



ВЛИЯНИЕ ВЫБОРА КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ-КРИТЕРИЕВ ГОДНОСТИ НА РЕЗУЛЬТАТ ОЦЕНКИ УРОВНЯ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ СВЧ ЭЛЕКТРОНИКИ

INFLUENCE OF THE CHOICE OF CONTROLLED VALIDITY CRITERIA PARAMETERS ON THE RESULT OF ESTIMATION OF RADIATION HARDNESS LEVEL FOR MODERN SOLID-STATE MICROWAVE ELECTRONICS

УДК 621.382

ЧУКОВ ГЕОРГИЙ ВИКТОРОВИЧ^{1,2}

gvchuk@spels.ru

ЕЛЕСИН ВАДИМ ВЛАДИМИРОВИЧ^{1,2}

vveles@spels.ru

НАЗАРОВА ГАЛИНА НИКОЛАЕВНА^{1,2}

gnnaz@spels.ru

УСАЧЕВ НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ^{1,2}

nausach@spels.ru

БОЙЧЕНКО ДМИТРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ²

dvboy@spels.ru

НИКИФОРОВ АЛЕКСАНДР ЮРЬЕВИЧ^{1,2}

aynik@spels.ru

ТЕЛЕЦ ВИТАЛИЙ АРСЕНЬЕВИЧ¹

vatelets@mephi.ru

CHUKOV GEORGY V.^{1,2}

gvchuk@spels.ru

ELESIN VADIM V.^{1,2}

vveles@spels.ru

NAZAROVA GALINA N.^{1,2}

gnnaz@spels.ru

USACHEV NIKOLAY A.^{1,2}

nausach@spels.ru

BOYCHENKO DMITRIY V.²

dvboy@spels.ru

NIKIFOROV ALEXANDER YU.^{1,2}

aynik@spels.ru

TELETS VITALY A.¹

vatelets@mephi.ru

¹ Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31

² АО «ЭНПО СПЭЛС»

115409, г. Москва, Россия

¹ National Research Nuclear University MEPHI

(Moscow Engineering Physics Institute)

31 Kashirskoe Highway, Moscow, Russian Federation, 115409

² "Specialized Electronic Systems" JSC

Moscow, 115409, Russian Federation

Проанализировано влияние выбора параметров — критериев годности и норм на их отклонение на уровни радиационной стойкости ЭКБ СВЧ диапазона.

Ключевые слова: сверхвысокая частота; интегральная схема; радиационная стойкость; параметры-критерии.

The paper analyzes the influence of the choice of validity criteria parameters and norms on their deviation from radiation hardness levels of microwave range electronic components.

Keywords: microwave; integrated circuit; radiation hardness; parameters criteria.

В соответствии с действующими нормативными документами [1], изделие считается стойким к радиационным воздействиям, если во время и после воздействия излучений значения его параметров остаются в пределах установленных норм. Таким образом, в некоторых случаях уровень стойкости ЭКБ может быть обеспечен варьированием норм на параметры-критерии (т. е. параметры, выход значений которых за норму определяет стойкость изделия) с соответствующим обеспечением уровней стойкости аппаратуры [2]. В работе рассмотрена возможность применения указанного подхода для современной СВЧ ЭКБ для обоснованного повышения уровня стойкости СВЧ ЭКБ

в составе аппаратуры путем выбора норм на значения параметров-критериев.

Накопленные результаты испытаний СВЧ ЭКБ отечественного и иностранного производства, проведенные в ИЦАО «ЭНПО СПЭЛС» и ИЭПЭ НИЯУ МИФИ, позволяют сформулировать основные рекомендации по обоснованному выбору контролируемых при испытаниях параметров и норм на их допустимое отклонение.

Результаты испытаний современных СВЧ ЭКБ подтверждают необходимость проводить контроль информативных параметров-критериев стойкости, в состав которых следует

включать параметры, характеризующие целевую функцию изделия (например, для генераторов — частоту и выходную мощность, для малошумящих усилителей — коэффициент усиления и коэффициент шума).

Можно привести достаточно примеров, где уровни стойкости определяются отклонением за норму СВЧ параметров изделий. Например, в дискретном программируемом фазовращателе (ФВ) MAPS010163, представляющем собой систему в корпусе и состоящем из двух кристаллов — GaAs многозарядного ФВ и кремниевого КМОП драйвера управления (ДУ) — обнаружен катастрофический отказ (КО). Тиристорный эффект (ТЭ) в ДУ, возникающий при воздействии тяжелых заряженных частиц, приводит к «зависанию» одного разряда ДУ и возрастанию тока потребления примерно в 5000 раз. На рис. 1 показана фазочастотная характеристика (ФЧХ) 64 состояний цифрового ФВ до и после воздействия. Без контроля ФЧХ функциональный отказ не был бы обнаружен.

Следует особенно отметить, что параметр «ток потребления», которым зачастую ограничивают состав контролируемых параметров при испытаниях, во многих случаях не задан в ТТ (ТУ) на изделие. Примером могут служить результаты испытаний отечественного СВЧ статического делителя частоты, изготовленного по SiGe БиКМОП технологии. С ростом уровня воздействия ток потребления монотонно снижается (т.е. улучшается) вплоть до предельного уровня дозового воздействия $1,2 \cdot 10^6$ ед. При этом выходная мощность СВЧ сигнала монотонно снижается и при уровне воздействия $4 \cdot 10^4$ ед выходит за установленную норму, определяя уровень стойкости изделия. В практике радиационных испытаний СВЧ ЭКБ встречается множество подобных примеров.

В случае изделий иностранного производства коммерческого или промышленного назначения на практике норма на отклонение параметров при радиационных испытаниях, как правило, задается как предельно допустимые значения параметров, приведенные в технической документации на изделие. Такой подход к выбору норм зачастую приводит к существенному занижению уровня стойкости изделия.

Можно рекомендовать при сертификации СВЧ ЭКБ как иностранного, так и отечественного производства проводить исследовательские испытания и указывать в справочных листах полученные экспериментальные зависимости радиационного изменения параметров. Наличие этих данных у разработчика аппаратуры позволит корректировать норму на отклонение параметров и, тем самым, обоснованно обеспечить уровень радиационной стойкости. Примером реализации такого подхода за рубежом может служить ИС переключателя сигналов PE95420 (радиационно-стойкая серия фирмы Peregriane), изготовленная по КНС технологии. ИС PE95420 предусматривает питание положительным и отрицательным напряжением, статический ток потребления (I_p) определяется токами утечки по затвору проходных и шунтирующих транзисторов и составляет не более 1 мкА [3]. При этом, в соответствии с техническим описанием на микросхему, после дозового воздействия до уровня 20 крад допустим рост I_p по положительному питанию до 100 мкА, по отрицательному питанию — до 0,5 мА, а после воздействия до уровня 100 крад допустим рост I_p по положительному питанию до 0,5 мА, по отрицательному питанию — до 5 мА. Значимая деградация СВЧ параметров ИС до заданного уровня 100 крад отсутствует. Таким образом, уровень стойкости к дозовому воздействию ИС PE95420 увеличен за счет повышения нормы

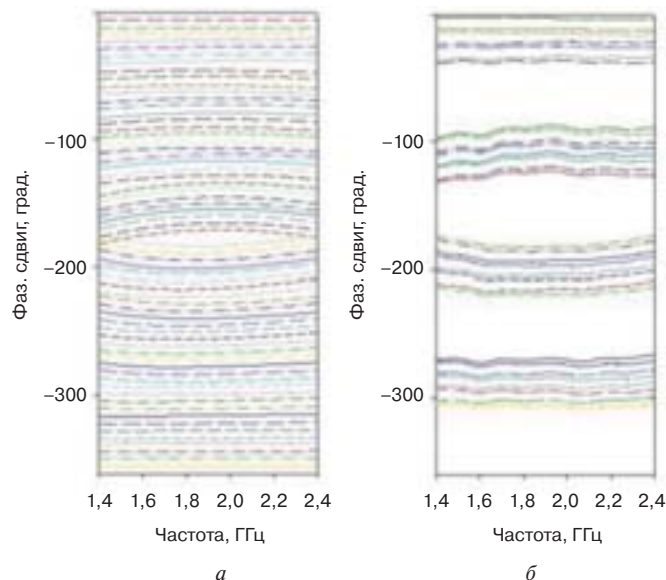


Рис. 1. ФЧХ многозарядного ФВ MAPS010163 до (а) и после (б) воздействия

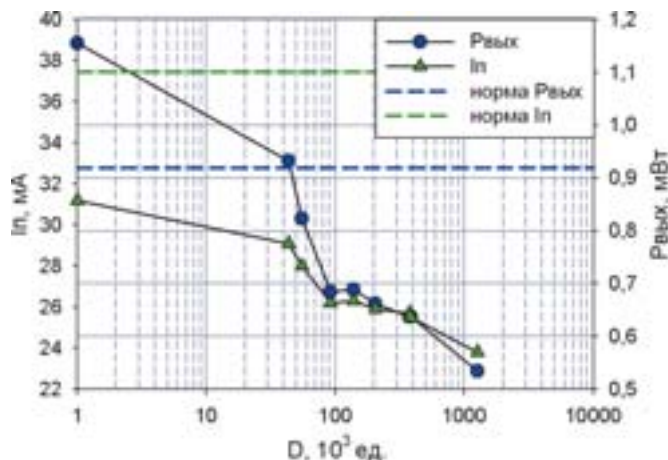


Рис. 2. Зависимость тока потребления I_p и выходной мощности $P_{\text{вых}}$ отечественного СВЧ SiGe БиКМОП статического делителя частоты от поглощенной дозы

на отклонение, не являющееся практически значимым для СВЧ приложений параметра — I_p — более чем на три порядка (с 1 мкА до 5 мА).

Проанализирована существующая практика задания параметров-критериев и норм на них для изделий ТСВЧЭ. Показано, что требуется контроль всех функционально значимых СВЧ параметров, в ряде случаев возможно обеспечение уровня радиационной стойкости путем обоснованного повышения норм на отклонение параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Критенко М. Обеспечение качества военной продукции. Новое поколение нормативных документов. // Электроника: наука, технология, бизнес. Вып. 4. 2000. — С. 50–53.
2. Радиационная стойкость изделий ЭКБ: Научное издание / Под ред. А. И. Чумакова. М.: НИЯУ МИФИ. 2015 — 512 с.
3. Product Description PE95420 <http://www.psemi.com/pdf/datasheets/pe95420ds.pdf>.