

УДК 621.384.82+629.78

**ДЕТЕКТОР МИКРОМЕТЕОРОИДОВ И ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА
ДЛЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «АИСТ-2»**

© 2013 А. М. Телегин, Н. Д. Сёмкин

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Приведена конструкция датчика для исследования микрометеороидов и частиц космического мусора.

Высокоскоростное соударение, ионизация, микрометеороид.

В последние годы интерес к исследованию физических процессов на поверхности космических аппаратов (КА), проведению различных технологических процессов в космосе значительно возрос, что предполагает создание различной аппаратуры для их контроля. Это в первую очередь связано с повышением сроков функционирования космического аппарата [1].

На рис. 1 показан датчик МЕТЕОР-М.

При высокоскоростном ударе микрочастицы по мишени в ней начинают распространяться упругие волны, которые регистрируются пьезодатчиками. Происходит образование плазменного сгустка, который под действием внешнего электрического поля распространяется в сторону электродов ионизационного датчика, сигнал с которого снимается с помощью зарядочувствительного усилителя.

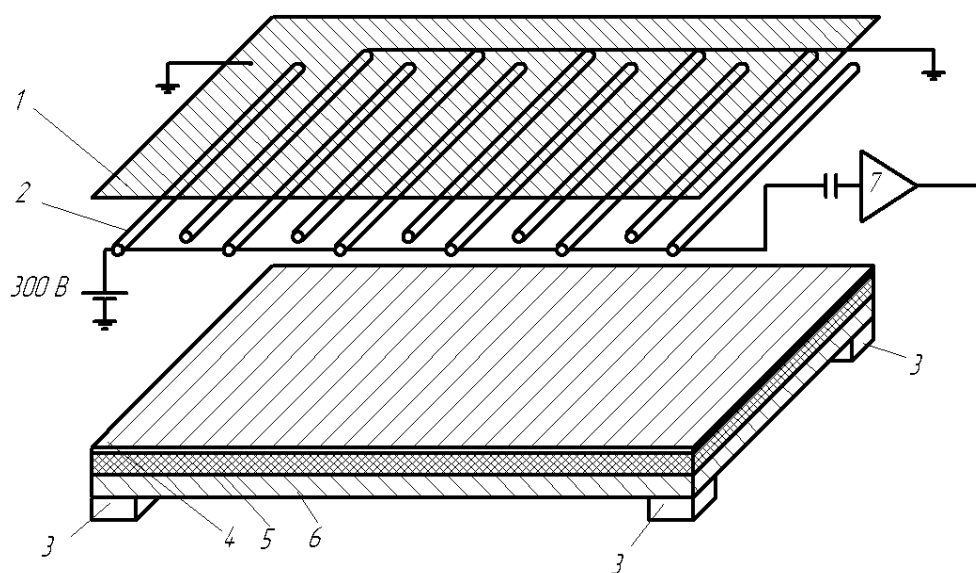


Рис. 1. МЕТЕОР-М:

1 - заземлённая сетка, 2 - электроды ионизационного датчика,
3 - пьезодатчики, подключенные к измерителям сигнала,
4,5,6 - мишень, 7 - усилитель с ионизационного датчика

При ударе частицы в мишень образуется плазма, скорость разлёта которой можно оценить по формуле

$$U_{nl} = k \cdot V,$$

где $k = \frac{1}{1 + \sqrt{r_v / r_m}}$ – коэффициент пропорциональности, зависящий от плотности частицы (ударника) r_v и плотности мишени r_m , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; U_{nl} – скорость раздела плазмы, м/с; V – скорость частицы при ударе, м/с.

Фронт разлёта импульса, регистрируемого приёмником, можно определить по формуле

$$t_\phi = \frac{L}{U_{nl}}.$$

В экспериментах с выбранным первичным преобразователем в виде системы параллельных нитей получена зависимость между величиной заряда ионов от скорости и массы частиц:

$$Q^+ = c m^\alpha V_o^\beta,$$

где $\alpha = 0,9 \pm 0,1$, $\beta = 2,8 \pm 0,5$, c – постоянная, зависящая от свойств материала и приближённо равная $1 \cdot 10^{-5}$.

Суммарный заряд ионов, возникших вследствие удара частицы о мишень, пропорционален площади под ионным импульсом:

$$Q^+ = \int_0^t i(t) dt = \frac{1}{R_{BX}} \times \int_0^t U(t) dt,$$

где Q^+ – суммарный заряд ионов, R_{BX} – входное сопротивление усилителя, $U(t)$ – зависимость напряжения на сетке ионизационного датчика от времени, t – длительность ионного импульса.

В состав аппаратуры МЕТЕОР-М входят: ПЗУ, реализованное на FLASH памяти для записи телеметрической информации; часы для контроля момента времени высокоскоростного соударения; генератор тестовых импульсов для создания тестовых упругих волн в мишени с целью проверки пьезодатчиков; температурный датчик; четыре пьезодатчика;

ионизационный датчик; пять зарядочувствительных усилителей; микроконтроллерный модуль.

Зарядочувствительный усилитель представляет собой многокаскадный усилитель с высоким входным сопротивлением и перестраиваемым коэффициентом усиления для подстройки с учётом уровня внешних помех.

МЕТЕОР-М для общения с внешними устройствами использует гальванически развязанный интерфейс RS232. С целью удалённого изменения программы микроконтроллерного модуля МЕТЕОР-М, выполненного на микросхеме фирмы Atmel, на разъём выведен порт программирования.

Обмен информацией с системой управления малого космического аппарата (МКА) «АИСТ-2» производится по двум каналам CAN2.0, один из которых является резервным.

Принцип работы микроконтроллерного модуля заключается в следующем. В случае прихода импульса сигнала от ионизационного либо пьезодатчика, превышающего пороговое значение, происходит включение микросхем FIFO, в которых прописывается данный импульс сигнала. Впоследствии данный импульс считывается с FIFO и записывается в ПЗУ. В случае подачи управления по внешним интерфейсам CAN происходит выдача этих данных.

Ионизационные датчики МЕТЕОР, подобно МЕТЕОР-М, были установлены на МКА «АИСТ». Эти датчики в процессе полёта зарегистрировали за время своего функционирования (около 12 часов) три воздействия, которые можно классифицировать как удар микрометеороидов.

Библиографический список

1. Семкин, Н.Д. Регистрация пылевых и газовых частиц в лабораторных и космических условиях [Текст] / Н.Д. Семкин, К.Е. Воронов, Л.С. Новиков. – Самара: СГАУ. – 2005. – 470 с.

DETECTOR OF MICROMETEOROIDS AND SPACE DEBRIS FOR THE SMALL SPACECRAFT AIST-2

© 2013 A. M. Telegin, N. D. Syomkin

Samara State Aerospace University

The paper presents a design of a sensor for studying micrometeoroids and space debris.

Hypervelocity impact, ionization, micrometeoroids.

Информация об авторах

Телегин Алексей Михайлович, ассистент кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: talex85@mail.ru. Область научных интересов: высокоскоростной удар, космическое приборостроение.

Сёмкин Николай Данилович, доктор технических наук, профессор кафедры радиотехники и медицинских диагностических систем, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва. E-mail: Semkin@ssau.ru. Область научных интересов: высокоскоростной удар, масс-спектрометрия, космическое приборостроение.

Telegin Aleksey Mikhailovich, teaching assistant, the department of design and construction of radioelectronic devices, Samara State Aerospace University. E-mail: talex85@mail.ru. Area of research: hypervelocity impact, space device engineering.

Syomkin Nikolay Danilovich, professor of the department of design and construction of radioelectronic devices, Samara State Aerospace University. E-mail: semkin@ssau.ru. Area of research: hypervelocity impact, mass spectrometry, space device engineering.