

## ИНДУКЦИОННАЯ ПАЙКА СИЛОВЫХ ДИОДОВ АВТОЭЛЕКТРОНИКИ

В.Л. ЛАНИН, В.Т. ХОТЬКИН

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь  
vlanin@bsuir.by*

Широкое применение силовых диодов в автотракторной технике приводит к необходимости автоматизации процесса их производства. В этой связи большой интерес представляет исследование бесконтактного индукционного нагрева, при монтаже кристалла и внешнего вывода силового диода, что позволит снизить издержки производства.

*Ключевые слова:* силовой диод, индукционная пайка, моделирование, автоэлектроника.

Силовая электроника первоначально возникла как область техники, связанная преимущественно с преобразованием различных видов электроэнергии на основе использования электронных приборов. В дальнейшем достижения в области полупроводниковых технологий позволили значительно расширить функциональные возможности, силовых электронных устройств и соответственно области их применения. В автоэлектронике широко применяются диоды Д104 (рис. 1, а), которые выпускаются с полупроводниковым элементом в цилиндрическом корпусе с рифленой поверхностью для запрессовки в теплоотвод с внешним гибким и жестким выводами.

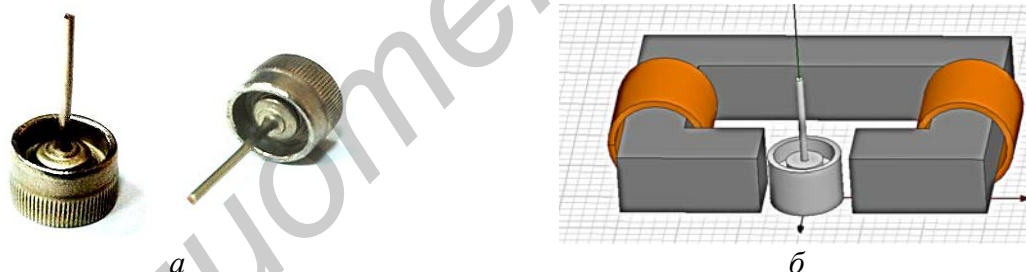


Рис. 1. Силовой диод Д104: а – общий вид; б – схема индукционной пайки силового диода

Индукционный нагрев переменным электромагнитным полем позволяет осуществлять с высокой производительностью различные технологические процессы: термообработку, плавку, сварку, пайку, выращивание кристаллов и т.д. Вихревые токи в расплавах вызывают пондеромоторные силы, которые улучшают растекание по паяемым поверхностям и перемешивают многофазные структуры в жидких средах. Индукционное устройство, применяемое для монтажа кристалла диода в корпус, представлено на рис. 1, б.

Получено распределения тепла при нагреве силового диода Д104 магнитным полем С-образного индуктора в пакете Comsol Multiphysics. Общая методика анализа включает: создание геометрической модели, задание свойств материала, задание граничных условий, разбиение на конечные элементы, просмотр и анализ результатов. Модель распределения температур основания и внешнего вывода диода представлена на рис. 2. Анализ модели показал, что при нагреве корпуса диода в С-образном индукторе в течение 20 с наблюдается неравномерность нагрева порядка 1–2 °С.

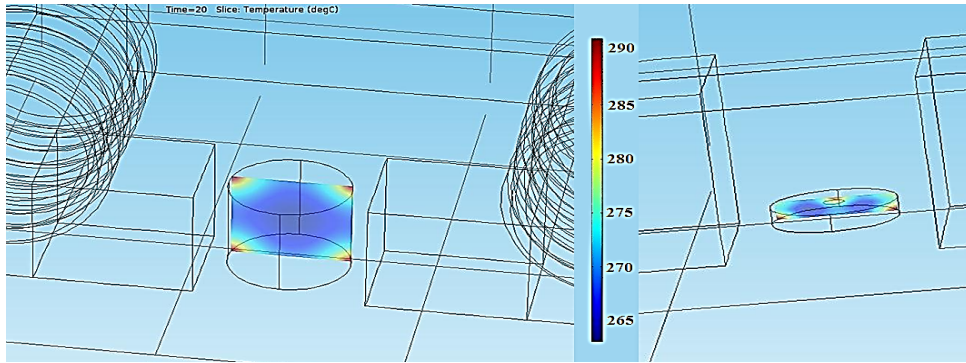


Рис. 2. Модель распределения температур основания и внешнего вывода диода

Индукционное устройство на С-образном магнитопроводе применено для запайки кристалла силового диода в металлический корпус. Поверхность кристалла предварительно металлизирована напылением, в качестве припоя использовался бессвинцовый припой ПОМ-3. Индукционная пайка проводилась при значениях тока в катушке возбуждения: 6 и 10 А, частота при этом равнялась 33 кГц. Время пайки при  $I = 6\text{ А}$  составило 50с, при  $I = 10\text{ А}$  - 28с.

На графиках (рис. 3) в области 215 °С видна ступенька фазового перехода, вызванная поглощением удельной теплоты плавления при расплавлении припоя. Нагрев проводился до температуры 240 °С, затем диод охлаждался потоком воздуха от вентилятора. Таким образом, индукционное устройство на магнитопроводе может с успехом применяться для запайки кристалла силового диода в металлический корпус. Результаты моделирования подтверждают практические исследования пайки на 85–90%.

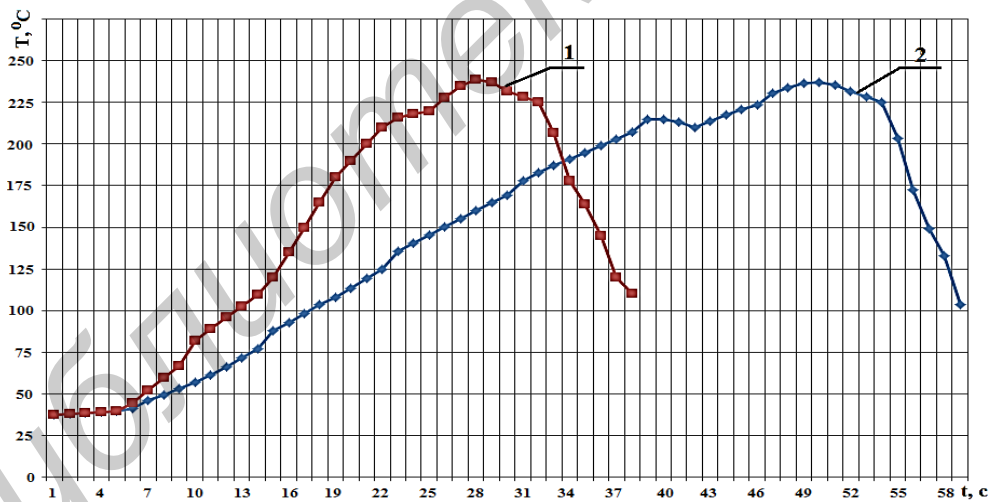


Рис. 3. Температурный профиль пайки: 1 –  $I = 6\text{ А}$ ; 2 –  $I = 10\text{ А}$

Устройство индукционного нагрева на магнитопроводе может с успехом применяться для запайки массивных элементов на печатную плату, а также для корпусирования изделий интегральной электроники. Применение С-образного индукционного устройства для пайки небольших элементов нецелесообразно ввиду небольшого коэффициента перекрытия ими зазора магнитопровода и необходимости создания электрических связей между контактными площадками, что не всегда возможно.