

3. N.V. Andreeva, N.A. Pertsev, D.A. Andronikova, A.V. Filimonov, N.G. Leontiev, I.N. Leontyev, and S.B. Vakhrushev. Domain structures and correlated out-of-plane and in-plane polarization reorientations in $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.96}\text{Ti}_{0.04})\text{O}_3$ single crystal via piezoresponse force microscopy // AIP ADVANCES 6, 095211 (2016).
4. S.B. Vakhrushev, D.Andronikova, Iu. Bronwald, E.Yu.Koroleva, D. Chernyshov, A.V. Filimonov, S.A. Udovenko, A.I. Rudskoy, D. Ishikawa, A.Q.R Baron, A. Bosak, I.N. Leontiev, A.K. Tagantsev. Electric field control of antiferroelectric domain pattern // Physical Review B. 103, 214108 (2021)
5. D.A. Andronikova, Iu.A. Bronwald, I.N. Leontiev, N.G. Leontiev, D.Yu. Chernyshov, A.V. Filimonov, S.B. Vakhrushev. Incommensurate instability and diffuse scattering at Brillouin zone boundary in Zr-rich lead zirconate titanate // Ferroelectrics. 2019, Vol. 538, P. 65–73.
6. Д.А. Андроникова, Ю.А. Бронвальд, Н.Г. Леонтьев, И.Н. Леонтьев, Д.Ю. Чернышов, А.В. Филимонов, С.Б. Вахрушев. Особенности структуры промежуточной фазы в цирконате-титанате свинца с высоким содержанием циркония // Физика твердого тела, 2019, том 61, вып. 10 с. 1818–1824.

ЛОКАЛЬНЫЙ ИНДУКЦИОННЫЙ НАГРЕВ ШАРИКОВ ПРИПОЯ ДЛЯ FLIP-CHIP МОНТАЖА

А. Д. Хацкевич, В. Л. Ланин

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
П. Бровки 6, 220013 Минск, Беларусь,
e-mail: dypodt94@mail.ru, vlanin@bsuir.by*

Для Flip-chip монтажа необходимо формировать контактные бампы для 2,5D и 3D электронных модулей. Воздействие энергии высокочастотных (ВЧ) электромагнитных колебаний позволяет осуществлять высокопроизводительный бесконтактный нагрев в различных процессах пайки электронных компонентов. В результате моделирования тепловых полей шариков припоя в зазоре магнитопровода получены оптимальные значения тока в индукторе 0.9–1.2 А. В частотном диапазоне от 440 кГц до 732 кГц требуется мощность индуктора 20–40 Вт.

Ключевые слова: Flip-Chip; 3D-модули; COMSOL Multiphysics; индукционный нагрев; бампы припоя.

LOCAL INDUCTION HEATING OF SOLDER BALLS FOR FLIP-CHIP MOUNTING

A. D. Khatskevich, V. L. Lanin

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, P. Brovki 6, 220013 Minsk, Belarus,
Corresponding author: V. L. Lanin (vlanin@bsuir.by)*

For Flip-chip mounting, it is necessary to form contact bumps for 2.5D and 3D electronic modules. Exposure to the energy of high-frequency (HF) electromagnetic oscillations allows for high-performance non-contact heating in various processes for soldering electronic components. As a result of modeling the thermal fields of solder balls in the gap of the magnetic circuit, the optimal current values in the inductor were 0.9 – 1.2 A. In the frequency range from 440 kHz to 732 kHz, an inductor power of 20 – 40 W is required.

Key words: Flip-Chip; 3D modules; COMSOL Multiphysics; induction heating; solder bumps.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ ШАРИКОВ ПРИПОЯ

Технология Flip-Chip, также известная как C4 (Controlled Collapse Chip Connection – контролируемое соединение чипа методом самовыравнивающейся пайки), представляет собой метод межсоединения полупроводниковых устройств, таких как интегральные микросхемы и микроэлектромеханические системы (МЭМС) [1].

Индукционные системы на магнитопроводе имеют широкий спектр применения. Их можно использовать как для ручной пайки проводов на плату, так и для автоматизированного монтажа BGA-компонентов. Пайка таких элементов традиционными методами осуществляется нагревом непосредственно корпуса и одновременным подогревом печатной платы, что может негативно отразиться на рабочих характеристиках микросхемы, вызвать коробление печатной платы и снизить ресурс работы устройства. Индукционная пайка позволяет осуществлять нагрев только припойных шариков BGA-компонентов. Это позволяет осуществлять процесс пайки без перегрева печатной платы и корпуса компонента [2].

В науке и технике постоянно приходится сталкиваться с проблемой расчета систем, имеющих сложную геометрическую конфигурацию и нерегулярную физическую структуру. Компьютеры позволяют выполнять такие расчеты при помощи приближенных численных методов. Метод конечных элементов (МКЭ) является одним из них. В последние десятилетия он занял ведущее положение и получил широкое применение.

Моделирование производилось в пакете COMSOL Multiphysics [3]. Шарiki припоя диаметром 0,76 мм закрепляются на контактных медных площадках платы из стеклотекстолита FR4 толщиной 1,5 мм и между контактными площадками проложены медные дорожки толщиной 0,2 мм. Плата находится на зазоре нагрева магнитопроводов из ферритов с расстоянием 5 мм. Магнитопровод выполнен из феррита с вырезом под печатную плату. Модель индукционного нагрева с открытым магнитопроводом и модель печатной платы с шариками припоя на медных контактных площадках представлена на рис. 1.

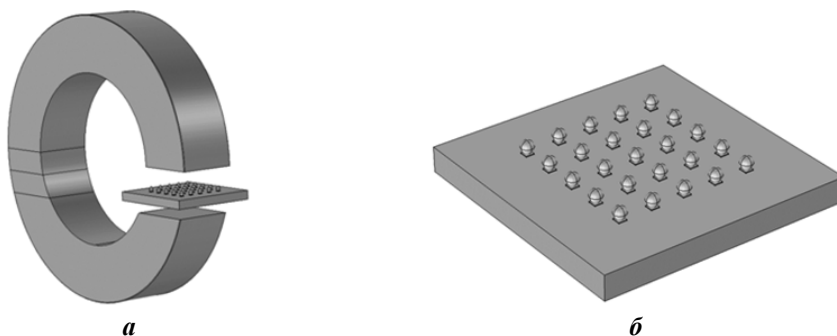


Рисунок 1. Модель индукционного нагревателя: *a* – модель индукционного нагревателя с открытым магнитопроводом, *б* – печатная плата с шариками припоя

На рис. 2. приведено распределение плотности магнитного потока в зазоре магнитопровода; на рис. 3 – распределение температуры в зоне индукционного нагрева.

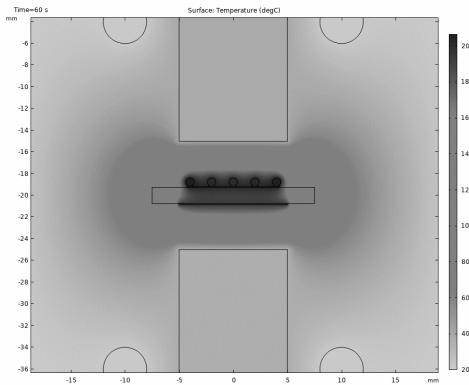


Рисунок 2. Распределение плотности магнитного потока в зазоре магнитопровода, Тл

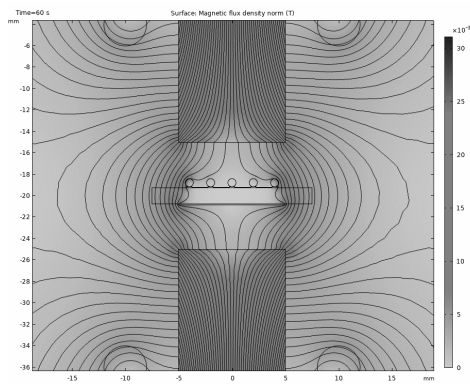


Рисунок 3. – Распределение температуры в зоне индукционного нагрева, °С

Из рис. 2, 3 видно, что в зазоре магнитопровода, при заданных значениях, крайние шарики припоя нагреваются сильнее из-за неравномерного распределения плотности магнитного потока. Из этого можно сделать вывод, что геометрия, форма и размеры магнитопровода оказывают влияние на равномерность нагрева шариков припоя.

Зависимости на рис. 4. показывают, что увеличение частоты тока в индукторе приводит к увеличению эффективности нагрева шариков припоя.

При значениях тока в индукторе выше 1.1 А происходит чрезмерный перегрев шариков припоя, что негативно скажется на качестве пайки. А значит в частотном диапазоне от 440 кГц до 732 кГц требуется невысокая мощность индуктора 20–40 Вт.

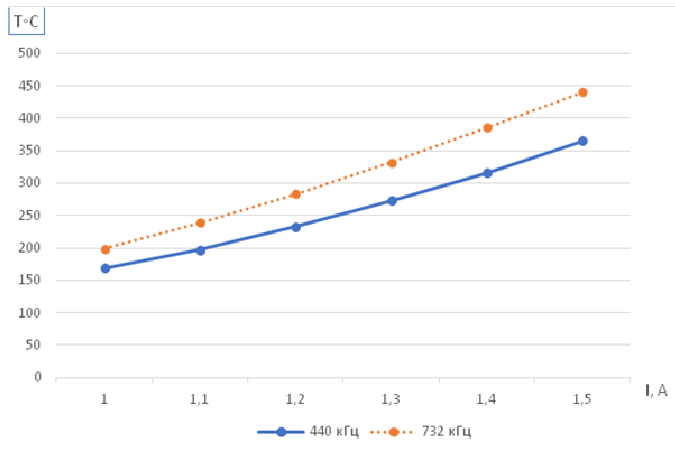


Рисунок 4. Зависимости температуры шариков припоя от силы и частоты тока в индукторе

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Моделирование индукционной пайки в зазоре магнитопровода показало, что магнитопровод концентрирует магнитный поток в зоне пайки, что позволяет добиться равномерности нагрева шариков припоя. Геометрические размеры и форма магнитопровода оказывают влияние на распределение плотности магнитного потока, который в свою очередь влияет на равномерность нагрева шариков припоя.

В результате моделирования тепловых полей шариков припоя в зазоре магнитопровода получены оптимальные значения тока в индукторе 0.9–1.2 А, при значениях тока выше 1.2А происходит перегрев шариков припоя. В диапазоне частот от 440 кГц до 732 кГц мощность индуктора 20–40 Вт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Liu, C., Lee, C. and Chiang, K. Enhancing the reliability of wafer level packaging by using solder joints layout design// IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, 2006, Vol. 29 No. 4, pp. 877–885.
2. Ланин, В. Формирование шариковых микровыводов припоя с использованием лазерного излучения для Flip-Chip монтажа / В. Ланин, И. Петухов, Ф. В. Тунг // Технологии в электронной промышленности. – 2020. – № 6. – С. 32–38.
3. Ланин, В. Л. Высокочастотный электромагнитный нагрев для пайки электронных устройств / В. Л. Ланин // Технологии в электронной промышленности. – 2007. – №5. – С. 46–49.
4. COMSOL Multiphysics® [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.comsol.ru/comsol-multiphysics>.

МАГНИТНЫЕ И ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ ИНДАТА ЛАНТАНА

Е. К. Юхно, Г. С. Петров, **Л. А. Башкиров**

*Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а,
220006 Минск, Беларусь, e-mail: palma-2010@yandex.ru*

Получены и исследованы твердые растворы на основе LaInO_3 , легированного ионами редкоземельных элементов Pr^{3+} , Eu^{3+} , Sm^{3+} . Исследованы магнитная восприимчивость, намагниченность твердых растворов на основе LaInO_3 с содержанием этих ионов не более 10 ат. %. Установлено, что из-за малого содержания парамагнитных ионов Pr^{3+} , Eu^{3+} , Sm^{3+} парамагнитный вклад этих ионов в намагниченность и магнитную восприимчивость отличается незначительно от диамагнитного вклада LaInO_3 . При комнатной температуре и температуре кипения жидкого азота получены спектры фотолюминесценции образцов. Показано, что снижение температуры приводит к изменению соотношения интенсивностей полос фотолюминесценции на спектрах. Для увеличения интенсивности излучения ионов редкоземельных элементов были введены в качестве сенсбилизаторов ионы Sb^{3+} . Установлено, что такое легирование индатов ионами Sb^{3+} приводит к значительному увеличению интенсивности полос фотолюминесценции ионов Pr^{3+} , Sm^{3+} , Eu^{3+} .

Ключевые слова: индаты; твердые растворы; намагниченность; магнитная восприимчивость; фотолюминесценция.