

УДК 621.365.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ШАРИКОВ ПРИПОЯ ДЛЯ FLIP-CHIP МОНТАЖА В COMSOL MULTIPHYSICS



В.Л. Ланин

Профессор кафедры электронной техники и технологии, доктор технических наук



А.Д. Хацкевич

*Магистр технических наук, исследователь, инженер-электроник кафедры ЭТТ
dypodt94@mail.ru*

В.Л. Ланин

Профессор кафедры электронной техники и технологии. Имеет 30 летний опыт работы в области технологии ультразвуковой микросварки. Автор 10 монографий в данной области.

А.Д. Хацкевич

Магистр технических наук. Окончил аспирантуру на кафедре ЭТТ. Инженер-исследователь. Имеет 14 публикаций по данной тематике, три из них входят в перечень ВАК.

Аннотация. Выполнено исследование индукционного нагрева шариков припоя. Проведено моделирование процесса в программном пакете COMSOL Multiphysics. Найденны закономерности влияния концентратора и магнитопровода на паяемый образец. Получены термопрофили нагрева в зависимости от частоты индуктора.

Ключевые слова: индукционный нагрев, моделирование.

Введение.

Стремление снижения массогабаритных показателей изделий современной электроники, особенно в секторе высокочастотных и СВЧ-применений, связанных с бурным развитием телекоммуникационных технологий, аэрокосмической техники приводит к развитию новых технологий, в частности “многоэтажных” многокристалльных модулей.

Сборка электронных модулей по технологии 2,5D и 3D-сопряжена с необходимостью использования не только сложного технологического оборудования, но и соответствующих материалов, в частности припойных материалов (шариков) с различной температурой плавления для осуществления последовательного соединения трехмерной конструкции [1].

Одним из методов формирования шариковых выводов является метод Flip Chip это способ монтажа при котором кристалл микросхемы устанавливается на выводы, выполненные непосредственно на его контактных площадках, которые расположены по всей поверхности кристалла микросхемы [2].

Наиболее перспективным методом нагрева является индукционный нагрев – способ нагрева материалов, проводящих электрическую энергию бесконтактным методом при помощи токов высокой частоты. Индукционный нагрев подразумевает нагрев материалов, способных проводить электрическую энергию, при помощи токов высокой частоты, индуцируемых специальным переменным магнитным полем, т.е. нагрев изделий магнитным полем индуктора [3].

Для моделирования процесса индукционной пайки был выбран COMSOL Multiphysics – это программный пакет для анализа, решения и моделирования методом конечных элементов для различных физических и инженерных приложений [4].

Настройка параметров модели

Первым этапом создается геометрия (рисунок 1) и присваиваются материалы компонентов.

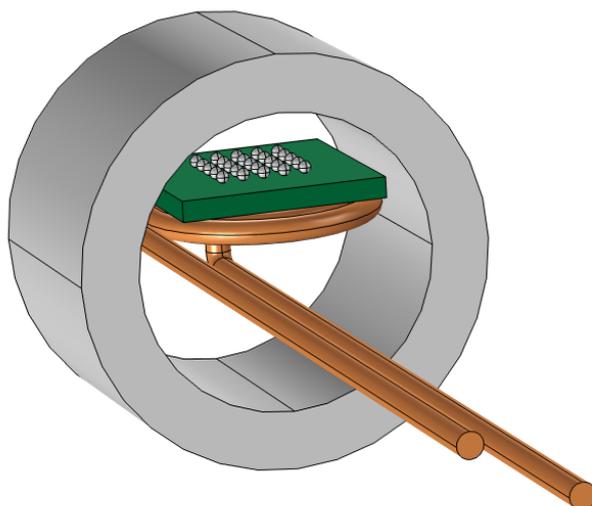


Рисунок 1. Индуктор и печатная плата с массивом шариков припоя в кольцевом ферритовом

Печатная плата с шариками припоя на контактных площадках (рисунок 2а) и концентратором, который прикреплен снизу печатной платы (рисунок 2б), помещена внутрь конструкции, состоящей из плоского индуктора и ферритового сердечника.

Параметры компонентов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Геометрические параметры компонентов

Геометрические размеры платы	25x25x2.54 мм
Геометрические размеры концентратора	20x20x0.5 мм
Диаметр трубки индуктора	3 мм
Размер шариков припоя	0.760 мм

Для каждого компонента применены материалы из стандартной библиотеки материалов COMSOL Multiphysics. В качестве материалов катушки использована медь, ферритового сердечника – феррит магнитной проницаемости 2500, стеклотекстолит FR-4 для печатной платы, безсвинцовый припой Sn-3.5Ag-0.5Cu диаметром 0.760мм. В состав модуля Induction Heating входит Magnetic Fields и Heat Transfer in Solids, а также модуль мультифизики Electromagnetic Heating который связывает их между собой.

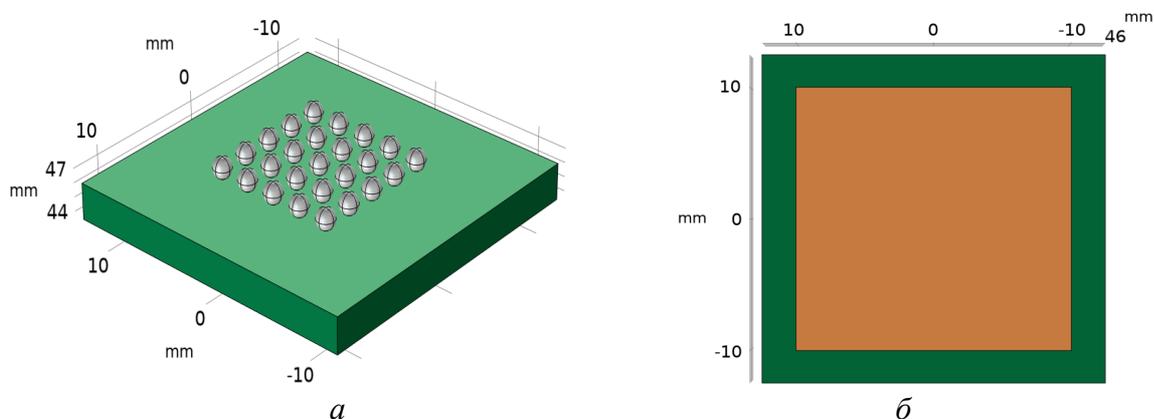


Рисунок 2. Печатная плата с массивом шариков припоя (а) и медный концентратор (б)

Настройку сетки, COMSOL Multiphysics позволяет выполнить как в автоматическом режиме, так и в ручном. В данной задаче автоматический режим не подходит так как сетка получается не оптимальной из-за малого размера шариков припоя. Поэтому для шариков припоя используем Extra Fine размер сетки (рисунок 3), а для оставшихся элементов сетку большей размерности, чтобы оптимизировать модель и тем самым кардинально уменьшить время расчёта модели.

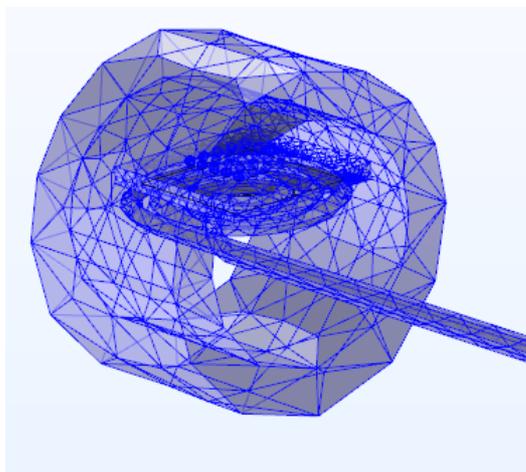


Рисунок 3. Построенная сетка модели

Модуль Coil Geometry Analysis необходимо поместить перед Frequency Domain и Time Dependent. В Frequency Domain указать частоту либо переменную, которой присвоена частота. В Time Dependent указываем время диапазон расчета по времени и шаг. В данном случае временной диапазон выбран от 0 до 120 секунд с интервалом в 1 секунду. Перед расчетом необходимо изменить решатель. Для этого выбрать функцию Get Initial Value и поменять решатель на PARDISO в Solver Configurations.

В результате моделирования получены тепловые поля искомой модели (рисунок 4). Мощность на катушке при частоте 900 кГц составила 29.97 Вт. Средняя температура шариков припоя составила 212 °С, при этом средняя температура медного концентратора составила 276 °С.

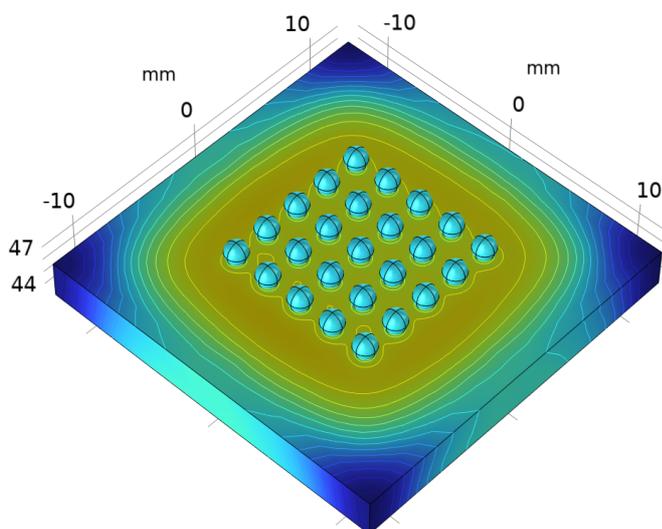


Рисунок 4. Температурные поля печатной платы с нанесенными бессвинцовыми шариками припоя и медным концентратором в ферритовом сердечнике

Термопрофили индукционной пайки печатной платы с нанесенными бессвинцовыми шариками припоя и медным концентратором в ферритовом сердечнике представлены на рисунке 5.

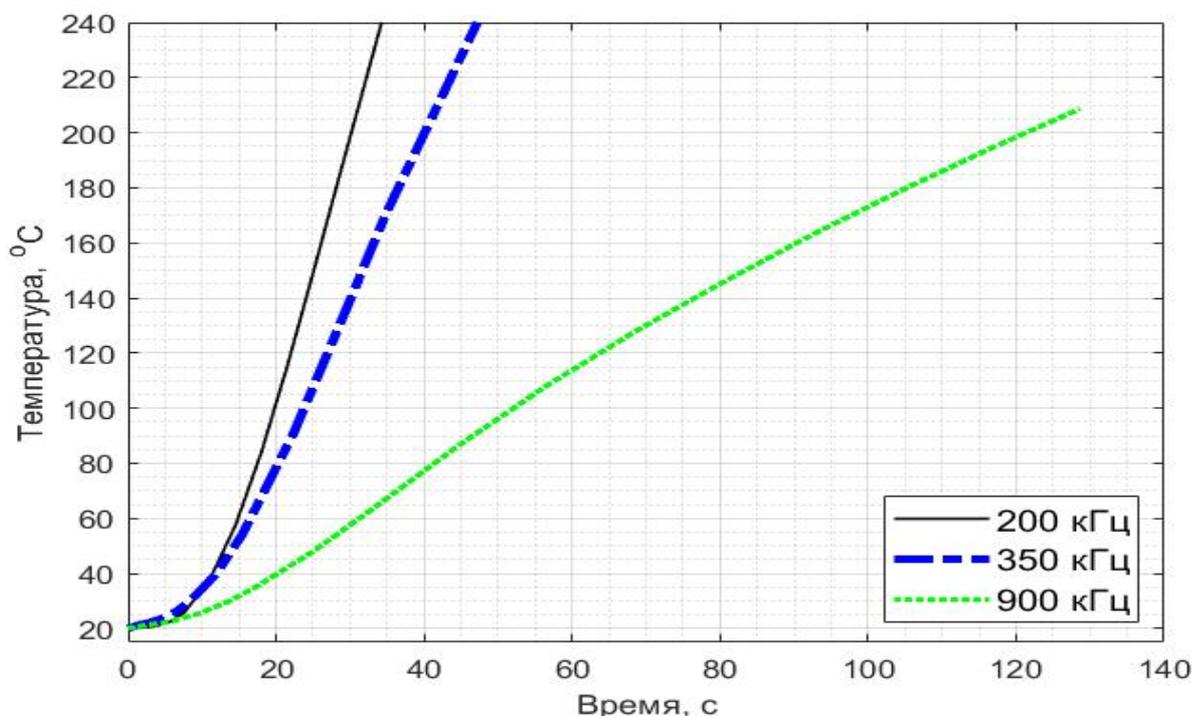


Рисунок 5. Термопрофили с концентратором и ферритовым кольцом на различных частотах

Из графика видно, что уменьшение частоты ведет к увеличению скорости нагрева и температуры шариков припоя. Применение частот ниже 200 кГц нецелесообразно так как это приведет к перегреву медного концентратора, что в свою очередь вызовет перегрев печатной платы с ее последующим разрушением. Поэтому рабочий диапазон частот необходимо выбирать в диапазоне 400 кГц – 1 МГц для данной конфигурации паяемого образца и мощности индуктора.

Закключение.

В результате моделирование получены и оптимизированы параметры индукционного нагрева в программном пакете COMSOL Multiphysics. Использование медного концентратора и ферритового сердечника увеличило эффективность нагрева при этом на паяемый образец кардинально влияет частота катушки индуктора. С уменьшением частоты (менее 200 кГц) медная пластика нагревается до слишком высоких температур (больше 300 градусов), что может привести к подгоранию печатной платы. При этом мощность составила порядка 30 Вт, что доказывает эффективность индукционных систем.

Список литературы

- [1] Технологии и оборудование субмикронной электроники / А.П.Достанко [и др.]; под общ. ред. акад. А.П. Достанко. – Минск: Беларуская навука, 2020.–260с.
- [2] Flip chip – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Flip_chip. – Дата доступа: 10.04.2023.
- [3] Индукционный нагрев – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.элсит.рф/вики/термообработка>. – Дата доступа: 10.04.2023.
- [4] COMSOL Multiphysics – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.comsol.ru/comsol-multiphysics>. – Дата доступа: 10.04.2023.

SIMULATION OF INDUCTION HEATED SOLDER BALLS FOR FLIP-CHIP MOUNTING IN COMSOL MULTIPHYSICS

V.L. Lanin

Professor, Department of Electronic System and Technology, Doctor of Sciences

A.D. Khatskevich

*Master of Engineering,
PhD applicant. Electronic Engineer of the Department of ETT*

*Belarusian State University of computer science and Radio Electronics, Republic of Belarus
E-mail: dvpodt94@mail.ru*

Abstract. A study of induction heating of solder balls has been carried out. The process was simulated in the COMSOL Multiphysics software package. Regularities of the influence of the concentrator and the magnetic circuit on the soldered sample are found. Heating thermal profiles are obtained depending on the frequency of the inductor.

Keywords: induction heating, simulation.