

## ОБЗОР УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА

*С. Карри, аспирант каф. ТУ*

*г. Томск, ТУСУР, salimkarri.h@gmail.com*

Представлены результаты патентного поиска устройств защиты от электростатического разряда (ЭСР). Выявлено, что на данный момент не применяются традиционные устройства совместно с устройствами на основе модальных искажений.

**Ключевые слова:** электростатический разряд, устройство защиты.

Радиоэлектронные средства (РЭС) прочно вошли в жизнь современного человека. На фоне тенденций развития РЭС всё острее ощущается проблема обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) РЭА. Неучет требований ЭМС может привести к нестабильной работе и даже к выходу РЭС из строя. Одной из важных задач ЭМС является защита от опасных электромагнитных воздействий (ЭМВ). К наиболее опасным видам ЭМВ относится электростатический разряд (ЭСР) из-за его высокой амплитуды и малого времени нарастания, благодаря чему ЭСР могут проникать внутрь РЭС и выводить из строя их чувствительные цепи. Такие разряды возникают вследствие трибоэлектрических эффектов: заряд проводящей поверхности из-за трения о диэлектрические поверхности.

Известно множество подходов и устройств для защиты от ЭСР. Среди них примечателен предложенный простой, основанный на использовании модальных искажений в меандровых линиях для разложения пикового выброса ЭСР на последовательность импульсов меньшей амплитуды [1]. К достоинствам данного подхода можно отнести отсутствие полупроводниковых компонентов в составе устройства, что исключает деградацию из-за воздействия радиации, а также отсутствие LC-компонентов, как в классических фильтрах, что исключает возможности возникновения паразитных эффектов. Однако эффективность такого подхода в большой степени зависит от величины ослабления ЭСР, и при разложении только пикового выброса ЭСР по-прежнему способен вывести чувствительные РЭС из строя. Поэтому необходим поиск дополнительных мер защиты, которые при совместном применении с указанным подходом позволят обеспечить комплексную защиту от ЭСР. Для этого видится необходимым выполнить патентный поиск технических решений. Цель данной работы – представить результаты такого поиска.

Для сенсорных устройств ввода предлагается защита от ЭСР, которая зачастую основана на стекании тока на землю за счёт использования дополнительных контактов с эффективным заземлением [2–4]. Например, одно из устройств [3] состоит из сенсорной схемы в составе модуля, с которым соединено множество сигнальных линий, на периферии модуля расположено кольцо защиты от ЭСР. Между сигнальными линиями и защитным кольцом размещено кольцо экранирования. Касание сенсора вызывает перепад, который, распространяясь по сигнальным проводникам, создает ЭСР, который подавляется кольцом защиты от ЭСР. Остаточные эффекты воздействия ЭСР компенсируются экранирующим кольцом. Другой патент описывает чип распознавания отпечатка пальца с защитой от ЭСР [4]. Он включает в себя считывающие площадки, находящиеся на подложке чипа, спроектированного в виде матрицы. Они имеют центральную и периферийную области (рис. 1). Если при контакте пальца со считывающей площадкой возникает ЭСР с амплитудой выше заданной, то схема отключается для защиты чувствительных электронных компонентов и периферийная область напрямую подключается к источнику питания или опорному контакту, позволяя ЭСР стечь на землю, минуя чувствительные цепи.

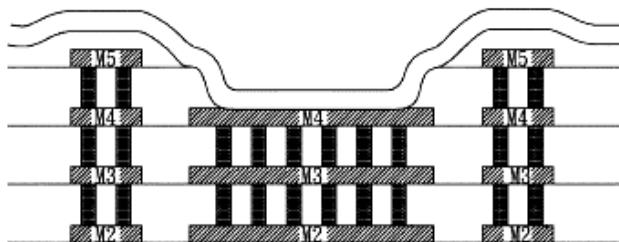


Рис. 1. Структура считывающей площадки

Для защиты цепей на печатной плате применяются устройства из двух частей: управляющей и заземляющей [5]. Например, одна из опубликованных систем защиты внутренних цепей от ЭСР включает в себя устройство отсечки ЭСР, подключённое между входным и опорным портами [6]. Затвор устройства отсечки ЭСР связан с выходом предусилителя. Между предусилителем и внутренней схемой расположена схема управления, с которой связан узел слежения, настроенный на обнаружение ЭСР. При обнаружении ЭСР узел слежения посылает перепад на управляющую схему. Управляющая схема в качестве отклика, используя предусилитель, переводит затвор устройства отсечки ЭСР в состояние с высоким импедансом, тем самым запирая его и препятствуя прохождению ЭСР на электронные компоненты.

Помимо устройств защиты с управляющей схемой, также применяется разделение высоковольтного сигнала от низковольтного. Так, в [7] описывается полупроводниковый элемент, состоящий из двух МОП структур: высоковольтной и низковольтной. При нормальной работе элемента ток протекает через низковольтную структуру, а при воздействии ЭСР открывается высоковольтная структура, через которую высоковольтный сигнал можно направить, например, на опорную плоскость или схемную землю.

Кроме этого, в широком многообразии представлены фильтры электромагнитных помех, также способные обеспечить защиту от ЭСР. Например, в [8] описан фильтр, состоящий из двух индукционных катушек. Для разделения катушек используется диэлектрический слой. Тогда ЭСР, протекая по первой, вызывает наведенный сигнал на второй, создавая таким образом гасящий сигнал, который компенсирует ЭСР.

Исходя из представленных результатов патентного поиска, видно, что на данный момент устройства ослабления пикового выброса ЭСР не применяются на практике, а применяются лишь традиционные средства защиты: развязывающие, компенсационные, фильтрующие и гасящие устройства. В ряде случаев из-за быстродействия такие устройства могут быть неэффективны, что приведет к проникновению ЭСР внутрь РЭС. Поэтому целесообразно совместное использование предварительного ослабления за счет устройств на основе меандровых линий, и применение традиционных средств позволит повысить устойчивость РЭС к ЭСР и эффективность защиты. Также результаты патентного поиска будут полезны в будущем при прототипировании новых технических решений.

Исследование поддержано Министерством науки и высшего образования (проект FEWM-2020-0041).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Surovtsev R.S. Possibility of Protection Against UWB Pulses Based on a Turn of a Meander Microstrip Line / R.S. Surovtsev, A.V. Nosov, A.M. Zabolotsky // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2017. – Vol. 58, No. 6. – P. 1864–1871.
2. Пат. US 9734382 США, МПК G06K9/00. Fingerprint sensor having ESD protection / C. Wang (TW), T. Chiang (TW), C. Yang (TW). № 14/935137; заявл. 06.11.2015; выдан 15.08.2017.
3. Пат. US9537305 США, МПК H02H9/04. Touch control device with enhanced ESD protection effect / Y-h. Chen (CN), R-s. Weng (CH), C-y. Tseng (CN) №14/555791; заявл. 28.11.2014; выдан 03.01.2017.
4. Пат. US9563802 США, МПК G06K9/00. Fingerprint identification chip with enhanced ESD protection / P. Lin (TW) №14/678645; заявл. 03.04.2015; выдан 07.02.2017.

5. Пат. US9537306 США, МПК H02H9/04. ESD protection system utilizing gate-floating scheme and control circuit thereof / J. Tseng (TW), C. Huang (TW) №14/620382; заявл. 12.02.2015; выдан 03.01.2017.

6. Пат. US9537306 США, МПК H02H9/04. ESD protection system utilizing gate-floating scheme and control circuit thereof / J. Tseng (TW), C. Huang (TW) №14/620382; заявл. 12.02.2015; выдан 03.01.2017.

7. Пат. US9613952 США, МПК H01L27/02. Semiconductor ESD protection device / H. Chen (TW), W. Chan (TW), S. Wu (TW) №14/341925; заявл. 25.07.2014; выдан 04.04.2017.

8. Пат. US 9734382 США, МПК G06K9/00. Fingerprint sensor having ESD protection / C. Wang (TW), T. Chiang (TW), C. Yang (TW) № 14/935137; заявл. 06.11.2015; выдан 15.08.2017.

УДК 621.3

## **ОБЗОР АНАЛИТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ВРЕМЕННОГО ОТКЛИКА В ПОЛОСКОВЫХ УСТРОЙСТВАХ ЗАЩИТЫ**

*З.М. Кенжегулова, аспирант каф. ТУ*

*Научный руководитель Р.С. Суворцев, доцент каф. ТУ*

*г. Томск, ТУСУР, zarina.kenzhegulova@mail.ru*

Выполнен обзор аналитических моделей для вычисления временно-го отклика в связанных линиях. Показаны актуальность применения аналитических моделей и их разнообразие.

**Ключевые слова:** сверхкороткий импульс, связанная линия, перекрестная наводка.

В настоящее время в области проектирования вычислительной и микропроцессорной техники наблюдается неуклонный рост частот используемых сигналов и уменьшение их рабочих напряжений. Это ведет к росту восприимчивости радиоэлектронных средств (РЭС) к электромагнитным воздействиям (ЭМВ) разной природы. Их влияние может привести к ухудшению или полному отказу работы устройства. Одними из наиболее опасных воздействий являются сверхкороткие импульсы (СКИ) [1]. Их высокая энергия также опасна тем, что может влиять и на аппаратную часть устройств, вплоть до физического разрушения [2]. Одним из подходов для защиты от СКИ является применение полосковых устройств на основе технологии модального разложения: модальные фильтры и меандровые линии [3, 4].

С точки зрения защиты РЭС от СКИ важно умение анализировать временной отклик на концах устройства [5]. Как правило, вычисление отклика выполняется численными методами, однако затраты на это могут оказаться высоки даже для простых конфигураций [6]. Между