

## ОТБРАКОВОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЛАСТИКОВЫХ КАРТ

Л.М. ЛЫНЬКОВ, Т.Г. ТАБОЛИЧ

В настоящее время электронные пластиковые карты (ЭПК) получили широкое распространение в таких областях человеческой деятельности как коммуникационная, финансово-экономическая, торговая, бытовая. При эксплуатации ЭПК имеют место сбои и отказы в работе. Целью данной работы являлось выявление потенциально ненадежных элементов ЭПК.

Анализ этих отказов может решать следующие задачи:

1. Установление видов отказов на этапах производства, испытаний и эксплуатации. Обобщение данных по отказам.
2. Изучение количественных изменений во времени.
3. Составление гипотез о механизме отказа и его причинах. Проведение исследований для подтверждения предполагаемых гипотез.
4. Анализ отказов на этапах производства, испытаний и эксплуатации.
5. Разработка принципов неразрушающих методов определения потенциально ненадежных ИС на основе результатов исследований механизмов отказов.
6. Разработка рекомендаций по устранению причин отказов определенного вида.

В результате анализа причин отказов появляется возможность совершенствования технологии изготовления модулей. Для осуществления анализа на первом этапе производился сбор данных о ЭПК, возвращенных с МЦК РО «Белтелеком» с февраля по август. Данные карты были забракованы покупателями и отправлялись изготовителю (УП «ЦНИИТУ») в сопровождении необходимой документации.

Анализ отбракованных карт показал, что часть ЭПК не отвечали стандартам предприятия изготовителя, а остальные вполне работоспособны и могут продолжать выполнять свои функции. Все карточки были отсортированы по виду дефектов. Сортировка проведена по 4 категориям, что не дает полной картины причин отказов ЭПК. Поэтому был проведен вторичный анализ с целью раскрытия наиболее полной картины причинно-следственных связей отказов модулей с привлечением статистических методов.

Данный анализ проводили по развернутой схеме. Были учтены все виды дефектов, обрывы выводов, переменный характер отказов, не пройденная аутентификация и проч.

Выборка составила 1931 шт. Карты в количестве 1634 шт. признаны негодными по причине электрических механических повреждений контактов и кристалла электронной пластиковой карточки (обрывы контактов). Всего получили 34 категории, по которым классифицировались отказы.

Как показывает общая статистика брака телефонных карточек серий 02-17, 30 % брака карточек занимают обрывы выводов (в эту категорию входят все обрывы, которые наблюдались во время эксперимента).

Данная методика сбора данных позволила сделать выводы о надежности данного вида электронных пластиковых карточек предназначенных для оплаты услуг телефонной сети посредством таксофона.

Таким образом, в процессе расширенного анализа отказов ТЭПК выявляются ранние отказы всех видов — как устойчивые, так и перемежающиеся [1]. Ресурсные отказы практически выявить невозможно, так как срок службы ЭПК до ее разрушения намного превышает срок ее эксплуатации (срок расхода заложенных в ЭПК тарифных единиц). В [1] кратко описаны исследования по анализу отказов телефонных электронных пластиковых карт (ТЭПК) (УП «ЦНИИТУ»). На втором этапе для выявления механизма и причин отказа проведены исследования на выборке из 20 карт. В первую очередь проведено рентгенографическое исследование, которое не выявило дефектов кристалла. Далее провели вскрытие корпуса микромодуля ТЭПК.

На рис. 1 показан внешний вид кристалла, из которого видно, что карточки с различными отказами имели расколы микрочипа в различных местах, однако основные части не деформированы.

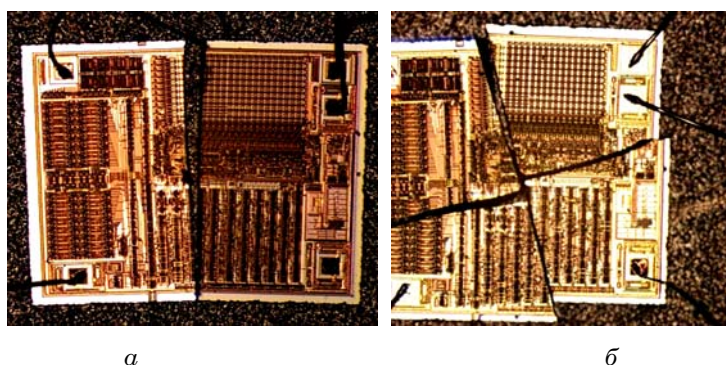


Рис. 1. Внешний вид модулей ТЭПК с различными видами отказов: *а* — отказ обрыв выводов, ключ 01; *б* — брак, полный отказ

Сделано предположение о нарушении целостности кристалла из-за различных температурных коэффициентов используемых меди и кремния. Толщина медного слоя меди 50 мкм, кристалла 180 мкм. Известно, что температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) меди равен  $17 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , кремния  $2,55 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  [2]. По технологии изготовления кристалла можно сказать о том, что все легированные и диффузионные зоны занимают приблизительно 30 % от всего кристалла. Таким образом, 2/3 кристалла составляет кремний, поэтому целесообразно рассматривать свойства ИС как свойства кремния. По причине неодинакового расширения меди и кремния возникают механические напряжения, особенно при использовании на производстве клея ВК-26М для посадки кристалла к медному основанию [3]. Предположительно при повышении температуры появляются различные механические напряжения, медное основание изгибается в ту или иную сторону для компенсации напряжений. Медь имеет металлическую, кристаллическую кубическую гранецентрированную решетку, за счет этого уровень ее пластичности высок и она деформируется. Так как ТКЛР меди на порядок больше, то степень изменения физического состояния больше чем у кремния.

На рис. 2 представлена схема изменения напряженно-деформированного состояния элементов конструкции микромодуля ТЭПК. Из-за жесткой сцепки и невозможности изгиба кристалл кремния ломается, так как кремний более хрупкий материал. В подтверждение данной гипотезы, чтобы уменьшить процент брака, связанный с данным

механизмом отказа, предложено ввести в технологический процесс сборки ЭПК дополнительные отбраковочные испытания. Термоциклирование происходит с протеканием процессов, таких как: изменение электрофизических параметров материалов, изменение механических напряжений в местах сопряжения разнородных материалов. Возможным результатом воздействия являются нестабильность электрических параметров обрывы и короткие замыкания.

Для проведения операции термоциклирования использовалась камера тепла КТХ-0,4-350 Я7М2.700.009, стол бестумбовый, часы, электронные пластиковые карточки в межоперационной таре. Схема измерений приведена на рис. 2.

Поскольку термоциклирование проводится на всей карте целиком, условия для проведения эксперимента рассчитывались с учетом максимальных температур, выдерживаемых модулем ТЭПК. Проводились 6 циклов испытаний с граничными температурами  $-50^{\circ}\text{C}$ ,  $+50^{\circ}\text{C}$ . Испытываемые модули для ТЭПК производства «ЦНИИТУ-КАРТ» в количестве 2880 шт. разделены на две партии — одна контрольная, в процесс сборки другой партии введена операция термоциклирования с заданными выше параметрами. Операция термоциклирования выполнена после операции термовыдержки. По завершению эксперимента сравнивалось количество отбракованных карточек после технологического процесса сборки с применением операции термоциклирования и без данной операции.

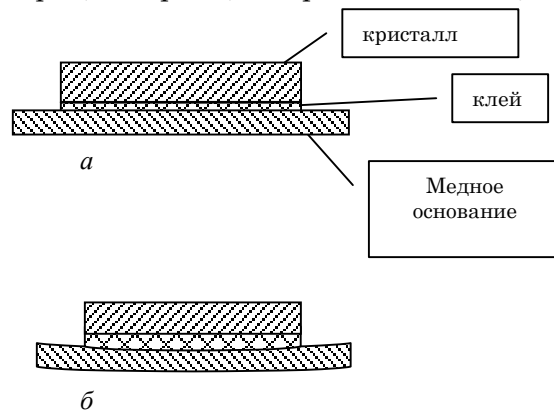


Рис. 2. Схематическое изображение напряженно-деформированного состояния элементов конструкции модуля ТЭПК: а — при нормальной температуре; б — при повышенной температуре

В результате эксперимента установлено, что количество бракованных карт партии, сборка которых происходила по предложенному нами маршруту, с внедрением в технологический процесс сборки операции термоциклирования на 25 % больше, чем количество карточек прошедших сборку в обычных условиях.

В результате проведенных исследований показано, что уровень возвратов от потребителей снижается, как и материальные затраты на обслуживание вторичного брака.

### Литература

1. Вечер Д.В., Таболич Т.Г. Оценка фактической надежности телефонных ЭПК относительно перемежающихся отказов // Известия Белорусской Инженерной Академии. 2003. Вып. 1(15)/3. Ч. 3. С. 60–62.
2. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. М., 1975.
3. Емельянов В.А. Корпусирование интегральных схем. Мн., 1998.