

С. В. ГОНТОВОЙ

Украина, г. Алчевск

Дата поступления в редакцию
08.10.1997 г.
Оппонент Н. И. НИКИФОРОВ

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТОВ ВО ВРЕМЯ ПАЙКИ СОСТАВНЫХ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Регулирование напряженности поляризующего поля позволяет снизить вероятность пробоя пьезоэлементов при пайке к металлическому основанию.

The intensity control of polarizing field allows to reduce the probability of the break-down of the piezoelectric elements during soldering to the metal basis.

Составные пьезокерамические преобразователи (СПП) являются важнейшим узлом электромеханических фильтров, во многом определяя такие существенные параметры указанных изделий как температурная и временная стабильность, вносимое затухание. В процессе изготовления СПП ощутимое влияние на их качество оказывает выбор оптимальных технологических режимов при пайке керамических преобразователей к металлическому резонатору.

Совершенствованию технологического процесса изготовления СПП в значительной мере послужило создание специальной технологической установки, позволяющей устранить температурную деполяризацию пьезокерамических элементов путем подачи на них постоянного поляризующего напряжения при пайке [1]. Однако при использовании установки возникает ряд проблем, в частности, определение и регулирование величины поляризующего напряжения и длительности нагрева в зависимости от состояния объекта. Устранению подобных затруднений могут способствовать разработки, предлагаемые в статье.

Для принципиального решения указанных проблем необходимо выделить очень важный момент — зависимость для пьезоэлемента напряженности пробивного электрического поля от температуры. Известно, что с увеличением температуры напряженность пробивного поля уменьшается [2]; однако для того, чтобы действие поляризующего напряжения было эффективным, к пьезоэлементам необходимо прикладывать достаточно сильные электрические поля (до 10 кВ/см), которые способны вызвать пробой пьезоэлемента при нагреве.

На рис. 1 показана зависимость напряженности пробивного электрического поля пьезокерамики от температуры (кривая $E_{пр}$). Зависимости E_c и E_v иллюстрируют два способа поляризации пьезоэлементов: постоянным по величине полем (E_c) и по-

лем, изменяющимся в зависимости от температуры (E_v). При поляризации постоянным по величине напряжением возможно возникновение пробоя пьезоэлемента при температуре T_0 , меньшей температуры плавления припоя ($T_{мп}$).

На рисунке зависимость $E_{пр}(T)$ показана схематично, реально она описывается выражением вида [2]

$$\lg E_{пр} = \frac{B_l}{T} + D,$$

где B_l — коэффициент, зависящий от габаритных размеров образца;

D — постоянная, не зависящая от температуры.

На рис. 2 приведена структурная схема устройства для пайки составных пьезокерамических преобразователей, которая обеспечивает регулирование напряжения поляризации пьезоэлементов в зависимости от их температуры [3].

Источник поляризующего напряжения (ИПН) вырабатывает напряжение для поляризации пьезоэлементов СПП, обратная связь 1 (ОС1) применяется для определения момента расплавления припоя и отключения устройства нагрева (УН), обратная связь 2 (ОС2) используется для регулирования напряжения поляризации в зависимости от температуры пьезокерамики. Особенностью данного устройства является то, что при помощи обратных связей ОС1 и ОС2 формируются управляющие воздействия на основании состояния пьезокерамических элементов.

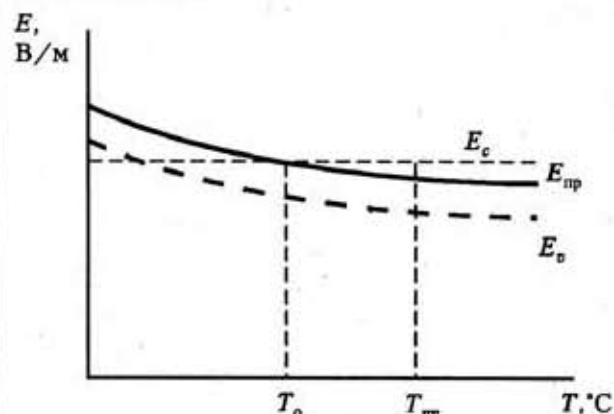


Рис. 1. Зависимость электрической прочности пьезокерамики от температуры:

$E_{пр}$ — без поляризации; E_c — при поляризации постоянным электрическим полем; E_v — при поляризации полем, изменяющимся в зависимости от температуры пьезоэлемента; $T_{мп}$ — температура плавления припоя

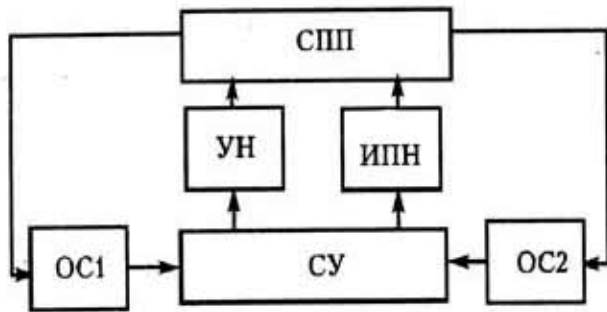


Рис. 2. Структурная схема устройства для пайки СПП

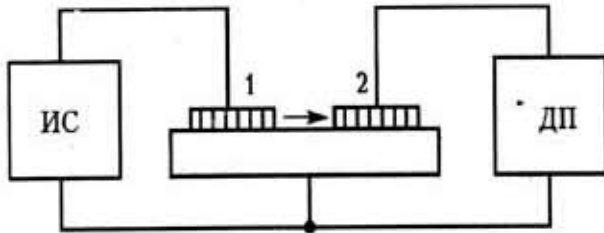


Рис. 3. Схема, поясняющая способ контроля температуры

Конкретная техническая реализация обратных связей ОС1 и ОС2 определяется спецификой паяемого объекта. Исходя из конструкции и принципа работы СПП, было предложено использовать принцип приема-передачи тестового сигнала между пьезоэлементами для определения температуры объекта и момента расплавления припоя. Схема, приведенная на рис. 3, поясняет этот принцип (здесь ИС – источник сигнала; ДП – детектор-преобразователь; стрелкой показано направление прохождения сигнала).

Схема функционирует следующим образом: под действием сигнала от ИС пьезоэлемент 1 совершает колебания растяжения-сжатия, возбуждая при этом изгибные колебания в металлическом резонаторе; это приводит к деформированию пьезоэлемента 2 и появлению на его обкладках электрического напряжения, пропорционального приложенному к пьезоэлементу 1. В блоке ДП сигнал детектируется и обрабатывается.

В ходе экспериментов было установлено, что в момент плавления припоя сигнал на входе ДП исчезает; этот эффект объясняется тем, что слой расплавленного припоя, который находится между пьезоэлементом и резонатором, не передает упругую деформацию. При дальнейшем изучении данного вопроса была замечена зависимость между температурой СПП и напряжением на входе ДП. Очевидно, что эта зависимость определяется влиянием температуры на частотные и механические параметры СПП (такие как резонансная частота и добротность), которое приводит к смещению частот резонанса и антирезонанса пьезоэлементов и, как следствие, к изменению вносимого затухания.

Описанные эффекты легли в основу идеи создания автоматического устройства для поляризации пьезоэлементов во время пайки. Структурная схема устройства изображена на рис. 4.

Устройство функционирует следующим образом: сигнал на выходе СПП усиливается, поступает на выпрямитель, затем на коммутатор, который синхронизирует работу устройства и осуществляет переключение сигнала. В интервале выборки, задаваемом коммутатором, амплитудное значение сигнала на выходе выпрямителя запоминается в пиковом детекторе (ПД); в интервале хра-

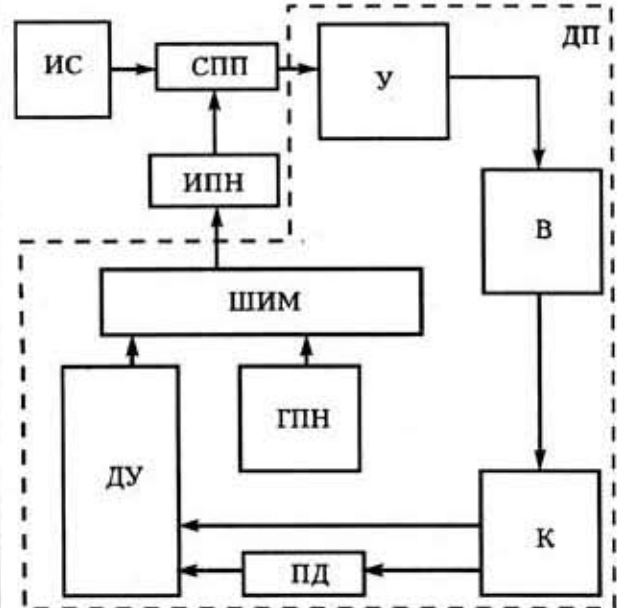


Рис. 4. Структурная схема автоматического устройства для поляризации пьезоэлементов СПП во время пайки: ИС – источник сигнала; ДП – детектор-преобразователь; СПП – составной пьезокерамический преобразователь; У – усилитель; В – выпрямитель; К – коммутатор; ПД – пиковый детектор; ДУ – дифференциальный усилитель; ГПН – генератор пилообразного напряжения; ШИМ – широтно-импульсный модулятор; ИПН – источник поляризующего напряжения

нения текущее значение сигнала сравнивается с хранящимся в ПД. На основании этих двух величин дифференцированный усилитель (ДУ) вырабатывает сигнал рассогласования, который, совместно с сигналом от генератора пилообразного напряжения, управляет режимом работы широтно-импульсного модулятора. Сигнал от широтно-импульсного модулятора управляет источником поляризующего напряжения.

Сигнал рассогласования на выходе ДУ может появиться только в том случае, если напряжение на выходе выпрямителя и пикового детектора различается по величине. В данном устройстве такая ситуация возможна только при изменении сигнала на выходе СПП, зависящего от температуры. Таким образом осуществляется обратное пропорциональное регулирование напряжения поляризации пьезоэлементов в зависимости от температуры СПП.

Предложенная схема устройства для поляризации пьезоэлементов составных пьезокерамических преобразователей позволяет повысить эффективность процесса поляризации во время пайки и улучшить повторяемость параметров СПП.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Пат. 2041776 России. Способ пайки керамики с металлом / Ю. Э. Паэранд, В. А. Кулик. – Оpubл. в Б. И., 1995, № 23.
2. Поляризация пьезо керамики / Под ред. Е. Г. Фесенко. – Ростов-на-Дону : Изд-во РГУ, 1968.
3. Гонтовой С. В., Паранид Ю. Э. Устройство для пайки составных пьезо керамических преобразователей // Междунар. науч.-техн. конф. «Силовая электроника в решении проблем ресурсо- и энергосбережения». Сб. тр. – Алушта : 1996. – С. 21