

$$R_S = \left[\frac{\Delta\Phi}{\sqrt[4]{G^2 + (2\pi f C_S)^2} \cdot \sin\left(\frac{\arctg\left(\frac{2\pi f C_S}{G}\right)}{2}\right) (r_1 - r_2)} \right]^2 \quad (14)$$

Алгоритм бесконтактного измерения удельного электрического сопротивления ионно-легированных и диффузионных слоев включает следующие действия:

- локальное воздействие на поверхность полупроводника модулированным оптическим излучением под центром электрода S1 (см. рисунок);
- регистрация амплитуд модулированной поверхностной фото-ЭДС $V_{JFV}(r_2)$, $V_{JFV}(r_3)$ и $V_{JFV}(r_4)$ и фазовых сдвигов $\Delta\Phi_{23}$ и $\Delta\Phi_{34}$;
- вычисление емкости подложки C_S в соответствии с выражением (13) на основе априорных данных;

УДК 681.2-71

РАСЧЕТ ПАССИВНОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ МИКРОТРИБОМЕТРА МТУ-2К7

Гуцев Д.М., Григорьев А.Я.

Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси»
Гомель, Республика Беларусь

Модуль возвратно-поступательного движения микротрибометра МТУ-2К7 осуществляет функцию перемещения образца в процессе измерения. Для перемещения исследуемого образца был применен бесконтактный привод, обладающий рядом преимуществ.

Одной из проблем при работе микротрибометра является нагрев катушек до температуры около 70 °С, что может привести к перегреву и выходу прибора из строя. Поэтому целью работы является расчёт параметров работы катушки и оптимальных габаритных размеров для надежной работы катушки не допускающей ее перегрев.

Так, если внешний диаметр провода $D_{pr} = 0,5$ мм, $D_{pm} = 0,55$ мм, то площадь сечения провода:

$$S_{pr} = \pi \left(\frac{D_{pr}}{4} \right)^2, \quad (1)$$

$$S_{pr} = 3,14 \times \left(\frac{0,5}{4} \right)^2 = 0,19635 \text{ мм}^2.$$

Выбираем для расчета катушки размеры: длина катушки $l_k = 65$ мм; высота катушки $h_k = 14$ мм; наружный диаметр катушки $D_n = 45$ мм; внутренний диаметр катушки $D_e = 20$ мм.

Так как средняя длина витка:

$$l_{cp} = \frac{\pi(D_n + D_e)}{2}, \quad (2)$$

– вычисление проводимости перехода G в соответствии с выражением (12) на основании регистрации амплитуд и фазовых сдвигов модулированной поверхностной фото-ЭДС;

– вычисление удельного поверхностного сопротивления R_S в соответствии с выражением (14) на основе среднего вычисленного значения G .

Как можно видеть, предложенная методика измерений на основе использования зондовых электротрибометрических методов позволяет, помимо удельного поверхностного сопротивления, регистрировать дополнительные параметры характеризации ионно-легированных и диффузионных слоев, а именно: электрическую емкость подложки и проводимость перехода, в том же числе измерения. Данный алгоритм реализован в программном обеспечении измерительной установки бесконтактного контроля однородности распределения параметров ионно-легированных и диффузионных слоев на полупроводниковых пластинах диаметром до 200 мм и выполняется автоматически.

Выбираем коэффициент заполнения катушки $f_k = 0,85$.

Тогда значение удельного сопротивления выбираем по таблице 1 при 20°С, 40°С [1].

Таблица 1 – Значение удельного сопротивления

Рабочая температура, °С	Сопротивление (удельное), Ом.мм ² /м
20	$\rho_{20}=0,01754$
40	$\rho_{40}=0,01991$

Число витков катушки будет:

$$\omega = f_k \frac{h_k l_k}{D_{pm}^2}, \quad (3)$$

$$\omega = 0,85 \frac{14 \cdot 65}{0,55^2} = 2557.$$

Находим сопротивление провода:

$$r = \rho_{40} \frac{\pi \cdot (D_n + D_e)}{2} \cdot \omega, \quad (4)$$

$$r = 0,01991 \frac{3,14 \cdot (0,045 + 0,020)}{2} \cdot 2557 = 26,47339 \text{ Ом}.$$

Из таблицы 2 [1] выбираем коэффициент теплоотдачи $\mu = f(\theta)$ при 40°С, 60°С, 80°С.

Таблица 2 – Значение коэффициента теплоотдачи $\mu=f(\theta)$

0°	Шкала А, Вт/см ² °C	Шкала В, Вт/см ² °C
40	$11,00 \cdot 10^{-4}$	$9,84 \cdot 10^{-4}$
60	$11,80 \cdot 10^{-4}$	$10,54 \cdot 10^{-4}$
80	$12,68 \cdot 10^{-4}$	$11,35 \cdot 10^{-4}$

Намагничивающая сила катушки магнитной системы:

$$F = I\omega, \quad (5)$$

Примем $I=1A$, тогда

$$F = 1 \cdot 2557 = 2557.$$

Нагрев катушки определяется потерей мощности при протекании тока I :

$$P = F^2 r, \quad (6)$$

$$P = 2557^2 \cdot 26,47339 \text{ Вт}.$$

Выбираем минимальный коэффициент теплоотдачи μ_{40} и находим превышение температуры обмотки:

$$\theta = \frac{P_{40}}{20 \mu_{40} f_k h_k l_k^2} (I\omega)^2, \quad (7)$$

$$\theta = \frac{0,01991}{20 \cdot 9,84 \cdot 10^{-4} \cdot 0,85 \cdot 14 \cdot 65^2} (1 \cdot 2557)^2 = 13,15656.$$

Принимаем значение превышение температуры обмотки равным $\theta=20$.

Продолжительный режим работы, когда катушка включена на длительный промежуток времени:

$$P = \mu_{40} S \theta, \quad (8)$$

где S – поверхность охлаждения катушки.

Отсюда следует, что

$$S = \frac{P}{\theta \cdot \mu_{40}}, \quad (9)$$

$$S = \frac{26,47339}{13,15656 \cdot 9,84 \cdot 10^{-4}} = 134519,25351 \text{ мм}^2.$$

Второй способ расчета поверхности охлаждения для круглых катушек представляет собой разность между средней температурой намотки и температурой окружающей среды:

$$S = \pi (D_n + D_g) l_k, \quad (10)$$

$$S = 3,14 \cdot (45 + 20) \cdot 65 = 13273,22896 \text{ мм}^2.$$

Выбираем наименьшую поверхность охлаждения для круглых катушек $S=13273,2289 \text{ мм}^2$. При продолжительном режиме работы, когда катушка включена на длительный промежуток времени по формуле (8):

$$P = 9,84 \cdot 10^{-4} \cdot 13273,22896 \cdot 20 = 2,61217 \text{ Вт}.$$

Требуется рассчитать пассивную систему охлаждения для данных катушек. В качестве системы охлаждения применим ребристый радиатор рис. 1; мощность которую требуется рассеять принимаем $P = 3 \text{ Вт}$.

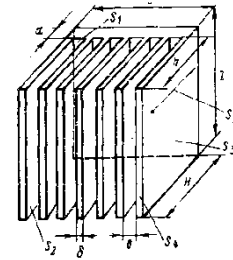


Рисунок 1 – Определяющие размеры ребристого радиатора

Условия работы: температура окружающей среды 25°C ; свободная конвекция; материал радиатора – дюралюминий Д16; степень черноты покрытия радиатора $\varepsilon=0,4$; изоляционная прокладка между корпусом катушки и радиатором – слюда толщиной $0,1 \text{ мм}$

Тепловые данные катушки:

– температура перехода полупроводникового прибора $t_n = 70^\circ\text{C}$;

– тепловое сопротивление переход – корпус $R_{n,k} = 1^\circ\text{C/Вт}$.

Определяем температуру корпуса катушки:

$$t_k = t_n - PR_{n,k}, \quad (11)$$

$$t_k = 70 - 3 \cdot 1 = 67^\circ\text{C}.$$

Находим разность температур между корпусом катушки и радиатором для данного типа изоляционной прокладки:

$$\theta_{k,p} = PR_{k,p}, \quad (12)$$

Величина $R_{k,p}$ для слюды толщиной $0,1 \text{ мм}$ равна $1,7^\circ\text{C/Вт}$.

По номограмме [2. Ю.Ф. Скрипников] по известным значениям t_k , $\theta_{k,p}$, t_c определяем среднюю температуру поверхности t_s , разность температур между радиатором и окружающей средой θ_p , c и среднюю температуру t_m :

$$t_s \approx 63^\circ\text{C}; \quad \theta_p, c \approx 36^\circ\text{C}; \quad t_m \approx 45^\circ\text{C}.$$

Приняв протяженность радиатора $l=68 \text{ мм}$, найдем по номограмме на рисунке [2] коэффициент теплоотдачи $\alpha_k = 7,2 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$.

По номограмме [2, рис.13] определяем значение коэффициента $\alpha_n = 3,3 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$.

Находим общий коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_n, \quad (13)$$

$$\alpha = 7,2 + 3,3 = 10,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}.$$

Из номограммы [2, рис.14] определяем поверхность теплообмена: $S_p = 0,18 \text{ м}^2 = 18 \cdot 10^4 \text{ мм}^2$.

Принимаем $h = 50,5$ мм; $b/h = 0,08$ и находим $b = 4$ мм.

Выбираем $d = 7,5$ мм; $\delta = 3$ мм и рассчитываем площади S_A и S_B :

$$S_A = 2[(l + \delta) \cdot (h + d) + l(b + d) + bd] - dl, \quad (14)$$

$$S_A = 2[(68 + 3) \cdot (50,5 + 7,5) + 68(4 + 7,5) + 4 \cdot 7,5] - 7,5 \cdot 86 = 9215 \text{ мм}^2.$$

$$S_B = 2[(l + \delta) \cdot (h + d) + lb] - dl, \quad (15)$$

$$S_B = 2[(68 + 3) \cdot (50,5 + 7,5) + 68 \cdot 3] - 7,5 \cdot 86 = 8134 \text{ мм}^2.$$

Определяем число ребер:

$$n = \frac{S_P + S_B}{S_A} + 1, \quad (16)$$

$$n = \frac{18 \cdot 10^4 - 8134}{9215} + 1 \approx 20.$$

Вычисляем ширину радиатора:

$$L = (n - 1)(b + \delta) + \delta, \quad (17)$$

$$L = (20 - 1)(4 + 3) + 3 = 136 \text{ мм}.$$

В результате расчета мы видим, что для обеспечения нормального теплового режима катушки при рассеиваемой мощности 3 Вт и температуре окружающей среды 25°C необходим радиатор со следующими геометрическими размерами:

$L = 136$ мм; $l = 68$ мм; $h = 50,5$ мм; $b = 4$ мм; $d = 7,5$ мм; $\delta = 3$ мм; $n = 20$, который приведен на рис. 2.

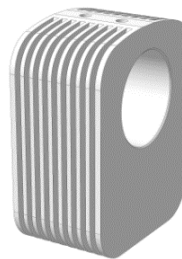


Рисунок 2 – Внешний вид радиатора

Литература

1. Ступень, Ф.А. Электромеханические реле. Основы теории, проектирования и расчета / Ф.А. Ступень // Издательство харьковского университета, Харьков 1956 г. – 355 с.
2. Скрипников, Ю.Ф. Радиаторы для полупроводниковых приборов / Ю.Ф. Скрипников // «Энергия» Москва, 1973 г. – 50 с.

УДК 614.842

АНАЛИЗ ТЕПЛООВОГО МЕХАНИЗМА ТУШЕНИЯ ПОЖАРА ПОДКЛАССА А1 МОДУЛЕМ ПОРОШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ С УЧЕТОМ ИНЕРЦИОННОСТИ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛА ЧАСТИЦАМ ПОРОШКА

Кицак А.И.

*Научно-исследовательский институт пожарной безопасности
и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь
Минск, Республика Беларусь*

Введение. Характерной особенностью тушения порошками пожаров твердых горючих материалов (ТГМ) модулями порошкового пожаротушения является проявление инерционности передачи тепла частицам порошка вследствие конечной скорости переноса тепла в поглощающем материале. Учет инерционности особенно важен при кратковременном воздействии порошка на очаг пожара. При попадании частиц огнетушащего порошка в очаг пожара часть из них оседает в обугленных зазорах горючего материала, образуя расплав, а часть отражается от ТГМ и выносятся из зоны пожара. Отраженные частицы не успевают аккумулировать за время взаимодействия с горючим материалом максимальное количество теплоты вследствие инерционности передачи тепла. Чем больше скорость частиц огнетушащего порошка, т. е. чем больше интенсивность подачи порошка в зону горения, тем быстрее частицы порошка покидают зону горения, и не участвуют в эффективном охлаждении

горючего материала. Данная особенность приводит к необходимости увеличения расхода порошка для тушения пожара ТГМ при больших интенсивностях воздействия на очаг пожара и удлинению процесса тушения пожара.

Целью работы является рассмотрение модели теплового механизма тушения пожара огнетушащим порошком общего назначения с учетом инерционности передачи тепла частицам порошка при нестационарном теплообмене для выявления оптимальных условий тушения порошками пожаров подкласса А1.

Считая, что основные параметры тушения пожаров подкласса А1 огнетушащим порошком определяются эффективностью протекания теплового механизма тушения, получены математические соотношения, описывающие основные зависимости процесса тушения пожара подкласса А1 огнетушащим порошком общего назначения при кратковременном воздействии его на очаг пожара. Анализ данных соотношений показал, что