

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ЛАЗЕРНУЮ ОБРАБОТКУ МЕТАЛЛОВ

С. В. Васильев, А. Ю. Иванов

Гродненский государственный университет им. Я.Купалы, Гродно  
E-mail: ion\_ne@mail.ru

Целью данной работы является исследование влияния электрических полей различной напряженности (от 0 до  $10^6$  В/м) на пространственную и временную эволюцию лазерной плазмы, возникающей при воздействии миллисекундных лазерных импульсов на поверхности металлов (медь, алюминий, олово, свинец) и установление закономерностей формирования рельефа поверхности облучаемых образцов.

Излучение рубинового лазера ГОР-100М, работавшего в режиме свободной генерации (длительность импульса  $\tau \sim 1,2$  мс,  $\lambda = 0,694$  мкм), пройдя через фокусирующую систему 2, направлялось через отверстие в электроде на образец, который сам являлся вторым электродом. Образец располагался в воздухе при давлении  $10^5$  Па. Диаметр  $D$  полученного таким образом пятна излучения с резкими краями варьировался в ходе экспериментов от 1 до 2 мм. Энергия лазерных импульсов  $E_0$  варьировалась в пределах от 5 до 60 Дж. Напряжение на электроды подавалось от источника, созданного на базе умножителя напряжения УН 9/27-13 блока ТВС-110. Источник позволял изменять напряжение в пределах до 25 кВ и при этом поддерживать его стабильным во время проведения эксперимента. Для изучения пространственной и временной эволюции лазерного факела в ходе воздействия ЛИ на образец использовался метод скоростной голографической киносъемки. Полученные отдельные кадры голограмм обеспечивали временное разрешение 0,8 мкс и пространственное разрешение по полю объекта  $\approx 50$  мкм.

Экспериментальные исследования показали, что при любой полярности приложенного напряжения топография кратера практически идентична и определяется распределением энергии по пятну фокусировки лазерного излучения. Несмотря на то, что распределение энергии по пятну фокусировки ЛИ неравномерно, линии равной концентрации электронов в лазерном факеле имеют практически гладкий вид, что свидетельствует об относительно однородной ионизации паров эродированного вещества. Несмотря на значительное увеличение во времени объема плазменного образования, средняя плотность электронов в факеле остается практически неизменной и даже несколько увеличивается, что может быть связана как с постоянным увеличением

массы вынесенного вещества, так и с вторичной ионизацией плазмы ЛИ. Отметим, что наличие внешнего электрического поля слабо влияет на концентрацию электронов в лазерном факеле. При расстоянии между электродами 2 см максимальный поперечный размер пароплазменного облака на поверхности электрода 3 составлял 2 см при отрицательном напряжении на мишени, 1,7 см без внешнего электрического поля и 1,5 см при положительном напряжении на мишени. Как видно из интерферограмм, достигнув второго электрода через 56, 64 и 72 мкс соответственно, пароплазменное облако практически не увеличивается в своих поперечных размерах. Вплоть до достижения плазменным фронтом электрода его скорость не только не уменьшается (что характерно для поздних стадий существования лазерного факела), но увеличивается, причем как при наличии внешнего электрического поля любой ориентации, так и в его отсутствие. Максимальные скорости разлета плазменного факела составили 350 м/с при отрицательном напряжении на мишени, 310 м/с без внешнего электрического поля и 270 м/с при положительном напряжении на мишени.

При подаче как положительного, так и отрицательного потенциала на образец на его поверхности после лазерного воздействия наблюдается множество мелких капель. В частности, при энергии ЛИ  $E = 20$  Дж, диаметре пятна фокусировки излучения  $D = 2$  мм и напряженности электрического поля  $10^6$  В/см наблюдался вынос капель со средним характерным размером менее 0,1 мм на расстояние от 0 до 2 см от центра лунки. Максимальный характерный размер капель равнялся  $\sim 0,4$  мм.

При отсутствии внешнего электрического поля средний размер капель составлял  $\sim 0,4$  мм. Капли были заметны на расстоянии до  $\sim 1$  см от центра лунки.

Динамика процессов, происходящих на поверхности образца, помещенного во внешнее электрическое поле и подвергающегося воздействию импульсного ЛИ, представляется следующей. Первичное плазмообразование и начальные стадии развития лазерного факела принципиально не отличаются от наблюдаемых в отсутствие внешнего электрического поля. За счет локального паро- и плазмообразования начинается формирование эрозионного факела с мелкодисперсной жидко-капельной фазой. Наличие внешнего электрического поля влияет (увеличивает или уменьшает в зависимости от направления вектора напряженности поля) скорость перемещения плазменного фронта и несколько искажает форму плазменного облака, но эти отличия не являются качественными. Указанные отличия наблюдаются только на начальной стадии развития лазерного факела.