|  |  |
| --- | --- |
| СОГЛАСОВАНО  Главный конструктор ОЭП  ИКИ РАН  Р.В. Бессонов | УТВЕРЖДАЮ  Заместитель руководителя испытательного центра  АО «ЭНПО СПЭЛС»  А.О. Ахметов |

ПРОГРАММА-МЕТОДИКА

испытаний и оценки стойкости микросхемы CMV4000-3E5M1PP

к воздействию суммарной поглощенной дозы

# ЖКНЮ.ИЦ22.009.01.0001-ПМД1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является проведение испытаний и оценка стойкости микросхемы CMV4000-3E5M1PP (далее – микросхема) к воздействию суммарной поглощенной дозы.

2. ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ

Объектом испытаний является 4,2-мегапиксельная КМОП-матрица CMV4000-3E5M1PP  
(AMS AG, Австрия) видимого диапазона, формата 2048×2048 пикселей, размер пикселя – 5,5×5,5 мкм, с максимальной частой кадров 180 кадров в секунду. Микросхема выполнена в 95-выводном керамическом корпусе типа uPGA.

Общее количество образцов для испытаний – не менее 5 шт. (с учетом технологического запаса). Отбор образцов для испытаний осуществляет Заказчик.

3. МЕСТО И СРОКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Испытания проводятся Испытательным центром АО «ЭНПО СПЭЛС» (аттестат аккредитации № ЭС 01.061.0173-2021 от 22.12.2021).

Специализированная контрольно-измерительная аппаратура, оснастка и программное обеспечение для испытаний обеспечиваются совместно АО «ЭНПО СПЭЛС» и ИКИ РАН.

Испытания проводятся в рамках договора № 22.009 между ИКИ РАН и  
АО «ЭНПО СПЭЛС» в сроки, установленные договором.

4. ТРЕБОВАНИЯ ПО СТОЙКОСТИ

Микросхема CMV4000-3E5M1PP должна быть стойкой к воздействию суммарной поглощенной дозы со значением не менее 30 крад(Si).

5. СОСТАВ И УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЙ

5.1. Оценка показателей стойкости микросхемы проводится по ГОСТ РВ 20.57.415, методами ГОСТ РВ 5962-004.10, по общим методикам РД В 319.03.31, по «Типовой методике испытаний интегральных микросхем на стойкость к воздействию специальных факторов и импульсную электрическую прочность», прошедшей метрологическую экспертизу и согласованной ФГУ «22 ЦНИИИ Минобороны России» и ФБУ «ГНМЦ Минобороны России», в соответствии с «Решением Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России и Департамента вооружения Минобороны России от 07.02.2013 г.» (далее – «Решение ...»).

5.2. Состав испытаний выбран в соответствии с ГОСТ РВ 20.57.415 и РД В 319.03.31 и включает испытания на стойкость к воздействию фактора 7.И с характеристикой 7.И7 (эквивалентной воздействию суммарной поглощенной дозы).

5.3. Испытания на стойкость к воздействию фактора 7.И с характеристикой 7.И7 проводятся одним или несколькими из следующих методов ГОСТ РВ 5962-004.10: 1000-4, 1000-5. Облучение и контроль работоспособности образцов проводятся при температурах кристалла: плюс (25±10) °С; (0±5)°С и плюс (45±5)°С.

6. КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ И КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Параметры, контролируемые в процессе испытаний, и критерии работоспособности микросхемы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Контролируемые параметры и критерии работоспособности микросхемы.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование параметра,  единица измерения | Обозначение  параметра | Критерий работоспособности | |
| не менее | не более |
| Ток потребления по каналу VDD20, мА | IVDD20 | – | 380 |
| Ток потребления по каналу VDD33, мА | IVDD33 | – | 65 |
| Ток потребления по каналу VDDPIX, мА | IVDDPIX | – | 175 |
| Ток потребления по каналу Vres\_h, мА | IVRES\_H | – | 15 |
| Среднее значение темнового сигнала, ЕМР | СЗТС |  | 1200 \* |
| СКО темнового сигнала, ЕМР | СКОТС |  | 200 \* |
| Функционирование | ФК | согласно п. 10.6 | |
| Сохранность информации регистров памяти | СРП | согласно п. 10.7 | |
| Примечания: напряжения питания при измерении параметров составляют: VDD20 = 2,0 В; VDD33 = 3,3 В; VDDPIX = 3,0 В; Vres\_h = 3,3В; частота тактового сигнала f = 8 МГц.  ЕМР – единицы младшего значащего разряда 12-разрядного АЦП.  \* При времени экспозиции 100 мс и PGA (коэффициент усиления) = 1. | | | |

7. ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ

7.1. Испытания на стойкость к воздействию фактора 7.И с характеристикой 7.И7 проводятся с использованием одной или нескольких из следующих испытательных установок: ускорители электронов «У-31/33», работающие в режиме тормозного излучения, изотопная установка «Гамма Панорама МИФИ» и/или ГУ-200М.

7.2. Дозиметрия испытаний на ускорителях и гамма-установке проводится с использованием дозиметра термолюминесцентного универсального ДТУ-01М №9451.

7.3. Испытания в диапазоне температур проводятся с использованием стендов  
СЗТM-0201 и СЗТM-0401.

8. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Испытания микросхемы проводятся в следующей последовательности:

1) Контроль работоспособности образцов микросхем и калибровка встроенных термодатчиков в ИКИ РАН.

2) Контроль работоспособности образцов в АО «ЭНПО СПЭЛС».

3) Подготовка (адаптация) контрольно-измерительной аппаратуры, оснастки и программного обеспечения для контроля работоспособности сенсоров в процессе испытаний (проводит АО «ЭНПО СПЭЛС» при участии ИКИ РАН).

4) Испытания образцов на стойкость к воздействию фактора 7.И с характеристикой 7.И7.

5) Расчетно-экспериментальная оценка стойкости к воздействию суммарной поглощенной дозы.

6) Оформление протокола испытаний.

9. РАСЧЕТ НОРМ ИСПЫТАНИЙ

9.1. Нормы испытаний рассчитываются по формуле:

, (1)

где – норма испытаний на используемой моделирующей установке;

– заданный уровень требований;

*Kн* – коэффициент увеличения радиационной нагрузки, определяемый в соответствии с РД В 319.03.31 в зависимости от объема выборки (таблица 2);

 – относительная погрешность определения уровня воздействия штатными средствами дозиметрического сопровождения испытательной установки;

 – коэффициент относительной эффективности воздействия излучения моделирующей установки по сравнению с воздействием излучения соответствующего специального фактора.

Таблица 2 – Значения коэффициента увеличения радиационной нагрузки KН при различных объемах выборки n.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| KН | 2,24 | 1,90 | 1,74 | 1,63 | 1,56 | 1,50 | 1,45 | 1,41 | 1,38 | 1,35 | 1,32 | 1,30 |

9.2. Коэффициенты увеличения радиационной нагрузки, погрешности определения уровней воздействия, коэффициенты эффективности установок и рассчитанные уровни испытательного воздействия, необходимые для оценки соответствия изделия требованиям по стойкости, приводятся в протоколе испытаний.

10. МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ

10.1. Для контроля работоспособности образцов должны применяться средства измерений (СИ), а также вспомогательное оборудование, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Используемые средства измерений и вспомогательное оборудование.

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование СИ | Тип СИ |
| Модуль управляемого источника питания | NI PXI-4110 |
| Вспомогательное оборудование | |
| Блок интерфейсный CMV4000 | НРДК.441461.157 |
| Рабочее место для измерения параметров КМОП-фотосенсоров (РМ ИП КМОП ФС) | РМ 20.57 |

Допускается использование других СИ с метрологическими характеристиками, не хуже, чем у указанных. СИ должны быть поверены в установленном порядке и иметь свидетельства о поверке с не истекшим сроком действия до очередной поверки.

10.2. Структурная схема подключения микросхем CMV4000-3E5M1PP при испытаниях представлена на рисунке 1. Контроль работоспособности микросхем и измерение электрических параметров осуществляется с использованием специализированного аппаратного комплекса фирмы National Instruments.

|  |
| --- |
| Рисунок |
| 1 – микросхема; 2 ¬ блок интерфейсный CMV4000; 3 – РМ ИП КМОП ФС;  4 – программно-аппаратный комплекс National Instruments;  5 – компьютер под управлением LabVIEW  Рисунок 1 – Структурная схема подключения микросхемы при испытаниях |

10.3. Во время облучения микросхема функционирует в режиме считывания кадров при напряжениях питания VDD20 = 2,1 В; VDD33 = 3,3 В; VDDPIX = 3,0 В; Vres\_h = 3,3 В; частоте тактового сигнала f = 8 МГц. Периодически проводится контроль функционирования и параметрический контроль по описанным ниже процедурам. Для контроля параметров в соответствии с таблицей 1 облучение прерывается.

10.4. Контроль токов потребления (IVDD20, IVDD33, IVDDPIX, IVRES\_H) проводится с помощью измерителей тока, совмещенных с источником питания PXI-4110. Допускается проводить контроль токов потребления каналов VDD20, VDD33, VDDPIX, Vres\_h с учетом тока потребления стабилизаторов напряжения из состава блока интерфейсного   
CMV4000 НРДК.441461.157.

10.5. Контроль среднего значения темнового сигнала (СЗТС) и СКО темнового сигнала (СКОТС) проводится после каждого этапа облучения путем приема кадров при отсутствии засветки с экспозициями от 1 до 1000 мс по 1 кадру для каждой экспозиции и 16 кадров экспозиции 100 мс. Параметры СЗТС и СКОТС вычисляются по формулам 2 и 3 соответственно:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | , | (2) |
|  |  |  |
|  | , | (3) |
|  |  |  |

где – число пикселей в анализируемом кадре;

– яркость в i-ом пикселе;

– средняя яркость по кадру.

10.6. Контроль функционирования проводится после каждого этапа облучения путем приема кадров и анализа их содержания. Критерием функционирования является факт получения кадров. Допускается наличие отдельных пикселей или столбцов, отличающихся по яркости от среднего значения по полю не более, чем на 7 СКО. Расположение дефектных пикселей и столбцов не должно отличаться от их расположения на первом принятом после включения оснастки кадре.

10.7. Контроль состояния регистров во время облучения проводится путем считывания значений регистров и сравнения их с эталонной таблицей установленных значений регистров до облучения.

11. ОТЧЕТНОСТЬ

По результатам испытаний оформляется протокол в трех экземплярах (1 экз. для   
АО «ЭНПО СПЭЛС», 2 экз. для ИКИ РАН), который утверждается АО «ЭНПО СПЭЛС».

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | От АО «ЭНПО СПЭЛС» | |
|  |  |  | В.П. Лукашин |