ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **BY** (11) **12883**
(13) **C1**
(46) **2010.02.28**
(51) МПК (2009)
H 01L 23/34
H 05K 7/20
F 28D 15/04

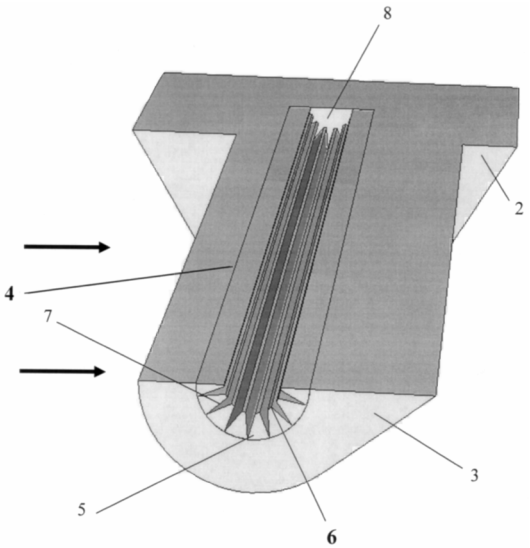
(54) **ШТЫРЕВОЙ РАДИАТОР ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ**

(21) Номер заявки: a 20070719
(22) 2007.06.12
(43) 2009.02.28
(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (BY)
(72) Авторы: Хорунжий Игорь Анатольевич; Доманевский Дмитрий Сергеевич; Бобученко Дмитрий Степанович (BY)
(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (BY)
(56) DE 10318118 A1, 2004.
SU 1314941 A1, 2006.
RU 2037988 C1, 1995.
SU 1229982 A1, 1986.
SU 1409848 A1, 1988.

(57)

1. Штыревой радиатор для охлаждения полупроводникового прибора, содержащий основание с ребрами охлаждения в виде штырьков, **отличающийся** тем, что в штырьки встроены миниатюрные тепловые трубы, причем штырьки имеют обтекаемое каплевидное сечение.

2. Радиатор по п. 1, **отличающийся** тем, что встроенная внутрь каждого штырька миниатюрная тепловая труба выполнена в виде герметически закрытого контейнера, из которого откачан воздух, а на внутренних стенках контейнера размещен капиллярный структурный слой в виде ориентированных вдоль продольной оси штырька узких канавок, заполненный смачивающей стенки контейнера охлаждающей жидкостью для создания максимального капиллярного эффекта.



Фиг. 4

BY 12883 C1 2010.02.28

Изобретение относится к теплообменникам для высокоэффективного отвода от различных, преимущественно полупроводниковых, устройств тепловых потоков посредством усовершенствованных радиаторов.

В известных технических устройствах внутренняя генерация тепла может приводить к серьезным проблемам перегрева и в некоторых случаях даже к выходу устройства из строя. Для решения этой проблемы используются компактные системы охлаждения со штырьковыми радиаторами. В настоящее время в научно-технической литературе отмечается необходимость повышения эффективности систем охлаждения, обусловленная необходимостью отводить от некоторых устройств тепловые потоки, достигающие плотности 100 Вт/см^2 и более.

Известные в настоящее время конструкции тепловых штырьковых радиаторов почти достигли своей максимально возможной эффективности. Эффективность отвода тепла от радиатора зависит от разности температур между твердой поверхностью радиатора и хладагентом, а также от площади контактной поверхности [1].

Известен штыревой радиатор для охлаждения полупроводниковых приборов, содержащий основание и ребра охлаждения в виде штырьков, выполненных в виде параллелепипедов [2].

Недостаток известных конструкций штырьковых радиаторов проявляется в том, что температура вдоль штырька быстро убывает от основания к торцу, особенно при жидкостном охлаждении. Это фактически приводит к тому, что эффективный теплообмен имеет место лишь на относительно небольшой части штырька. Значительное повышение эффективности теплового радиатора может быть достигнуто, если создать механизм эффективного переноса тепла от основания штырька к его торцу. В этом случае может быть достигнут эффективный теплообмен по всей длине штырька и существенно повышена эффективность радиатора в целом.

Известны конструкции устройств, в основе которых заложен эффект тепловой трубы с внешним диаметром 3 мм, что может обеспечить перенос тепла до 12,5 Вт [3].

Ближайшим техническим решением, принятым за прототип, является конструкция теплового радиатора, содержащего основание и ребра охлаждения в виде цилиндрических штырьков, в которые встроены тепловые трубы, согласно расчетам, они рассеивает при тех же условиях тепловую мощность, на ~70 % большую, чем обычный радиатор со сплошными штырьками [4].

Современные полупроводниковые приборы требуют гарантированного отвода тепла при их работе в широком диапазоне токовых нагрузок. Недостаток известной конструкции радиатора проявляется в низкой величине общей рассеиваемой тепловой мощности, которая характеризует радиатор с цилиндрическими штырьками и составляет не более 1500 Вт.

В основу изобретения поставлена задача повышения общей рассеиваемой тепловой мощности радиатора.

Поставленная задача достигается тем, что в штыревом радиаторе для охлаждения полупроводникового прибора, содержащем основание с ребрами охлаждения в виде штырьков, согласно изобретению, в штырьки встроены миниатюрные тепловые трубы, причем штырьки имеют обтекаемое каплевидное сечение.

Конструктивно, чтобы в радиаторе встроенная внутрь каждого штырька миниатюрная тепловая труба была бы выполнена в виде герметически закрытого контейнера, из которого откачан воздух, а на внутренних стенках контейнера был бы размещен капиллярный структурный слой в виде ориентированных вдоль продольной оси штырька узких канавок, заполненный смачивающей стенки контейнера охлаждающей жидкостью для создания максимального капиллярного эффекта.

Технический результат изобретения проявляется в изменении аэродинамики конструктива радиатора для увеличения конвективного эффекта отвода тепла от полупроводникового прибора.

Для лучшего понимания изобретение поясняется чертежом, где

фиг. 1 - внешний вид трехмерной модели теплового радиатора, использованной при проведении расчетов;

фиг. 2 - схема расположения штырьков на нижней стороне радиатора (а);

фиг. 3 - схема расположения штырьков на виде радиатора сбоку (б);

фиг. 4 - продольное сечение штырька теплового радиатора, демонстрирующее структуру капиллярных канавок на внутренних стенках тепловой трубы, встроенной в штырек. На фиг. 4 показана часть верхней пластины радиатора и удалена нижняя оконечность штырька;

фиг. 5 - распределение температуры в цилиндрическом штырьке при плотности потока тепла, подводимого к верхней поверхности радиатора, 83 Вт/см^2 [1];

фиг. 6 - распределение температуры в штырьке каплевидного сечения при плотности потока тепла, подводимого к верхней поверхности радиатора, 115 Вт/см^2.

Штыревой радиатор 1 по фиг. 1-6 для охлаждения полупроводниковых приборов содержит основание 2 и ребра охлаждения в виде штырьков 3. В штырьки 3 встроены миниатюрные тепловые трубы 4. Поперечное сечение штырьков 3 имеет обтекаемую каплевидную форму. Эффективный перенос тепла от оснований штырьков к их торцам осуществлен с помощью встроенных в штырьки миниатюрных тепловых труб. На чертеже стрелками показано направление потока охлаждающей радиатор внешней среды, например воздушной.

В радиаторе 1 внутрь каждого штырька 3 встроена миниатюрная тепловая труба 4, выполненная в виде герметически закрытого контейнера 5, из которого откачан воздух, а на внутренних стенках 6 контейнера 5 размещена капиллярная структура в форме узких канавок 7 треугольного профиля, ориентированных вдоль продольной оси штырька 3, заполненная теплоносителем - охлаждающей жидкостью 8, хорошо смачивающей стенки 6 для создания максимального капиллярного эффекта. Под миниатюрными обычно понимают тепловые трубы, диаметр которых имеет величину капилляра порядка 1 мм.

Эффективность теплового радиатора может быть еще значительно повышена путем изменения формы сечения штырьков с круглого на каплевидное (фиг. 1). В результате такого изменения формы сечения существенно, примерно в 2 раза, снижается лобовое сопротивление радиатора потоку охлаждающей жидкости, что, при прежнем перепаде входного и выходного давлений, увеличивает скорость движения охлаждающей жидкости и эффективность теплообмена. Результаты компьютерного моделирования показывают, что в результате такого изменения конфигурации штырьков рассеиваемая тепловая мощность при прежних значениях температуры на верхней поверхности радиатора, температуры охлаждающей жидкости и разности давлений охлаждающей жидкости на входе и выходе из системы охлаждения увеличивается в 1,4 раза по сравнению с известным радиатором в [4] и достигает 115 Вт/см^2.

Для оценки эффективности штырькового теплового радиатора со встроенными тепловыми трубами была использована следующая компьютерная модель. Тепловой радиатор имеет 71 штырек, прикрепленный к нижней стороне радиатора (фиг. 2). Пластина радиатора имеет размеры 80×50×5 мм^3. Штырьки имеют каплевидное сечение, причем максимальная поперечная ширина штырька равна 4 мм, а продольный размер равен 5,19 мм, полная длина штырька от основания до конца 17 мм. Внутри каждого штырька имеется герметично закрытая полость диаметром 1 мм и длиной 17,5 мм. Из полости откачан воздух и в нее добавлено некоторое количество воды. На внутренних стенах полости имеется капиллярный структурный слой толщиной 0,5 мм, представляющий собой узкие канавки треугольного профиля, ориентированные вдоль оси встроенной в штырек тепловой трубы (фиг. 3). Вследствие капиллярного эффекта жидкость, смачивающая стенки канавок, перемещается из зоны конденсации в зону испарения. При изготовлении теплового радиатора из керамики с высокой теплопроводностью, например из A1N, такие канавки могут

быть легко изготовлены на внутренней поверхности каналов внутри штырьков при формовке радиатора.

При компьютерном моделировании внутренняя поверхность тепловой трубы разделена на две области: верхняя область длиной 2,5 мм является испарителем, а нижняя область длиной 15 мм является областью конденсации рабочей жидкости. При моделировании считалось, что тепловая мощность 8,5 Вт. Это несколько меньшая величина, чем максимальное значение, полученное в [2], вследствие испарения жидкость отводится от поверхности испарителя и распределяется по поверхности нижней части тепловой трубы, являющейся областью конденсации. Окончательная диссипация отводимого тепла осуществляется вследствие его передачи охлаждающей жидкости на внешней поверхности штырька, омываемой охладителем. При моделировании в качестве охлаждающей жидкости рассматривался антифриз с начальной температурой 50 °С.

На фиг. 4, 5 приведены результаты расчетов температурных полей в тепловых радиаторах разных конструкций при возникновении теплового потока, однородно распределенного по верхней стороне пластины радиатора на площади размером 60×30 мм^2. На фиг. 4 приведено распределение температуры в центральном штырьке теплового радиатора, предложенного в [3], при полном тепловом потоке 1500 Вт, плотность потока мощности, подводимого к верхней поверхности радиатора, составляет при этом 83 Вт/см^2 (штырьки цилиндрической формы). На фиг. 5 приведено распределение температуры по продольному сечению штырька каплевидной формы, расположенного в центре радиатора, при подведении к верхней поверхности радиатора суммарного теплового потока 2070 Вт, что соответствует плотности потока мощности 115 Вт/см^2. При проведении расчетов тепловая нагрузка - суммарная тепловая мощность - для радиатора со штырьками каплевидного сечения подобрана таким образом, чтобы температура верхней поверхности радиатора была практически равна температуре верхней стороны радиатора, приведенного на фиг. 4.

Рассчитанные тепловые поля показаны с помощью изменения оттенков серого цвета, на мониторе компьютера шкала представлена цветовой гаммой. Шкала соответствия каждого цвета определенной температуре приведена на фиг. 4, 5 в отдельном прямоугольном окошке, обозначенном NT11, - это программное обозначение температуры в узлах сетки, на фиг. 4 она изменяется в интервале от 54,56 до 89,39 °С, а на фиг. 5 температура изменяется в интервале от 57,00 до 89,46 °С.

Таким образом, в результате предлагаемых изменений тепловое сопротивление радиатора должно снизиться примерно в 1,4 раза. Тепловое сопротивление радиатора TR рассчитано по формуле:

$$TR = \frac{T - T_ж}{P},$$

где T - средняя температура на верхней стороне радиатора, $T_ж$ - начальная температура охлаждающей жидкости, P - рассеиваемая тепловая мощность.

В приведенных вариантах расчета для радиаторов с цилиндрическими и каплевидными штырьками разность температур между верхней поверхностью радиатора и охлаждающей жидкостью практически одинакова и составляет 39,4 °С. Общая рассеиваемая тепловая мощность для известного радиатора с цилиндрическими штырьками составляет 1500 Вт, что соответствует тепловому сопротивлению 0,026 °С/Вт, а в новой конструкции радиатора после изменения конфигурации штырьков общая рассеиваемая тепловая мощность составила 2070 Вт, что соответствует тепловому сопротивлению 0,019 °С/Вт, т.е. тепловое сопротивление снизилось примерно в 1,4 раза.

Промышленное освоение изобретения предполагается на территории Беларуси и стран СНГ.

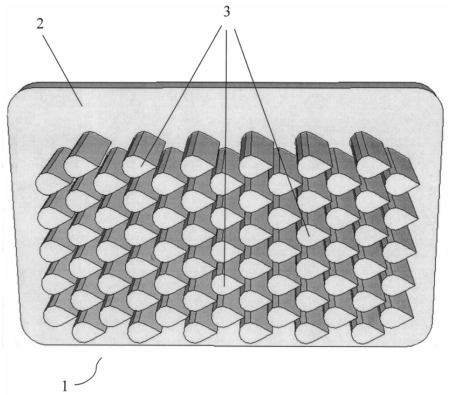
Источники информации:

1. Faghri A. Ytat Pipes Science and Technology. Taylor and Francis, Washington, DC, 1995. - 874 p.

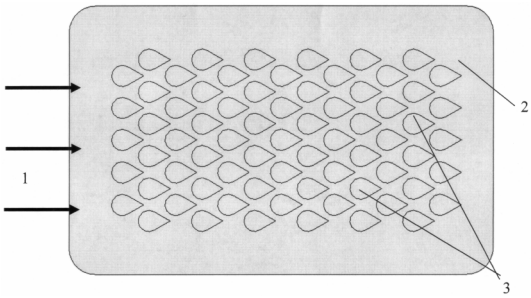
2. RU 2037 988 C1, МПК H 05K 7/20, 1995.

3. Chen Y.-M., Wu S.-C-, Chu C.-I. Thermal performance of sintered miniature heat pipes/ Heat and Mass Transfer. - V.37. - 2001. - P.611-616.

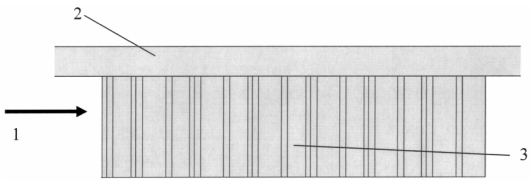
4. Европатент DE 20031018118 20030422, МПК^7 H 01L 23/24, G 02B 7/02, F 28D 15/04, 2004.



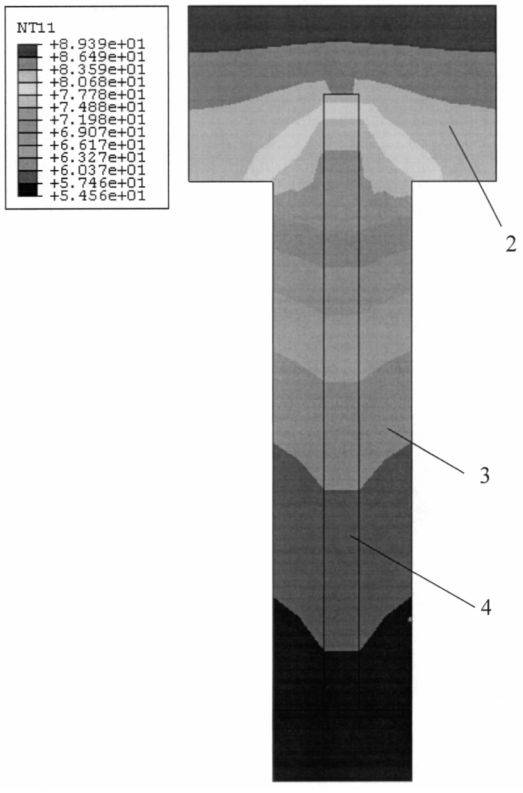
Фиг. 1



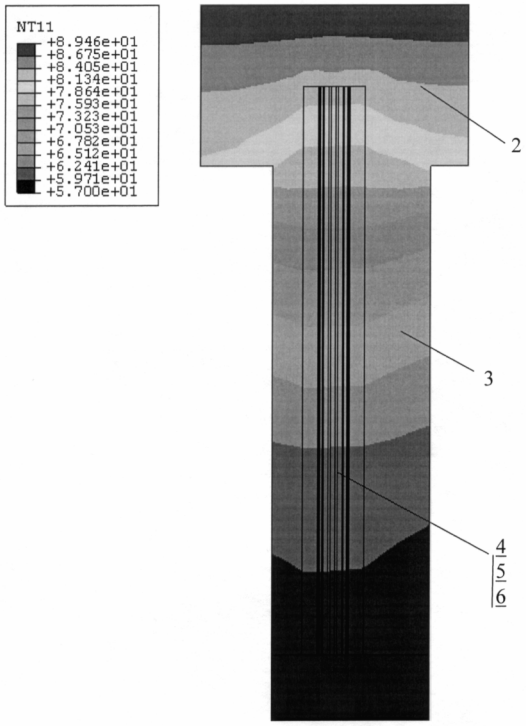
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 5



Фиг. 6

Национальный центр интеллектуальной собственности.
220034, г. Минск, ул. Козлова, 20.