

УДК 621.396.6

АЛЕКСЕЕВ В.Ф., ЖУРАВЛЁВ В.И., БРУЦКИЙ-СТЕМПКОВСКИЙ В.П.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНДУКТИВНОЙ СХЕМЫ ИСПЫТАНИЙ РЕАКЦИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ НА ВНЕШНИЙ ЭМИ

Описывается состав испытательного стенда и назначение его элементов при кондуктивном методе испытаний реакции полупроводниковых приборов на воздействие мощных электромагнитных импульсов (ЭМИ). Приводится методика получения экспериментальных данных для определения времени отказа полупроводникового прибора вследствие тепловой нестационарности.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существующие методы исследования реакции полупроводниковых приборов на ЭМИ можно разделить на две большие группы в зависимости от способа передачи воздействующего импульса от источника помехи к рецептору [1, 2]:

- излучательные, основанные на создании электромагнитных помех с заданными значениями электромагнитного поля в точке рецептора;
- кондуктивные, когда испытательный сигнал с заданными параметрами мощности и длительности подаётся на определённую точку рецептора.

Наиболее удобным и экономически выгодным является кондуктивный способ испытаний, при котором исключается применение громоздкого оборудования, что повышает гибкость настройки и варьирования параметров как испытуемой так и испытательной аппаратуры. Методы и оборудование для испытания аппаратуры на устойчивость к ЭМИ в настоящее время устанавливают ряд международных стандартов серии IEC 61000-4 и соответствующих европейских директив EN 50082 и EN 61000-4-4 [3]. В стандарте IEC 61000-4-4 оговариваются основные требования на испытания по определению реакции аппаратуры на одиночные и многократные ЭМИ большой мощности.

### СОСТАВ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА

Для получения экспериментальных данных по времени наступления деградации полупроводникового прибора при ЭМИ авторами использовалась предложенная ранее методика определения тепловой деградации при импульсном воздействии [4...6]. Исходя из рассмотренных выше требований стандартов, при испытаниях использовался стенд испытаний, выполненный по кондуктивной схеме Schaffner (рис.1).

Она полностью воспроизводит требования по испытаниям на ЭМС согласно стандартом IEC 61000-4-3...61000-4-6. В качестве имитатора помех использовался генератор импульсов, покрывающий диапазон продолжительности импульсов от 10 нс до 500 мкс положительной и отрицательной полярности с амплитудой до 4,8 кВ. Форма импульса на выходе генератора имеет короткий фронт нарастания, что способствует достоверности имитации ЭМИ естественных источников, при которых наиболее проявляется тепловая нестационарность в полупроводниковой подложке (рис.2).

Для усиления мощности входного воздействия, а также согласования выходного сопротивления генератора и входного сопротивления тестовой биполярной структуры в стенд был включен усилитель мощности. Его максимальная пиковая мощность равна 75 Вт при выходном импедансе 50 Ом в частотном диапазоне от 50 кГц до 230 МГц (длительность ЭМИ 5 нс...500 мкс). Для большей достоверности поступающий на

тестовые структуры сигнал перед посылкой на тестовые структуры калибровался измерителем мощности.

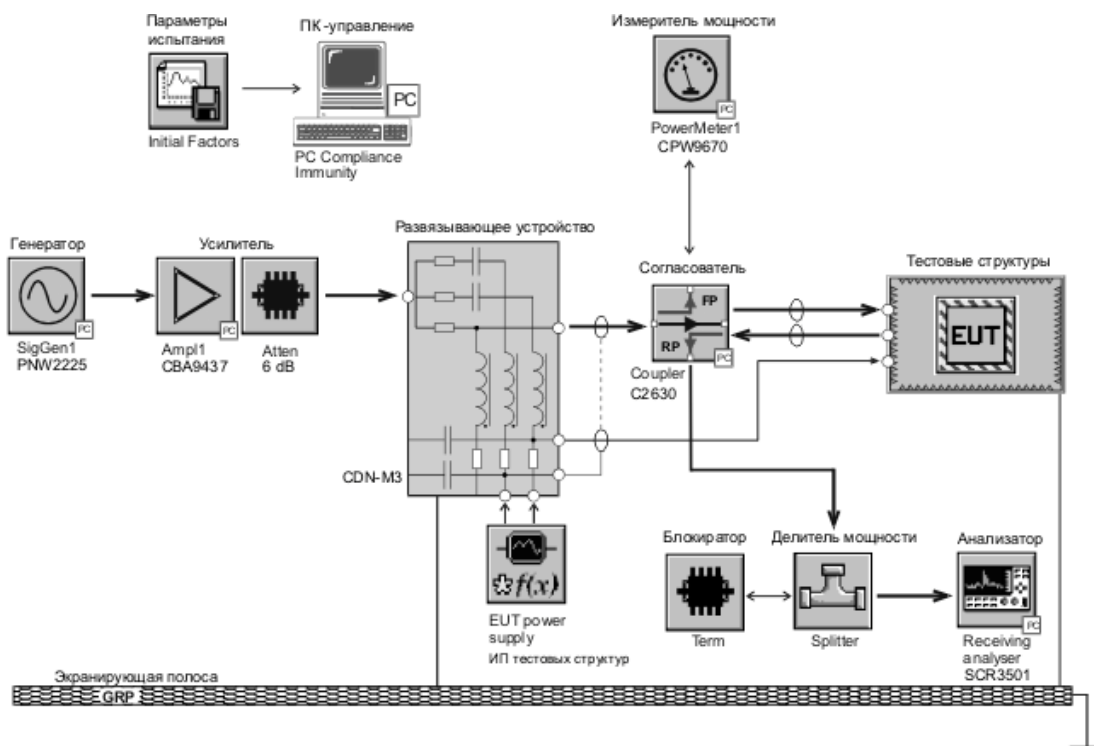


Рис.1. Кондуктивная схема испытательного стенда на восприимчивость полупроводниковых структур к импульсному воздействию

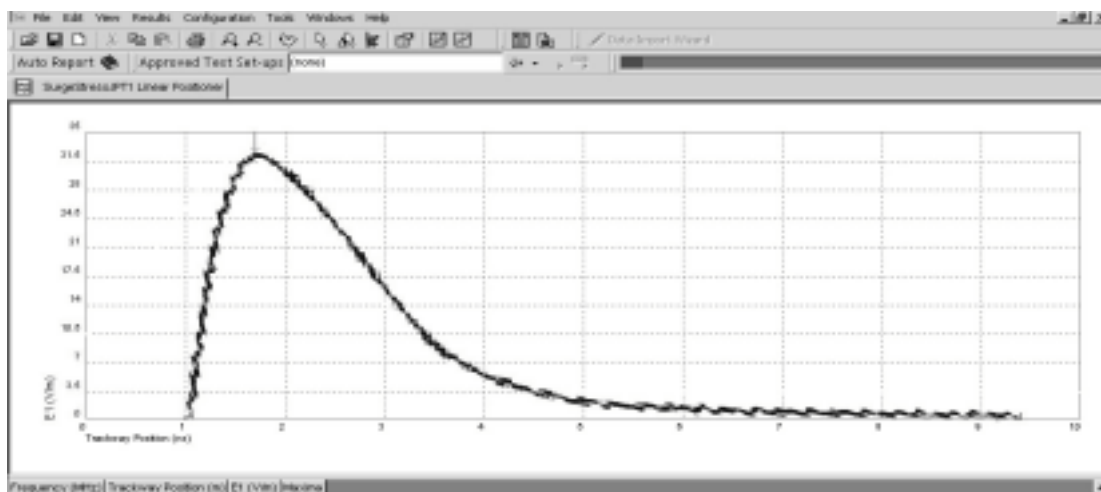


Рис.2. Вид формы импульса на выходе усилителя

Полученный сигнал через коаксиальный кабель поступал на RF-вход экранированной испытательной ячейки, где находилась подложка с тестовыми ПС. Выходная мощность снималась с коллекторной цепи ПС и поступала на спектральный анализатор выходных сигналов, где фиксировалось время наступления отказа. Для синхронизации и согласования работы испытательной аппаратуры стенд находился под управлением ПК по шине IEEE Card с соответствующим программным обеспечением Schaffner Compliance Immunity®, в котором предварительно задавались параметры импульсного воздействия. Во избежание влияния помех используемой аппаратуры на

формируемый тестовый сигнал в схему был включен специальный развязывающий фильтр.

### ВЫВОДЫ

Погрешности при такой схеме испытаний в основном обусловлены следующими факторами:

- погрешности испытательного стенда, определяемые в основном флуктуациями параметров импульса на входе испытательной ячейки и принимаемых сигналов от тестовых структур на анализатор;
- паразитные наводки в цепях питания тестовых структур и измеряемых сигналов;
- собственные статистические погрешности измерительных приборов.

Экспериментальные данные подтверждают, что имеется два основных параметра, которые оказывают прямое влияние на возникновение отказов в полупроводниковых приборах при действии на них внешних ЭМИ [7]:

1. Энергия ЭМИ. С увеличением энергии импульса, действующего на поверхность полупроводникового кристалла, вероятность деградации прибора увеличивается.

2. Длительность ЭМИ. Опасность повреждения полупроводникового прибора возникает уже при мощном ЭМИ длительностью менее  $10^{-6}$  с.

Влияние этих факторов на деградацию прибора не является одинаковым и зависит от конкретных условий эксплуатации. Используя эти данные, можно определить параметры тепловых моделей для описания инициируемой тепловой нестационарности. Это позволит проверить их адекватность при дальнейшем использовании для прогнозирования возможных отказов в полупроводниковых приборах при воздействии мощных ЭМИ.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. EMC Measurement Uncertainty. – Schaffner EMV AG, 2002. – 40 p.
2. Wilson P.F. Advances in radiated EMC measurement techniques // The Radio Science Bulletin. URSI, 2004. – No.311. – p.65-78
3. Kunkel H., Moyer Th. Updates on IEC 61000-4-4 (EFT/Burst Test) // Interference Technology. Annual EMC Guide, 2003. – p.24-30
4. Lipton R., Asmamaw Z. Breakdown Voltage Measurements of Silicon Microstrip Detectors. Electrical Engineering. – Brown University Providence, RI 02912, 2001. – 27 p.
5. Slamani M., Arabi K. Reducing test time in the high-volume production of analog circuits efficient test-vector generation and interpolation techniques // Journal of Electronic Testing, 2001. – Vol.17. – No.5. – p.417-425
6. Dwyer V., Franklin A., Campbell D.S. Thermal breakdown in GaAs MES diodes // Solid-State Electronics, 1990. – Vol.33. – No.8. – p.1055-1064
7. Урбанович П.П., Алексеев В.Ф., Верниковский А.П. Избыточность в полупроводниковых интегральных микросхемах памяти. – Мн.: Навука і тэхніка, 1995. – 262 с.

#### **Алексеев Виктор Фёдорович**

Профессор кафедры радиоэлектронных средств, канд. техн. наук  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г.Минск  
Тел.: (+375 17) 239-84-10  
Email: snto@bsuir.unibel.by

## **Журавлёв Вадим Игоревич**

Ассистент кафедры радиоэлектронных средств

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск

Тел.: (+375 17) 239-89-37

Email: kafres@bsuir.unibel.by

## **Бруцкий-Стемповский Валерий Петрович**

Instructional Assistant

Foothill High School, Sacramento, USA

Тел.: (+1 916) 286-13-85

Email: vpb\_s@yahoo.com

УДК 004.4

БАХТИЗИН В.В., ГЛУХОВА Л.А., НЕБОРСКИЙ С.Н.

## **РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ**

Проанализированы существующие методики и инструментальные средства, предназначенные для разработки и управления требованиями. Рассмотрена методика, позволяющая упростить разработку требований к эффективности программных средств. Предлагаемая методика позволяет учесть требования к системе, тестируемость требований, выполнимость программного проекта, возможность осуществления эксплуатации и сопровождения ПС.

### **ВВЕДЕНИЕ**

К одной из первых работ процесса разработки жизненного цикла программных средств (ПС) относится анализ требований к ПС [1]. Согласно задачам данной работы разработчик обязан разработать и документировать требования к ПС. При этом должны учитываться их соответствие требованиям к системе, их тестируемость, выполнимость программного проекта, возможность осуществления эксплуатации и сопровождения ПС. В статье предлагается методика, которая помогает разрешить задачу разработки требований к ПС в отношении требований к его эффективности.

На сегодняшний день существуют различные методики создания требований. Более того, существуют специальные инструментальные средства управления требованиями, такие как Telelogic DOORS или IBM Rational Requisite Pro. Однако эти методики и средства достаточно сложны в силу того, что они позволяют вырабатывать требования к ПС в любой предметной области, охватывая при этом все атрибуты ПС. Например, в работе [2] приведена следующая методика разработки требований:

- анализ выполнимости (feasibility study);
- выявление и анализ требований (requirements elicitation and analysis);
- аттестация требований (requirements validation);
- управление требованиями (requirements management).

Очевидна универсальность данной методики. Однако применение любого универсального метода на практике ведет к появлению определенных трудностей по причине абстрактности некоторых описаний в рамках этого метода. В предлагаемой статье описана методика, направленная на усовершенствование механизма разработки требований к эффективности ПС.