

УДК 621.385.833

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ЧИП-КОНДЕНСАТОРОВ

Вертинский Ю.Ф.¹, Волкенштейн С.С.¹, Петухов И.Б.¹, Хмыль А.А.²

¹ ОАО «ПЛАНАР-СО», Минск, Республика Беларусь

² УО «БГУИР», Минск, Республика Беларусь

Эксплуатационная надёжность (длительный срок активной жизни, высокий показатель вероятности безотказной работы) радиоэлектронных и электронно-вычислительных модулей, входящих в состав устройств спецназначения, зависит от множества факторов. Решая труднейшую и первостепенную задачу радиационной стойкости радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), применяемой в оборудовании, эксплуатируемом в экстремальных условиях, подразумевается, что качество сборки монтажных конструкций данной РЭА не вызывает нареканий. Однако опыт работы проведения неразрушающего контроля неразъёмных соединений и диагностики отказов модулей такого типа показывает, что зачастую не уделяется должного внимания качеству керамических чип-конденсаторов.

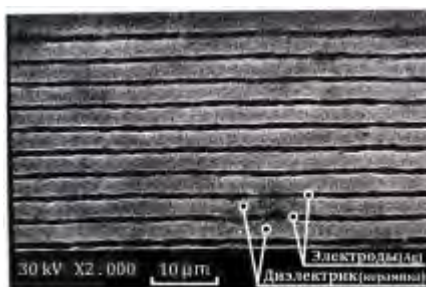


Рисунок 1 – Рентгенограмма многослойной конструкции чип-конденсатора (фирма «Murata»)

Такая разновидность конденсаторов представляет собой сложную многослойную конструкцию из неразъёмных соединений «металл-диэлектрик» (рис. 1). Мировая технологическая тенденция увеличения ёмкости конденсаторов направлена на увеличение числа слоёв «металл-диэлектрик» с одновременным уменьшением толщины этих слоёв (рис. 2).

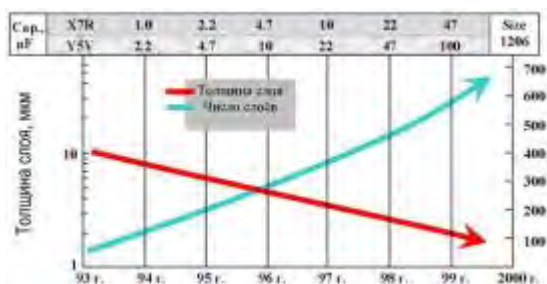


Рисунок 2 – Мировая тенденция увеличения ёмкости чип-конденсаторов (типоразмер 1206, керамика X7R и Y5V) (фирма «Murata»)

Выборочный контроль сплошности многослойной структуры чип-конденсаторов различных производителей (France, Taiwan, Japan, Mexico, UK, USA, Netherlands, Czech, Malaysia, Germany), поставляемых на рынок электронных компонентов РБ компанией Farnell (рис. 3), а также других производителей (No name, «Монолит» РБ, «Кулон» РФ), проводился лазерным фотоакустическим неразрушающим методом (ФАМ) [1].



Рисунок 3 – Внешний вид и этикетка поставляемого компанией Farnell чип-конденсатора

Импульсное ($t_{имп}=10нс$) лазерное ($\lambda=337nm$, $P_{cp}=3мВт$) зондирование проводилось с шагом зондирования равным шагу сканирования $d_{зонд}=d_{скан}=50 мкм$, чувствительность к нарушению сплошности – $\geq 5 нм$. Лазерный фотоакустический отклик регистрировался, обрабатывался и визуализировался в виде 16-ти градационных цветных топограмм, на которых уровень максимальной сплошности отображается чёрным цветом, а пустоты – белым (рис. 4).

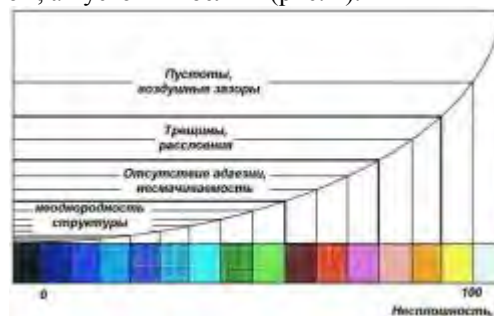


Рисунок 4 – Цветная 16-ти градационная шкала

Почти все зарубежные образцы оказались качественными. Гораздо больше претензий к качеству чип-конденсаторов отечественного производителя. Для сравнения ниже приведены типовые лазерные фотоакустические топограммы годных (рис. 5) и дефектных образцов

(рис. 6 а, b, с). Дефектные образцы отличаются несплошностью пакета многослойной конструкции «металл-диэлектрик» (различные степени расслоения, рис. 6 а), несплошностью внешних контактов, а также суммой этих двух вышеперечисленных дефектов (рис. 6 b, с), локализация которых топологически коррелирует с особенностью конструкции чип-конденсаторов.



Рисунок 5 – Этикетка, внешний вид (увеличено) и групповая лазерная фотоакустическая топограмма 4 качественных чип-конденсаторов (фирма «Murata»)

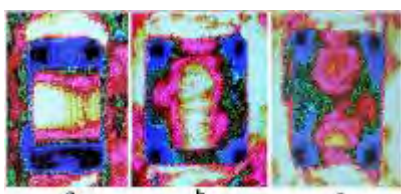


Рисунок 6 – Лазерные фотоакустические топограммы дефектных чип-конденсаторов



Рисунок 7 – Этикетка, внешний вид (увеличено) и лазерная фотоакустическая топограмма дефектного чип-конденсатора от японских производителей

Несплошность многослойной конструкции дефектных чип-конденсаторов может возникнуть как на стадии производственных технологических операций, так и в процессе деградации внутренней структуры вызванной релаксацией внутренних механических напряжений, химической эрозией, образованием прослоек химических соединений при отсутствии барьерного слоя, или его нарушении (перегрев не рассматривается). В связи с исследованием состояния барьерного слоя, было проведено определение количества Ni в конструкции чип-конденсаторов:

$$m_{Ni} = \frac{F_m}{\chi_g H \frac{dH}{dZ}},$$

где m_{Ni} – масса никеля в образце; F_m – магнитная сила, действующая на образец; χ_g – удельная магнитная восприимчивость никеля; H – напря-

жённость магнитного поля; $\frac{dH}{dZ}$ – градиент напряжённости магнитного поля. Измерения проводились в зоне изодинамичности ($\frac{dH}{dZ} = const$).

В некоторых образцах (No name, «Монолит» РБ, «Кулон» РФ) никель не обнаружен.

Наличие в конструкции чип-конденсатора дефектов в виде пустот, расслоений усиливает эффект электрострикции в переменном электрическом поле, что запускает механизм механического разрушения, генерации паразитных гармоник. С данной проблемой столкнулись конструкторы высококачественной звуковоспроизводящей аппаратуры при исследовании влияния различных компонентов на качество звука [2]. На испытуемый конденсатор подавали синусоидальное напряжение U_1 , исходя из выходного спектра (рис. 8) вычислялся нормированный коэффициент гармоник $K'_Г$ по формуле:

$$K'_Г = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{25} (U_k^2 \cdot \frac{k^2}{4})}}{U_1},$$

где U_1 – входное напряжение; U_k – напряжение k -той гармоники.

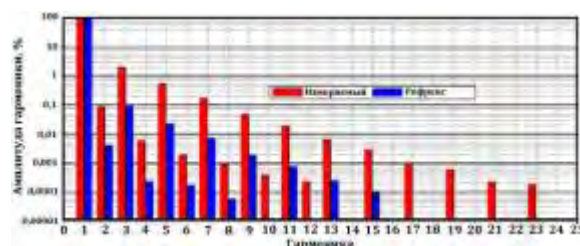


Рисунок 8 – Спектрограмма керамического конденсатора KM-5 [K10-73] (класс N90), $K'_Г=6,1\%$

По результатам данного исследования был сделан вывод: не использовать керамические конденсаторы в тракте сигнала и питания. Для сравнения у пленочного конденсатора K78-19 (полипропилен) нормированный коэффициент гармоник $K'_Г = 0,0049\%$.

Электронные устройства класса **Н** (стандартный уровень качества для аппаратуры военного назначения) и класса **К** (наивысший уровень надёжности) в США создаются с применением компонентов с подтверждённой надёжностью с обязательным испытанием пассивных компонентов по методу SLAM™ (растровая лазерная акустическая микроскопия).

1. Волкенштейн С.С., Хмыль А.А. Неразрушающие методы контроля качества монтажа полупроводниковых кристаллов в корпуса ИМС // Технологии в электронной промышленности. – №2. – 2011. – 18-22 с.
2. http://interlavka.narod.ru/stats/st_komponents.htm