

НОРМИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОБЪЕКТА К ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОСТОРОННИХ ЧАСТИЦ

Надежность устройств при случайных воздействиях нормируется путем задания уровня детерминированных воздействий, не вызывающих разрушения устройства (уровень прочности) или нарушения функционирования во время воздействия (уровень устойчивости).

Для устройства определены такие понятия, как вибропрочность и виброустойчивость, термопрочность и термоустойчивость, радиационная прочность и радиационная устойчивость.

Значительная часть отказов объектов радиоэлектроники и вычислительной техники (накопителей информации, считывающих устройств, миниатюрных электрокоммутационных элементов) вызвана посторонними частицами внутри оболочки изделия. Появление посторонней частицы в изделии — событие случайное. Так же случайно место появления подвижной посторонней частицы внутри оболочки. Появление частицы, как правило, обусловлено ее отсоединением от детали изделия под влиянием различных причин. Перемещение частицы, появившейся в данном месте, можно в течение некоторого времени считать детерминированным, определяемым конструкцией изделия и внешними воздействиями.

До настоящего времени по отношению к посторонним частицам решаются лишь задачи улучшения очистки деталей, контроля среды производственных помещений, обнаружения посторонних частиц в готовых изделиях. Особенности конструирования изделий, подверженных отказам, связанным с посторонними частицами, рассмотрены недостаточно.

Очевидно, что не каждое появление внутри изделия посторонней частицы приведет к нарушению функционирования. Перемещаясь внутри изделия, частица может попасть в область, где вызовет отказ, но может и не попасть в нее. Для каждой конструкции и для каждой точки возможного появления посторонней частицы при заданных воздействиях — причинах перемещения частицы внутри изделия — можно аналитически и экспериментально определить вероятность ее попадания в области, где она вызовет отказ. Эта вероятность зависит от конструкции. Можно представить себе объект, в котором посторонние частицы, появившиеся почти на любой из внутренних поверхностей, собираются в "ловушках" (на "поглощающих" поверхностях). Возможно и такое изделие, в котором посторонние частицы собира-

ются в области, где их накопление с высокой вероятностью приводит к нарушению функционирования. Следовательно, устойчивость к воздействию посторонних частиц является объективным свойством, качеством конструкции.

Обеспечение устойчивости к воздействию посторонних частиц и оценка качества новой разработки по этому показателю позволят повысить надежность продукции.

Устойчивостью изделия к воздействию посторонних частиц можно управлять, учитывая конкретные механизмы перемещения посторонних частиц и их влияния на функционирование. Это возможно путем:

— создания электрических, магнитных полей, полей вибрации деталей и акустических волн, препятствующих попаданию частиц в “чувствительные” точки и обеспечивающих перемещение случайно появившихся частиц в ловушки;

— уменьшения объема областей, “чувствительных” к появлению посторонних частиц;

— снижения вероятности отказа при попадании посторонних частиц в опасную область (например, дублированием воспринимающих элементов, увеличением критического порога нажатия или допустимого зазора между деталями).

Посторонние частицы в изделии могут перемещаться под воздействием электрических и магнитных полей. Более крупные частицы могут быть оторваны от поверхности деталей и перемещены внутри изделия под действием инерционных сил. Недопустима конструкция, “направляющая” посторонние частицы к считывающей головке или микроконтакту. Нельзя создавать условия для концентрации посторонних частиц в “чувствительных” точках из-за перераспределения их между узлами и пучностями стоячих волн вибрации на деталях типа пластин.

Количественно измерить устойчивость изделия к воздействию посторонних частиц можно величиной, обратной среднему количеству отказов на одну появившуюся внутри изделия постороннюю частицу при случайном распределении мест их появления на внутренних поверхностях и случайном распределении частиц по размерам и физическим свойствам веществ.

Эту величину можно назвать коэффициентом устойчивости и определить в предположении, что каждая частица способна вызвать более чем один отказ:

$$K_y = \frac{\text{Количество посторонних Частиц}}{\text{Количество отказов}} = \frac{1}{P_1 \int_S K_3 P_2 ds}. \quad (1)$$

Здесь P_1 — вероятность отказа при попадании посторонней частицы в опасную область; K_3 — коэффициент эмиссии частиц, равный вероятности появления частицы на элементарном участке ds внутренней поверхности, пересчитанной на единицу площади поверхности того же типа; P_2 — вероятность попадания частицы, появившейся на участке поверхности ds , в опасную область.

Чем больше коэффициент устойчивости, тем лучше конструкция.

По способности эмиттировать частицы внутренние поверхности можно подразделить на ряд типов, определяемых материалом поверхности, обработкой, воздействиями при эксплуатации. В предельном случае, при бесконечном увеличении учитываемого числа типов, можно говорить о зависимости эмиттирующих свойств от координат.

При конечном числе учитываемых типов поверхности

$$K_{3i} = \frac{P_{3i}}{S_i}; \quad P_{3i} = \frac{n_i}{N}; \quad N = \sum_i n_i, \quad (2)$$

где K_{3i} — коэффициент K_3 для поверхности типа i ; P_{3i} — вероятность появления частицы на поверхности типа i ; S_i — площадь поверхности типа i в изделии; n_i — количество частиц, эмиттируемых поверхностью типа i за определенное время; N — суммарное число частиц, появившихся внутри изделия за то же время.

Склонность конструкции концентрировать частицы в опасной области можно оценить, сравнивая расчетное значение K_y со значением $K_{y,0}$, полученным в предположении, что посторонние частицы оседают на внутренних поверхностях равномерно и каждая частица, попавшая в опасную область, вызывает отказ. Коэффициент

$$K_{y,0} = \frac{\text{Суммарная площадь внутренней поверхности}}{\text{Площадь опасной области}}$$

Проанализируем устойчивость к воздействию посторонних частиц конструкции язычкового магнитоуправляемого герметизированного контакта (рис. 1). К нарушению функционирования геркона приводит попадание посторонней частицы в зазор между язычками.

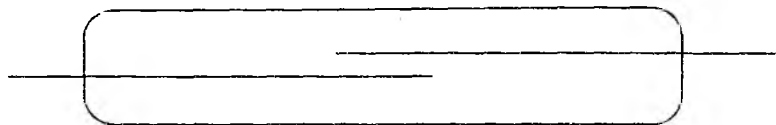


Рис. 1

Такие частицы могут появиться на внутренней поверхности колбы или на поверхности язычков.

Их дальнейшее движение происходит под действием кулоновской силы (для заряженных частиц), под действием объемной силы в магнитном поле, в электрическом поле, в поле вибрации язычков-электродов, в поле вибрации колбы.

Во всем объеме колбы геркона электрическое поле нарастает от периферии к контакту, а значит, объемная сила смещает посторонние частицы к контакту, где бы внутри колбы они ни находились.

Магнитное поле внутри геркона имеет в момент включения наибольшую напряженность в зазоре между язычками и довольно быстро убывает с удалением от него. В выключенном состоянии магнитного поля обычно нет. Поэтому в момент включения в зазор могут быть втянуты ферромагнитные частицы, оказавшиеся вблизи.

Крупные частицы, находящиеся на язычках-электродах, при соударении язычков и последующей их вибрации перемещаются в узлы у места заделки и к контакту. Направление меняется примерно на середине язычков.

При закреплении колбы в центральной части узел при вибрации колбы (изгибной) расположен посередине. Значит, частицы, находящиеся на колбе, стягиваются по направлению к контакту. Этот эффект значителен только для сравнительно крупных частиц.

Таким образом, при появлении посторонних частиц внутри колбы геркона вероятность их попадания в зазор весьма высока, что подтверждается экспериментально.

Примером решения, повышающего устойчивость изделия к воздействию посторонних частиц, является замена неподвижного контакта — контактной пружины 1 (рис. 2, *a* — старый вариант, рис. 2, *b* — новый).

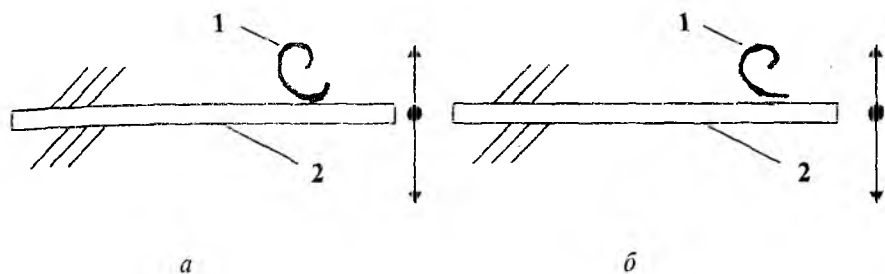


Рис. 2

Предложенное изменение конструкции при сохранении прочих элементов (в частности, подвижного контакта 2) значительно снизило количество отказов из-за посторонних частиц.

Таким образом, устойчивость к воздействию посторонних частиц — объективное свойство конструкции изделий радиоэлектроники и вычислительной техники. Следовательно, необходимо учитывать возможность влияния посторонних частиц на работоспособность изделия, использовать аналитические и экспериментальные методы количественной оценки влияния, применять методы синтеза конструкций с заданной устойчивостью к воздействию посторонних частиц.

Поступила в редколлегию 26.03.97