

практической конференции. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – С. 331–345.

3. Fabrication of tantalum oxide layers onto titanium substrates for improved corrosion resistance and cytocompatibility / G. Xu [et al.] // *Surface & Coatings Technology*. – 2015. – Vol. 272. – P. 58–65.

4. Свириденко, А. И. Механика дискретного фрикционного контакта / А. И. Свириденко, С. А. Чижик, М. И. Петроковец. – Мн. : Наука и техника, 1990. – 272 с.

5. Johnson, R. E. Contact angle, wettability and adhesion / R.E. Johnson, Jr., R. H. Dettre // *Amer. Chem. Soc.* – 1964. – Vol. 43. – P. 112–135.

УДК 621.373.52

### УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ЦИКЛА ФОРМИРОВАНИЯ ПРОВОЛОЧНОГО МЕЖСОЕДИНЕНИЯ В АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ МИКРОСВАРКИ

Петухов И.Б., Кипарин И.Н.

ОАО «Планар-СО»  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Для повышения надежности работы автоматического оборудования монтажа проволочных выводов предложена методика контроля полного цикла присоединения за счет прозвонки полупроводниковой структуры кристалла биполярным сигналом, подаваемым на присоединяемую проволоку при монтаже методом «шарик-клин». Установлено, что предложенная методика позволяет обнаруживать такие дефекты, как обрывы, неприсоединение проволоки к контактным площадкам кристалла или корпуса.

**Ключевые слова:** катушка с золотой (медной) проволокой, капилляр для микросварки, ультразвуковой преобразователь, термозвуковая микросварка «шарик-клин», зажим проволоки.

### CONTROL UNIT FOR THE WIRE INTERCONNECTION FORMING CYCLE IN AUTOMATIC MICRO-BONDING SYSTEMS

Petuhov I., Kiparin I.

OJSC «Planar-SO»  
Minsk, Belarus

**Abstract.** To increase reliability of automatic equipment for wire bonding the method of control full cycle of wire loop forming by checking conductivity of a semiconductor crystal structure with bipolar signal applied to a bonding wire is offered. It is established, that the offered method allows to detect such defects, as breaks, non-connection of a wire to contact pads of a crystal or the case.

**Key words:** spool with gold (copper) wire, capillary for micro-bonding, ultrasonic transducer, thermosonic micro-bonding “ball-wedge”, wire clamp.

Адрес для переписки: Петухов И.Б., пр.Партизанский 2/6, г. Минск 220033, Республика Беларусь  
e-mail: petuchov@kbtcm.by

Проволочный монтаж золотой (медной) проволокой методом «шарик-клин» в микроэлектронике является наиболее используемым ввиду его надежности и высокой производительности [1]. В настоящее время производительность процесса достигнута компанией Kulicke and Soffa до 10–16 выводов в секунду [2].

При монтаже проволочных выводов в автоматическом режиме подразумевается, что контроль за качеством и надежностью техпроцесса полностью возложен на управляющую систему автомата присоединения выводов. Контроль может осуществляться как визуально с помощью встроенной системы машинного зрения после обработки прибора на позиции присоединения, так и с помощью специальных сенсоров или устройств контроля, позволяющих своевременно обнаружить дефект в виде отслоения точки сварки или обрыв проволоки в процессе формирования вывода и выдать сигнал сбоя для остановки работы автомата. Такой контроль необходим для исключения воздействия сварочным капилляром

без проволоки (в случае ее обрыва) на контактные площадки кристалла и 100 % определения наличия вывода в цикле монтажа.

Для решения данной задачи предлагается устройство контроля обрыва перемычки (УКОП), основанное на прозвонке структуры кристалла биполярным сигналом, подаваемым на присоединяемую проволоку, которая, в свою очередь должна быть механически изолирована от корпуса (земли) автомата. Принцип работы устройства контроля поясняется на рис. 1.

Вход устройства контроля присоединен к зажиму проволоки, выполненного из металлических пластинок (губок), за счет чего обеспечивается электрический контакт проволоки с устройством контроля. Присоединяемая проволока сматывается с катушки и пропускается через керамический капилляр, под торцем которого формируется в начале цикла присоединения оплавленный шарик. В цикле образования межсоединения первая точка начинается с присоединения шарика к контактной площадке кристалла,

затем с помощью интерполированного перемещения капилляра к второй точке присоединения образуется дугообразное межсоединение (проволочная петля).

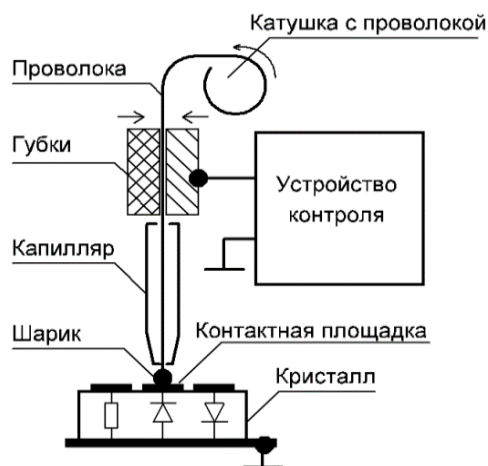


Рисунок 1 – Принцип работы УКОП

Учитывая тот факт, что топологическая структура полупроводникового кристалла представляет смешанную высокоимпедансную токопроводящую структуру относительно заземленного держателя кристалла, возможен контроль протекания измерительного тока положительной и отрицательной полярности через полупроводниковую структуру. Экспериментально установлено, что для одних кристаллов измерительный ток выше для положительной полярности, а для других - при отрицательной полярности. Амплитуда подаваемого биполярного измерительного напряжения не превышает 3,5 В и ограничена по току на уровне 6–7 мкА.

Таким образом, УКОП определяет отсутствие проводимости через P-N, N-P переходы полупроводниковых структур в случае обрыва (или отслоения точки сварки) соединения в течение перемещения капилляра от присоединенного шарика к контактной площадке кристалла до присоединения второй точки на выводе прибора.

Время отклика на аварийное событие при контроле определяется периодом биполярных измерительных импульсов микротока и не превышает значения 1 мс. При уменьшении проводимости ниже порогового значения, УКОП формирует гальванически развязанный сигнал «ОБРЫВ», поступающий на выход оптопары (рис. 2). УКОП имеет возможность гальванической развязки цепи питания от измерительной цепи. Структурная схема УКОП приведена на рис. 2.

УКОП работает следующим образом. Релаксационный генератор 1 формирует биполярное выходное напряжение формы меандр амплитудой порядка 3,5 В с периодом менее 1 мс. Это напряжение через токоограничивающий резистор R1 образует измерительный сигнал микротока не превышающего значение 7 мкА. Измерительный сигнал микротока поступает к зажимным губкам, образующим электрический контакт с проволокой.

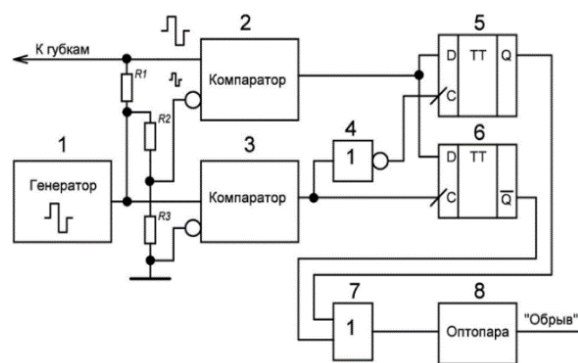


Рисунок 2 – Структурная схема УКОП

Цепь измерения от зажимных губок подключена к неинвертирующему входу компаратора 2. К инвертирующему входу компаратора 2 подключен делитель напряжения, выполненный на резисторах R2, R3, подключенный к выходу генератора 1. Делитель напряжения образует опорный уровень напряжения для контроля обрыва соединения. При превышении напряжения над уровнем контроля в случае дефекта в виде обрыва проволоки формируется сигнал логической единицы «ОБРЫВ». Следует отметить, что зажим (губки) фиксирует проволоку в процессе формирования межсоединения в определенных точках перемещения капилляра и опрос выходного сигнала УКОП управляющей системой автомата присоединения выводов производится в этих точках траектории перемещения капилляра.

Триггеры 5, 6 хранят состояния компаратора 2 при смене полярности выходного напряжения генератора 1. Далее сигналы с выходов триггеров 5, 6 поступают на входы элемента «2-ИЛИ» 7, на выходе которого формируется сигнал «ОБРЫВ», который поступает на вход оптопары 8 в случае обрыва проводника или дефекта точки сварки.

**Вывод.** Рассмотренное техническое решение исключает необходимость подбора (переключения) полярности для обеспечения оптимальной чувствительности при контроле формирования межсоединения.

### Литература

1. Петухов, И. Б. Технология и оборудование микросварки в производстве изделий электронной техники / И. Б. Петухов, В. Л. Ланин, В. А. Емельянов. – Минск : Интегралполиграф, 2021. – 186 с.
2. Aluminium wedge-wedge bonding using capillary and ball bonder / S. Murali [et al.] // 50<sup>th</sup> International Symposium on Microelectronics-Raleigh, NC USA, 2017.