

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ
В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 621.384.62

НАУЧНАЯ АППАРАТУРА МЕТЕОР-М ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МИКРОЧАСТИЦ

© 2019 г. К. Е. Воронов^а, А. М. Телегин^а, Цзян Лисян^б, Цзяо Цзилун^б

Поступила в редакцию 22.02.2019 г.

После доработки 01.04.2019 г.

Принята к публикации 06.04.2019 г.

DOI: 10.1134/S0032816219050124

В околоземном космическом пространстве находится большое число твердых частиц, различающихся своим происхождением и параметрами. К ним относятся микрометеороиды и частицы космического мусора [1, 2]. Скорости таких микрочастиц доходят до десятков километров в секунду, и при их соударении с поверхностью космического аппарата наблюдаются эффекты, разрушительно влияющие на функционирование космических аппаратов.

В Институте космического приборостроения Самарского университета, в соответствии с контрактом с Пекинским институтом инженерии космического пространства, разработана и изготовлена научная аппаратура МЕТЕОР-М, предназначенная для регистрации и исследования параметров высокоскоростных микрочастиц с использованием ионизационного принципа измерения (рис. 1).

При высокоскоростном ударе микрочастицы по мишени в виде полубесконечной преграды происходит процесс образования ионов и выброс плазмы в окружающее пространство (см. рис. 1). Сбор этих ионов позволяет оценить параметры ударяющей микрочастицы (скорость и массу).

Корпус научной аппаратуры выполнен из АМГ-6. Напряжение питания 27 В, интерфейс обмена данных – RS232-USB с гальванической развязкой.

Особенностью нашей разработки является новая конструкция системы электродов приемника ионов. Измерительный электрод выполнен в форме пластины, а электрод с нулевым потенциалом – в виде нити. Такая конструкция позволила снизить входную емкость приемника ионов примерно на 20% без уменьшения площади и эффективности сбора ионов. В предложенной конструкции металлические нити выполнены из вольфрама, а пластины – из двухстороннего

фольгированного стеклотекстолита с закороченными между собой обкладками.

Для определения момента удара микрочастицы о мишень используется цифровой компаратор, выполненный на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС) (см. рис. 1). Порог срабатывания цифрового компаратора регулируется с использованием микроконтроллера. На ПЛИС также реализована задержка сигнала между аналого-цифровым преобразователем АЦП и памятью FIFO, с тем чтобы цифровой компаратор успел сработать и зафиксировать предыдущий сигнал перед его срабатыванием.

Была проведена серия экспериментов по тарировке научной аппаратуры МЕТЕОР-М с мишенями из различного материала (медь, нержавеющая сталь ЭИ878М и АМГ-6) на ускорителе микрочастиц [2]. В качестве микрочастиц использовалась алюминиевая пудра ПАП-1. Информационным сигналом служил наведенный на измерительные электроды сигнал при пролете микрочастицы в области электродов и ионный импульс от собранной измерительными электродами плазмы. Длительность наведенного импульса обратно пропорциональна скорости микрочастицы. По ионному импульсу оценивался остаточный заряд плазмы, образовавшейся при высокоскоростном ударе ионов. Полученные зависимости имеют общепринятый вид [2]:

$$Q^+ = C_1 m^\alpha V^\beta,$$

где $\alpha = 0.9 \pm 0.1$, β , C_1 – постоянные, зависящие от свойств материала мишени, ударника и конструкции ионизационного детектора; m , V – соответственно масса и скорость частицы при ударе.

Результаты исследования и полученные расчетные соотношения приведены на рис. 2. Для предотвращения случайного срабатывания модуля измерения МЕТЕОР-М по помехе от ускорителя используется сигнал синхронизации, передаваемый по оптоволокну от системы управления ускорителя. Данный сигнал блокирует работу из-

^аСамарский университет, Самара, Россия

^бПекинский институт инженерии космического пространства, Пекин, КНР

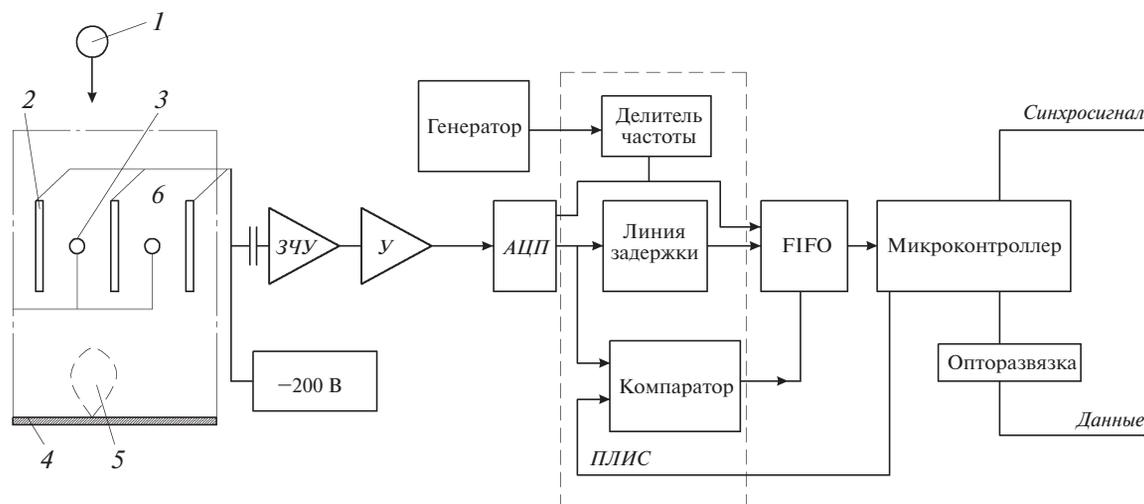


Рис. 1. Структурная схема измерительного модуля научной аппаратуры МЕТЕОР-М: 1 – микрочастица; 2 – измерительный электрод; 3 – электрод с нулевым потенциалом; 4 – мишень; 5 – образовавшаяся после удара плазма; ЗЧУ – зарядочувствительный усилитель; У – усилитель.

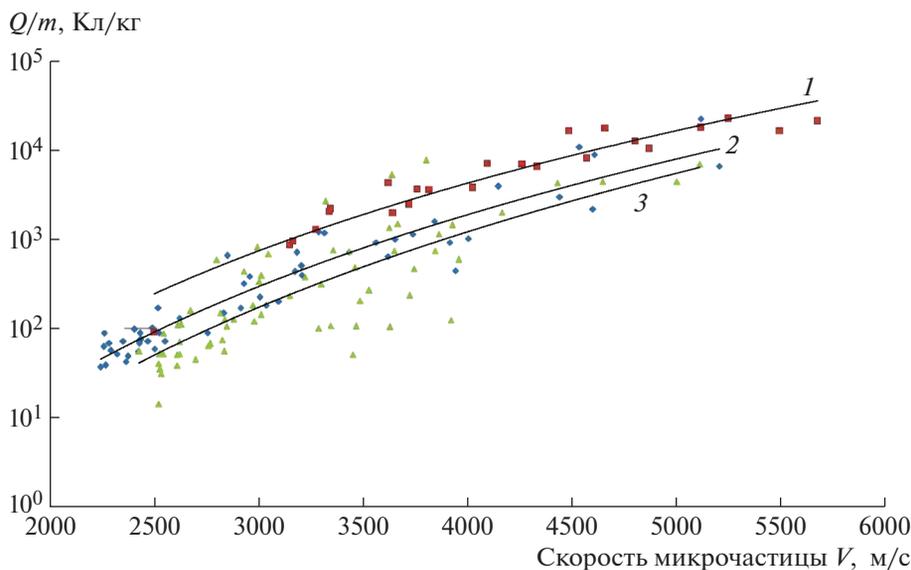


Рис. 2. Графики зависимости Q/m от V : 1 – мишень из меди, отношение общего заряда собранных ионов к массе микрочастицы $Q^+/m = 6 \cdot 10^{-19} \cdot V^{6.08}$; 2 – мишень из нержавеющей стали ЭИ878М, $Q^+/m = 1 \cdot 10^{-20} \cdot V^{6.48}$; 3 – мишень из АМГ6, $Q^+/m = 6 \cdot 10^{-22} \cdot V^{6.75}$.

мерительной части научной аппаратуры МЕТЕОР-М на время работы переключателей напряжения.

Анализ полученных данных показал, что комбинированная система электродов для датчиков ионизационного типа позволит сохранить большую площадь сбора ионов и при этом снизить входную емкость приемника ионов научной аппаратуры МЕТЕОР-М.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Drolshagen G. // Advances in Space Research. 2008. V. 41. P. 1123. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2007.09.007>
2. Semkin N.D., Voronov K.E., Piyakov A.V., Piyakov I.V. // ПТЭ. 2009. № 4. С. 159.
Адрес для справок: Россия, 443086, Самара, Московское шоссе, 34; Самарский университет, Институт космического приборостроения (ИКП-214). E-mail: talex85@mail.ru