

В методах кластеризации реализовано разделение выборки ИМС на 2 класса: класс годных и потенциально дефектных. Граничное значение прогнозируемого параметра выбрано в соответствии с техническими условиями (ТУ) исполнения. В МДФ значение порога дискриминантной функции  $P_d$  соответствует минимальному значению  $P_{\text{ош}}$ .

Оценка прогнозных моделей показала, что с помощью методов кластеризации возможно получение результатов с наименьшими рисками потребителя (изготовителя БА). Это означает, что после отбраковки экземпляров ЭРИ по результатам прогнозирования с использованием прогнозных моделей среди годных экземпляров окажется гораздо меньшее количество потенциально дефектных.

Список использованных источников

1. Разработка операторов индивидуального прогнозирования надежности бортовых приборов [Текст]: отчет о НИР (заключ.) / Самар. гос. аэрокосм. ун-т (СГАУ). – Тема 039х-050; рук. Пиганов М.Н. – Самара, 2007. – 56 с.

2. Тюлевин С.В. Операторы индивидуального прогнозирования показателей надежности электрорадиоизделий для космических РЭС [Текст] // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: Материалы Всероссийской НТК 14-16 мая 2007, г. Самара. – Самара: Издательство СГАУ, 2007. – С. 190-192.

3. Мишанов Р.О. Методика верификации результатов индивидуального прогнозирования изделий РЭС космического назначения с помощью алгоритмов кластерного анализа [Текст] / Р.О. Мишанов, М.Н. Пиганов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2017. Т. 20, №2. – С. 55-63.

4. Мишанов Р.О. Методика применения кластерного анализа для классификации электрорадиоизделий и повышения надёжности аппаратуры [Текст] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2017. Т. 19, №1(2). – С. 414-419.

УДК 621.382

## **РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ**

Д.В. Столбинский

Самарский университет, г. Самара

Как раньше, так и сейчас к интегральным микросхемам (ИМС), предназначенных для применения в космосе, в военных целях или в атомной энергетике, предъявляются жёсткие требования по радиационной стойкости.

Подавление одиночных сбоев является более сложной задачей, чем борьба с «медленными» отказами, поскольку общую накопленную дозу можно снизить на несколько порядков путем экранирования. Так, слой алюминия в 2 мм снижает накопленную дозу космического излучения в 100 раз [1,2].

Механизмы отказов, вызванные одиночными событиями, в корне отличаются от механизмов отказов первого типа, связанных с накоплением дозы. Эти отказы могут происходить в любое время, не требуя накопления какой-либо дозы. Один из распространенных способов борьбы с одиночными сбоями – изготовление ИС по технологии кремний на диэлектрике (Silicon-on-insulator, SOI). Вблизи поверхности подложки имплантируется слой молекул кислорода, из которого нагреванием формируют непрерывный слой оксида толщиной порядка 0,2 мкм. Полученный диэлектрик изолирует канал КМОП от кремниевой подложки (рис.1).

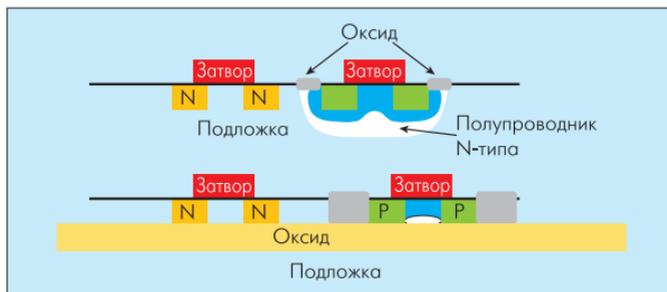


Рисунок 1 – КМОП-технология кремний на диэлектрике

Себестоимость SOI-процесса в 5–10 раз выше, чем при традиционной КМОП-технологии. При этом, в отличие от коммерческих SOI-устройств, в ИС для космических и военных приложений следует повышать стойкость углубленного оксида. В противном случае, заряд, индуцированный гамма-излучением, может попасть с течением времени в оксид, после чего рекомбинировать на границу  $\text{SiO}_2\text{-Si}$  и изменить пороговое напряжение устройства.

Один из самых действенных методов – это метод тройного резервирования, который основывается на создании контратипа критических узлов схемы (рис.2).

Схема большинства голосов (Vote) трех триггеров (Latch) определяет общее выходное значение. Общие коэффициенты выбираются из схемы голосования, которая опирается на показания выходных значений заданных элементов.

Один из минусов данного метода заключается в том, что увеличивается количества транзисторов для выполнения одной и той же функции, то есть увеличивается масса и габариты. Задействуется большая площадь кристалла, что ведет к дополнительному рассеиванию энергии.

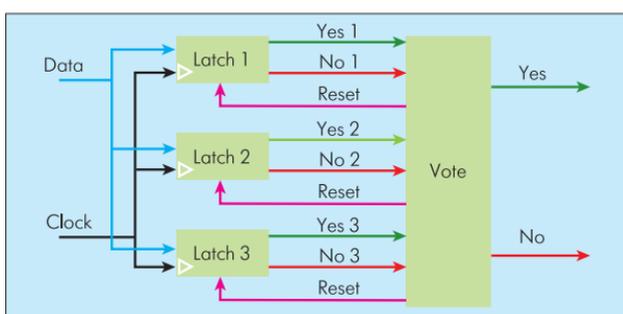


Рисунок 2 - Предотвращение SEU методом тройного резервирования

Список использованных источников

1. <http://www.aero.org/publications/crosslink/summer2003/06.htm>.
2. Энциклопедия. Новые наукоёмкие в технике. Т.16. Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов / Редакторы тома: Л.С.Новиков, М.И.Панасюк. М.:Энцитех,2000.

УДК 681.32

## **ОПТИМИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛОВ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК**

С.В. Тюлевин

Самарский университет, г. Самара

Одним из эффективных направлений повышения качества электронных узлов (ЭУ) для радиоэлектронных средств специального назначения является диагностический неразрушающий контроль (ДНК). Однако оценить целесообразность введения ДНК на конкретных операциях технологического процесса (ТП) разработчику бывает очень сложно. В этих случаях для принятия решения используют метод экспертных оценок.

В данной работе приведены результаты экспертной оценки целесообразности введения ДНК элементов на разных операциях ТП производства ЭУ, а также компонентов и паст в зависимости от назначения, области применения и особенностей поставок паст.

Для проведения эксперимента был использован метод непосредственной оценки с непосредственным ранжированием факторов. С