

І. І. Опачко

Ужгородський національний університет

## Про можливість часопролітного мас-спектрометричного детектування корпускулярних потоків на космічних апаратах

Надійшла до редакції 10.12.04

Запропоновано систему мас-спектрометричного детектування корпускулярних потоків, у якій за відбивні екрани слугують конструктивні елементи космічних апаратів. Проведено оцінки ефективності системи, підтверджені лабораторними модельними експериментами із застосуванням складових лазерної плазми.

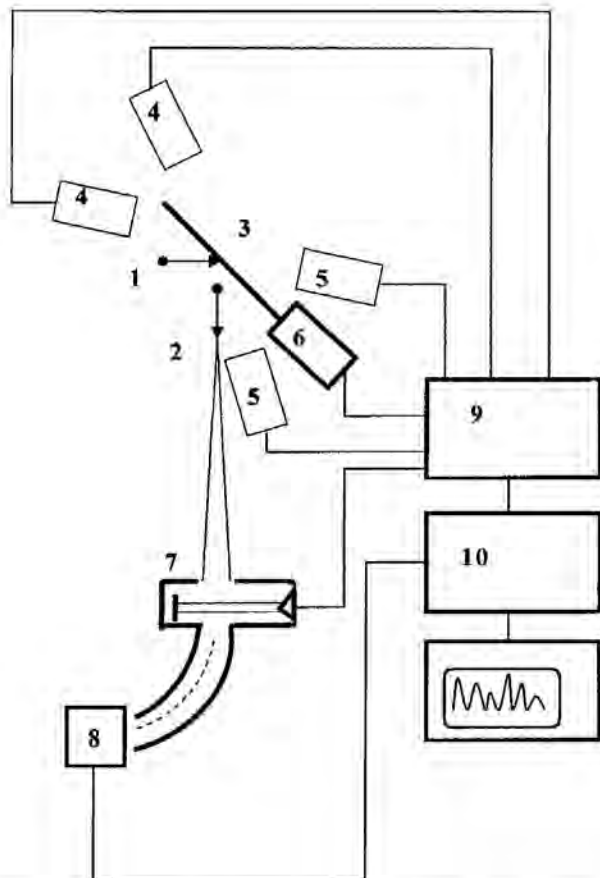
Політ космічних апаратів (КА) супроводжується неперервним бомбардуванням елементів їхніх конструкцій корпускулярними частками космічного випромінювання із швидкостями, що перевищують 300 км/с [2]. Ці частки несуть важливу інформацію про фізичні процеси, які проходять у глибині космічного простору, на Сонці і у верхніх шарах атмосфери Землі. Для реєстрації мікрочасток традиційно використовуються трекові індикатори, але вони не дають остаточної відповіді про маси та енергії частинок. Для розв'язання цієї задачі запропоновано систему, яка складається з відбивного (пропускного) екрана-мішені, за який можуть слугувати конструктивні елементи КА, наприклад панелі сонячних батарей або рамки з тонкими плівками, і власне системи реєстрації часток, розміщені на кінці гравітаційного стабілізатора (штанги) на відстані 5—10 м від екрана, що і складає дрейфовий простір часо-пролітного мас-спектрометра. Система зістикована з малогабаритним електростатичним селектором і бортовою системою обробки та реєстрації сигналу.

Запропонована система (рисунок) працює таким чином. При ударі мікрочастинки 1 космічного випромінювання із швидкістю 300 км/с, що відповідає енергії 10 еВ/нуклон в екрані 3 генерується черенковський акустичний сигнал тривалістю 1 нс, емітуються з поверхні електрони і, як правило, виникає свічення наносекундної тривалості, які реєстру-

ються датчиками 4—6. Ці сигнали запускають таймер 9 реєстраційного пристрою (хоча пристрій може запускатись і від іонного сигналу, що відповідає легким компонентам матеріалу екрана ( $H^+$ ,  $C^+$ )). Як екран доцільно застосовувати панелі сонячних батарей. Відбита чи пропущена через екран частка 2 пролітає дрейфову відстань до детектора, який може розміщуватись на штанзі гравітаційного стабілізатора, за 3—30 мкс у залежності від швидкості. На вході детекторів нейтральні частки іонізуються імпульсним електронним пучком 7 і попадають в електростатичний селектор, на виході якого детектуються вторинним електронним помножувачем 8. Таким чином, система є безмагнітним часопролітним мас-спектрометром, сполученим з електростатичним аналізатором.

Затримка сигналу з детектора відносно сигналу з датчиків на екрані пропорційна до  $Lm^{1/2}$ , де  $L$  — відстань від екрана до детектора,  $m$  — маса частки. Це дає можливість визначити масу частки та її енергію, причому верхньої межі реєстрованих мас практично немає. Є можливість накопичувати інформацію впродовж багатьох актів взаємодії часток з екраном.

Оцінимо чутливість та ефективність запропонованої системи. Відбиті (розсіяні) від екрана частки попадають в електростатичний селектор [4], попередньо іонізуючись стрічковим електронним пучком довжиною  $l = 10$  см з щільністю  $j = 0.1$  А/см<sup>2</sup>.



Аналізатор корпускулярного потоку: 1 — налігаюча частка, 2 — розсіяна частка, 3 — екран, 4 — ВЕП, 5 — ФЕП, 6 — акустичний датчик, 7 — електронний іонізатор, 8 — детектор іонів з електростатичним аналізатором, 9 — таймер, 10 — система реєстрації та обробки сигналу, 11 — вихідний пристрій

При цьому ступінь іонізації  $\alpha$  [1] складає

$$\alpha = Q \frac{j}{e v} = 10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-4},$$

де  $Q \approx 10^{-16} \dots 10^{-15} \text{ см}^2$  — переріз іонізації атомів

(молекул) електронним пучком,  $e$  — заряд електрона,  $V \approx 3 \cdot 10^7 \text{ см/с}$  — швидкість часток.

Нижню межу ефективності  $\eta$  реєстрації відбитої від екрана частки можна оцінити виразом

$$\eta = \alpha \cdot S / L^2 = 2 \cdot 10^{-9},$$

де  $S \approx 1 \text{ см}^2$  — вхідна апертура детектора,  $L \approx 5 \text{ м}$  — відстань від екрана до детектора.

Така ефективність дає можливість реєструвати потоки часток з концентрацією  $N = 1 \dots 10 \text{ см}^3$ .

Було проведено моделювання системи реєстрації в лабораторних умовах. Корпускулярні частки (атоми, молекули, кластери), які емітувалися при дії лазерного випромінювання наносекундної тривалості ( $\text{Nd}^{3+}$  та ексимерний лазери) [3] густиною потужності  $1-10 \text{ ГВт/см}^2$  на прості та багатокомпонентні твердотільні мішені, реєструвалися електростатичним селектором. В наших лабораторних умовах створена система із залишковим вакуумом  $P = 0.1 \dots 1 \text{ мПа}$ . Дрейфовий простір складав  $L = 1 \dots 3 \text{ м}$ .

1. Вайнштейн Л. А., Собельман И. И., Юков Е. А. Сечения возбуждения атомов и ионов электронами. — М.: Наука, 1973.—102 с.
2. Гибсон Э. Спокойное Солнце. — М.: Мир, 1977.—308 с.
3. Опачко І. І. Особливості інтегральної емісії компонентів лазерної плазми // Вісник Ужгородського ун-ту.—2000.—6.—С. 46—50.
4. Опачко І. І. Часово-пролітний мас-спектрометр // Опис до патенту України. Заявка № 2000031618 від 22.03.2000.

#### ON POSSIBILITY OF TIME-OF-FLIGHT DETECTION OF CORPUSCULAR CURRENTS ABOARD SPACE VEHICLES

I. I. Opachko

Mass-spectrometer detection of corpuscular currents in the function of reflecting shields of space vehicle constructive elements is offered. Estimation of system efficiency is performed and confirmed by laboratory model experiments with the use of laser plasma ingredients.