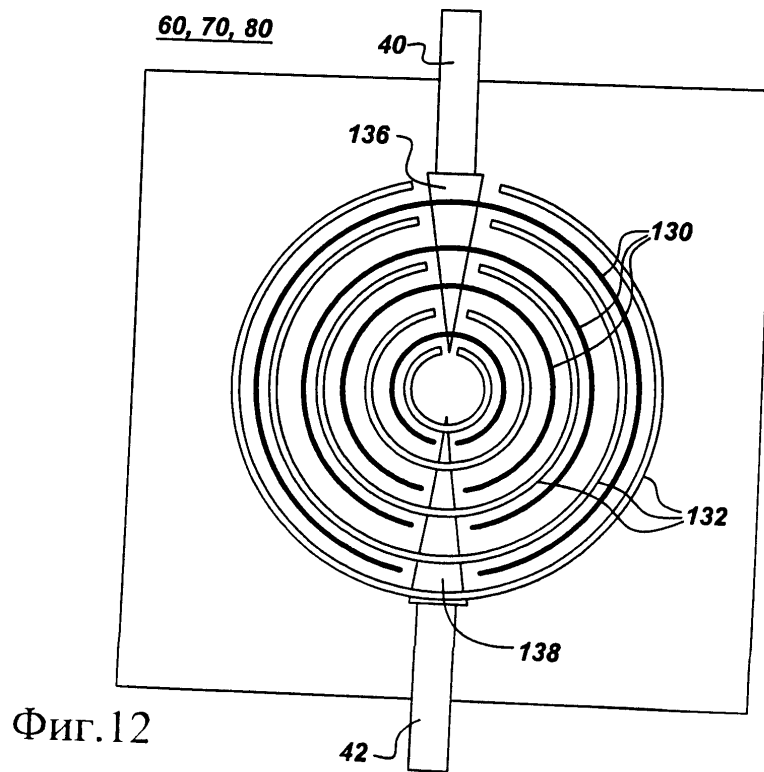


Фиг.10

6/8



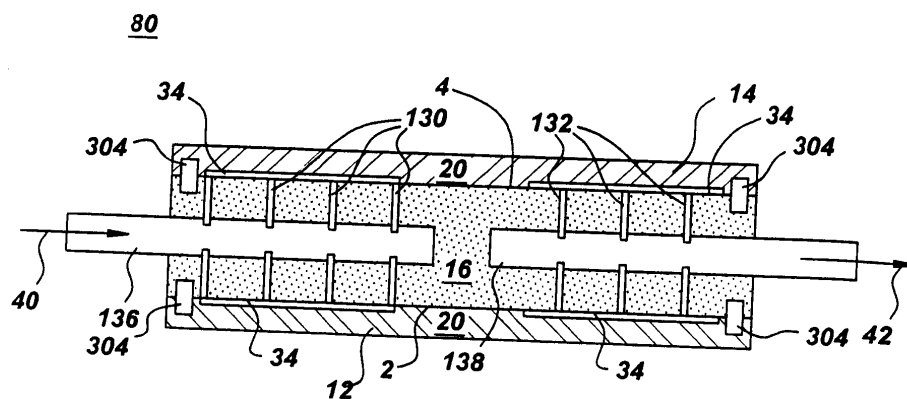
Фиг.11



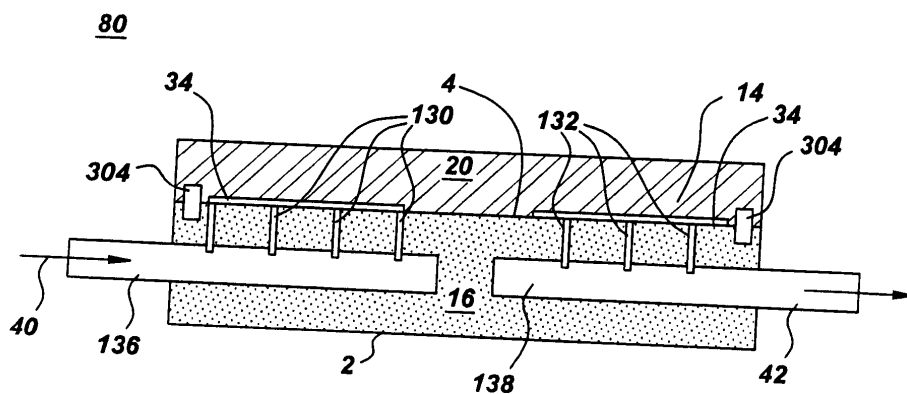
Фиг.12



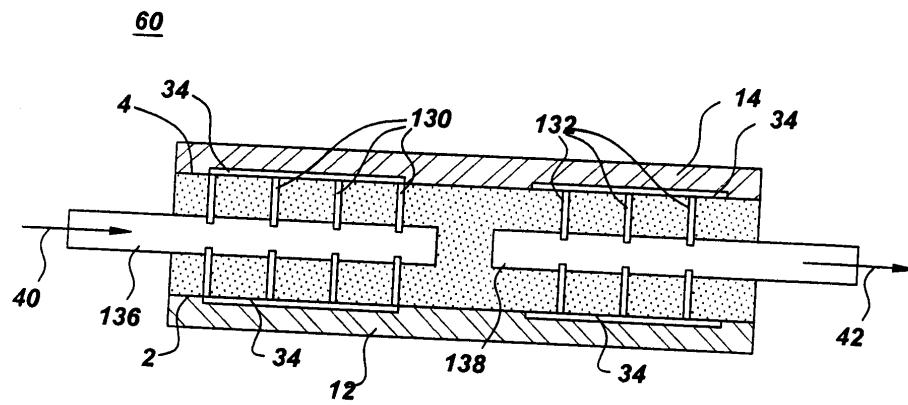
7/8



Фиг.13



Фиг.14



Фиг.15