ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ РАЗБРЫЗГИВАНИЯ ЖИДКОГО РАСПЛАВА ПРИ АБЛЯЦИИ ОКСИДА ИТТРИЯ С ПОМОЩЬЮ ВОЛОКОННОГО ИТТЕРБИЕВОГО ЛАЗЕРА

Кременецкий М.В.[1], Осипов В.В.[1], Евтушенко Г.С.[3], Платонов В.В.[1], Тихонов Е.В.[1], Васнев Н.А.[2], Гембух П.И.[2], Тригуб М.В.[2], Кочурин Е.А.[1]

[1)] Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
[2)] Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия
[3)] Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы, г. Москва, Россия
E-mail: mihakremen@gmail.com

RESEARCH ON THE DYNAMICS OF THE LIQUID MELT SPLASHING DURING THE ABLATION OF YTTRIUM OXIDE WITH THE RADIATION OF A FIBRE YTTERBIUM LASER

Kremenetskii M.V.[1], Osipov V.V.[1], Evtushenko G.S.[3], Platonov V.V.[1], Tikhonov E.V.[1], Vasnev N.A.[2], Gembuh P.I.[2], Trigub M.V.[2], Kochurin E.A.[1]

[1)] Institute of Electrophysics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia
[2)] V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IAO SB RAS), Tomsk, Russia
[3)] Scientific Research Institute – Federal Research Centre for Projects Evaluation and Consulting Services, Moscow, Russia

Dependences of the delay time of the appearance of the laser plasma, the delay in the departure or absence of melt droplets from the target crater of 1%Nd:Y_2O_3 were investigated.

Для получения нанопорошка из оксидов металлов, шпинели и керамик (TiO_2, SiO_2, $MgAl_2O_4$, Al_2O_3, 1%Nd:Y_2O_3, YSZ) используют метод абляции мишени из спрессованного материала излучением иттербиевого волоконного лазера λ = (1,07 ± 0,00325) мкм в импульсно периодическом режиме. Производительность получения нанопорошка может снижаться из-за разбрызгивания давлением пара множества капель расплава с 96 размерами 10÷100 мкм. Кроме того, при испарении сложных оксидов расплескивание расплава увеличивает отклонение химического состава наночастиц от состава мишени. В данной работе исследуются зависимости времени задержки появления лазерного факела, задержки вылета или отсутствия капель расплава из кратера мишени 1%Nd:Y_2O_3. Данные получены во время скоростной видеосъёмки разбрызгивания капель расплава. Эксперимент проводился совместно с Томским институтом оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН в марте 2021.

Для съёмки использовался лазерный монитор на основе усилителя яркости на парах CuBr с частотой следования импульсов излучения 22 кГц, что позволило устранить на изображениях собственное свечение лазерного факела и наблюдать

разбрызгивание капель. Видеоизображение регистрировалось камерой AOS Q-PRI, форма импульса волоконного лазера - pin-фотодиодом SFN2500FA, свечение лазерного факела - фотоэлементом ФЭК-22-СПУ-М. Лазерное излучение направлялось на мишень по нормали и фокусировалось линзой с F=400 мм в круглое пятно диаметром 430 мкм. Иногда мишень устанавливалась под углом 45°, и пятно имело форму эллипса (430х610 мкм).

Установлено, что расплав расплескивается обычно отдельными струями, из края кратера, которые в воздухе разделяются на отдельные капли. Разбрызгиваются и одиночные капли. При падении излучения на мишень по нормали, длительности импульсов 1300 мкс и мощности излучения на мишени P=670 Вт (I=0.46 МВт/см^2) расплав начинает расплескиваться спустя 70-200 мкс после образования факела, а при P=260 Вт (I=0.18 МВт/см^2) задержка увеличилась до 570-850 мкс. При P=205 Вт (I=0.14 МВт/см^2) расплав в половине случаев не смог оторваться от бруствера в виде капли, в одном случае капли образовались через 1050-23 мкс, а ещё в одном через 60-23 мкс.

В итоге, расплескивание расплава из кратера является сложным гидродинамическим процессом, и для выяснения механизма образования капель нужны дополнительные исследования.

Работа выполнена при частичной поддержке проекта РФФИ №20-38-70022 «Стабильность» и в рамках Гос. Задания №АААА-А19-119020790031-5. Усилитель яркости изготовлен в рамках проекта РНФ 19-79-10096.

1. Trigub M. V., Platonov V. V., Fedorov K. V., Evtushenko G. S., Osipov V. V., "DYNAMIC OF NANOPOWDER PRODUCTION DURING LASER TARGET EVAPORATION", Russian Physics Journal, Vol. 59, No. 8, December, 2016 (Russian Original No. 8, August, 2016)
2. Platonov V. V., Osipov V. V., Solomonov V.I., Snigireva O.A., Ivanov M.G., Lisenkov V.V., Laser Phys., 16 (1), 134 (2006)