

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СБОРКИ SMD ДИОДОВ

© 2016 г. В.Л. ЛАНИН, Е.А. АРТЮХЕВИЧ

УО «Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники», г. Минск  
e-mail: vlanin@bsuir.by

Диоды-супрессоры в корпусе miniMELF применяются для ограничения импульсных перенапряжений мощностью до 150 Вт при нормированной длительности 10–1000 мкс в выпрямителях автомобильных генераторов и в сварочном оборудовании. В защите от импульсных помех нуждается аппаратура, предназначенная для сбора и обработки данных, медицинская техника, телекоммуникационные устройства, источники питания и т.д [1].

При сборке диодов формируется паяное соединение кристалла с помощью биметаллических контактов и серебросодержащего припоя. Температурный профиль процесса герметизации диода в конвекционной печи включает: нагрев корпуса до 600°C в течение 20 мин, выдержку в течение 5–10 мин и охлаждение в течение 20 мин. Недостатком конвекционного нагрева является большая продолжительность и трудоёмкость нагрева. Для уменьшения трудоёмкости и повышения энергоэффективности использован высокочастотный индукционный нагрев (ВЧ) [2] для сборки диодов в корпусе miniMELF. Схема ВЧ нагрева представлена на рис. 1.

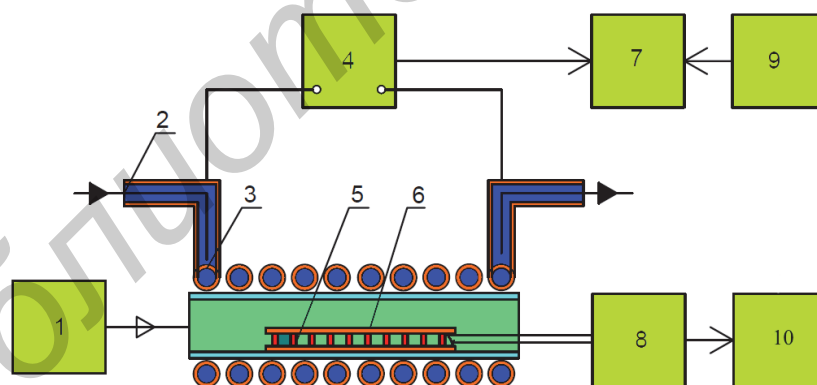


Рис. 1. Структурная схема ВЧ нагрева: 1 – источник газа; 2 – вода; 3 – индуктор; 4 – конденсаторные батареи; 5 – диод; 6 – кассета; 7 – генератор; 8 – термопара; 9 – частотомер; 10 - измеритель-регулятор TPM210.

Оптимизация параметров ВЧ нагрева выполнена методом конечных элементов, который позволяет наиболее эффективно решать электромагнитные задачи. Моделирование тепловых полей при ВЧ нагреве проводилось в пакете COMSOL Multiphysics 5.2 [3]. Параметры моделирования: частота электромагнитного поля 1–2 МГц при напряжении на индукторе 0,5–1,0 кВ; средняя скорость потока газа 1–2 м/с.

Температурные поля нагрева корпусов диодов, размещенных в кварцевой трубе, приведены на рис. 2. Основное количество диодов достигает температуры 640°C, кроме расположенных на входе кварцевой трубы.

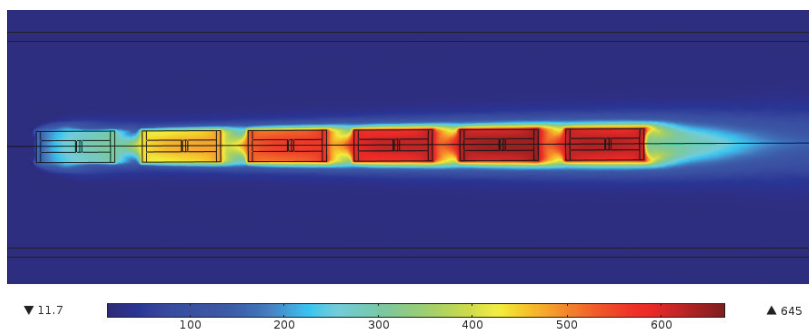


Рис. 2. Температурные поля нагрева корпусов диодов.

Выход на рабочую температуру основного количества диодов происходит за время равное 100 секундам. При подаче газа в кварцевую трубу происходит сильное охлаждения корпусов диодов, расположенных на входе, что не даёт им нагреться до требуемой температуры. Температурные зависимости нагрева корпусов диодов от времени при обдуве газом представлены на рис. 3.

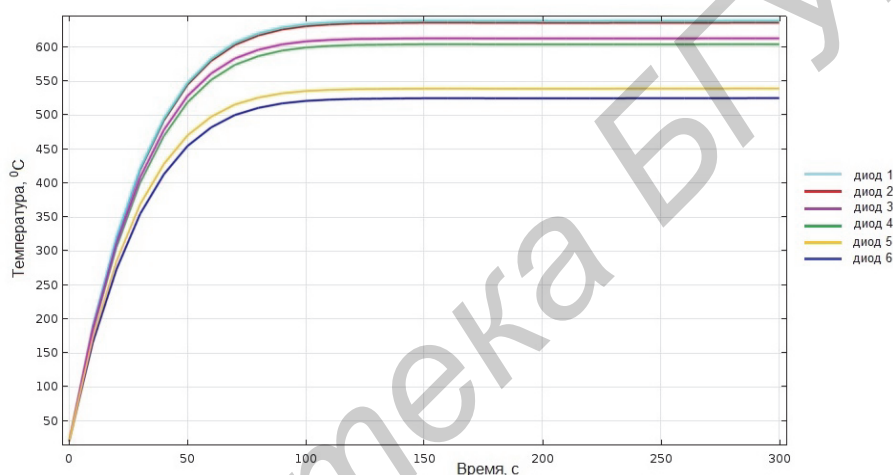


Рис. 3. Температурно–временные зависимости нагрева корпусов диодов при обдуве инертным газом.

На рис. 4 показана зависимость температуры серебросодержащего припоя, используемого для соединения кристалла, и температура корпуса диода от времени при обдуве газом.

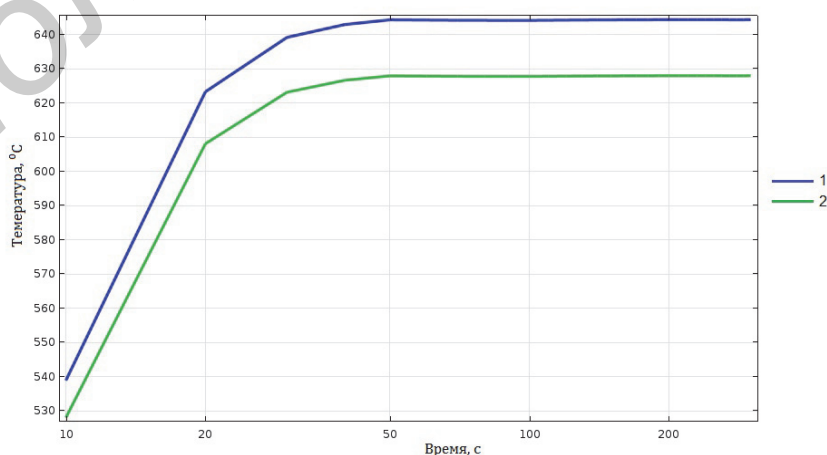


Рис. 4. Температурно–временные зависимости нагрева серебросодержащего припоя (1) и корпуса диода (2) при обдуве корпуса газом.

В результате моделирования оптимизирован процесс высокочастотного индукционного нагрева корпусов диодов. Происходит быстрый нагрев серебросодержащего припоя до температуры плавления  $640^{\circ}\text{C}$  за время равное 50 секундам с одновременным охлаждением стеклянного корпуса диода, используя обдув газом.

В ходе экспериментального исследования представлены различные конструкции для размещения диодов в кварцевой трубе. На рис. 5 представлены температурные зависимости нагрева диодов в среде аргона с использованием медной пластины (1) и медной кассеты (2).

Использование анодного напряжения диапазоне 1,5–1,6 кВ при индукционном нагреве медной кассеты, позволяет нагреть корпуса диодов до требуемой температуры плавления припоя, равной  $640^{\circ}\text{C}$ .

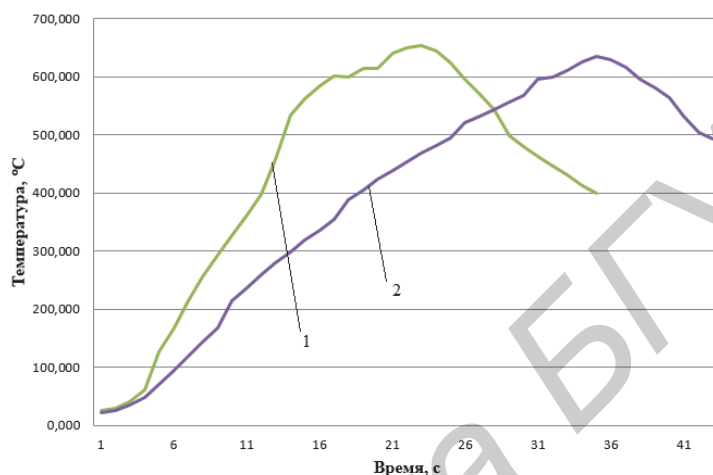


Рис. 5. Температурные зависимости нагрева корпусов диодов при анодном напряжении равном 1,6 кВ: 1 – медная пластина с диодами; 2 – медная кассета диодами.

По результатам исследования высокочастотного индукционного нагрева для сборки диодов в корпусе miniMELF установлено, что при анодном напряжении в диапазоне 1,5–1,6 кВ, анодном токе, равном 0,45 А и токе сетки, равном 300 мА, а также использование медной кассеты, позволяющей экранировать диоды от попадания вихревых токов, корпуса диодов нагреваются до требуемой температуры плавления припоя, равной  $640^{\circ}\text{C}$ , со скоростью нагрева  $20^{\circ}\text{C}$  в секунду.

По достижению требуемой температуры необходимо снижение анодного напряжения до 1,0–1,2 кВ, что позволит обеспечить требуемый температурный профиль пайки кристалла диода в диапазоне температур  $600\text{--}640^{\circ}\text{C}$ . Обдув аргоном под давлением 20 кПа с расходом 30 л/мин, позволяет удерживать требуемый диапазон температур, избежав нагрева стеклянного корпуса до температуры плавления. Использование высокочастотного индукционного нагрева для сборки диодов в корпусе miniMELF позволит заменить конвекционный нагрев в печи, уменьшив продолжительность нагрева и его трудоёмкость.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колпаков А.В. Большие технологии маленьких диодов / А. В. Колпаков // Электронные компоненты. – 2004. – № 11 – С.139 – 145.
2. Ланин В.Л. Электромонтажные соединения в электронике. Технология, оборудование, контроль качества / В.Л. Ланин, В.А. Емельянов. – Минск: Интегралполиграф, 2013. – 406 с.
3. Прахт В.А. Моделирование тепловых и электромагнитных процессов в электротехнических установках. Программа Comsol: учебное пособие / В.А. Прахт, В.А. Дмитриевский, Ф.Н. Сарапулов. – М.: Спутник, 2011. – 158 с.