

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ДИСТАНЦІЙНОГО МАС-СПЕКТРОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ ПОВЕРХНІ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

© І. І. Опачко

Ужгородський національний університет

Створено макет на базі модифікованого лазерного мас-спектрометричного комплексу. Проведено лабораторні модельні експерименти з базовою відстанню $L = 5$ м, які показали коректність чисельних оцінок та працездатність системи до відстаней $L = 100$ м.

При космічних маневрах може виникнути необхідність неруйнівного дистанційного контролю складу поверхні невідомого космічного об'єкта (КО). Через те що досліджуваний об'єкт та аналізаторний пристрій знаходяться практично у вакуумі на відстані $L \leq 100$ м, для розв'язання цієї задачі доцільно застосовувати імпульсну часо-пролітну мас-спектрометрію з використанням відстані між об'єктами як безпольовий дрейфовий простір. Запропонована система (рис. 1) працює так. Випромінювання імпульсного лазера з параметрами $E_d = 10$ Дж, $\tau_d = 10^{-8}$ с і розбіжністю $\alpha = 10^{-4}$ рад за допомогою телескопічної системи фокусується на КО 1 на відстані до $L = 100$ м у пляму розмірами $2R = 3...10$ мм і створює на ньому імпульсну

густину потужності $q = 10^9$ Вт/см². Це викликає випаровування шару поверхні товщиною $h = 0.1...1$ мкм і призводить до емісії нейтральних та іонізованих компонентів [1]. Синхронно з імпульсом лазера запускається таймер 4, який після реєстрації розсіяного КО лазерного випромінювання дає змогу визначити відстань L до КО, яка в свою чергу служить внутрішнім калібратором часо-пролітної системи. Іонізовані компоненти з енергією порядку 10 еВ попадають через деякий проміжок часу в апертуру електростатичного селектора 5, на виході якого реєструються детектором іонів 6.

Оцінимо чутливість та ефективність запропонованої системи.

При товщині випарованого з КО шару $h = 0.1$ мкм і розмірах плями фокусування $2R = 10$ мм об'єм випареного матеріалу складає $V = 10^{-5}$ см³, характерний для абляційної емісії іонів при густині потужності $q = 10^9$ Вт/см² [2], а кількість емітованих в тілесний кут 1 ср іонів складає $N_i = 5 \cdot 10^{14}...10^{15}$. При цьому в апертуру електростатичного аналізатора розмірами $D = 3...4$ см, розміщеного на іншому КО на відстані $L = 100$ м, попадає

$$N_i^1 = N_i \frac{D^2}{L^2} = 10^{-7} N_i = 5 \cdot 10^7 ... 5 \cdot 10^8$$

іонів.

Враховуючи можливість реєстрації сучасними детекторами (вторинні електронні перетворювачі, каналові електронні перетворювачі та ін.) навіть одиничних іонів, концентраційну чутливість системи можна довести до рівня 0.001 ат %.

Сигнал з детектора іонів представляє собою серію імпульсів, затримка t яких по відношенню до лазерного імпульса дорівнює часу прольоту дрейфового простору L :

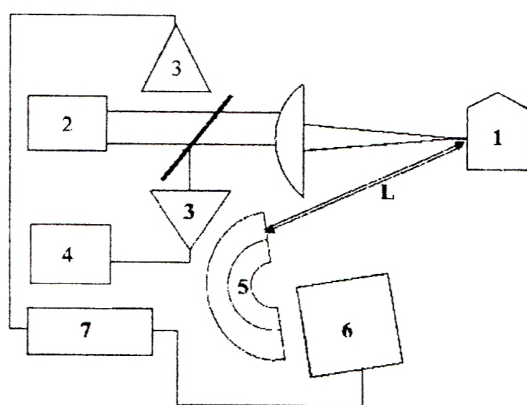


Рис. 1. Схема дистанційного мас-спектрометричного аналізу КО: 1 — космічний об'єкт, 2 — імпульсний наносекундний лазер, 3 — фотоприймач, 4 — таймер, 5 — електростатичний аналізатор, 6 — детектор іонів, 7 — система реєстрації та обробки сигналу

$$t_i = \frac{L}{V_i} = L \sqrt{\frac{m_i}{E_i}} \sim L \sqrt{m_i},$$

де V_i , E_i , m_i — швидкість, енергія та маса іонізованих компонентів.

Для енергій $E_i = 10$ еВ, на яку звичайно на-строюється електростатичний аналізатор, характерний часовий інтервал затримки іонних імпульсів $t_i = 2...20$ мкс.

При цьому є можливість статистично накопичувати сигнал впродовж декількох лазерних імпульсів, хоча можливий експрес-аналіз і за одиночний лазерний імпульс.

1. Опачко І. І. Особливості інтегральної емісії компонентів лазерної плазми // Вісник Ужгородського ун-ту.—2000.—6.—С. 46—50.

2. Опачко І. І., Шимон Л. Л., Хом'як Б. Я. Динаміка іонної емісії при резонансному і нерезонансному поглинанні лазерного випромінювання плазмою на поверхні твердого тіла // Журн. фіз. досліджень.—1996.—1.—№ 1.—С. 46—51.
3. Часово-пролітний мас-спектрометр // Опис до патенту України. Заявка № 2000031618 від 22.03.2000.

ON POSSIBILITY OF REMOTE MASS SPECTROMETRIC ANALYSIS OF SPACE OBJECTS

I. I. Opachko

The system for mass spectrometric analysis of the surface of space objects has been proposed which includes impulse heating laser, telescope system, electric static analyser the system of recording and machining of ion signal. The system makes is possible to make elemental analysis of space objects surface at the distance of ≈ 100 m with concentrational sensitivity of 0.001 percent.