

УДК 629.78; 621.382

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УНОСА МАССЫ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Котельников В.С., Калаев М.П.

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

Сегодня большое число спутников запускаются на низкую околоземную орбиту (НОО) с высотами от 200 до 800 км. НОО содержит большое количество помех - как естественных, так и искусственных - которые могут повлиять на успешность космической программы.

Атомарный кислород является доминирующим компонентом атмосферы Земли на высотах 200-700 км. Несмотря на то, что атомы кислорода имеют малую плотность (порядка 10^8 атом/см³) и энергию (0,5 эВ), их столкновения с внешними поверхностями КА, двигающиеся по орбите со скоростью 8 км/с, приводят к соударению, эквивалентное энергии в 5эВ и потоку в 1014-1015 атом/см²·с. Эрозия полимеров при воздействии АК приводит к уменьшению толщины материалов, к уносу массы, к изменению физико-химических свойств материалов.

Для контроля уноса массы с поверхности используется универсальный частотный метод, отличающийся простотой устройства и эксплуатации преобразователя. В качестве преобразователя в этом методе используется кварцевый элемент, включенный в контур генератора частоты. Принцип действия кварцевого преобразователя основан на зависимости частоты генерируемых сигналов от изменения массы материала, напыленного на кварцевую платину.

Принцип работы устройства, заключается в том, что регистрирующий кристалл РК принимает на себя поток частиц и, тем самым, масса его покрытия становится меньше, в то время как контрольный кристалл КК - изолирован от окружающей среды. Каждый кристалл имеет свой собственный генератор (генератор регистрирующего кристалла ГРК и генератор контрольного кристалла ГКК). С выходов генераторов сигналы поступают на смеситель СМ, на выходе которого образуется разностная частота. Т. к. контрольный кристалл изолирован от окружающей среды, изменение частоты сигнала на выходе смесителя может быть вызвано исключительно изменением массы на регистрирующем кристалле. Частота сигнала со смесителя лежит в килогерцовом диапазоне, ее легче передать, чем частоту кристаллов (10-25 МГц). Применение контрольного кристалла и смесителя минимизирует влияние температурных изменений. Дальнейшая минимизация температурных влияний возможна путем выбора генератора и смесителя, которые имеют также низкочастотные

температурные коэффициенты в диапазоне рабочих температур. Разностная частота с выхода смесителя поступает на формирователь импульсов ФИ, преобразующий синусоидальный сигнал в последовательность импульсов той же частоты следования. Структурная схема кварцевых весов приведена на рисунке 1.

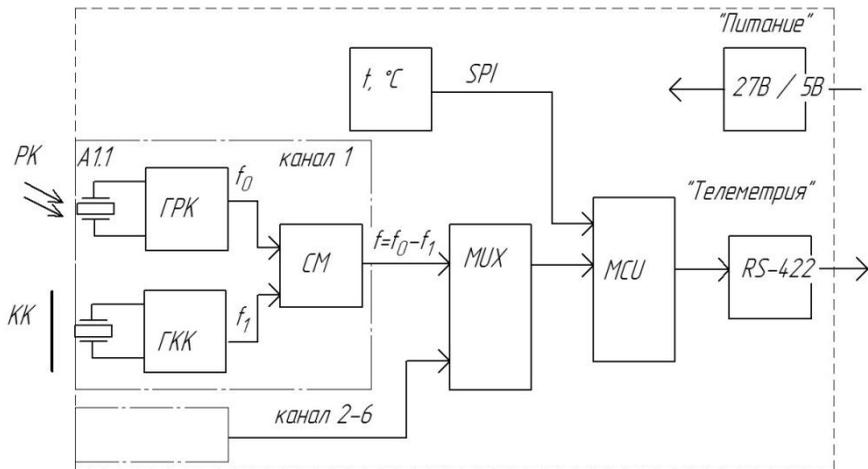


Рисунок 1 - Структурная схема кварцевых весов

Характеристика кварца вместе с нанесенным на пластину веществом количественно выражается через соотношение Z-метода [1].

$$\frac{\Delta m}{A} = \frac{N_q \rho_q}{\pi z f_1} \arctan \left[Z \cdot \tan \left(\pi \frac{f_u - f_l}{f_u} \right) \right], \quad (1)$$

где f_l - частота напыленной кварцевой пластины,

f_u - резонансная частота,

Δm - изменение массы,

A - активная колебательная зона,

ρ_q - плотность кварца ($2,648 \text{ г/см}^3$),

$$Z = \frac{\rho_q \mu_q}{\sqrt{\rho_f \mu_f}}$$

μ_q - модуль сдвига кварца ($2,947 \times 10^{11} \text{ г/см} \times \text{с}^2$),

μ_f - модуль сдвига материала,

ρ_f - плотность материала.

По результатам моделирования была разработана аппаратура ДЧ-01 для МКА Аист-2. Запуск намечен на апрель 2016г.

ВЫВОДЫ

В ходе математического моделирования было выявлено, что кварцевые микровесы с большой точностью измеряют унос массы вещества с поверхности кварцевой пластины, а, следовательно, была подтверждена обоснованность выбора данного метода. Так же было выявлено, что атомарный кислород в долгосрочных космических миссиях агрессивно влияет на полиимиды - в частности каптон, что ставит задачу поиска новых защитных материалов.

Список использованных источников

1. Verker, R. Residual stress effect on degradation of polyimide under simulated hypervelocity space debris and atomic oxygen [Текст]/R. Verker//Polymer. - 2007. - №48. - С. 19-24.
2. Silverman, Edward M. Space environment effects on spacecraft: LEO materials selection guide [Текст]/Edward M. Silverman/NASA Contractor report 4661 - 1995.
3. Kurtz, O. Quartz crystal microbalance used to characterize electrochemical metal deposition[Текст]/Olaf Kurtz//JEPT. - 2010. - №5.
4. Bousser, E. In situ, real-time solid particle erosion testing methodology for hard protective coatings[Текст]/Etienne Bousser//Surface&Coating, Technology. - 2013. - №237.

УДК 621.78:621.311:621.317

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКРАНИРУЮЩИХ СВОЙСТВ МАТОВ ЭВТИ ПРИ ЗАЩИТЕ БОРТОВОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ОТ ФАКТОРОВ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА

Р.А. Помельников, А.В Костин, В.С. Бозриков
АО «РКЦ «Прогресс»

Установлено, что во время полета на космических аппаратах (КА) накапливаются электрические заряды. Опыт эксплуатации отечественных и американских геостационарных спутников показал, что в работе бортовой аппаратуры наблюдаются аномалии и сбои.

Так, на искусственном спутнике Земли (ИСЗ.) DSCS-2 имели место самопроизвольные срабатывания генераторов напряжения логических схем блоков управления. На ИСЗ «Интелсат-3» возникали сбои в системах управления антенной. На ИСЗ «Радуга» происходили нарушения в работе электроники датчика системы ориентации инфракрасного построителя местной вертикали. Известны и другие случаи нарушения нормальной