

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ, ПРИ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ ПОД СЛОЕМ ЖИДКОСТИ СЕРЕБРА И ЗОЛОТА, НА СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ

Андреев Ю.С. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – ассистент ИЛТ, кандидат технических наук, Самохвалов А.А.
(Университет ИТМО)

Введение. Лазерная абляция и структурирование поверхности твердых тел под слоем жидкости является быстроразвивающимся адаптивным «зеленым» методом синтеза функциональных наночастиц и наноматериалов.

Известной проблемой метода является низкая производительность, обусловленная, в частности, возникновением пузырьков газа в зоне абляции, рассеивающих лазерные импульсы и препятствующих эффективной абляции высокочастотным излучением.

Ключевой проблемой при абляции под слоем жидкости остается процесс паровой кавитации, т.е. рост и коллапс парового пузырька. Именно в нем происходит процесс нуклеации и образование наночастиц (НЧ). В объеме расширяющегося пузырька выбрасывается разогретый лазерным пучком материал подложки в виде горячих атомов и ионов, в некоторых случаях при высоких плотностях энергии образуется лазерная плазма, в которой могут реализовываться различные химические реакции. Таким образом, свойства лазерной плазмы и динамика кавитационного пузырька отвечают за конечные свойства синтезируемого материала и, в конечном итоге, массовый выход. Однако, при высокой частоте следования импульсов и низкой скорости сканирования происходят критические для массового выхода и стабильности всего процесса эффекты экранировки и дефокусировки лазерного пучка на кавитационном пузырьке, при этом часть лазерной энергии попросту рассеивается и не достигает мишени.

Нахождение связи параметров лазерной плазмы с процессом образованием наночастиц и их свойствами (размером и дисперсией) позволит выбирать оптимальные режимы лазерного излучения на мишень.

Основная часть. С помощью исследования плазмы при абляции под слоем жидкости на твердые поверхности были получены следующие результаты:

- 1) Время жизни плазмы при различной мощности и длительности излучения прямо пропорциональна длительности импульса.
- 2) Время рекомбинации лазерной плазмы не превышает длительности лазерного импульса, излучательная рекомбинация плазмы начинается после переднего фронта лазерного импульса с характерной задержкой ~ 10 нс, таким образом часть лазерного импульса взаимодействует с плазмой, что влияет на процесс нуклеации наночастиц, давая возможность для управления их параметрами на стадии синтеза.
- 3) Образование лазерной плазмы под слоем жидкости имеет резкий порог при всех длительностях импульса – $2,3 \text{ Дж/см}^2$.

Были зарегистрированы спектры плазмы серебра и золота в воде и на воздухе. Сравнивая результаты спектров, полученных в разных средах, отмечались линии серебра и золота, которые наблюдались как в воде, так и на воздухе. Также у золота и серебра была обнаружена аномально уширенная линия водорода. Данная линия свидетельствует о высокой электронной плотности плазмы и/или образовании оптически плотной плазмы. Линии атомов мишени тоже оказались аномально уширены. Данный факт объясняется высоким давлением в плазме, за счет увеличения электронной плотности.

Получены спектры пропускания коллоидного раствора с НЧ золота и серебра для различной длительности импульса.

Выводы. Исследована зависимость жизни плазмы от длительности импульса и мощности излучения в золоте и серебре.

Исследованы линии спектра плазмы в воде и в воздухе для золота и серебра.

Получены спектры пропускания коллоидных растворов серебра и золота.

Список использованных источников:

1. René Streubel, Stephan Barcikowski, and Bilal Gökce. Continuous multigram nanoparticle synthesis by high-power, high-repetition-rate ultrafast laser ablation in liquids // Optics Letters Vol. 41, Issue 7, pp. 1486-1489 (2016).

2. Lam J., Lombard J., Dujardin C. Dynamical study of bubble expansion following laser ablation in liquids // Applied Physics Letters. -2016. - Т. 108. - С. 074104.

3. Koichi S., Noriharu T. Liquid-phase laser ablation // Pure Appl. Chem. -2010.- Т. 82. - №. 6. - С. 1317-1327.

Андреев Ю.С. (автор)

Подпись

Самохвалов А.А. (научный руководитель)

Подпись