

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКОВ НАГРЕВА ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

Магистрант Барсуков А.А.

Доктор техн. наук, профессор Ланин В.Л.

Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

Применение многвыводных корпусов с большим количеством выводов для поверхностного монтажа, таких как QFP и др., увеличивает плотность электрических соединений на единице площади  $l$  до 1,5–1,8 соед./мм<sup>2</sup>. Это вызывает необходимость оптимизации параметров источников нагрева, таких как локальность и энергоэффективность. При этом необходимо исключить перегрев компонентов и платы, а также высокое качество соединения при использовании бессвинцовых припоев. Для этого наиболее эффективны бесконтактные методы нагрева: конвекционный, инфракрасный (ИК) и высокочастотный (ВЧ).

Основными критериями, характеризующими эффективность нагрева, являются локальность:  $K_s = S_n / S_H$  и энергоэффективность:  $K_w = W_n / W_u$ , где  $S_H$ ,  $S_n$  – площади нагретой зоны и паяного соединения;  $W_n$ ,  $W_u$  – мощности, вводимая в зону нагрева и потребляемая от источника.

Мощность в зоне конвекционного нагрева:

$$P_H = 1,7 \cdot K_r \cdot \frac{\lambda S_H \Delta T}{l}, \quad (1)$$

где  $K_r$  – конструктивный коэффициент;  $\lambda$  – теплопроводность воздуха;  $\Delta T$  – разность температур источника нагрева и окружающей среды;  $l$  – расстояние от источника до поверхности.

Мощность в зоне ИК нагрева:

$$P_H = 2 \cdot \frac{P_{и} \cdot S_H}{\sqrt{x^2 + h^2}}, \quad (2)$$

где  $P_{и}$  – мощность источника;  $h$  – расстояние от ИК источника до поверхности,  $x$  – длина зоны нагрева.

Мощность ВЧ нагрева:

$$P_H = \frac{U_{эф}^2 \cdot \cos \varphi \cdot \eta \cdot d_u}{0,15 \cdot N \cdot D_u \sqrt{f}}, \quad (3)$$

где  $U_{эф}$  – эффективное напряжение на индукторе;  $\cos \varphi$  – коэффициент мощности;  $\eta$  – КПД нагрева;  $d_u$  – диаметр трубки индуктора;  $N$  – число витков индуктора;  $D_u$  – диаметра витка;  $f$  – частота.

Исходные данные для моделирования параметров нагрева: конвекционного:  $\Delta T=493$  К;  $l=0,006-0,01$  м;  $r=0,0015-0,003$  м;  $K_r=0,26$ ;

$S_{лок.H}=1\cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ;  $S_{зр.H}=5\cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ; ИК:  $P_{лок.H}=300\text{--}500 \text{ Вт}$ ;  $P_{зр.H}=150\text{--}250 \text{ Вт}$ ;  
 $h_{лок.}=0,05 \text{ м}$ ;  $h_{Гз.}=0,1 \text{ м}$ ;  $x_{лок.}=0,02\text{--}0,04 \text{ м}$ ;  $x_{зр.}=0,06\text{--}0,08 \text{ м}$ ;  $S_{лок.H.}=3,2\cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ;  
 $S_{зр.H.}=0,0036 \text{ м}^2$ ; ВЧ:  $U_{эф.}=800\text{--}1000 \text{ В}$ ;  $\cos\varphi=0,6\text{--}0,7$ ;  $\eta=0,4\text{--}0,6$ ;  
 $d_{шл.}=0,0008 \text{ м}$ ;  $d_{шр.}=0,007 \text{ м}$ ;  $N_{лок.}=30$ ;  $N_{зр.}=2$ ;  $D_{шл.}=0,005$ ;  $D_{шр.}=0,014$ .  
 Результаты моделирования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты моделирования параметров источников нагрева

Способ нагрева	Локальный нагрев		Групповой нагрев	
	Локальность	Энергоэффективность	Локальность	Энергоэффективность
Конвекционный нагрев	0,01...0,015	0,15...0,36	0,048...0,1	0,26...0,63
Инфракрасный нагрев	0,01...0,025	0,021...0,043	0,024...0,043	0,11...0,23
Высокочастотный нагрев	0,029...0,06	0,09...0,2	0,024...0,05	0,32...0,72

Данные полученные в результате моделирования показывают преимущества группового нагрева по сравнению с локальным, как с точки зрения энергоэффективности, так и в большинстве случаев с точки зрения локальности. Это связано с достаточно большой по сравнению с размерами контактной площадки нагретой зоной, получаемой при помощи локального метода.

К преимуществу группового метода можно также отнести высокую производительность выполнения операций монтажа (демонтажа) многвыводных компонентов, так как нагреву одновременно подвергаются сразу все выводы, а не их часть. Это следует из того, что время оплавления паяльной пасты для всех выводов и их части равны, так как задается температурным профилем той или иной паяльной пасты.

Таким образом, при разработке технологических процессов, связанных с пайкой электронных модулей с высокой плотностью соединений, выбор необходимо делать в пользу группового метода нагрева. Наибольшей эффективностью отличается ВЧ нагрев при условии рационального конструирования индуктора и оптимизации параметров нагрева.