

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ПРИ ПАЙКЕ СИЛОВЫХ ДИОДОВ

Ратников Е.С.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Ланин В.Л. – д-р т. н., профессор

Аннотация. Проведено экспериментальное исследование процесса нагрева при индукционной пайке силовых диодов при различных условиях нагрева, а также величине зазора, в результате чего получены зависимости температуры нагрева от времени и частоты. Установлено, что при добавлении медной подложки в зазор скорость нагрева увеличивается на 12 с, а при добавлении медной подложки в замкнутом контуре скорость нагрева увеличивается на 35 с, в сравнении с нагревом детали в зазоре без добавления дополнительных источников нагрева.

Ключевые слова: индукционный нагрев, пайка, силовые диоды

Введение. Индукционная пайка обладает рядом преимуществ, таких как быстрота, высокая производительность, стабильность, уникальная контролируемость, хорошие условия работы, эффективное использование пространства, бесконтактный процесс [1][2].

Новым направлением в технике индукционного нагрева является использование магнитопровода с воздушным зазором, в который помещается нагреваемая деталь. Существенное отличие заключается в наличии магнитного сердечника (ферритового магнитопровода), который позволяет сконцентрировать электромагнитное поле индуктора в рабочем зазоре, где и происходит нагрев деталей. Рабочая обмотка охватывает магнитопровод и подключена к ВЧ-генератору. Обмотка подмагничивания служит для управления процессом нагрева. Изменяя ток подмагничивания, можно изменять магнитную проницаемость магнитопровода, а следовательно и напряженность ВЧ-поля в зазоре магнитопровода [3].

Использование магнитопровода для концентрации электромагнитной энергии в области зазора позволяет повысить эффективность нагрева. Увеличивается скорость нагрева, зона нагрева более локализована, что важно при пайке изделий интегральной электроники. Индукционные устройства на разомкнутом магнитопроводе применяются для пайки коаксиальных кабелей к коннекторам при мощности нагрева 250 Вт и времени пайки 2,5 с, а также проводов к электронным модулям при мощности 190 Вт.

Однако, существует необходимость определить температурные профили нагрева, чтобы оценить эффективность индукционного нагрева, а также рассмотреть возможные варианты повышения эффективности нагрева. Скорость и эффективность индукционного нагрева во многом зависит от характеристик зазора магнитопровода, в котором происходит нагрев детали.

В данной статье автором показано, что добавление в зазор медной подложки может значительно увеличить скорость индукционного нагрева при пайке силового диода.

Основная часть. Общий вид силового диода, нагрев которого производился во время экспериментальных исследований, а также схема замкнутого контура для повышения скорости нагрева представлены на рисунке 1. Переменный магнитный поток, пронизывающий материал сердечника, вызывает появление в проводящем материале детали ЭДС индукции. Под действием ЭДС в детали возникают вихревые электрические токи, протекающие по замкнутым контурам, расположенным в плоскостях, перпендикулярных направлению магнитного потока [4]. Использование замкнутого контура или дополнительного источника нагрева в виде медной подложки в замкнутом контуре позволит увеличить величину вихревых токов в нагреваемой детали, что положительно скажется на скорости нагрева [5].

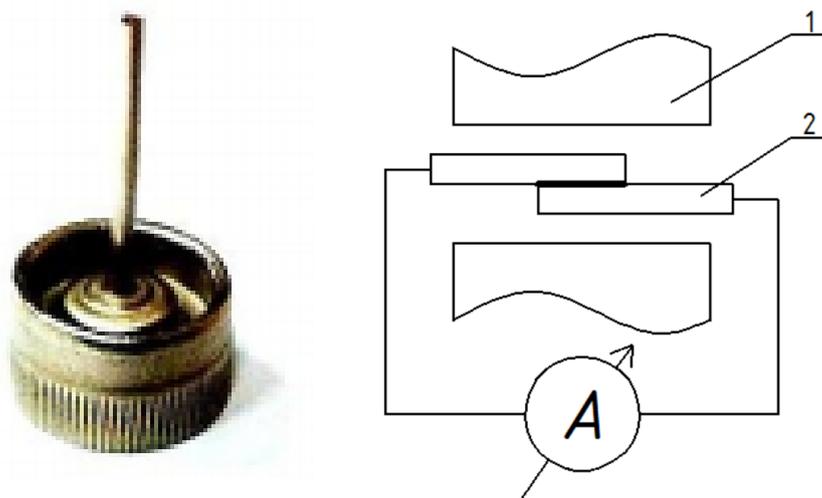


Рисунок 1 – Общий вид силового диода Д104 и схема нагрева в зазоре, где 1 – магнитопровод, 2 – паяемая деталь

Экспериментальным путем получены профили нагрева при зазорах магнитопровода 5 и 1 мм (рисунок 2). Таким образом, скорость нагрева оказалась ниже на 5 с при меньшем зазоре магнитопровода. Для повышения эффективности нагрева было принято решение добавить медную пластинку в качестве подложки в зазор, дабы она послужила дополнительным источником нагрева при пайке силовых диодов, что повысит скорость нагрева на 12 с. Также для повышения эффективности индукционного нагрева имеет смысл добавить медную подложку в замкнутый контур, что повысит скорость нагрева на 22 секунды за счет вихревых токов (рисунок 3).

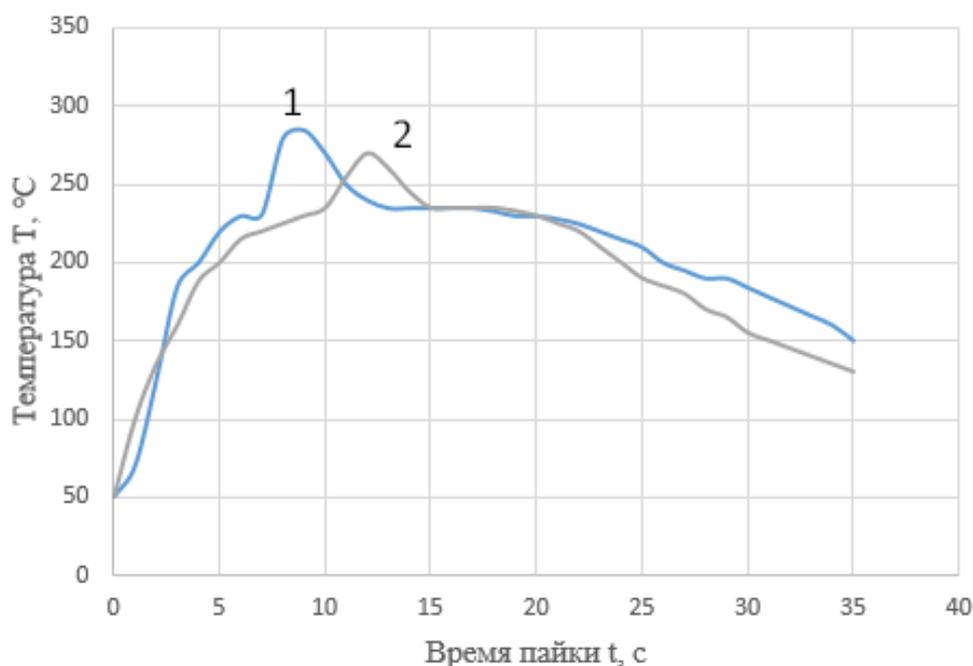


Рисунок 2 – Зависимости температуры от времени пайки в частоте 140 кГц:
1 – при зазоре 5 мм, 2 – при зазоре 1 мм

Таким образом, из-за введения дополнительных источников нагрева в зазор магнитопровода удалось повысить скорость нагрева на 12 с при добавлении медной подложки, и

на 35 с при добавлении медной пластинки в замкнутом контуре.

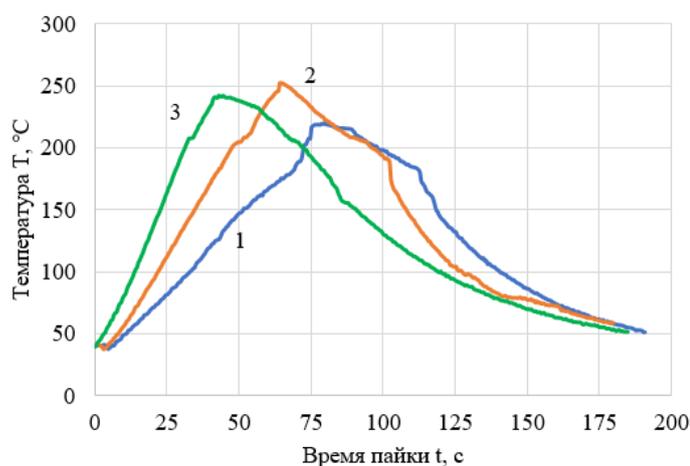


Рисунок 3 – Зависимости температуры от времени пайки в частоте 140 кГц:
1 – без медной подложки, 2 – с медной подложкой, 3 – с медной подложкой в замкнутом контуре

Заключение. В результате экспериментальных исследований индукционного нагрева силовых диодов в зазоре магнитопровода были получены температурные профили нагрева при различных условиях. Благодаря полученным данным можно заключить, что наиболее эффективным индукционный нагрев будет при добавлении в зазор медной подложки в замкнутом контуре, поскольку она послужит дополнительным нагревателем для диода, что позволяет повысить скорость нагрева на 35 с в сравнении со скоростью нагрева без добавления медной подложки.

Список литературы

1. *Induction Heating. Industrial Applications* / Ed. by S. Lupi. – Paris, U.I.E., 1992. – 142 p.
2. Индукционная пайка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docplayer.ru/29622703-Indukcionnaya-payka-bolee-effektivnyy-process-soedineniya-detaley.html>
3. Румак, Н.В. Экономичный бесконтактный нагрев энергией переменного магнитного поля / Н.В. Румак, В.Л. Ланин, И.Н. Чернышев // *Вестні АН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук.* – 1994. – № 2. – С. 94–96.
4. Ланин, В.Л. Краевой эффект индукционного нагрева деталей в воздушном зазоре магнитопровода / В.Л. Ланин; Ю.Н. Грищенко; А.Д. Хацкевич // *Вестник Полоцкого Государственного Университета. Серия В.* – 2019. – С. 60–64.
5. Ратников Е.С. Моделирование краевого эффекта в зазоре магнитопровода при индукционном нагреве / В.Л. Ланин; Ю. Н. Грищенко; // *14-я Международная молодёжная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций РТ-2019», 14 – 18 октября 2019 г., Севастополь, Российская Федерация.* – С.103.

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

RESEARCH OF INDUCTION HEATING IN SOLDERING POWER DIODES

Ratnikov E.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Lanin V.L. – Doctor of Technical Sciences, professor

Annotation. An experimental study of the heating process during induction soldering of power diodes was carried out under various heating conditions, as well as the size of the gap, as a result of which the dependences of the heating temperature on time and frequency were obtained. It was found that when a copper substrate is added to the gap, the heating rate increases by 12 s, and when a copper substrate is added in a closed loop, the heating rate increases by 35 s, in comparison with heating the part in the gap without adding additional heating sources.

Keywords. induction heating, soldering, power diodes