

Использование медных газаров в качестве микротепловых труб

Рассмотрена возможность использования литых пористых материалов со структурой газара в качестве микрокапиллярных тепловых труб. Показаны результаты исследований теплопроводности образцов изготовленных из монолитной меди и медных газаров с переносящей тепло жидкостью – водой и спиртом. Представлены результаты, которые подтверждают большую эффективность переноса тепла тепловыми трубами на базе газаров по сравнению с монолитной медью.

Ключевые слова: микрокапилляр, газар, теплопроводность, тепловая труба, перенос тепла

Введение. Современные требования к системам охлаждения полупроводниковой и компьютерной техники возрастают непрерывно. Требуются теплоотводы и холодильники с минимальными размерами и большой эффективностью, желательно плоские и не требующие строгой ориентации в пространстве. Теплофизические характеристики существующих теплообменников ограничиваются недостаточным уровнем теплопроводности применяемых материалов. Одним из путей увеличения эффективной теплопроводности материала является использование переноса скрытой теплоты испарения, то есть использование принципа работы тепловых труб.

В литературе имеются данные, что при комнатной температуре при применении в качестве теплоносителя аммиака и размерах тепловой трубы диаметром ~ 1 см и длиной ~ 1 м её теплопроводность может превышать теплопроводность медного стержня таких же размеров до ~ 1000 раз [1,2]. То есть при одинаковых перепадах температуры тепловая труба передаёт в ~ 1000 раз больший поток тепла, чем медный стержень.

Если необходимо получить большую удельную поверхность теплообмена в виде ряда тонких, длинных и узких пластин, разделённых узкими зазорами и при этом увеличить теплопроводность, то следует использовать тепловые микротрубки, испаритель или конденсатор которых помещается в тонкую пластину.

Для этих целей, подходит новый материал – газар, имеющий однородную структуру газокристаллических колоний, в которых металлическая матрица, пронизана цилиндрическими порами, размерами которых можно управлять в процессе кристаллизации [3]. Ранее проведенные исследования показали повышенную теплопроводность газаров даже с замкнутыми порами, где теплоносителем выступал содержащийся в порах водород [4].

Целью данной работы было изучение возможности определения пригодности медных газаров для использования в качестве микротепловых труб с повышенными теплопроводящими свойствами для теплоотвода полупроводниковой техники. Такие те-

плоотводы в современных условиях позволили бы заметно уплотнить монтаж изделий, улучшить условия эксплуатации и многие параметры полупроводниковой техники.

Материалы и методики исследований. Медные газары для исследований получали в специальном автоклаве при направленной кристаллизации насыщенного водородом расплава меди. Для данных целей диаметр капилляров можно было изменять от 10 до 1000 мкм.

Определение теплопроводности проводили по схеме, когда капилляры (поры) в газаре ориентировались вертикально (рис. 1). При этом сравнивали теплопроводность газаров, заполненных различными теплоносителями, и образцов из монолитной меди. С одной стороны образца подводилось тепло определенной мощности и фиксировалась температура образца, с другой стороны образца тепло отводилось и также фиксировалась температура образца.

Образец микротепловой трубы из медного газара изготавливали следующим образом. Пластины из медного газара размерами $15 \times 15 \times 5$ мм оплавляли медной фольгой толщиной 0,05 мм и заполняли теплоносителем. В качестве теплоносителя использовали воду и 96 % этиловый спирт. Процент заполнения капилляров (пор) газара теплоносителем составлял 30 %. Образец сравнения изготавливали из отожженной меди с такими же геометрическими

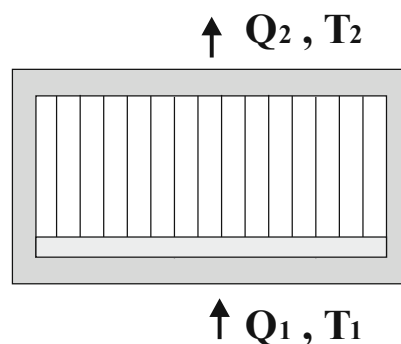


Рис. 1. Схема измерения теплопроводности для образца из медного газара с вертикальным расположением пор

размерами. К образцам подводили тепло мощностью трех фиксированных величин – 1,5; 3; 6 Вт/см². В ходе эксперимента измеряли температуру и скорость нагрева образца со стороны подвода и отвода тепла. Температуру фиксировали ХК термодарами и записывали её потенциометром КСП-4.

Результаты исследований и их обсуждение. Микроструктура медных газаров приведена на рис. 2. Исследования показали, что на теплопроводность микротепловой трубы из газаров влияет не только используемый теплоноситель, но и величина подводимой тепловой мощности (рис.3).

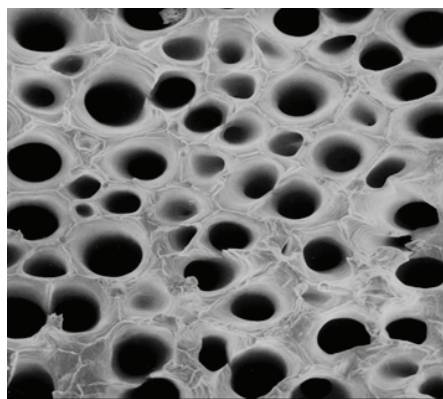
Анализ кривых нагрева и охлаждения образцов из монолитной меди и микротепловых труб из медных газаров с различными носителями показал, что по мере увеличения подводимой тепловой мощности к образцам появляется видимое различие в ходе этих кривых. Это наблюдалось для всех образцов.

Во всём интервале мощностей монолитный образец нагревался быстрее до температур 40, 70, 100 °С, соответственно за 10, 5 и 6 мин. Образец микротепловой трубы из газара с водяным теплоносителем при минимальной подводимой тепловой мощности (1,5 Вт/см²) не достиг заданной температуры, а со спиртовым теплоносителем не нагрелся даже до 30 °С. При более высоких подводимых мощностях (3 и 6 Вт/см²) тепловой поток через пластины газаров возрастает в большей степени, чем через пластину из монолитного металла и требуется больше времени для его выхода на заданную температуру. Это свидетельствует о том, что образцы микротепловых

труб из газаров проводят тепло значительно интенсивнее (имеют большую теплопроводность), чем аналогичные монолитные металлические образцы.

Об этом же свидетельствует величина перепада температур на концах образца ΔT , которая уменьшается при переходе от монолитного образца к образцу микротепловой трубы из газара с водяным и далее к газару со спиртовым теплоносителем (таблица 1).

Видно, что теплопроводность микротепловой трубы из медного газара даже при малой толщине образцов (5 мм) более чем в два раза выше теплопроводности монолитного образца меди. При увеличении толщины образца эта разница может возрастать многократно (до 1000 и более раз).

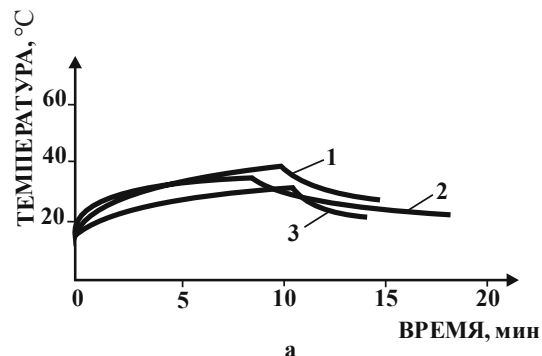


а

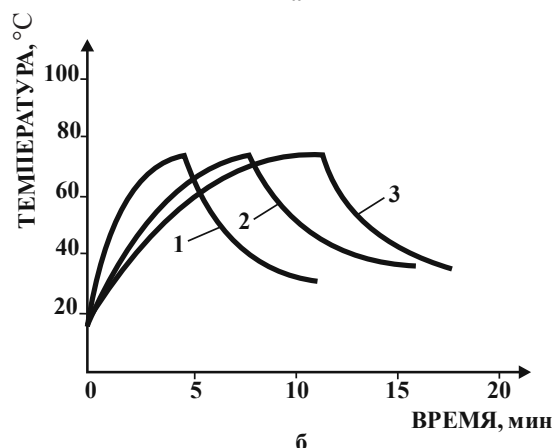


б

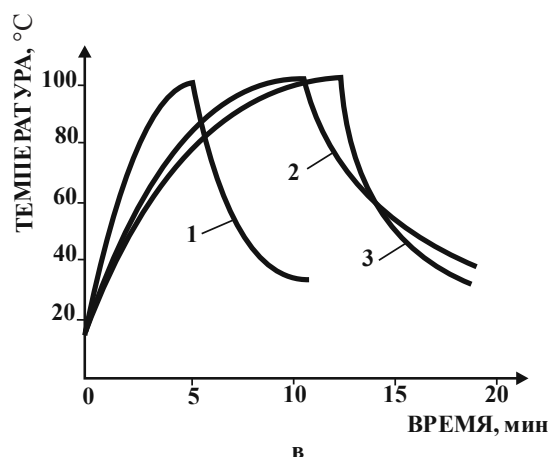
Рис. 2. Микроструктура медных газаров: а – микроструктура, б – продольный макрошлиф газара, х100 (а), х5 (б)



а



б



в

Рис. 3. Кривые нагрева и охлаждения монолитных медных образцов и газаров с вертикальным расположением пор при различных подводимых тепловых мощностях (а-в – соответственно 1,5; 3; 6 Вт/см²) и средах в тепловых трубах: 1 – монолитный образец, 2 – газар с наполнителем вода, 3 – газар с наполнителем спирт

Таблица 1

Изменение величины перепада температур на концах образцов ΔT ($^{\circ}\text{C}$) в зависимости от подводимой тепловой мощности, материала теплопровода и теплоносителя

Материал теплопровода \ теплоноситель	Подводимая тепловая мощность, Вт/см ²		
	1,5	3	6
	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)		
Монолитная медь	6	19	35
Медный газар \ вода	2,5	10,5	19
Медный газар \ спирт	2,5	9,5	16,5

Известно, что тепловые трубы хорошо работают в вертикальном положении, а при изменении угла наклона эффективность их работы снижается. Для преодоления этого недостатка была проверена возможность использования капиллярных тепловых труб.

Анализ кривых нагрева и охлаждения микро-тепловых труб из газаров, характеризующих их теплопроводность проводили при разных направлениях ориентации пор в газаре путем изменения его положения в пространстве (рис. 4). Исследования проводили при двух фиксированных подводимых тепловых мощностях – 1,5 и 3 Вт/см². Ход кривых 1-3 при малой подводимой тепловой мощности (1,5 Вт/см²) еще позволяет судить об увеличении теплопроводности газаров по сравнению с монолитным образцом (кривая 4, рис. 4, а). Видно, что для тепловых труб из газаров направление подвода тепла (верхнее, либо нижнее) не играет существенной роли. Горизонтальное расположение образца даёт значения теплопроводности (кривая 1), близкие её величине для монолитного образца (кривая 4 на рис. 4, а). При больших значениях подводимой тепловой мощности (3 Вт/см²) этот эффект постепенно нивелируется и теплопроводность монолитного медного образца уступает только её величине для образца газара с традиционным вертикальным расположением пор (рис. 4, б).

При подводимой тепловой мощности (6 Вт/см²) кривые нагрева и охлаждения для монолитного образца меди и медного газара наполненного водой с вертикальной ориентацией пор практически совпадают.

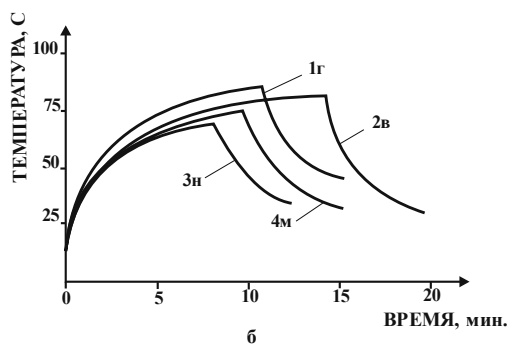
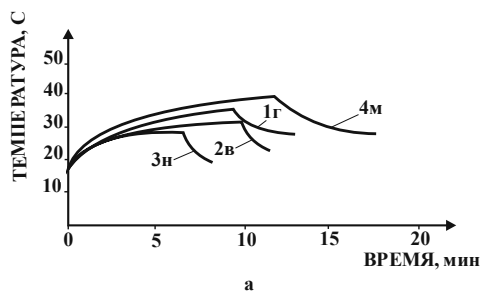
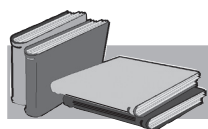


Рис. 4. Кривые нагрева и охлаждения медных образцов (1,5 (а) и 3 (б) Вт/см²) в условиях теплоотвода: 1, 2, 3 – газар со спиртом; 4м – монолитный медный образец; обозначения: н – нагреватель внизу; в – нагреватель вверху; г – горизонтальный нагрев

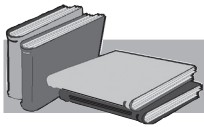
Выводы

Исследованы закономерности влияния величины подводимой тепловой мощности, вида теплоносителя, а также ориентировки пор в микро-тепловых трубах из медных газаров на их теплопроводность. Результаты показали значительные преимущества использования газаров в качестве тепловых труб по сравнению с монолитной медью при температуре до 100 $^{\circ}\text{C}$. Это раскрывает перспективы применения медных газаров в качестве эффективных радиаторов, в том числе при заметных отклонениях осей пор от вертикального положения, что позволит существенно повысить миниатюризацию изделий и улучшить многие свойства полупроводниковой техники.



ЛИТЕРАТУРА

1. Белов С. В. Теплопроводность твердых тел // С. В. Белов. – М.: 1984. – 174 с.
2. Елисеев В. Б. Что такое тепловая труба // В. Б. Елисеев, Д. И. Сергеев. – М. Энергия. – 1971. – 68 с.
3. Шаповалов В. И. Легирование водородом // В. И. Шаповалов. – Днепропетровск: Журфонд. – 2013. – 385 с.
4. Карпов В. В. Влияние пористости на теплопроводность газаров // В. В. Карпов, В. Ю. Карпов. – Теория и практика металлургии. – 2003. – № 4. – С. 67-69.



REFERENCES

1. Belov S. V. (1984). *Теплопроводность твердых тел.*[The thermal conductivity of solids]. – Moscow, pp. 174. [In Russian].
2. Eliseev V. B., Sergeev D. I. (1971). *Что такое тепловая труба.* [What is a heat pipe]. Moscow: Jenergiya, pp. 68. [In Russian].
3. Shapovalov V. I. (2013). *Легирование водородом.* [Alloying with hydrogen]. Dnepropetrovsk: Zhurfond, pp. 385. [In Russian].
4. Karpov V. V., Karpov V. Ju. (2003). *Влияние пористости на теплопроводность газаров.* [Influence of porosity on the thermal conductivity gazarov]. *Теорія і практика металургії*, no 4, pp. 67-69. [In Russian].

Анотація

Карпов В. Ю., Губенко С. І., Карпов В. В.
Використання мідних газарів в якості мікротеплових труб

Розглянуто можливість використання литих пористих матеріалів із структурою газара в якості мікрокапілярних теплових труб. Показано результати досліджень теплопровідності зразків виготовлених з монолітної міді і мідних газаров з тією, що переносить тепло рідиною – водою та спиртом. Представлено результати, які підтверджують велику ефективність перенесення тепла тепловими трубами на базі газарів в порівнянні з монолітною міддю.

Ключові слова

мікрокапіляр, газар, теплопровідність, тепла труба, перенесення тепла

Summary

Karpov V., Karpov V., Gubenko S.
Use of copper gazar as microthermal pipes

Possibility of use of cast porous materials with structure of a gazar as mikro capillary thermal pipes is considered. Results of researches of heat conductivity of the samples made of monolithic copper and copper gazar with the liquid transferring heat – water and alcohol are shown. Results which speak about bigger efficiency of heat transport by thermal pipes on the basis of gazar in comparison with monolithic copper are provided.

Keywords

mikrokapilyar, gazar, heat conductivity, thermal pipe, heat transport

Поступила 10.04.2016