

УДК 621.396.6

## МОНТАЖ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ПО ТЕХНОЛОГИИ FLIP-CHIP С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

Хацкевич А.Д., Ланин В.Л.

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

**Аннотация.** Рассмотрен процесс монтажа интегральных схем по технологии FLIP-CHIP с применением индукционного нагрева. Для локализации нагрева применен медный концентратор и ферритовые кольца. Инвертор построен по энергоэффективной схеме на основе ZVS-генератора. Установлено, что концентраторы вихревых токов и ферритовые кольца повышают скорость и равномерность нагрева. Скорость нагрева составила 3.7 °C/с при мощности 30 Вт.

**Ключевые слова:** индукционный нагрев, ZVS-генератор, пайка, термопрофиль.

## MOUNTING OF INTEGRATED CIRCUITS BY FLIP-CHIP TECHNOLOGY USING INDUCTION HEATING

Khatskevich A., Lanin V.

*Belarusian state university of informatics and radioelectronics  
Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** The process of mounting an integrated circuit using FLIP-CHIP technology using induction heating is considered. A copper concentrator and ferrite rings are used to localize the heating. The inverter is built according to an energy-efficient scheme based on a ZVS-generator. It has been established that eddy current concentrators and ferrite rings increase rate and uniformity of heating. The heating rate was 3.7 °C/s at a power of 30 W.

**Key words:** induction heating, ZVS-generator, soldering, thermal profile.

*Адрес для переписки: Ланин В.Л., ул. П. Бровки, 6, г. Минск 220013, Республика Беларусь  
e-mail: vlanin@bsuir.by*

**Введение.** Создание межсоединений между многослойными структурами 2,5 и 3D электронных модулей посредством объемных припойных шариковых выводов в современной микроэлектронике является сложной технологической задачей. Для формирования массива шариковых выводов на печатной плате необходимо правильно выбрать материалы и способ нагрева. Несоблюдение термического профиля нагрева приводит к увеличению риска теплового повреждения компонентов и значительно увеличивает количество дефектов. 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 нагрева, скорость нагрева, пониженные затраты энергии [1].

**Практическая часть.** Индуктор выполнен по схеме ZVS (Zero Voltage Switch)-генератора, работающего в импульсном режиме. Импульсный режим обладает высоким КПД, низким уровнем потерь, что важно для преобразователей среднего высокого диапазона мощностей [2].

Структурная схема прототипа инвертора на ZVS-генераторе представлена на рис. 1. При бесконечно коротком времени переключения динамические потери мощности отсутствуют, и все напряжение падает непосредственно на индуктивности коммутируемой цепи. В реальных схемах размыкание ключа, пропускающего ток, невозможно без преобразования энергии, запасенной в индукторе. Преобразование не происходит только в том случае, когда ток равен нулю. Такое состояние называется пассивным выключением,

так как момент перехода через ноль зависит от характера протекания тока в конкретной цепи, а участвующий в нем транзистор является коммутатором нулевого тока ZCS (Zero Current Switch).

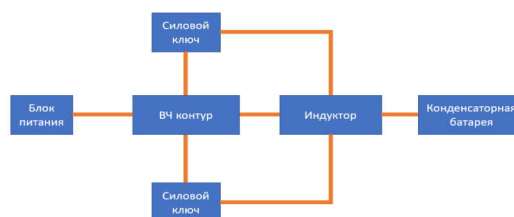


Рисунок 1 – Структурная схема ZVS генератора

При нулевом напряжении включение происходит в «идеальном» режиме без рассеяния мощности. Как и в предыдущем случае, оно является пассивным, поскольку форма напряжения на транзисторе определяется конкретной схемой, и оно принимает нулевое значение только в определенные моменты времени. Работающий таким образом ключ, соответственно, называется коммутатором нулевого напряжения ZVS. Ключи с коммутацией при нулевом напряжении (ZVS) разрабатываются исходя из возможности активного выключения и пассивного включения при спаде напряжения до нуля. Активное запаривание с малыми потерями достигается благодаря установке параллельно ключу достаточно высокой емкости. По сравнению с режимом HS снижение потерь здесь обеспечивается только при одном способе управления, как и в предыдущем случае: это PSM. Меньший уровень рассеиваемой мощности, однако, позволяет работать на более высоких частотах, чем при «жестком» переключении. Они также могут быть использованы в устройствах с

циклическим переключением, примером которых является параллельный резонансный конвертер с форсированным напряжением. Сопротивление  $R_{load}$  определяет активную составляющую нагрузки, включенную последовательно резонансной цепи.

Частота генератора была выбрана 630 кГц. Для локализации магнитного поля в схеме использованы ферритовые кольца марки 2000НМ. Под платой расположены концентраторы вихревых токов, выполненные из меди, которые позволяют добиться локализации электромагнитной энергии в зоне пайки. В качестве испытуемого образца выбран чип оперативной памяти (рис. 2).



Рисунок 2 – Чип оперативной памяти

При помощи BGA-трафарета, подобранного под чип, на контактные площадки печатной платы была нанесена паяльная паста Mechanic XGSP80.



Рисунок 4 – TPM-210

Контроль температуры проводился при помощи измерителя TPM-210 и подключенного к нему термодатчика, данные с которого передаются на компьютер по шине RS-485 (рис. 4) для последующей обработки данных. Ток составил 2,6 А при напряжении 10,5 В. Сформированные шарики припоя соответствуют размерам контактной площадки и имеют правильную форму и блестящую

УДК 621.789

## ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ТИТАНА И ЕГО СПЛАВОВ В МЕДИЦИНЕ

Храмкова А.С., Филонова М.И.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В данной статье проводится исследование в области технологии изготовления и обработки титана и его сплавов, а также их применение для изготовления изделий медицинского назначения.

**Ключевые слова:** титан, титановые сплавы.

## FEATURES OF MANUFACTURING AND APPLICATION OF TITANIUM AND ITS ALLOYS IN MEDICINE

Khramkova A., Filonova M.

Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** This article conducts research in the field of technology for the manufacture and processing of titanium and its alloys, as well as their application for the manufacture of medical products.

**Key words:** titanium, titanium alloys.

Адрес для переписки: Храмкова А.С., ул. Балтийская, 4, Минск 220028, Республика Беларусь  
e-mail: alinahramkova.com@gmail.com

поверхность, что свидетельствует об отсутствии перегрева (рис. 6). Термопрофиль пайки представлен на рис. 5.

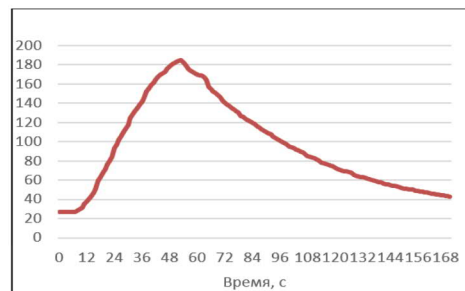


Рисунок 5 – Термопрофиль пайки

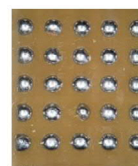


Рисунок 6 – Внешний вид сформированных шариков припоя на печатной плате

Таким образом, использование медных концентраторов вихревых токов и ферритовых колец позволяет повысить эффективность нагрева за счет концентрации электромагнитного поля в зазоре между катушкой индуктора и замкнутым магнитопроводом. Скорость нагрева 3,7 °C/с при мощности индуктора 30 Вт.

### Литература

1. Ланин, В. Л. Высоочастотный электромагнитный нагрев для пайки электронных устройств / В.Л. Ланин // Технологии в электронной промышленности. 2007. – № 5. – С. 162–167.
2. Основы силовой электроники: импульсные режимы работы / А. Колпаков [и др.] // Силовая электроника. – 2013. – № 2. – С. 46–52.