

Д. т. н. В. А. МОКРИЦКИЙ, О. В. БАНЗАК, В. П. ВОЛОСЕВИЧ

Украина, Одесский национальный политехнический университет
E-mail: mokrickiy@mail.ru

Дата поступления в редакцию
12.02 2008 г.

Оппонент к. ф.-м. н. А. В. РЫБКА
(ХФТИ, г. Харьков)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Обнаружена стойкость основных параметров микросборок, предназначенных для измерения и стабилизации температуры первичных преобразователей неэлектрических величин, к воздействию быстрыми электронами и нейтронами. Показаны причины изменений некоторых параметров.

Проблема воздействия излучений на изделия твердотельной электроники может рассматриваться, во-первых, с точки зрения их деградации, во-вторых, как технологический инструмент управления некоторыми параметрами [1]. В данной работе подобный подход к этой проблеме использован для изучения действия электронов с энергией 3,5 МэВ (ускоритель ЭЛУ-4) и нейтронов с энергией 14,5 МэВ (генератор НГ-150) на микросборку, предназначенную для измерения и стабилизации температуры первичных преобразователей неэлектрических величин (сенсоры перемещений, давления и т. п.). Такой объект выбран из-за того, что в его структуре собраны разнородные элементы: дискретные полупроводниковые, интегральные тонкопленочные и полупроводниковые. Это расширяет круг исследуемых объектов и повышает достоверность получаемых результатов.

Пассивная часть микросборки выполнена по тонкопленочной технологии на ситалловой подложке и содержит 15 резисторов. Активные элементы — бескорпусные интегральные аналоговые микросхемы серии Б140 УД12 (4 шт.), две микросхемы серии

765КТЗ-1 с токовыми ключами, а также бескорпусные стабилитрон 2С164М-1 и транзисторы 2Т378Б1-2. Использован металлостеклянный корпус.

Типичные и допустимые значения основных параметров микросборки до радиационной обработки представлены в **табл. 1**. Здесь $U_{ст}$ — выходное стабилизированное напряжение; $U_{вых0}$ — выходное напряжение дифференциального усилителя при напряжении на входе $U_{вх}=0$; $I_{вкл}$ — ток выходного транзистора во включенном состоянии; $I_{выкл}$ — ток входного транзистора в выключенном состоянии.

Радиационная обработка произведена быстрыми электронами при флюэнсе 10^{14} , 10^{15} , 10^{16} , 10^{17} см⁻², и быстрыми нейтронами — при флюэнсе 10^{14} , 10^{15} , 10^{16} см⁻². Результаты измерения параметров микросборок после радиационной обработки представлены в **табл. 2**. Анализ полученных результатов показывает, что основные электрические параметры микросборок изменились в пределах допуска. Исключение составляет обработка быстрыми электронами при флюэнсе 10^{16} и 10^{17} см⁻². В этих случаях выходное стабилизированное напряжение превысило допустимое приблизительно на 1,5 В.

Из данных табл. 2 следует, что параметры микросборок устойчивы к облучению быстрыми электронами при флюэнсе 10^{15} см⁻²; быстрыми нейтронами при 10^{16} см⁻². Важным обстоятельством, характеризующим радиационную стойкость микросборок как достаточно высокую, является уже отмеченное выше малое изменение основных параметров (за исключением $U_{ст}$), практически не зависящее от флюэнса.

Таблица 1

Электрические параметры микросборок до радиационной обработки

Номер микросборки	$U_{ст}$, В	$U_{вых0}$, мВ	$U_{вх}$, мВ	$U_{вых}$, В	$I_{вкл}$, мА	$I_{выкл}$, нА
007502	11,69	9,8	500	4,46	26,99	16
007202	11,65	0,3	496	4,51	27,00	13
007002	11,24	9,1	501	4,53	27,06	14
006802	11,73	3,1	500	4,47	26,98	14
006002	11,32	2,4	499	4,54	26,92	20
006102	11,27	2,6	500	4,47	26,89	25
Допустимые значения						
	11,5±0,35	±20,0	500±10	4,5±0,4	25±5	<10мкА

Электрические параметры микросборок после радиационной обработки

Виды воздействия	Флюэнс, см ⁻²	Номер микросборки	U _{ст} , В	U _{вых.0} , мВ	U _{вх} , мВ	U _{вых} , В	I _{вкл} , мА	I _{выкл} , нА
Быстрыми электронами	10 ¹⁷	007502	13,30	5,3	501	4,40	25,70	3,0
	10 ¹⁶	007202	13,75	0,2	500	4,50	25,21	3,2
	10 ¹⁴	007002	11,21	4,5	500	4,52	24,40	7,5
Быстрыми нейтронами	10 ¹⁶	006802	11,9	0,5	500	4,70	23,50	5,0
	10 ¹⁵	006002	11,32	5,9	500	4,60	23,75	7,0
	10 ¹⁴	006102	11,32	4,2	501	4,53	23,47	11,0

Наибольшие изменения наблюдаются для токов включения и выключения выходного транзистора. Это можно объяснить уменьшением коэффициента передачи тока базы транзистора. Следует отметить, что такое уменьшение токов транзистора не выходит за рамки допустимых значений, а для тока I_{выкл} может рассматриваться как положительный эффект.

Основной причиной отмеченных закономерностей является высокая радиационная стойкость операционных усилителей (ОУ), входящих в состав сборки. Действительно, схемы ОУ типа Б140УД12 построены таким образом, что их входной дифференциальный каскад, генераторы тока входного каскада и эмиттерные повторители обеспечивают значительное подавление синфазных помех, к числу которых относится отклонение выходного напряжения операционного усилителя, обусловленное облучением.

Второй по важности причиной значительной радиационной стойкости микросборок является высокая стойкость тонкопленочных резисторов, намного большая, чем полупроводниковых приборов.

Различие радиационной стойкости микросборок в случаях облучения быстрыми электронами и бы-

стрыми нейтронами объясняется различием свойств частиц и природы их воздействия на твердое тело. Действие электронов сопровождается нагревом изделия, обусловленным их торможением в элементах конструкции [2, 3].

Таким образом, полученные данные показали, что исследованные микросборки имеют достаточно высокую радиационную стойкость. Их радиационная обработка при флюэнсе до 5·10¹⁵ см⁻² для электронов и 10¹⁶ см⁻² для нейтронов приводит к улучшению одного из ведущих электрических параметров — тока выключения I_{выкл}.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Кулаков В. М., Ладыгин Е. А., Шаховцов В. И. Действие проникающей радиации на изделия электронной техники. — М.: Сов. радио, 1980.
2. Вавилов В. С., Кекелидзе Н. П., Смирнов Л. С. Действие излучений на полупроводники. — М.: Наука, 1988.
3. Ленков С. В., Мокрицкий В. А., Перегудов Д. О., Тарие-лашвили Г. Т. Физико-технические основы радиационной технологии полупроводников. — Одесса: Астропринт, 2002.

НОВЫЕ КНИГИ

НОВЫЕ КНИГИ

Максфилд Клайв. Проектирование на ПЛИС. Курс молодого бойца. — М.: Додэка-XXI, 2007. — 408 с.

Эта книга является не только пособием по проектированию устройств на основе ПЛИС (FPGA), но и содержит поистине энциклопедические сведения. Кроме архитектурных особенностей последних поколений микросхем ПЛИС, здесь рассматриваются различные методы и средства проектирования. Проводится обзор и анализ схмотехнических подходов к проектированию (которые всё ещё находят применение), HDL-моделирования и логического синтеза, а также современных технологий проектирования, основанных на использовании языка C/C++. Рассматриваются специализированные вопросы, такие как совместное проектирование программно-аппаратных систем и разработка систем цифровой обработки сигналов (ЦОС). Обсуждаются и технические новинки, например программируемые пользователем массивы узлов (FPNA).

Написанная в непринуждённом, увлекательном стиле, книга будет хорошим пособием и для начинающих, и для опытных инженеров, разрабатывающих устройства на основе ПЛИС. Книга послужит весьма ценным источником информации и для специалистов, разрабатывающих устройства на основе заказных микросхем и переходящих на использование ПЛИС. А также, несомненно, привлечет внимание широкого круга читателей, в том числе технических аналитиков, студентов и продавцов технической продукции.

