

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

УДК 621.38

Домнич В.И.

Таврический национальный университет имени В.И. Вернадского

ТЕПЛОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАДИАТОРОВ С ГНУТЫМИ ПРИЗМАТИЧЕСКИМИ РЕБРАМИ ПРИ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ КОНВЕКЦИИ

В статье приведены результаты исследования теплоотдачи и аэродинамического сопротивления групповых радиаторов охлаждения полупроводниковых приборов, отличающихся высокой эффективностью, технологичностью и низкой себестоимостью. Исследовано влияние параметров оребрения на интенсивность теплоотдачи в диапазоне скоростей воздушного потока 0,2–5 м/с, приведены формулы по расчету коэффициента теплоотдачи и температур отдельных компонентов. Приведены рекомендации по повышению эффективности теплоотдачи.

Ключевые слова: радиатор, охлаждение, теплоотдача, температура, аэродинамическое сопротивление.

Постановка проблемы. Воздушное охлаждение полупроводниковых приборов (ПП) средней и большой мощности связано с широким использованием радиаторов различного конструктивного исполнения. Наиболее часто для этих целей используют радиаторы игольчатого и пластинчатого типов. Основным элементом их конструкции является плоское основание, на котором с одной (односторонние) или двух (двухсторонние) сторон расположены элементы оребрения в виде конусных иголок (игольчатые) или плоских пластин (пластинчатые). Основными недостатками этих радиаторов является их высокая материалоемкость, низкая технологичность (способ изготовления – литье) и необходимость дополнительной механической обработки посадочных поверхностей под ПП.

Изложение основного материала исследования. Автором предложены и исследованы более простые конструкции радиаторов в виде плоских поверхностей, по периферии которых методом гибки сформированы ребра призматической формы (рис. 1).

Благодаря хорошим массогабаритным характеристикам, высокой технологичности и низкому аэродинамическому сопротивлению для радиоэлектронной (РЭА) и электронно-вычислительной аппаратуры (ЭВА) такие радиаторы достаточно перспективны.

Геометрические параметры исследованных радиаторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Геометрические параметры радиаторов

№	A	B	H					C	
1	92	92	40	4	0	3	4	0,61	0,17
2	92	92	40	8	0	3	4	0,62	0,16
3	82	82	40	5	0	3	3	0,64	0,17
4	96	96	40	6	0	3	8	0,62	0,18
5	96	96	30	6	0	3	8	0,66	0,125
6	96	96	20	6	0	3	8	0,71	0,079
7	96	96	40	5	5	3	5	0,66	0,117
8	96	96	40	5	10	3	5	0,68	0,115
9	94	94	40	5	0	3	5	0,66	0,12
10	94	94	25	5	0	3	5	0,72	0,067
11	200	52	40	3	0	3	5	0,7	0,1
12	200	52	25	3	0	3	5	0,77	0,072

Тепловой расчет таких радиаторов с одним, симметрично расположенным источником тепла, рассмотрен в работе В.И. Домнича [1]. Суть теплового расчета заключается в оценке реальной температуры критической зоны ПП с учетом его геометрических параметров и конкретных условий эксплуатации. В данной работе приводятся результаты исследования теплоотдачи групповых радиаторов, на основании которых расположены несколько источников тепловыделения. Такие конструкции находят все большее применение в устройствах питания и силовых установках различных изделий.

Исследование радиаторов проводилось в аэродинамической трубе; скорость воздуш-

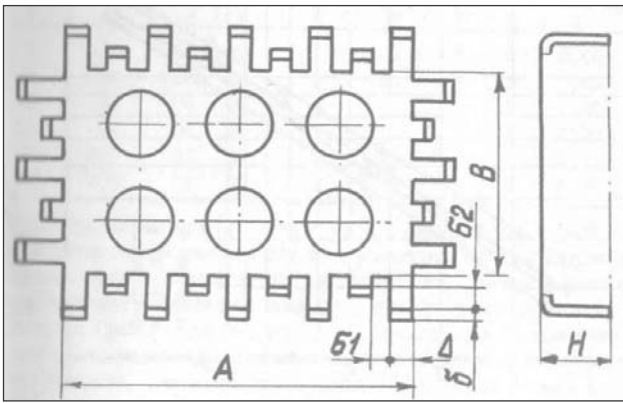


Рис. 1. Конструкция исследованных радиаторов с плоским основанием и периферийным гнутым обрешением

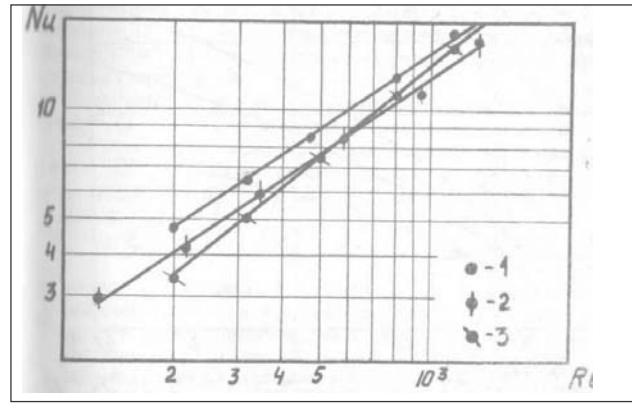


Рис. 2. Влияние геометрических факторов на коэффициент теплоотдачи: 1 – рад. № 4; 2 – рад. № I; 3 – рад. № 6

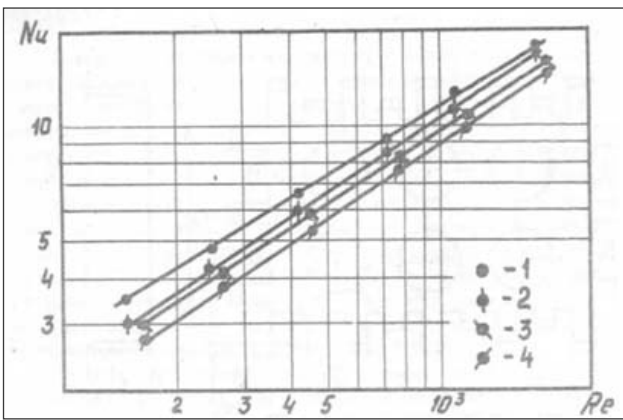


Рис. 3. Влияние ориентации радиаторов на коэффициент теплоотдачи: 1 – рад. № II; 2 – рад. № 12: – поперечная ориентация; 3 – рад. № II; 4 – рад. № 12 – продольная ориентация

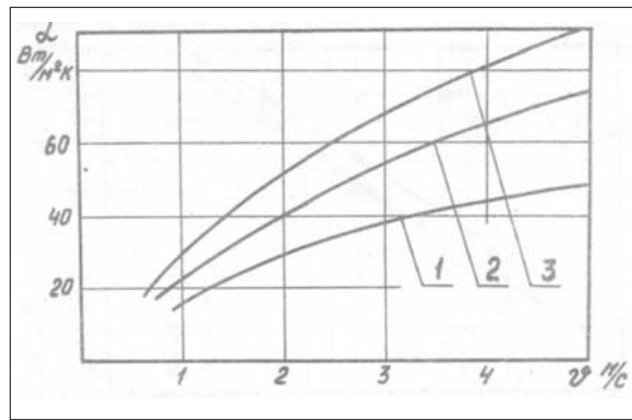


Рис. 4. Эффективность теплоотдачи различных типов радиаторов; 1 – пластинчатый; 2 – игольчато-штыревой; 3-е – периферийным гнутым обрешением

ного потока варьировалась в пределах от 0,2 до 5 м/с путем плавного изменения мощности приводного вентилятора центробежного типа. Измерение температурного поля радиатора осуществлялось медь-константовыми термомпарами, которые обладают линейной вольт-температурной характеристикой в исследованном диапазоне температур.

Оценка аэродинамического сопротивления радиаторов осуществлялась путем измерения потерь статического давления на исследуемом участке до и после радиатора с помощью чувствительных манометров.

Среднеповерхностный коэффициент теплоотдачи определялся из выражения

$$\alpha_k = \frac{P_{\Sigma}}{S(t_{cn} - t_c)} - \alpha_n \quad (1)$$

где P_{Σ} – суммарная мощность тепловыделения всех ПП, установленных на радиаторе; S – охлаждаемые поверхности радиатора и ПП

с креплениями; t_c – температура окружающей среды; t_{cn} – среднеповерхностная температура системы радиатор + ПП + элементы крепления; α_n – коэффициент теплоотдачи излучением, который определялся по методике I.

Результаты измерений обрабатывались на основе общепринятой для вынужденной конвекции системы чисел подобия

$$Nu = CRe^n \quad (2)$$

где в качестве определяющего геометрического размера в критериях Нуссельта и Рейнольдса принимался полупериметр обтекания ребра.

При исследовании радиаторов с прямоугольной формой основания установлена зависимость их теплоотдачи от ориентации в воздушном потоке. При продуве вдоль меньшей стороны радиатора его теплоотдача значительно выше, чем при продуве вдоль большей стороны (рис. 3, линии I и 2), что объясняется ростом теплоотдачи с основания радиатора. При этом среднеповерхностный коэф-

коэффициент теплоотдачи, как и для радиаторов с квадратной формой основания, существенно зависит от высоты ребер (рис. 3, линии 3 и 4).

На рис. 4 приведено сопоставление среднеповерхностных коэффициентов теплоотдачи в зависимости от скорости воздушного потока для одинаковых по габаритам пластинчатого (1), штыревого (2) и с периферийным гнутым оребрением (3) радиаторов. В качестве двух первых выбирались радиаторы с оптимальными соотношениями теплоотдающих элементов. Значения коэффициента теплоотдачи для пластинчатого и штыревого радиаторов рассчитывались по методике [2].

Как видно из рисунка 4, коэффициент теплоотдачи исследованных радиаторов значительно выше, чем у пластинчатых и штыревых.

В пределах исследованной области режимных параметров воздуха $V = (0,2-5 \text{ м/с})$ в канале сечением $300 \times 150 \text{ мм}$ аэродинамическое сопротивление радиаторов с периферийным гнутым оребрением не превышало 40 Па , что предопределяет незначительные затраты энергии на привод вентиляторного оборудования.

Поиск возможностей дальнейшей интенсификации теплоотдачи описываемых радиаторов показал интересный результат: при развороте ребер на сторонах, ориентированных перпендикулярно воздушному потоку, на 90 градусов (при условии превышения ширины ребра над его толщиной, что всегда имеет место для таких радиаторов) интенсивность теплоотдачи радиаторов возрастала. Такой результат объясняется дополнительной турбулизацией воздушного потока винтообразными поверхностями нижних кромок передних (по ходу воздуха) ребер.

Хотя описываемые эксперименты были выполнены с групповым радиатором с односторонним оребрением, есть все основания полагать, что данный эффект даже в большей степени характерен для радиаторов с двухсторонним оребрением, так как в этом случае указанный режим течения воздуха будет обеспечиваться вдоль обеих сторон его основания.

С точки зрения технологичности операция разворота ребер выполняется легко, так как все радиаторы выполнялись из высокотеплопроводящего алюминиевого сплава АМг2.

Список литературы:

1. Домнич В.И., Зиньковский Ю.Ф. Конструирование РЭС. *Тепловые и влажностные режимы*. К.: Техника, 1992. 240 с.
2. Домніч В.І., Зіньковський Ю.Ф. *Тепловологозахист електронних апаратів*. Навчальний посібник, 2001. 238 с.
3. Керн Д., Краус А. *Развитые поверхности теплообмена*. М.: Энергия, 2007. 464 с.
4. Роткоп Л.Л., Спокойный Ю.Е. *Обеспечение тепловых режимов при конструировании РЭС*. М.: Радио, 1976. 232 с.
5. Резников Г.В. Расчет и конструирование систем охлаждения ЭВМ. М.: Радио и связь, 1988. 244 с.

ТЕПЛОВА ЕФЕКТИВНІСТЬ РАДІАТОРІВ ІЗ ГНУТИМИ ПРИЗМАТИЧНИМИ РЕБРАМИ ПІД ЧАС ПРИМУСОВОЇ КОНВЕКЦІЇ

У статті приведені результати дослідження тепловіддачі та аеродинамічного опору групових радіаторів охолодження напівпровідникових приладів, що мають високу ефективність, технологічність та низьку собівартість. Досліджено вплив параметрів ребер на інтенсивність тепловіддачі в діапазоні швидкостей повітряного потоку $0,2-5 \text{ м/с}$. Наведені формули розрахунку тепловіддачі та надані рекомендації щодо її підвищення.

Ключові слова: радіатор, охолодження, тепловіддача, температура, аеродинамічний опір.

THERMAL EFFICIENCY OF RADIATORS WITH CONVENIENT PRIZMATIC RIBBONS AT PREMIUM CONVECTION

The article presents the results of the study of heat transfer and the aerodynamic resistance of group radiators for cooling semi-refinery devices that are distinguished by high efficiency, adaptability and low cost. The influence of the finning parameters on the heat transfer intensity in the range of air flow velocities of $0,2-5 \text{ m/s}$ is investigated, formulas are given for calculating the coefficient of solubility and temperatures of individual components. The recommendations for improving the efficiency of heat transfer are given.

Key words: radiator, cooling, heat transfer, temperature, aerodynamic resistance.