



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2010146036/28, 10.11.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
10.11.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.11.2010

(45) Опубликовано: 20.01.2012 Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 6988534 B2, 24.01.2006. RU 2332818 C1, 27.08.2008. RU 2206938 C1, 20.06.2003. SU 1800663 A1, 07.03.1993. RU 75020 U1, 20.07.2008. RU 62290 U1, 27.03.2007. RU 51441 U1, 10.02.2006. US 2009/0294956 A1, 03.12.2009. US 2009/0102046 A1, 23.04.2009. US 2009/0085198 A1, 02.04.2009. US 2007/0205792 A1, 06.09.2007.

Адрес для переписки:

394077, г.Воронеж, Московский пр-кт, 97,  
ЗАО "КОДОФОН", В.А. Фурсовой

(72) Автор(ы):

Дроздов Игорь Геннадьевич (RU),  
Кожухов Николай Николаевич (RU),  
Коновалов Дмитрий Альбертович (RU),  
Шматов Дмитрий Павлович (RU),  
Дахин Сергей Викторович (RU),  
Савинков Андрей Юрьевич (RU),  
Небольсин Валерий Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Закрытое акционерное общество  
"КОДОФОН" (RU)

**(54) УСТРОЙСТВО ОТВОДА ТЕПЛОТЫ ОТ КРИСТАЛЛА ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ МИКРОСХЕМЫ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электроники, в частности к устройству отвода теплоты от кристалла полупроводниковой микросхемы, и может быть использовано для охлаждения кристаллов процессоров и полупроводниковых микросхем, выделяющих при работе тепловую энергию. Технический результат изобретения - минимизировать контактное термическое сопротивление в устройстве отвода теплоты от кристалла полупроводниковой микросхемы, выделяющей при работе тепловую энергию, и снизить его массово-габаритные характеристики. Сущность изобретения: в устройстве отвода теплоты от кристалла полупроводниковой

микросхемы, выделяющей при работе тепловую энергию, согласно изобретению развитая поверхность кристалла полупроводниковой микросхемы представляет собой шипы или трубки охлаждения в виде монокристаллов, выращенных на подложке кристалла полупроводниковой микросхемы, образуя монолитную конструкцию с кристаллом. Изобретение позволяет создать развитую поверхность теплообмена с минимальным контактным термическим сопротивлением, тем самым существенно интенсифицировать теплоотвод от кристаллов полупроводниковых микросхем и снизить массово-габаритные характеристики устройства. 2 з.п. ф-лы, 7 ил.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2010146036/28, 10.11.2010**

(24) Effective date for property rights:  
**10.11.2010**

Priority:

(22) Date of filing: **10.11.2010**

(45) Date of publication: **20.01.2012 Bull. 2**

Mail address:

**394077, g.Voronezh, Moskovskij pr-kt, 97, ZAO "KODOFON", V.A. Fursovoj**

(72) Inventor(s):

**Drozdov Igor' Gennad'evich (RU),  
Kozhukhov Nikolaj Nikolaevich (RU),  
Kononov Dmitrij Al'bertovich (RU),  
Shmatov Dmitrij Pavlovich (RU),  
Dakhin Sergej Viktorovich (RU),  
Savinkov Andrej Jur'evich (RU),  
Nebol'sin Valerij Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo "KODOFON" (RU)**

(54) **DEVICE TO REMOVE HEAT FROM CRYSTAL OF SEMICONDUCTOR INTEGRATED CIRCUIT**

(57) Abstract:

FIELD: power engineering.

SUBSTANCE: in the device for heat removal from a crystal of a semiconductor integrated circuit, which releases thermal energy during operation, according to the invention, the developed surface of the semiconductor integrated circuit crystal represents cogs or tubes of cooling in the form of single crystals grown on the semiconductor integrated circuit crystal substrate, forming a monolithic structure with the crystal. The invention makes it possible to create a developed surface of heat

exchange with minimum contact thermal resistance, thus to significantly intensify heat removal from crystals of semiconductor integrated circuits and to reduce weight and dimension characteristics of the device.

EFFECT: minimised contact thermal resistance in the device of heat removal from the semiconductor integrated circuit crystal, which releases thermal energy during operation, and reduction of its weight and dimension characteristics.

3 cl, 7 dwg

RU 2 440 641 C1

RU 2 440 641 C1

Изобретение относится к области электроники, в частности к устройству отвода теплоты от кристалла полупроводниковой микросхемы, и может быть использовано для охлаждения кристаллов процессоров и полупроводниковых микросхем, выделяющих при работе тепловую энергию.

5 Известно устройство для охлаждения элементов электроники [1] патент RU №2332818 «Охлаждающее устройство для элементов электроники», авторы: В.Г.Пастухов, Ю.Ф.Майданик, В.А.Кожин, МПК H05K 7/20, F28D 15/02, имеющее контурную тепловую трубу с плоским испарителем, содержащим паровую и жидкостную торцевые полости, сообщающиеся между собой параллельным пучком трубок, выполняющим роль конденсатора, соединенного с внешним оребрением, и вентилятора.

15 Такое устройство использует в качестве охладителя жидкость внутри тепловой трубы и воздух, нагнетаемый вентилятором для охлаждения внешнего оребрения, что при возрастающей мощности электронных компонентов приводит к увеличению площади оребрения и/или повышенному уровню шума и использование данного устройства в ограниченном объеме становится невозможным из-за громоздкости конструкции. Габариты испарителя такого устройства больше габаритов области кристалла микросхемы, выделяющей тепловую энергию, что является недостатком данного устройства. Термическое сопротивление между источником теплоты и испарителем снижает эффективность работы данного устройства. Тепловыделяющая поверхность самого электронного компонента является неразвитой и характеризуется достаточно низким коэффициентом теплоотдачи.

25 Для увеличения производительности и уменьшения габаритов процессоров применяются многослойные 3d-чипы, совместно со встроенной водяной системой охлаждения, например [2] [http://www.zurich.ibm.com/news/08/3D\\_cooling.html](http://www.zurich.ibm.com/news/08/3D_cooling.html). Охладитель проходит между слоями чипа и омывает каждый из слоев с двух сторон. Таким образом, снимается до  $180 \text{ Вт/см}^2$  с площади  $4 \text{ см}^2$ .

30 Известно устройство [3] Jae-Mo Koo, Sungjun Im, Linan Jiang Integrated microchannel cooling for three-dimensional electronic circuit architectures / Journal of heat transfer 2005, ASME, January vol.127, p.49-58, которое охлаждает многослойные чипы с помощью микроканалов, расположенных между слоями. Для различных типов конструкций 3d-чипа, зависящих от сочетания на слоях логического устройства и оперативной памяти, представлены оптимальные размеры и теплофизические характеристики 3d-чипа.

35 Известно устройство охлаждения с системой распределения охладителя по всей площади нагреваемого элемента [4] <http://www.zurich.ibm.com/st/cooling/convective.html>. Охладитель напрямую подается на подложку электронного компонента. Система распределения представляет собой древовидную структуру входных и выходных каналов, расположенных вплотную друг к другу по всей площади нагреваемого элемента.

45 Для данного устройства характерны несколько режимов работы: запорный, принудительный, переходный и разделенный режим. Оптимальным режимом для охлаждения нагреваемого элемента является принудительный, при котором коэффициент теплопередачи является постоянным.

50 Оптимальная структура распределяющей системы такова: диаметр сопла 25 мкм, диаметр ячейки 100 мкм, шаг 30 мкм. При этих параметрах термическое сопротивление составляет  $0,15 \text{ (см}^2 \cdot \text{К)/Вт}$ . Данное устройство отводит до  $400 \text{ В/см}^2$  от поверхности нагрева электронного компонента.

При использовании устройств охлаждения [2-4] термическое сопротивление воды

между поверхностью чипа электронного компонента и самим устройством охлаждения снижает характеристики процессов теплообмена.

Известно устройство [5] патент RU №51441, «Устройство охлаждения электронных компонентов», авторы: И.Г.Дроздов, Н.Н.Кожухов, Н.В.Мозговой, Д.П.Шматов, МПК H01L 23/34, включающее теплообменник с пористыми элементами, состоящий из герметичного корпуса, входного и выходного штуцера охладителя. Металлическое основание теплообменника выполнено в виде призмы, при этом нижняя часть призмы равна площади кристалла микросхемы.

Такое устройство по сравнению с устройством [1] является компактным, а охлаждение нагретого теплоносителя может осуществляться вне ограниченного объема. Однако основание наряду со стенкой теплообменника создают дополнительное термическое сопротивление, что является недостатком данного устройства. Тепловыделяющая поверхность электронного компонента остается по-прежнему неразвитой, что не позволяет снимать расчетные тепловые потоки в условиях потенциально возможной максимальной нагрузки.

Наиболее близким к заявляемому техническому решению является система охлаждения [6] патент US 6988534, «Method and apparatus for flexible fluid delivery for cooling desired hot spots in a heat producing device», Thomas W. Kenny, M. Munch, P. Zhou, J. Gil Shook, G.Upadhyya, K.Goodson, D.Corbin, Int. Cl. F28F 7/00, представленная на фиг.1, в состав которой входит устройство охлаждения 1, внешний блок охлаждения 2, насос 3, элементы подвода 4 и отвода 5 охладителя и контроллер 6 для проверки фазового состояния охладителя. Устройство охлаждения 1 (фиг.2) состоит из крышки 7<sub>1</sub> и крышки 7<sub>2</sub>, при этом крышка 7<sub>2</sub> содержит входной канал 8 для входа охладителя и выходной канал 9 для его выхода, нагреваемого элемента 10 с локальными «горячими точками», ребрами охлаждения 11. Крышка 7<sub>2</sub>, в которой находятся входной 8 и выходной 9 каналы соответственно для входа и выхода охладителя, состоит из нескольких слоев для оптимального распределения охладителя и достижения стабильной температуры по всей поверхности нагреваемого элемента. Нагреваемый элемент 10 может быть отдельным, но может представлять и единое целое с устройством охлаждения 1. При этом в описании патента [6] указана только идея возможности создания единой системы «нагреваемый элемент - система охлаждения» (но не описана практически ее реализация). Ребра охлаждения 11 в зависимости от поставленных задач могут представлять систему коллекторов и каналов и иметь различные геометрические формы: параллельные или гофрированные пластины, пористые элементы.

Устройство охлаждения 1 работает следующим образом. Через входной канал 8 охладитель поступает в крышку 7<sub>2</sub>. Проходя сквозь систему каналов и коллекторов, расположенных не только в горизонтальной, но и в вертикальной плоскости, охладитель в зависимости от расположения «горячих точек» в нагреваемом элементе 10 распределяется таким образом, чтобы на локальную область, которая выделяет большее количество теплоты, поступало большее количество охладителя. Это приводит к тому, что нагреваемый элемент 10 имеет равномерное охлаждение для всей поверхности, имеющей изначально неравномерное распределение температуры. Кроме этого, пройдя через входной канал 8 крышки 7<sub>2</sub>, охладитель проходит сквозь ребренную поверхность (ребра охлаждения 11), где отводится необходимое количество теплоты от нагреваемого элемента 10, и выходит через выходной канал 9 крышки 7<sub>2</sub>.

В данном устройстве рассматривается возможность создания единой системы

«нагреваемый элемент - система охлаждения», однако отсутствуют подходы к способу ее технического решения.

К сожалению, устройство-прототип не решает проблему оптимального охлаждения кристаллов полупроводников, так как в описании к патенту [6] сформулирована  
5 только идея создания системы «нагревательный элемент - система охлаждения», однако не описаны подходы практической ее реализации и не объяснены результаты указанного технического эффекта.

Техническая задача, на решение которой направлено заявляемое изобретение, - это  
10 уменьшение термического сопротивления устройства отвода теплоты от кристаллов полупроводниковой микросхемы или процессора, выделяющих при работе тепловую энергию, и снижение его массогабаритных характеристик.

Техническая задача решается за счет того, что в устройстве отвода теплоты от  
15 кристалла полупроводниковой микросхемы, выделяющей при работе тепловую энергию, содержащем основание, на котором расположен кристалл полупроводниковой микросхемы, содержащий элементы охлаждения и микроканалы, образующие развитую поверхность, герметичную крышку для кристалла полупроводниковой микросхемы, содержащую входной и выходной каналы  
20 соответственно для входа и выхода охладителя, внешний блок охлаждения с насосом и его элементы соединения с входным и выходным каналами герметичной крышки, согласно изобретению развитая поверхность кристалла полупроводниковой микросхемы представляет собой шипы или трубки охлаждения в виде монокристаллов, выращенных на подложке кристалла полупроводниковой  
25 микросхемы, образуя монолитную конструкцию с кристаллом.

Причем шипы или трубки в виде монокристаллов составляют систему коллекторов и проницаемых перегородок, выполненных таким образом, что термическое  
30 сопротивление контакта между шипом или трубкой и кристаллом полупроводниковой микросхемы отсутствует.

При этом шипы или трубки могут быть расположены на кристалле полупроводниковой микросхемы в различной последовательности, образуя микроканалы разного переменного сечения.

Сравнение заявляемого устройства с аналогичными техническими решениями в  
35 данной области техники не позволило выявить признаки изобретения, заявленные в отличительной части формулы изобретения, а именно, что развитая поверхность кристалла полупроводниковой микросхемы представляет собой шипы или трубки охлаждения в виде монокристаллов, выращенных на подложке кристалла полупроводниковой микросхемы, образуя монолитную конструкцию с кристаллом.  
40 Именно эти признаки позволяют устранить термическое сопротивление от кристаллов полупроводников, выделяющих при работе тепловую энергию, и снизить массогабаритные характеристики устройства отвода теплоты от кристалла полупроводниковой микросхемы.

45 Далее описание изобретения поясняется примерами выполнения и чертежами.

На фиг.1 представлена структурная схема системы охлаждения с устройством  
охлаждения - прототип.

Фиг.2 иллюстрирует устройство охлаждения - прототип.

50 На фиг.3 выполнена структурная схема заявляемого устройства отвода теплоты от кристалла полупроводниковой микросхемы.

На фиг.4 показано расположение кристалла на основании устройства отвода, входной и выходной каналы для его соединения с внешним блоком охлаждения с

насосом.

На фиг.5 показан вид кристалла с шипами (трубками) охлаждения в виде монокристаллов, выращенных на подложке кристалла полупроводниковой микросхемы.

5 На фиг.6 и 7 показано, что монокристаллы, выращенные по различным схемам на подложке кристалла полупроводниковой микросхемы, образуют систему коллекторов для подачи и отвода охладителя.

Заявляемое устройство отвода теплоты от кристалла полупроводниковой микросхемы (фиг.3) содержит основание 12, на котором расположен кристалл 13 полупроводниковой микросхемы, содержащий элементы охлаждения и микроканалы, образующие развитую поверхность, герметичную крышку 14 для кристалла полупроводниковой микросхемы 13, содержащую входной 8 и выходной 9 каналы соответственно для входа и выхода охладителя, внешний блок охлаждения с насосом 15 и его первый 16 и второй 17 элементы соединения соответственно с входным 8 и выходным 9 каналами герметичной крышки 14, согласно изобретению развитая поверхность кристалла 13 полупроводниковой микросхемы представляет собой шипы 18 или трубки охлаждения в виде монокристаллов, выращенных на подложке кристалла 13 полупроводниковой микросхемы, образуя монолитную конструкцию с кристаллом 13.

Причем шипы 18 или трубки в виде монокристаллов составляют систему коллекторов и проницаемых перегородок 19 (фиг.6 и 7), выполненных таким образом, что термическое сопротивление контакта между шипом 18 или трубкой и кристаллом 13 полупроводниковой микросхемы отсутствует.

При этом шипы 18 или трубки могут быть расположены на кристалле 13 полупроводниковой микросхемы (фиг.6 и 7) в различной последовательности, образуя микроканалы разного переменного сечения.

30 Осуществляют заявляемое устройство отвода теплоты от кристаллов полупроводниковых микросхем (фиг.3-7) следующим образом.

На поверхности кристалла 13 по определенной схеме, например, изображенной на фиг.5, 6, 7, выращивают шипы 18 или трубки, являющиеся монокристаллами и образующие развитую поверхность теплообмена с системой коллекторов и проницаемых перегородок. При этом шипы 18 или трубки, являющиеся монокристаллами и образующие развитую поверхность теплообмена с системой коллекторов и проницаемых перегородок, выращивают по известной технологии, например, как описано в [7] Небольсин В.А., Долгачев А.А., Дунаев А.И., Завалишин М.А. Об общих закономерностях роста микро- и наноразмерных нитевидных кристаллов кремния // Известия РАН. Сер. физическая. 2008. Т.72. 9. С.1285-1288.

45 Кристалл 13 с шипами 18 накрывают крышкой 14, которая служит для герметичности конструкции и распределения охладителя на поверхности кристалла 13 и в системе коллекторов и проницаемых перегородок. Посредством элементов соединения 16 и 17 через входной 8 и выходной 9 каналы герметичная крышка соединена соответственно с выходом и входом внешнего блока охлаждения с насосом 15 для подачи охладителя на поверхность кристалла 13 и его отвода с поверхности кристалла 13.

50 Заявляемое устройство работает следующим образом.

Кристалл 13, изображенный на фиг.3 и 4, в процессе работы выделяет тепловую энергию и передает выделенную тепловую энергию шипам 18, расположенным на поверхности кристалла 13.

С выхода внешнего блока охлаждения с насосом 15 через элементы соединения и входной канал 8 на герметичной крышке 14 подаются охладитель, направление и распределение потока которого обеспечивается с помощью перегородок 19 и системой коллекторов. Проходя через проницаемые перегородки 19, состоящие из шипов 18 или трубок, охладитель нагревается и отводится через выходной канал 9. В качестве входного 8 и выходного 9 каналов можно использовать, например, штуцер.

Заявляемое устройство отвода теплоты от кристаллов полупроводниковой микросхемы с выращенными шипами 18 обеспечивает необходимый отвод теплоты от нагреваемого в процессе работы кристалла 13 и позволяет создавать встроенные элементы охлаждения кристалла полупроводников.

Для относительно небольших тепловыделений и малых расходов охладителя можно использовать кристаллы 13 с развитой поверхностью теплообмена, представленные на фиг.5.

Для достижения оптимального эффекта (максимального теплоотвода при минимальном гидравлическом сопротивлении) следует использовать кристаллы 13, имеющие на своей поверхности выращенные шипы 18 из монокристаллов, которые, в свою очередь, образуют систему коллекторов для подачи и отвода охладителя, представленные на фиг.6, 7. Конфигурация, расположение и количество шипов 18 или трубок могут быть определены в ходе численного эксперимента или эмпирически.

Конструкция заявляемого устройства является облегченной по массово-габаритным характеристикам. Это достигается за счет того, что на кристалле выращены шипы из монокристаллов, кристалл закрыт герметичной крышкой (в отличие от прототипа, который содержит ребра охлаждения, крышку, которой закрывают кристалл с ребрами охлаждения, и верхнюю крышку с входным и выходным каналами соответственно для входа и выхода охладителя).

Таким образом, заявляемое устройство по сравнению с аналогичными техническими решениями в данной области техники позволяет устранить термическое сопротивление от кристаллов полупроводников, выделяющих при работе тепловую энергию, и снизить массово-габаритные характеристики устройства за счет упрощения конструкции.

Источник информации

1. Патент RU №2332818 «Охлаждающее устройство для элементов электроники», авторы: В.Г.Пастухов, Ю.Ф.Майданик, В.А.Кожин, МПК H05K 7/20, F28D 15/02.  
[http://www.zurich.ibm.com/news/08/3D\\_cooling.html](http://www.zurich.ibm.com/news/08/3D_cooling.html).

3. Jae-Mo Koo, Sungjun Im, Linan Jiang Integrated microchannel cooling for three-dimensional electronic circuit architectures / Journal of heat transfer 2005, ASME, January vol.127, p.49-58.

4. <http://www.zurich.ibm.com/st/cooling/convective.html>.

5. Патент RU №51441 «Устройство охлаждения электронных компонентов», авторы: И.Г.Дроздов, Н.Н.Кожухов, Н.В.Мозговой, Д.П.Шматов, МПК H01L 23/34.

6. Патент US №6988534 B2, «Method and apparatus for flexible fluid delivery for cooling desired hot spots in a heat producing device», авторы: Thomas W.Kenny, M.Munch, P.Zhou, J.Gil Shook, G.Upadhyay, K.Goodson, D.Corbin, Int. Cl. F28F 7/00.

7. Небольсин В.А., Долгачев А.А., Дунаев А.И., Завалишин М.А. Об общих закономерностях роста микро- и наноразмерных нитевидных кристаллов кремния // Известия РАН. Сер. физическая. 2008. Т.72. 9. С.1285-1288.

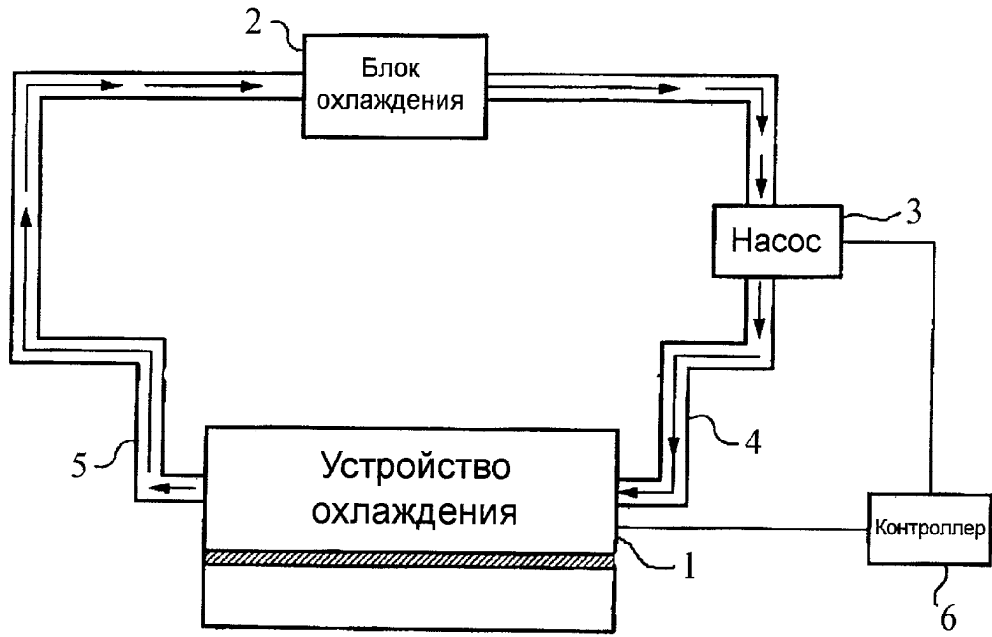
Формула изобретения

1. Устройство отвода теплоты от кристалла полупроводниковой микросхемы, выделяющей при работе тепловую энергию, содержащее основание, на котором расположен кристалл полупроводниковой микросхемы, содержащий элементы охлаждения и микроканалы, образующие развитую поверхность, герметичную крышку для кристалла полупроводниковой микросхемы, содержащую входной и выходной каналы соответственно для входа и выхода охладителя, внешний блок охлаждения с насосом и его элементы соединения с входным и выходным каналами герметичной крышки, отличающееся тем, что развитая поверхность кристалла полупроводниковой микросхемы представляет собой шипы или трубки охлаждения в виде монокристаллов, выращенных на подложке кристалла полупроводниковой микросхемы, образуя монолитную конструкцию с кристаллом.

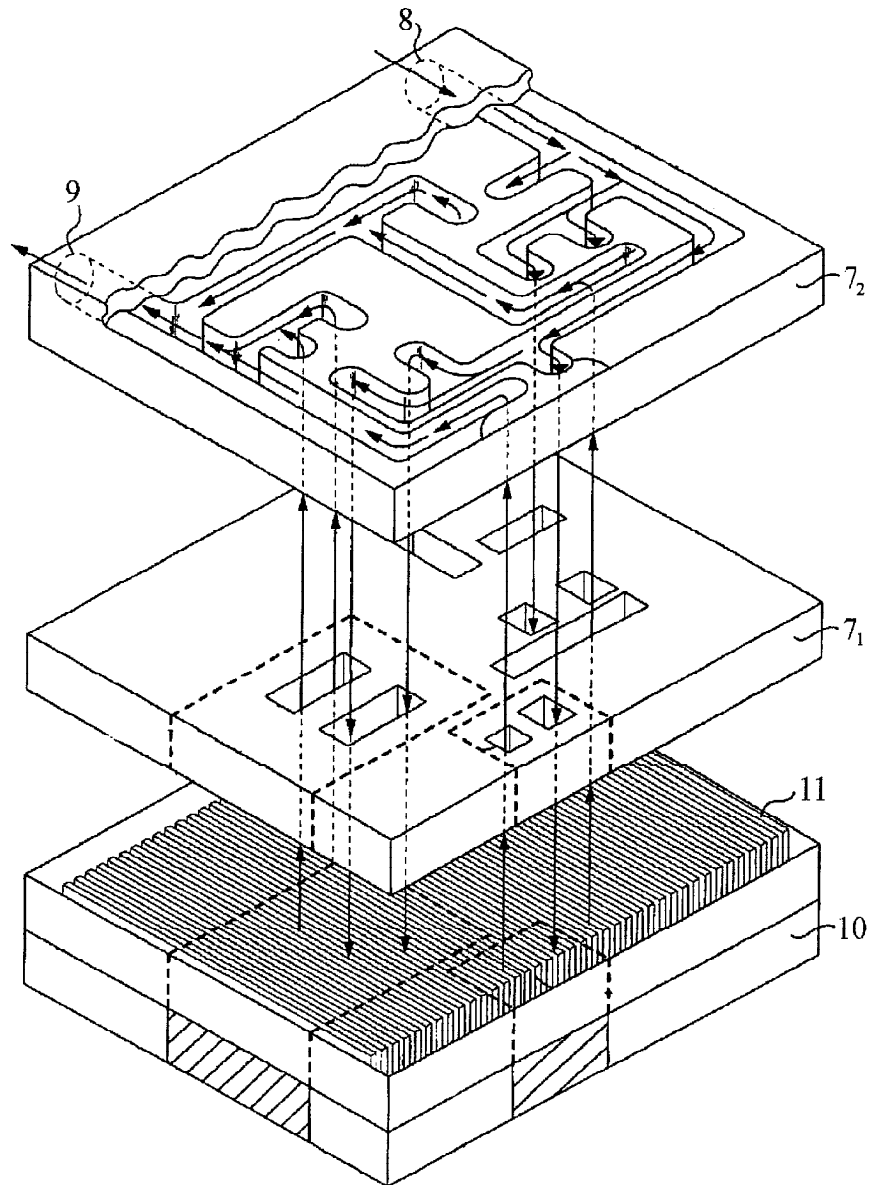
2. Устройство по п.2, отличающееся тем, что шипы или трубки в виде монокристаллов составляют систему коллекторов и проницаемых перегородок, выполненных таким образом, что термическое сопротивление контакта между шипом или трубкой и кристаллом полупроводниковой микросхемы отсутствует.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что на кристалле полупроводниковой микросхемы шипы или трубки могут быть расположены в различной последовательности, образуя микроканалы разного переменного сечения.

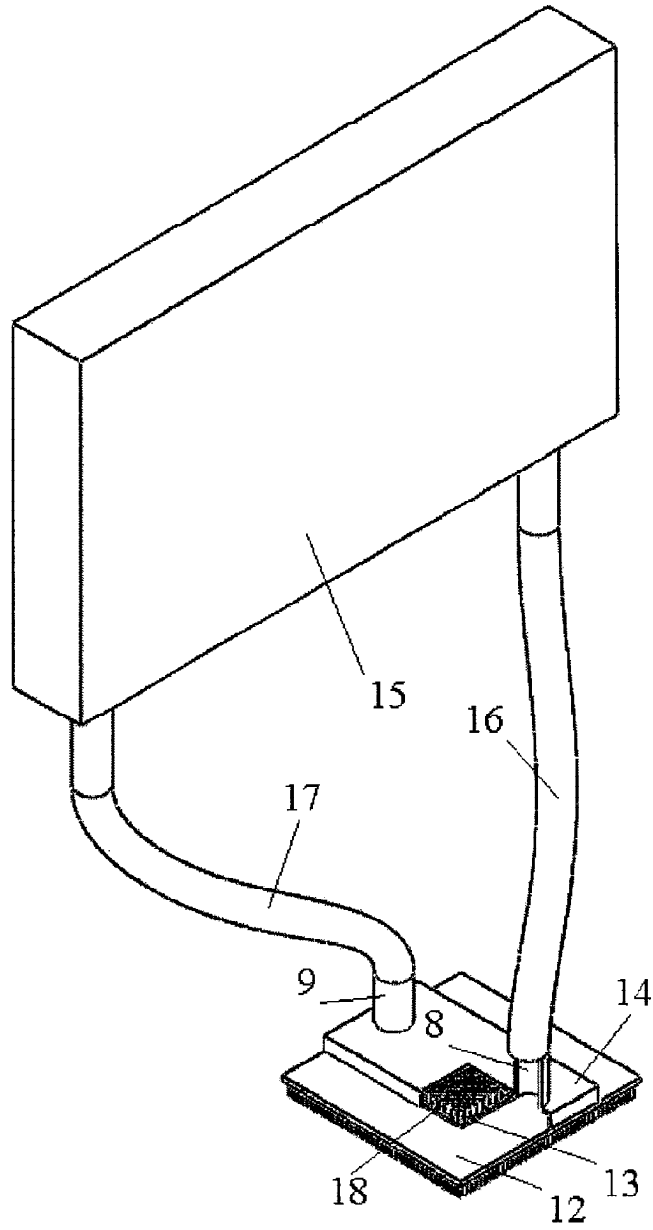




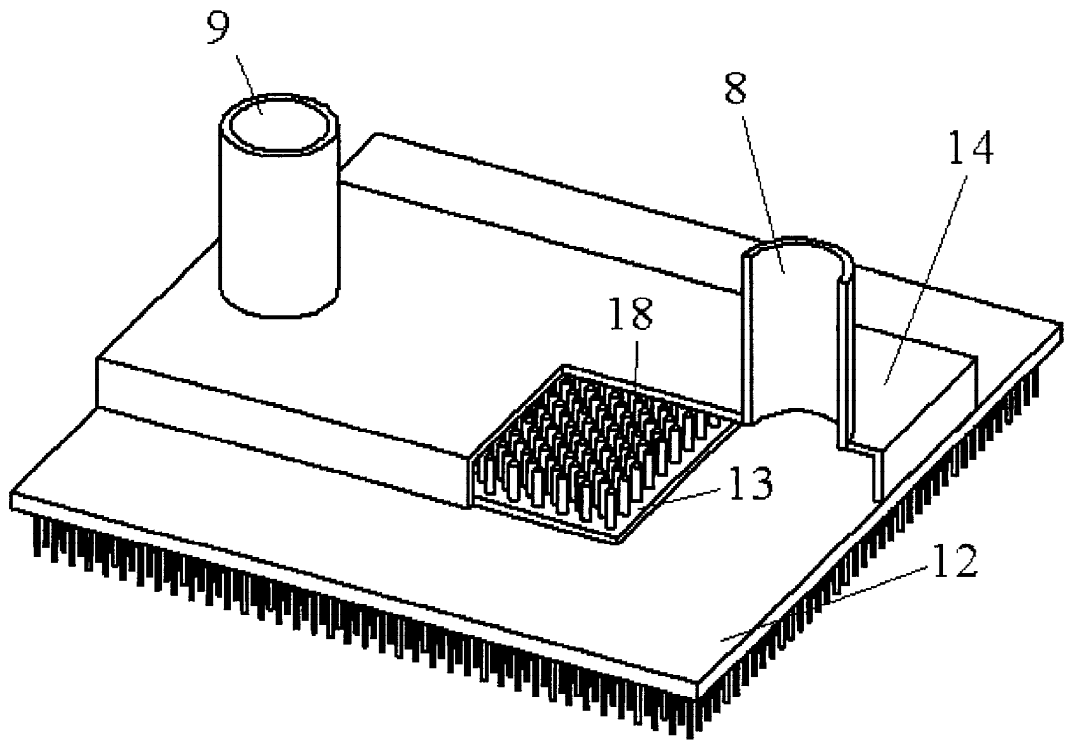
Фиг. 1



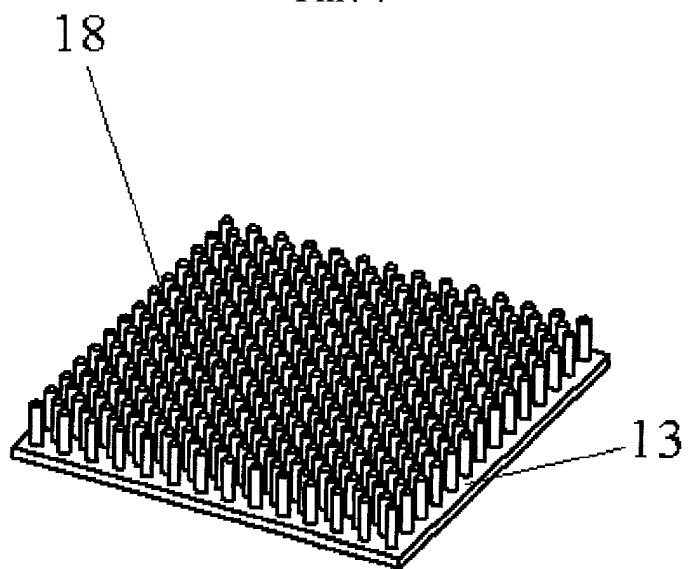
Фиг. 2



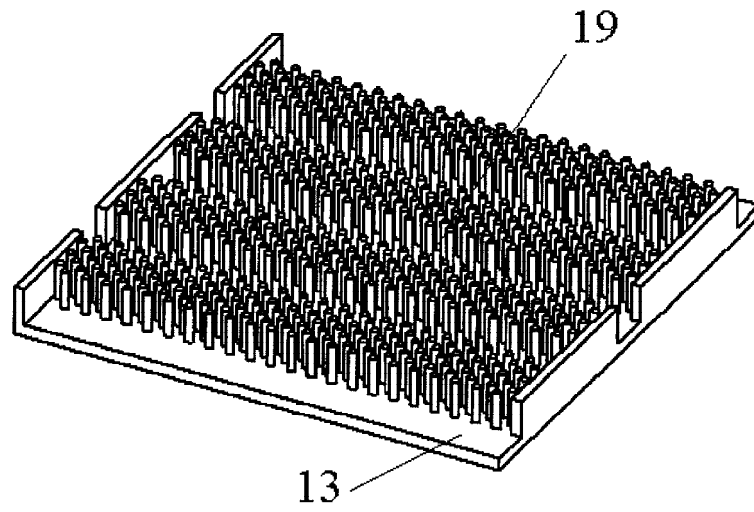
Фиг. 3



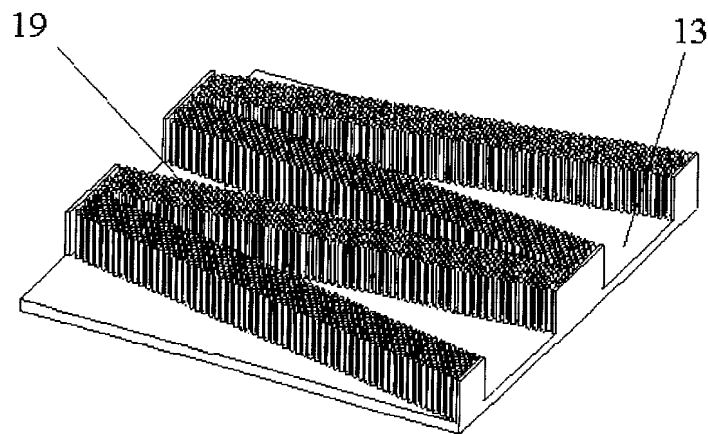
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7