

Функции (16) и (17) также могут быть получены путём раскрытия неопределённости вида (0/0) функции (14) при соответствующих значениях быстроты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гришечкин, Ю. А. Метод комплексного поворота для двухчастичных уравнений в импульсном представлении и резонансные состояния / Ю. А. Гришечкин, М. С. Данильченко, В. Н. Капшай // Проблемы физики, математики и техники. – 2014. – № 3(20). – С. 21–25.

2. Kadyshevsky, V. G. Quasipotential type equation for there lativistics cattering amplitude / V. G. Kadyshevsky // Nucl. Phys. – 1968. – Vol. B6, № 1. – P. 125–148.

3. Lazauskas, R. Application of the complex scaling method in quantum scattering theory: habilitation thesis / R. Lazauskas. – Strasbourg, 2019. – 133 p.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЩНОЙ МАТРИЦЫ СВЕТОДИОДОВ С ПОМОЩЬЮ РАДИАТОРА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

В. И. Гладковский, В. В. Борушко

*Учреждение образования «Брестский государственный
технический университет», г. Брест, Республика Беларусь*

Рабочие параметры светодиодов в большой степени зависят от температуры. При возрастании температуры прямое напряжение р-п перехода светодиода уменьшается, что может приводить к ухудшению работоспособности и разрушению схемы. Перечисленные факторы приводят к необходимости установления жестких ограничений на рабочий диапазон температур светодиодных элементов, создания специальных цепей температурной защиты и совершенствования способов отвода тепла [1]. Объектом данного исследования являлась светодиодная матрица размерами 1,5·0,6 см², расположенная на алюминиевой подложке. Для повышения эффективности охлаждения светодиодная матрица изначально помещалась в стеклянную трубку с прокачиваемой по ней насосом охлаждающей жидкостью, в качестве которой использовался этиловый спирт [2–5]. Цель работы заключалась в оценке возможности охлаждения рассматриваемой матрицы светодиодов с помощью воздушного радиатора и соответствующий расчёт.

Для проведения вычислений задаём следующие исходные данные:

$\Theta_p = 330$ К – средняя температура основания радиатора;

$Z = 31$ – число ребер радиатора;

$B = 0,025$ м – размер радиатора поперёк рёбер;

$H = 0,03$ м – высота ребра радиатора;

$L = 0,085$ м – размер радиатора вдоль ребра;

$\delta = 0,0005$ м – толщина ребра;

$b = 0,000125$ м – расстояние между рёбрами;

$A = 0,01$ м – толщина основания радиатора;

$\Theta_c = 293$ К – температура окружающей среды;

$\lambda_m = 235$ Вт/(м·К) – коэффициент теплопроводности материала радиатора;

$v = 2$ м/с – скорость прокачиваемого воздуха в каналах радиатора;

$\varepsilon_p = 0,7$ – степень черноты радиатора;

$q_0 = 600000$ Вт/м² – тепловой поток;

$S = 1 \cdot 10^{-6}$ м² – площадь одного тепловыделяющего элемента;

$P_M = q_0 SN = 19,8$ Вт – мощность, выделяемая охлаждаемой матрицей, где

$N = 33$ – количество светодиодов;

$C_p = 1005$ Дж/(кг·К) – теплоёмкость воздуха;

$\rho = 1,14$ кг/м³ – плотность воздуха;

$\nu = 0,00001506$ м²/с – коэффициент кинематической вязкости;

$\lambda_B = 0,0259$ Вт/(м·К) – коэффициент теплопроводности воздуха.

Вычисления проводились по следующей схеме:

1. Сначала определялась общая площадь сечения каналов между рёбрами с помощью формулы

$$S_k = (Z - 1) b N = 0,00011 \text{ м}^2.$$

2. Далее находилась температура перегрева основания радиатора относительно окружающей среды:

$$\nu_p = \Theta_p - \Theta_c = 37 \text{ К}.$$

3. Затем вычислялась температура $\Theta = \Theta_c + \frac{P}{2\nu S_k \rho C_p}$, необходимая для рас-

чета критериев Нуссельта (Nu) и Рейнольдса (Re). Здесь ρ и C_p – плотность и теплоёмкость воздуха при температуре равной Θ_{cp} , которая находилась по формуле:

$$\Theta_{cp} = 0,5(\Theta_p - \Theta_c).$$

После вычислений получаем: $\Theta_{cp} = 311,5$ К и $\Theta = 331,404$ К.

4. Значение критерия Рейнольдса, необходимое для расчета коэффициента теплоотдачи ребер радиатора, определялось по формуле: $R_e = \frac{\nu L}{\nu}$, где ν – коэффициент кинематической вязкости воздуха при Θ_c . Значение числа Рейнольдса оказалось равным $R_e = 1128,82$. Значение числа Нуссельта вычисляем по формуле Михеева $Nu = 0,032 Re^{0,8} = 8,85624$.

5. Коэффициент конвективного теплообмена ребер радиатора определялся из формулы:

$$\alpha_k = \frac{Nu \lambda_B}{L},$$

где λ_B – коэффициент теплопроводности воздуха при температуре Θ_c . Это значение получилось равным: $\alpha_k = 26,986$ Вт/(м²·К).

6. Вычислялся вспомогательный коэффициент:

$$m = \sqrt{\frac{\alpha_k 2}{\lambda_m \delta}} = 21,4319.$$

7. Количество тепла, снимаемое с ребер радиатора в процессе конвективного теплообмена, определялось по формуле:

$$P_{pk} = Z\lambda_m m S_p v_p \tanh(mH),$$

где $\tanh(mH)$ – гиперболический тангенс, S_p – площадь поперечного сечения ребра радиатора: $S_p = L\delta = 0,0000425 \text{ м}^2$. После вычислений получаем значение: $P_{pk} = 13,9186 \text{ Вт}$.

8. Средняя температура ребра радиатора равна:

$$\Theta_{cp} = \frac{\Theta_p}{2} \left(1 + \frac{1}{\cosh(mH)} \right) = 300,920 \text{ К}.$$

Здесь $\cosh(mH)$ – гиперболический косинус.

9. Используя формулу $\alpha_l = \varepsilon_p 0,23 \left(0,005(\Theta_{cp} + \Theta_c) \right)^3 \frac{b}{b + 2h}$, определяем коэффициент лучистого теплообмена: $\alpha_l = 0,00877 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

10. Находим площадь излучающей поверхности:

$$S_l = 2L[(Z - 1)(b + \delta) + \delta] + 2HLZ_l = 0,01614 \text{ м}^2.$$

11. Мощность теплового излучения:

$$P_l = \alpha_l S_l (\Theta_{cp} - \Theta_c)^4 = 0,556934 \text{ Вт}.$$

Таким образом, полная мощность, отводимая радиатором: $P = P_k + P_l$, оказывается равной 14,48 Вт, что в сравнении с мощностью 19,8 Вт, выделяемой охлаждаемой матрицей [3], составляет приемлемую величину.

Для получения величины отводимой мощности, удовлетворяющей условиям длительного использования, можно увеличить скорость обдува радиатора. Результаты, полученные при расчётах с различными скоростями обдува, представлены на рисунке 1 как зависимость отводимой мощности от скорости обдува.

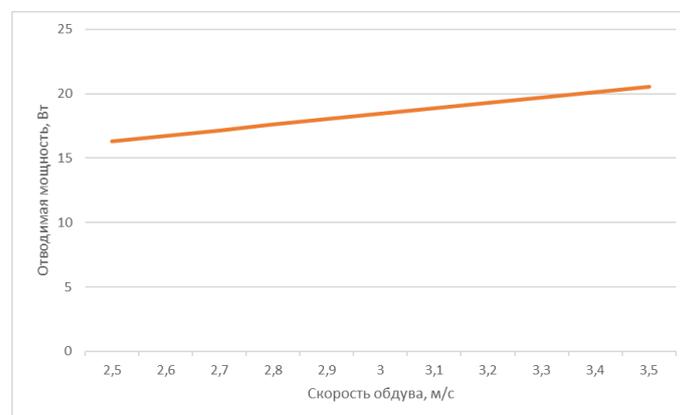


Рисунок 1 – Зависимость отводимой мощности от скорости обдува

Из графика видно, что при скорости обдува радиатора, равной около 3,4 м/с, отводимая мощность становится равной мощности, которую необходимо отводить от подложки матрицы для её работы в нормальном режиме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козынько, П. А. Разработка подсистем электротеплового моделирования БИС и печатных плат в среде промышленной САПР: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.12 / П. А. Козынько. – Москва, 2010. – 109 с.
2. Данильчик, А. В. Матрица светодиодов с принудительным охлаждением / А. В. Данильчик [и др.]. // Полупроводниковые лазеры и системы на их основе : сб. науч. ст. 9-го Белорусско-Российского семинара / НАН Беларуси, Институт физики им. Б. И. Степанова, РАН, Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе; науч. ред. Г. П. Яблонский. – Минск : Ковчег, 2013. – 258 с.
3. Гладковский, В. И. Оптимизация теплового режима светодиодной матрицы / В. И. Гладковский, В. В. Борушко // Вестник Брестского гос. техн. ун-та. – 2019. – № 5. – С. 58–59.
4. Борушко, В. В. Технология моделирования мощной матрицы светодиодов / В. В. Борушко, В. И. Гладковский // XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых) : сборник докладов Международной молодёжной научной конференции, Казань, 7–8 ноября 2019 г. : в 6 т. – Казань, 2019. – Т. 5. – С. 146–150.
5. Гладковский, В. В. Моделирование тепловых условий работы мощных светодиодов / В. В. Борушко, В. И. Гладковский // Инженерные решения. – Электронный научный журнал. – 2019. – № 1(2). – С. 17–20.

РАСЧЕТ ПОЛЮСНЫХ ПЛОТНОСТЕЙ ДИФРАКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ФОЛЬГ СПЛАВА $\text{Bi}_{0,89}\text{Sb}_{0,11}$, ПОЛУЧЕННЫХ СПИННИНГОВАНИЕМ

А. В. Демидчик

Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина», г. Брест, Республика Беларусь

Установленное свойство однородного распределения компонентов в исследуемых фольгах, которое сохраняется при термической обработке, делает их перспективными для использования в микроэлектронике.

Рентгеноструктурный анализ фольг был выполнен на дифрактометре ДРОН-3 в медном излучении. Полусные плотности дифракционных линий, приведенных в таблице, рассчитывались по методу Харриса. Изотермический отжиг проводился при температурах 120 °С, 180 °С и 220 °С в течение 1 часа.

Значения полусных плотностей фольг для зеркальной поверхности (контакт при затвердевании с диском-кристаллизатором) и шероховатой поверхности (контакт с воздухом) приведено в таблице (1 – исходное состояние, 2 – отжиг 120 °С, 3 – отжиг 180 °С, 4 – отжиг 220 °С).