

УДК 621.365.5

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИХРЕВЫХ ТОКОВ ПРИ ГЕРМЕТИЗАЦИИ СВЧ МИКРОБЛОКОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ПАЙКОЙ

Ю. Н. ГРИЩЕНКО, В. Л. ЛАНИН, В.Р. ГОРБАЧ

Белорусский государственный университет информатики и  
радиоэлектроники  
Минск, Беларусь

Перспективным направлением в технологии производства изделий электроники является применение высокочастотной пайки для герметизации металлостеклянных и металлокерамических корпусов БИС и СВЧ микроблоков. Воздействие энергии электромагнитных колебаний высокой частоты (ВЧ) позволяет осуществлять высокопроизводительный бесконтактный нагрев деталей и припоя с помощью наведённых в них вихревых токов, активировать припой и улучшить его растекание по паяемым поверхностям [1].

Особенностью индукционного ввода ВЧ энергии является возможность регулирования пространственного расположения зоны протекания вихревых токов. Во-первых, вихревые токи протекают в пределах площади, охватываемой индуктором. Нагревается только та часть тела, которая находится в магнитной связи с индуктором независимо от общих размеров тела. Во-вторых, глубина зоны циркуляции вихревых токов и, следовательно, зоны выделения энергии зависит, кроме других факторов, от частоты тока индуктора (увеличивается при низких частотах и уменьшается с повышением частоты).

Моделирование распределения плотности вихревых токов в деталях корпуса и проводилось в пакете ELCUT 6.3. Для моделирования построены две геометрические модели устройства индукционного нагрева с использованием ферритового магнитопровода и без него. Моделирование проводилось на частоте 2 МГц при токе в индукторе 10 А. Модели распределения плотности вихревых токов для двух случаев нагрева представлены на рис. 1.

Моделирование процесса индукционного нагрева показало наличие неравномерности распределения плотности вихревых токов в деталях корпуса. Максимальная по модулю плотность токов (до  $1,8 \cdot 10^6$  А/м<sup>2</sup> – без магнитопровода и  $3,1 \cdot 10^6$  А/м<sup>2</sup> – с магнитопроводом) отмечена на поверхности корпуса и крышки и уменьшается до близкого к нулю значения вглубь деталей. На рис. 2 показаны зависимости распространения плотности вихревого тока в зоне пайки корпуса и крышки по глубине проникновения. Корпус микроблока, расположенный на расстоянии 1–2 мм от индуктора нагревается сильнее, чем крышка и припой в зазоре между корпусом и крышкой.

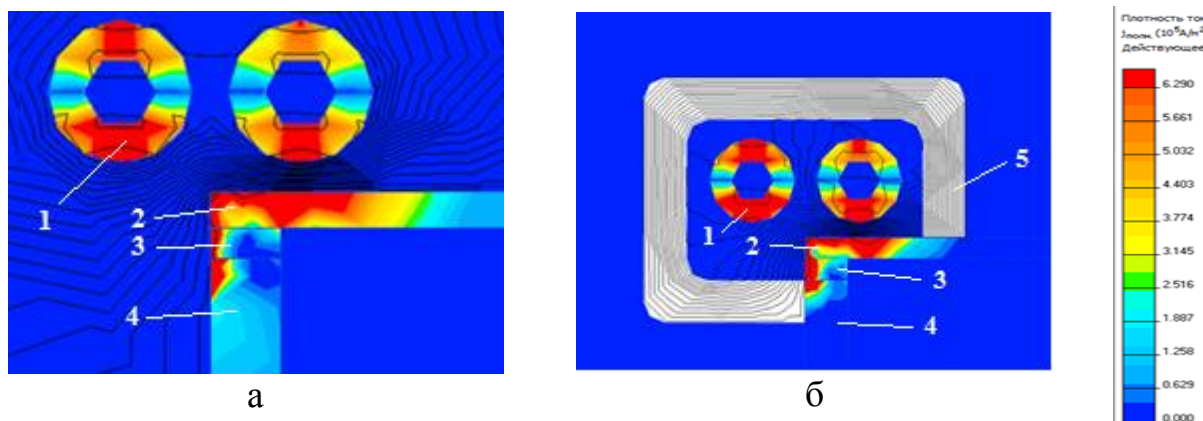


Рис. 1. Распределение плотности вихревых токов в зоне пайки:  
 а – без магнитопровода, б – с магнитопроводом;  
 1 – индуктор, 2 – крышка, 3 – припой, 4 – корпус, 5 – магнитопровод

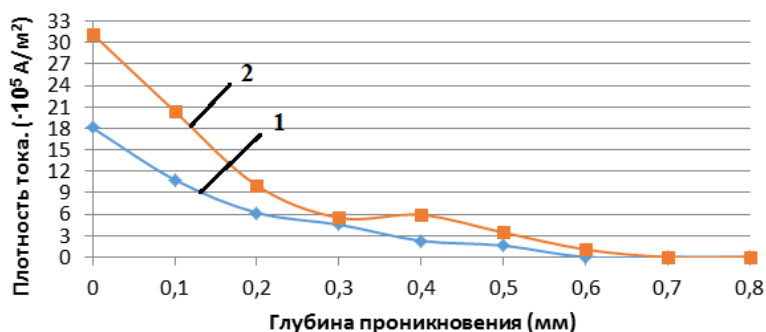


Рис. 2. Распределение плотности тока в припое:  
 1 – без магнитопровода, 2 – с магнитопроводом

При использовании полузамкнутого магнитопровода из феррита плотности вихревых токов в корпусе и крышки выравниваются, а максимальное значение плотности тока на поверхности в припое в 1,7 раз выше, чем без магнитопровода. Так же увеличивается и глубина проникновения вихревых токов в припой в 1,2–1,3 раза. Это связано с тем, что магнитопровод концентрирует магнитный поток в зоне пайки, сокращая тем самым время нагрева.

Таким образом, сделан вывод, что наиболее оптимальным методом ВЧ пайки, является применение двухвиткового индуктора с полузамкнутым магнитопроводом. Это позволяет осуществить не только высокопроизводительный бесконтактный нагрев деталей с помощью наведенных в них вихревых ВЧ токов, но и активировать припой и улучшить его растекание по паяемым поверхностям.

## Литература

1. Ланин, В. Л. Формирование токопроводящих контактных соединений в изделиях электроники / В. Л. Ланин, А. П. Достанко, Е. В. Телеш. – Минск : Изд. центр БГУ, 2007. – 574 с.