

УДК 629.78

Возникновение реактивной силы путем лазерной абляции в условиях приближенных к вакууму

Кириченко Дмитрий Сергеевич

techscience.ru@gmail.com

SPIN-код: 2377-3315

КНИТУ–КАИ, Казань, Россия

Аннотация. Рассмотрен вариант борьбы с космическим мусором (КМ) путем воздействия на него лазерным излучением космической установки в импульсном режиме. Приведены данные, подтверждающие перспективу дальнейшего развития проекта.

Ключевые слова: лазерная абляция, лазерное излучение, космический мусор, аблированная масса, лазерное испарение

Введение. Потенциал лазерной установки для очистки околоземного космического пространства заключается в удаленном воздействии лазерным импульсом на ФКМ и более экологичном методе очистки. Лазерные установки могут работать в импульсном режиме. Для возможности точной корректировки орбиты КМ необходимо создание специальной методики расчетов потребной энергии, которую необходимо передать для возникновения реактивной тяги путем абляции массы с поверхности тела.

Методы и материалы; результаты. Ввиду малой глубины абляционного кратера, образующегося при однократном облучении поверхности, данная методика базируется на результатах многократного лазерного воздействия. Для создания условий, приближенных к космическим, модель-мишень помещают в вакуумную камеру ($0,05 \cdot 10^5$ Па).

Аблированная масса алюминия после воздействия лазерного излучения, энергией 0,35 Дж, частотой 10 Гц и продолжительностью 20 с (~200 выстрелов), примерно равна $0,336 \cdot 10^{-6}$ кг. На рис. 1 показан вид мишени после лазерного воздействия.

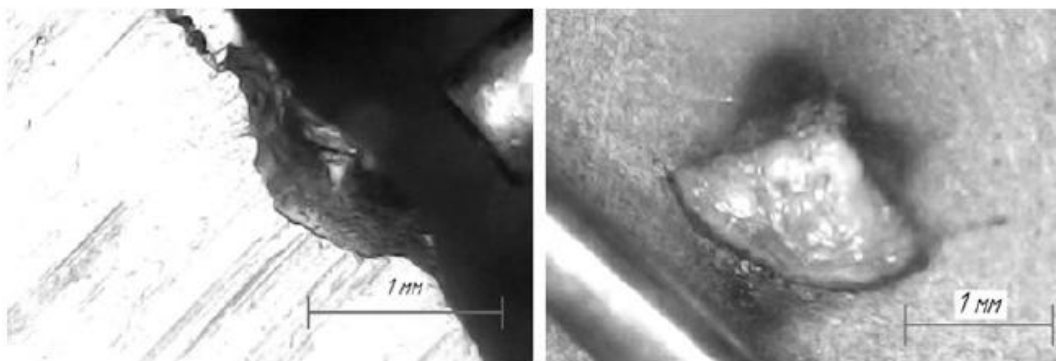


Рис. 1. Вид алюминиевой мишени с торца и сверху

Проведем расчет развиваемой тяги при лазерной абляции алюминиевой мишени. Скорость разлета частиц (u) при лазерной абляции в среднем равняется 1,5 км/с [1], следовательно, по формуле ниже тяга равняется:

$$P = \Delta m \cdot u, \quad (1)$$

где $\Delta m = M/\tau$ — скорость абляции, кг/с; M — испаренная масса, кг; τ — длительность воздействия на мишень лазерным импульсом, с.

Длительность воздействия состоит из длительности лазерного импульса (100 нс) и количества импульсов (200 выстрелов). Следовательно, $\tau = 0,02$ с.

Развиваемая тяга при лазерной абляции алюминиевой пластины равна $1,008 \cdot 10^{-5}$ Н.

На рис. 2 представлены радиальный профиль температуры ($T/T_{\max}$) и глубины абляции ($h/h_{\max}$) для алюминия. По графику видно, что с увеличением температуры поверхности форма глубины абляции меняется, размер пятна (r/R_1) увеличивается [2].

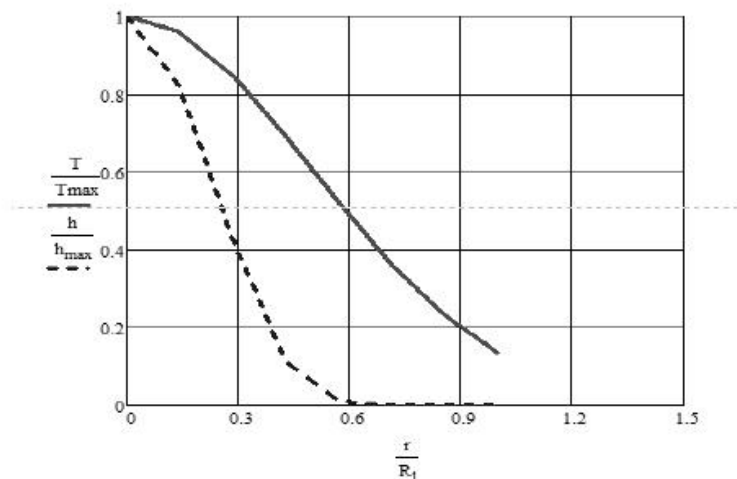


Рис. 2. Радиальные профили температуры и глубины абляции

Заключение. Проведенные исследования лазерной установки по воздействию лазерного импульса на материалы космического мусора в условиях, приближенных к вакууму, показывают перспективность использования такого метода очистки орбиты Земли. По проведенным расчетам, основанных на эксперименте, аблированная масса алюминиевой пластинки в вакууме после 200 лазерных импульсов (лазерный луч частотой 10 Гц), энергией 0,35 Дж за импульс и длиной волны 1,064 мкм, составила $0,336 \cdot 10^{-6}$ кг. Развиваемая тяга при лазерной абляции алюминиевой пластины равна $1,008 \cdot 10^{-5}$ Н.

Список источников

- [1] Булгаков А.В., Евтушенко А.Б., Шухов Ю.Г. Импульсная лазерная абляция бинарных полупроводников: механизмы испарения и генерация кластеров. *Квантовая электроника*, 2010, т. 40, № 11, с. 1021–1033.

-
- [2] Морозов А.А. Аналитическая модель определения эффективного размера области испарения при импульсной лазерной абляции. *Прикладная механика и техническая физика*, 2018, т. 59, № 5 (351), с. 78–86.
 - [3] Кузнецов Л.И., Ярыгин В.Н. Лазерно-реактивный метод очистки космического пространства от малоразмерного мусора. *Квантовая электроника*, 1994, т. 21, № 6, с. 600–602.