

Исследование влияния конструктивных особенностей теплоотвода на эффективность охлаждения процессора

Н.М. Гайдин, М.В. Поклонская, А.В. Палий

Донской государственный технический университет

Аннотация: В статье проведено исследование зависимости температуры теплонагруженного элемента микроэлектроники от параметров формы теплоотводящего тела. Численное моделирование исследования эффективности теплоотводящей поверхности с точки зрения снижения температуры источника проводилось в САПР Ansys Fluent.

Преимуществом описанной в работе конструкции теплоотвода считается довольно высокая интенсивность отвода тепла из термически активной области и небольшой вес, что обеспечивается простотой системы теплоотвода и повышенной скоростью переноса тепла, что позволяет экономически выгодно рассчитать использование материала-временных затрат на изготовление изделия. Повышенная температура элементов электронной аппаратуры в значительной степени влияет на надежность их работы.

В данной работе ставится задача обеспечения нормального температурного режима корпуса теплонагруженного элемента микроэлектроники с помощью пассивной системы охлаждения специально спроектированной формы.

Ключевые слова: теплоотвод, эффективность теплоотводящей конструкции, тепловое сопротивление, температурный режим, теплоотдача, тепловое сопротивление, рассеивание тепла, теплонагруженный элемент.

Введение

Использование пассивных систем теплоотвода в радио и микроэлектронике обусловлено высокой теплопроводностью материалов, из которых выполнены радиаторы. Преимущественно это медь и алюминий [1,2].

В связи с растущими темпами производства новых кристаллов возникает потребность в изобретении для них различных систем пассивного и активного охлаждения. Высокое значение температуры при работе радиоэлектронной аппаратуры можно считать одной из основных причин отказов в работе, и фактором, ухудшающим ее характеристики, что в свою очередь подталкивает конструкторов к поискам различных методов отвода тепла, обеспечивающим сохранность рабочих

характеристик в заданном интервале значений [3,4].

Описание исследования

Целью настоящего исследования поставлена задача добиться нормального температурного режима корпуса теплонагруженного элемента микроэлектроники с помощью системы рассеивания тепла специально спроектированной формы [5,6]. Ранее нами была представлена оптимизированная осесимметричная веретенообразная форма для заданного скоростного режима аэродинамического потока. В данной работе рассмотрим влияние дальнейшего изменения формы тела радиатора на снижение температуры теплонагруженного элемента [7]. Нам нужно определить расстояние от реза радиатора до кристалла, которое будет эффективно сказываться на теплоотдаче.

Радиаторы бывают как с односторонним, так и с двухсторонним ребрением. Двухстороннее покрытие поверхности ребрами значительно увеличивает площадь обдуваемой поверхности. В нашем же случае радиатор представляет собой тело вращения [8].

Тепловое сопротивление радиатора является причиной существенного различия температурных показателей его участков, разно удалённых от области, в которой находится процессор, вследствие чего, в активной отдаче тепла участвует не вся площадь поверхности радиатора, а лишь часть ее, которая имеет наиболее высокую температуру и поэтому наилучшим образом обдувается воздухом. Эта часть и называется эффективной поверхностью радиатора.

Теплопроводящая способность радиатора зависит от свойств материала, из которого изготовлен теплоотвод и его толщины. Вот поэтому для изготовления теплоотводов используют медь или алюминий [9].

Эффективность теплоотводящей конструкции определяется тепловым

сопротивлением относительно области, в которой расположен кристалл (процессор), или, проще говоря, насколько изменится температура в зоне нахождения кристалла (процессора), когда через него проходит 1 Ватт мощности. Чем ниже тепловое сопротивление, тем эффективнее рассеивание тепла.

Тепловое сопротивление радиатора $R_{p\text{ исх}}$, °К / Вт рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{кр}} = T_{\text{с}} + (Q_{\text{пк}} + Q_{\text{кр}} + Q_{\text{рс}}) P,$$

где P – рассеиваемая мощность, Вт; $T_{\text{с}}$ — температура окружающей среды

Средняя поверхностная температура радиатора T_p , °К вычисляется по формуле:

$$T_p = P \cdot R_{p\text{ исх}} + T_{\text{с}}.$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией для гладкой поверхности теплоотвода, °К, Вт / (м² °С) рассчитывается по формуле:

$$K = A \cdot T_{\text{м}}^{\frac{1}{4}}.$$

Тепловое сопротивление ребренной поверхности, R_{op} , °К / Вт определяется по формуле:

$$R_{op} = \frac{(T_p - T_{c1})}{P_{op}}.$$

Общее расчётное тепловое сопротивление радиатора, $R_{\text{расч}}$, °К / Вт

определяется по формуле:

$$R_{\text{расч}} = \frac{(R_{\text{гл}} \cdot R_{\text{ор}})}{(R_{\text{гл}} + R_{\text{ор}})}$$

При численном моделировании в САПР Ansys Fluent было рассмотрено влияние расстояния от глубины реза L , три варианта которого рассмотрим: $L=1\text{мм}$, $L=5\text{мм}$, $L=10\text{мм}$ при скорости потока воздушной смеси $V=0.03\text{ м/с}$.

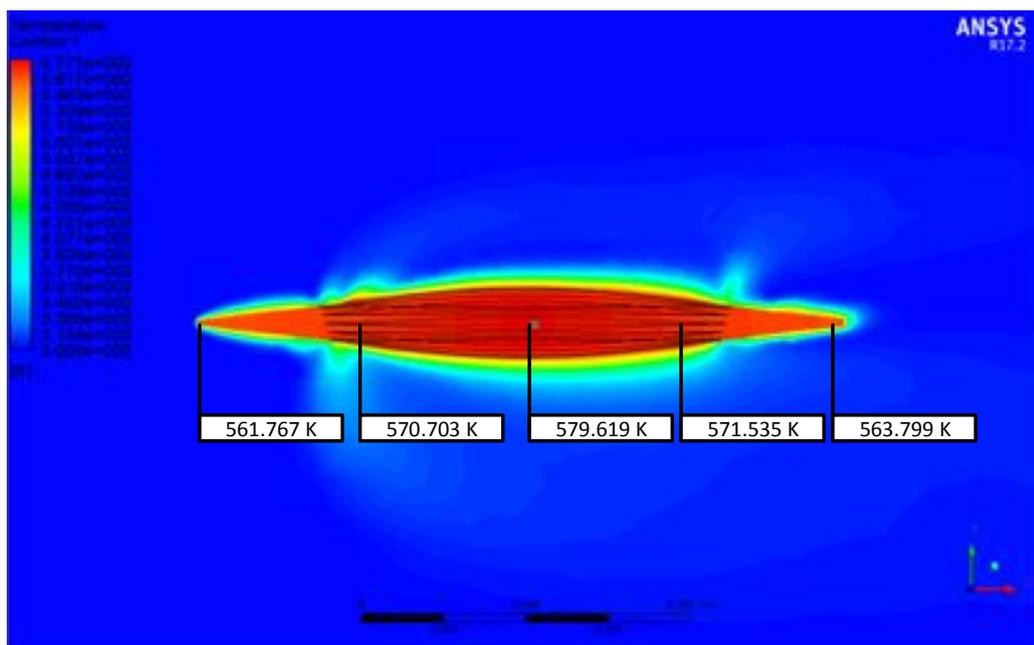


Рис. 1 – Распределение теплового поля при $L=1\text{мм}$, $V=0.03\text{ м/с}$

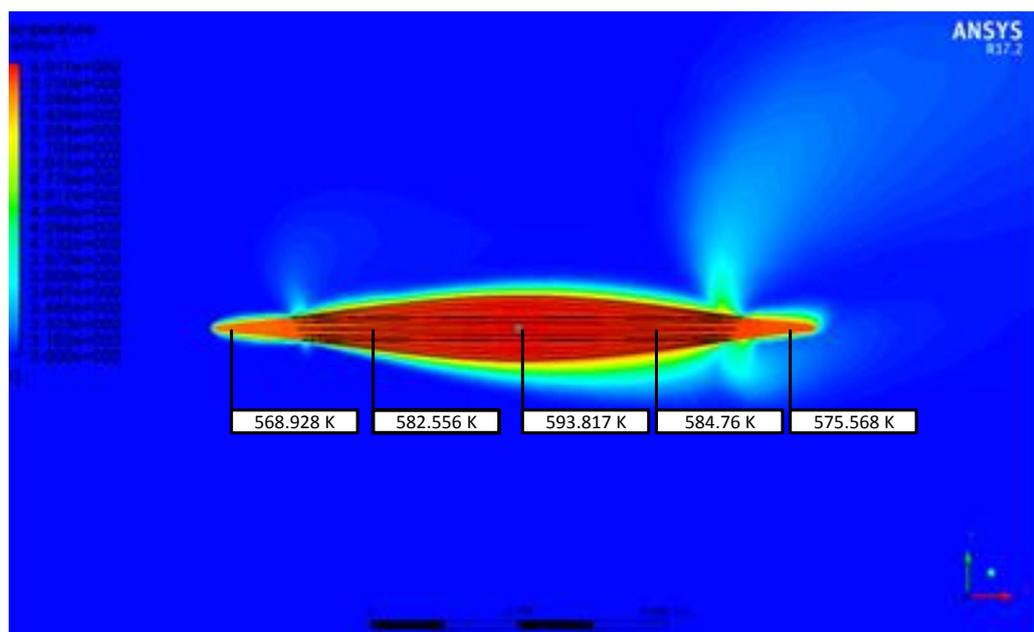


Рис. 2 – Распределение теплового поля при $L=5\text{мм}$, $V=0.03\text{ м/с}$

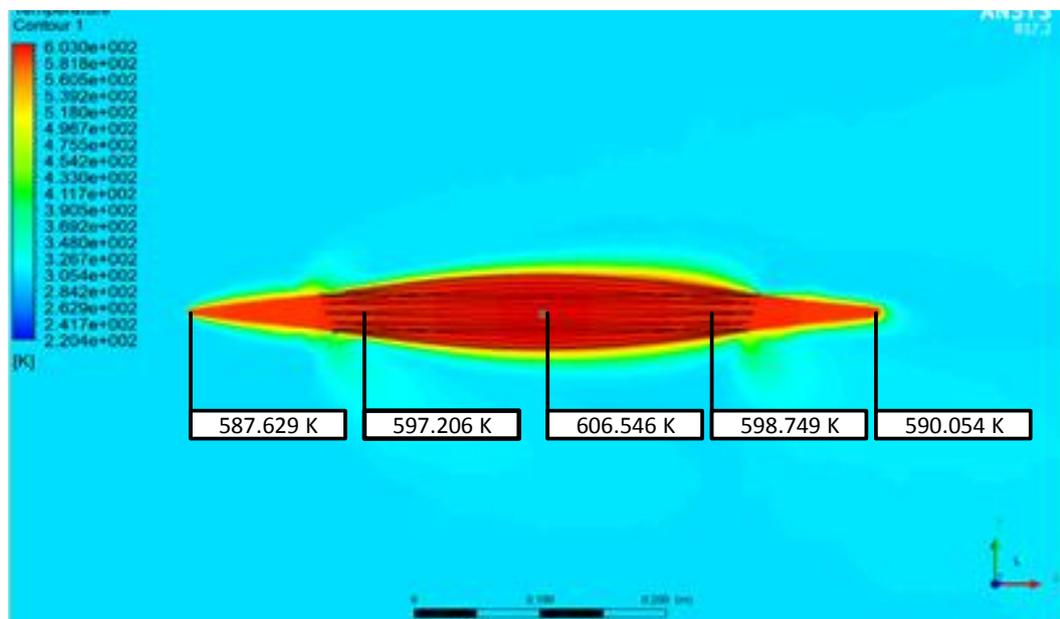


Рис. 3 – Распределение теплового поля при $L=10\text{мм}$, $V=0.03\text{ м/с}$

Из данных распределения температурного поля наглядно видно, как расстояние от глубины реза L влияет на температуру в зоне нахождения чипа (процессора).

Данные моделирования представлены в табл. 1.

Таблица № 1

Данные моделирования

	$L=1\text{мм}$	$L=5\text{мм}$	$L=10\text{мм}$
$T, \text{к}$	579,619	593,817	606,546
$M, \text{кг}$	5.5815579	5.59	5.5928590

При $L=1\text{мм}$ рассеивание тепла осуществляется несколько эффективнее, чем с расстояниями $L=5\text{мм}$ и $L=10\text{мм}$, также масса теплоотвода будет меньше за

счет экономии материала [10]

По представленным данным построим график зависимости.

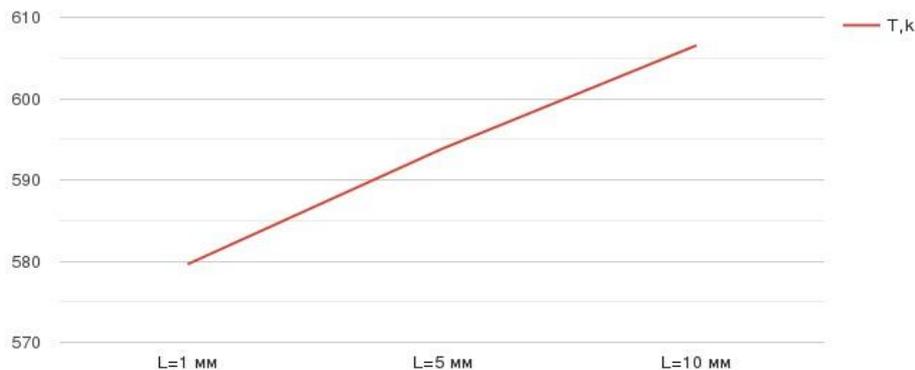


Рис. 4 – График зависимости температуры в зоне кристалла от расстояния L.

Заключение

В этом исследовании мы наблюдали зависимость температур от глубины реза радиатора, внутри которого находится источник тепла. Данный эксперимент подтвердил теоретические данные из проведенных авторами ранее исследований. Было выявлено, что поверхность радиатора прогревается неравномерно, вследствие чего большая часть поверхности неэффективно задействуется в процессе теплообмена. Выполнение на поверхности резы увеличивает общую поверхность теплоотвода, из-за чего снижается тепловое сопротивление.

При одинаковых параметрах объема и массы трех радиаторов, у радиатора, площадь которого меньше и рез глубже, будет и ниже температура охлаждаемого процессора.

Моделирование проводилось при скорости потока воздуха $V=0.03$ м/с, при котором температура в области нахождения процессора менялась в

зависимости от глубины реза радиатора: один, пять, десять миллиметров. Были получены температурные зависимости, соответствующие выбранным режимам.

Литература

1. Меркульев, А. Ю., Горячев Н.В, Юрков Н.К. Системы охлаждения полупроводниковых электрорадиоизделий. // Молодой ученый. — 2013. — № 11 (58). — С. 143-145.
2. Роткоп, Л. Л. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Советское радио, 1976. – 472 с.
3. Воробьев, В. Л. Термодинамические основы диагностики надежности микроэлектронных устройств. - М.: Наука, 1989. - 160 с.
4. Soheli M.S. Murshed Introductory Chapter: Electronics Cooling-An Overview, 2016. URL: [dx.doi.org/10.5772/63321](https://doi.org/10.5772/63321).
5. Колесников К.С. Машиностроение: энциклопедия. Том I-2. Теоретическая механика. Термодинамика. Теплообмен. - М.: Машиностроение, 1993. - 966 с.
6. Мутугулина И.А. Устройство и расчет аппаратов воздушного охлаждения (АВО): учебное пособие. – Бугульма: 2018. – 80 с.
7. R. Colin Johnson. Nano - coating cools chips four times faster // EE Times, 06/14/2010.
8. Чернов Н.Н., Палий А.В., Саенко А.В., Бесполудин В.В. Исследование распределения температурного поля от точечного источника тепла в конвективном потоке численными методами // Инженерный вестник Дона, 2017, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4307, С.46.
9. Палий А.В. Исследование способов улучшения тепловых режимов теплонагруженных микроэлектронных устройств. Кандидатская диссертация. Таганрог, 2007. С. 140.

10. Палий А.В., Саенко А.В., Бесполудин В.В. Влияние формы выступа и его расположения на поверхности радиатора на температуру источника тепла // Инженерный вестник Дона, 2016, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/ archive/n2y2016/3661, С. 87.

References

1. Merkul'yev, A. YU., Goryachev N.V., Yurkov N.K.: Molodoy ucheniy, 2013, p. 143-145.
2. Rotkop, L. L. Obespechenie teplovykh rezhimov pri konstruirovanii radioelektronnoy apparatury [Providing thermal conditions in the design of electronic equipment]. M.: Sovetskoye radio, 1976, p. 472.
3. Vorob'yev, V. L. Termodinamicheskie osnovy diagnostiki nadezhnosti mikroelektronnykh ustrojstv [Thermodynamic foundations for diagnostics of the reliability of microelectronic devices]. M.: Nauka, 1989, p. 160.
4. S.M. Sohel Murshed Introductory Chapter: Electronics Cooling-An Overview, URL: dx.doi.org/10.5772/63321.
5. Kolesnikov K.S. Mashinostroyeniye: entsiklopediya. Tom I-2. Teoreticheskaya mekhanika. Termodinamika. Teploobmen. [Mechanical engineering: an encyclopedia. Volume I-2. Theoretical mechanics. Thermodynamics. Heat exchange]: M.: Mashinostroyeniye, 2003, p. 966.
6. Mutugullina I.A. Ustroystvo i raschet apparatov vozdušnogo okhlazhdeniya (AVO) [Design and calculation of air cooling devices (ABO)]: uchebnoye posobiye: Bugul'ma, 2017, p. 80.
7. R. Colin Johnson. Nano - coating cools chips four times faster. EE Times, 14.06.2010.
8. Chernov N.N., Paliy A.V., Sayenko A.V., Bespoludin V.V.: Inzhenernyy vestnik Dona, 2017, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4307, p. 46.
9. Paliy A.V. Issledovaniye sposobov uluchsheniya teplovykh rezhimov



teplonagruzhennykh mikroelektronnykh ustroystv. Kandidatskaya dissertatsiya. [Investigation of ways to improve the thermal conditions of heat-loaded microelectronic devices.] Taganrog, 2007, p. 140.

10. Palii A.V., Sayenko A.V., Bespoludin V.V: Inzhenernyj vestnik Dona, 2016, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/ archive/n2y2016/3661](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3661), p. 87.