

УДК 533.9:621.373

УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГИЕЙ ИОНОВ УГЛЕРОДА В
ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННОМ ИСТОЧНИКЕ

Д. Р. ИСМАИЛОВ, М. В. ПУЗЫРЕВ, В. Ю. СТУПАКЕВИЧ

Научно-исследовательское учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
им. А. Н. Севченко» БГУ
Минск, Беларусь

В настоящее время процесс контроля режимов нанесения покрытий лазерно-плазменным методом определяется, в основном, изменением плотности мощности взаимодействующего лазерного излучения и расстояния от подложки до лазерной мишени. При этом следует учесть, что эрозионный лазерный факел в вакууме имеет достаточно сложную пространственную структуру. Настоящая работа посвящена получению из лазерной плазмы потока ионов, энергию которых легко регулировать, изменяя скорость ионов с помощью электрического поля.

Экспериментальное оборудование.

Для воздействия на мишень был использован импульсный YAG:Nd³⁺ – лазер LS-2137 фирмы Лотис-ТИИ с длиной волны $\lambda = 1064$ нм и длительностью импульса на полувысоте $\tau = 20$ нс. Мишень, изготовленная из высокотемпературного пиролитического графита марки УПВ-1, устанавливалась под углом 45° к оси лазерного луча. Эксперименты проводились в вакууме при давлении остаточных газов $\sim 10^{-3}$ Па. Мишень вращалась со скоростью 2 об/мин, чтобы предотвратить образование глубокого кратера на её поверхности, что может сказаться на пространственной форме эрозионного факела. Все эксперименты проводились при одной и той же плотности мощности взаимодействующего лазерного излучения $5,6 \times 10^8$ Вт/см². Как было показано ранее, при такой плотности мощности наблюдается истечение плазменного факела с минимальным содержанием твёрдых микрочастиц материала мишени, что позволяет наносить более качественные покрытия.

Измерения токовых характеристик эрозионной плазмы материала мишени проводились с помощью осциллографа Tektronix TDS2022.

Результаты экспериментов и их обсуждение.

Для изучения динамики структуры эрозионного лазерного факела производился контроль электронных и ионных токов из плазменной области, расположенной вблизи поверхности мишени, на подложку. Для управления потоком ионов между подложкой и мишенью устанавливалась сетка.

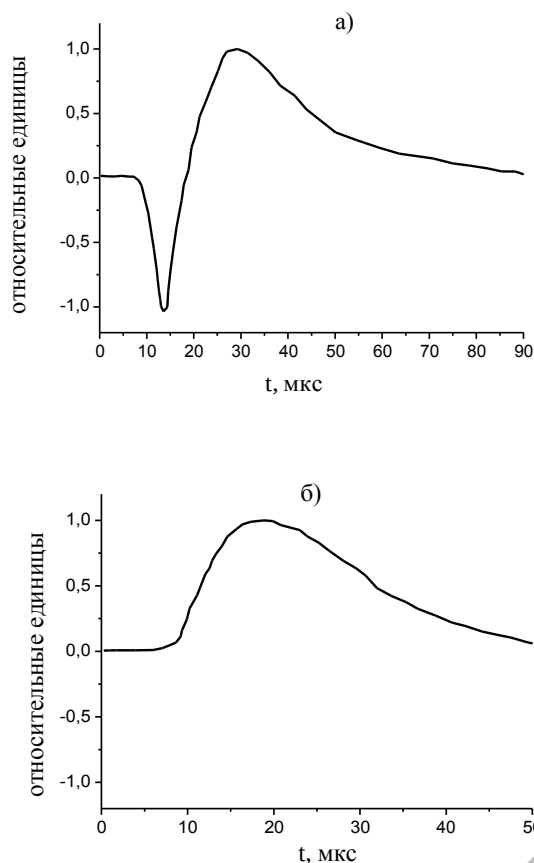


Рис. 1. Зависимость интенсивности электронной и ионной компонент эрозионного лазерного факела графитовой мишени на подложке для различных отрицательных потенциалов сетки по отношению к мишени: а – 0 В; б – 2,5 В

Проведенные эксперименты показали, что в эрозионном лазерном факеле в вакууме формируется двойной электрический слой. На его переднем фронте движутся электроны, а за ним более инерционные ионы (рис. 1, а).

При размещении между лазерной мишенью и подложкой сетки, на которую по отношению к лазерной мишени подается отрицательный потенциал, с помощью величины потенциала можно регулировать соотношение электронов и ионов, попадающих на подложку.

Для конкретного эксперимента найден отрицательный потенциал сетки по отношению к мишени (-2,5 В), при котором на подложку поступают только ионы (рис. 1, б).

Подавая на сетку положительный потенциал по отношению к подложке, можно управлять энергией ионов. При этом происходит не только увеличение энергии ионов, но и с увеличением положительного потенциала на сетке, по отношению к подложке, происходит увеличение плотности ионного потока (фокусировка).

Источник ионов из лазерной плазмы с регулируемой энергией ионов перспективно использовать для нанесения наноплёнок различных материалов на подложки из различных материалов с достаточно простой автоматизацией процесса нанесения.