

Microwave Conference, Nuremberg, Germany, 2015, pp. 170-173. – DOI: 10.1109/GEMIC.2015.7107780.

3. Rectangular Couplers. Cross-guide Couplers. Microwave Engineering Corporation. URL: <https://microwaveeng.com/product/cross-guide-couplers/>. Дата обращения 19.03.2024.

4. Ishibashi H., Kurihara M., Tahara Y., Yukawa H., Owada T., Miyashiya H. Waveguide Loop-type Directional Coupler Using a Coupling Conductor with Protuberances // Proceedings of the 45<sup>th</sup> European Microwave Conference, Paris, France, 7-10 Sept, 2015. – 1026-1029 p.

Власова Екатерина Юрьевна, инженер 1 категории, «СОНИИР», аспирант кафедры РЭС ФГБОУ ВО ПГУТИ, vlasova.ey@soniir.ru.

Плотников Александр Михайлович, к. т. н., с. н. с. «СОНИИР», plotnikov.am@soniir.ru.

УДК 602.3

## **ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ И КОНТРОЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИАЦИИ НА БОРТУ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА**

А.А. Артюшин, А.Д. Кириченко

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

**Ключевые слова:** заряженные частицы, космическая радиация, космический аппарат.

Конструкционные материалы и элементы бортового оборудования играют важнейшую роль в обеспечении длительной безотказной работы космических аппаратов (КА). Более половины отказов и сбоев в работе бортовой аппаратуры связаны с неблагоприятным воздействием факторов космического пространства, таких как потоки электронов и ионов, космическая плазма, солнечное излучение, метеорная материя и другие. Изменения свойств материалов и элементов оборудования на борту КА под воздействием космической среды могут иметь разный временной масштаб и опасность.

Однако в случае, если на борту имеется устройство регистрации и контроля воздействия потоков заряженных частиц на поверхность космического аппарата, это может позволить идентифицировать причины сбоев в работе аппаратуры и спрогнозировать возникновение подобных ситуаций в дальнейшем. Современные способы детектирования воздействия ионизирующего излучения работают на основе различных принципов, в зависимости от их типа и делятся на: газовые ионизационные детекторы; сцинтилляционные счетчики, твердотельные детекторы и

вторично-электронные умножители для регистрации заряженных частиц с энергией ниже 10-20 кэВ.

Так, к газовым ионизационным детекторам относят: счетчик Гейгера, пропорциональный счетчик и ионизационную камеру. Они работают на основе принципа ионизации атомов рабочего вещества при взаимодействии с радиацией. В качестве рабочего вещества в таких приборах используют инертный газ (Ar, Ne, Kr, Xe) с какими-либо добавками при давлении  $\sim 10^4 - 10^5$  Па. Ионизационная камера предусматривает два режима работы: токовый и импульсный, в соответствии с чем и применяются при решении задач дозиметрии или спектрометрии. Обычно благодаря ионизационным камерам регистрируют тяжелые заряженные частицы с энергиями порядка единиц - десятков мегаэлектронвольт. В пропорциональном счетчике, регистрация заряженных частиц осуществляется за счет эффекта газового усиления заряда, собираемого на электродах прибора. Газоразрядные счетчики применяются только для регистрации отдельных частиц, так как амплитуда импульса на выходе счетчика не зависит от энергии регистрируемых частиц и квантов.

Сцинтилляционные детекторы основаны на регистрации вспышек света, возникающих при попадании на сцинтилляционный материал, ионизирующих излучений. При взаимодействии ионизирующего излучения с сцинтилляционным материалом возникает видимая люминесценция, которая регистрируется фотоэлектронным умножителем (ФЭУ). После этого полученный электрический сигнал обрабатывается с помощью электроизмерительной техники. Наличие ФЭУ делают детекторы такого типа весьма громоздкими, требующими высокого питающего напряжения и чувствительными к световым помехам. В настоящее время применяются для регистрации частиц с энергиями  $\sim 10$  МэВ и  $\gamma$ -частиц.

В случае твердотельных детекторов их принцип работы основывается на изменении электрических свойств материала при взаимодействии с ионизирующим излучением. Они могут быть полупроводниковыми диодами из кремния или германия, сцинтилляционными кристаллами или другими типами твердотельных материалов. В некотором смысле являются твердотельными аналогами импульсной ионизационной камеры: амплитуда их выходного импульса определяется количеством электронно-дырочных пар, создаваемых в рабочем веществе детектора регистрируемой частицы. Основными преимуществами, которые закрепили данный вид оборудования в качестве основного измерителя ионизирующего излучения, отмечаются их компактность, долговечность, механическая прочность и обеспечение высокого энергетического разрешения.

Вторично-электронный умножитель (ВЭУ) в свою очередь используют в установках, работающих в условиях естественного вакуума и в высоковакуумных измерительных устройствах при давлениях обычно не более  $10^{-3}$  Па. Они делятся на 2 типа: с дискретной диодной системой в

которой электронные потоки умножаются на отдельных электродах — динодах, причём потенциалы динодов в таких ВЭУ повышаются скачкообразно и с непрерывным динодом в которых электронные потоки умножаются вдоль поверхностей с непрерывным изменением потенциала. В настоящее время ВЭУ являются одним из наиболее распространенных детекторов, применяемых в квадрупольных масс-спектрометрах и масс-спектрометрах с ионной ловушкой, и широко используются во многих областях.

Это лишь основные из принципов работы приборов для контроля уровня радиации. Каждый тип прибора имеет свои особенности и преимущества, и выбор конкретного прибора зависит от требуемой чувствительности, точности измерений и других факторов измерения ионизирующего излучения.

#### Список использованных источников

1. Новиков, Л.С. Радиационные воздействия на материалы космических аппаратов [Текст]/ Новиков Л.С. – М.: Университетская книга, 2010. – 192 с. ил.

2. Семкин Н.Д. Телегин А.М. Калаев М.П. Космическое пространство и его влияние на элементы конструкций космических аппаратов: Электронное методическое пособие к практическим работам.: М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т) 2013. – 46 с., ил.

3. Калаев М.П. Конструирование аппаратуры для регистрации воздействия космического мусора и микрометеороидов на поверхность космического аппарата: учебное пособие [Текст] / М.П. Калаев, А.М. Телегин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Самарский университет. – Самара: Издательство Самарского университета, 2020. – 136 с.

Кириченко А. Д., студент гр. 6231-110401D, каф. РЭС, groom99man@gmail.com

Артюшин Андрей Алексеевич, аспирант, каф. РЭС, artyushin.aa@ssau.ru.

УДК 621.396.946

## К ВОПРОСУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЗС СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

И.Н.Зайцева

«Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», г. Елец

**Ключевые слова:** электромагнитная совместимость, спутниковая связь, ТВ канал, модулятор.

#### Введение

Все требования и рекомендации для взаимодействий земных станций (ЗС), контрольных станций (КС) для мониторинга и управления, а также оперативных центров управления разработаны на основе документов