

УДК 621.396.6

ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОКОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ 3D ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ

Ланин В.Л., Хацкевич А.Д.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Рассмотрен процесс формирования микроконтактных соединений в виде бампов припоя для монтажа 3D электронных модулей по технологии *FLIP-CHIP* с применением индукционного нагрева. Для оптимизации режимов процессов формирования массива шариков припоя выполнено моделирование параметров локальной индукционной пайки в программном пакете *COMSOL Multiphysics*. Для локализации индукционного нагрева применены ферритовые кольца и медный концентратор вихревых токов. Высокочастотный инвертор выполнен по энергоэффективной схеме *ZVS* генератора. Установлено, что концентраторы вихревых токов и ферритовые кольца повышают скорость и равномерность нагрева, которая составила 5–7 °С при мощности 130–200 Вт.

Ключевые слова: контактные соединения, бампы припоя, индукционный нагрев, пайка.

FORMATION OF MICROCONTACT JOINTS IN HIGH-SPEED 3D ELECTRONIC DEVICES

Lanin V.L., Khatskevich A.D.

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

Abstract. The process of forming microcontact connections in the form of solder bumps for mounting 3D electronic modules using *FLIP-CHIP* technology using induction heating is considered. To optimize the process conditions for forming an array of solder balls, the parameters of local induction soldering were simulated in the *COMSOL Multiphysics* software package. Ferrite rings and a copper eddy current concentrator were used to localize induction heating. The high-frequency inverter is made using an energy-efficient *ZVS* generator circuit. It has been established that eddy current concentrators and ferrite rings increase the speed and uniformity of heating, which amounted to 5–7 °C at a power of 130–200 W.

Key words: contact connections, solder bumps, induction heating, soldering.

e-mail: vlanin@bsuir.by

Введение

При сборке многокристалльных и многослойных 3D конструкций изделий современной электроники для организации межслойных связей широко используются объемные выводы на основе припойных шариков малого диаметра (<1000 мкм), установленных на контактах подложек для последующего *Flip-Chip* монтажа. Для формирования шариковых выводов для технологии *Flip-Chip* необходимо не только правильно выбрать материалы, но и способы нагрева, обеспечивающие высокую локализацию мощности в зоне нагрева и малые зоны термического влияния.

Бампы припоя на плате можно формировать индукционным нагревом, который создает вихревые токи и пондеромоторные силы в расплаве припоя, которые перемешивают многофазные структуры в жидких средах. Преимуществами индукционного нагрева является локальность и высокая скорость нагрева, энергоэффективность [1].

Практическая часть

Шарики припоя диаметром 760 мкм формировались на контактных площадках подложки с помощью локального индукционного нагрева (рисунок 1). Паяльная паста Mechanic XGSP-80 наносилась трафаретной печатью на контактные площадки подложки. Для контроля качества соединений микровыводов припоя использовался

разрушающий метод определения усилия на сдвиг. Измерение усилия на сдвиг проводили плавным увеличением однонаправленного усилия, приложенного к шариковому выводу до его сдвига с контактной площадки, на которой он был запаян.

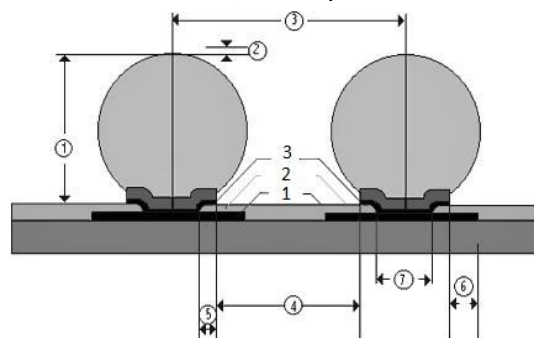


Рисунок 1 – Схема формирования микровыводов припоя для 3D сборки электронных модулей:

1 – контактная подложка; 2 – пассивный слой;
3 – покрытие под шариковым выводом

Частота генератора была выбрана 630 кГц. Для локализации магнитного поля в схеме использованы ферритовые кольца марки 2000НМ. Под платой располагался концентратор вихревых токов, выполненный из меди, что позволило добиться локализации электромагнитной энергии в зоне пайки. Контроль температуры проводился

при помощи измерителя ТРМ-210 и термопары, данные с которого передавались на компьютер по шине RS-485 для последующей обработки данных.

Массив шариков бессвинцового припоя Sn-3,5Ag-0,5Cu диаметром 0,76 мм размещен на печатной плате из стеклотекстолита FR-4 (рисунок 2). Медный концентратор применен для повышения эффективности и равномерности нагрева.

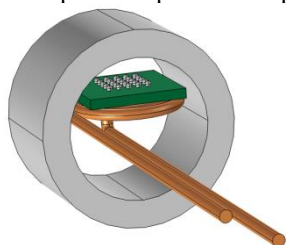


Рисунок 2 – Индуктор и печатная плата с массивом шариков припоя в кольцевом ферритовом сердечнике

Мощность нагрева составляла 200–250 Вт. Сформированные шарики припоя соответствовали размерам контактных площадок, имели правильную форму и блестящую поверхность, что свидетельствует об отсутствии перегрева. Для контроля прочности на сдвиг бампов использовалась установка ЭМ-6705 ОАО «Планар-СО» (рисунок 3).

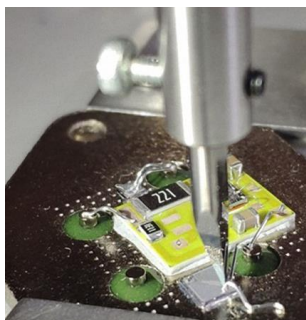


Рисунок 3 – Тест прочности вывода на сдвиг

Перемещение тестируемых плат и приложение рабочих нагрузок выполнялось трехкоординатным приводом на шаговых двигателях. Это позволило обеспечить точность позиционирования испытываемого объекта, возможность дозирования нагрузки и повторяемость однотипных тестов.

Для оптимизация режимов процессов формирования массива шариков припоя индукционным нагревом проведено моделирование параметров локальной индукционной пайки в программном пакете *COMSOL Multiphysics* [2].

В результате моделирования получено тепловое поле платы электронного модуля (рисунок 4). Мощность индукционного нагрева на частоте 900 кГц составила 130 Вт, средняя температура шариков припоя 212 °С, а температура медного концентратора 276 °С. Термопрофили индукционной пайки платы с бессвинцовыми шариками припоя и медным концентратором в ферритовом сердечнике

представлены на рисунок 5, из которого видно, что уменьшение частоты ведет к увеличению скорости нагрева и температуры шариков припоя.

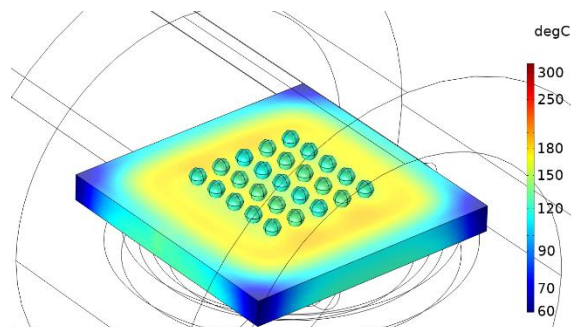


Рисунок 4 – Температурное поле платы с шариками припоя

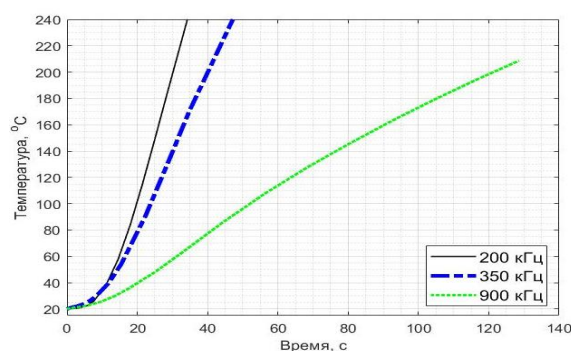


Рисунок 5 – Термопрофили с концентратором и ферритовым кольцом на различных частотах

Применение частот ниже 200 кГц нецелесообразно, так как это приводит к перегреву медного концентратора, что в свою очередь приводит к перегреву печатной платы. Поэтому рабочий диапазон частот необходимо выбирать в диапазоне 400 кГц – 1 МГц для данной конфигурации паяемого образца и мощности индуктора.

Выводы

Таким образом, использование медных концентраторов вихревых токов и ферритовых колец позволяет повысить эффективность индукционного нагрева за счет концентрации электромагнитного поля в зазоре между индуктором и замкнутым магнитопроводом. Скорость нагрева составляет 5–7 °С/с при мощности индуктора 130–200 Вт.

Литература

1. Ланин, В.Л. Высокочастотный электромагнитный нагрев для пайки электронных устройств / В.Л. Ланин // Технологии в электронной промышленности. – 2007. – № 5. – С. 162–167.
2. Khatskevich, A. Modeling local induction heating of solder balls for FLIP-CHIP mounting in COMSOL MULTIPHYSICS / A. Khatskevich, V.L. Lanin // Proceeding of VI International Science and Practical Conf. Science and Technology 2023. – Almaty. – 2023. – P. 364–368.