

ОСОБЕННОСТИ ИК-ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ В РАЗЛИЧНЫХ ГАЗАХ

Л.Я.Минько, А.Н.Чумаков, В.В.Ефремов, Н.А.Босак

Институт молекулярной и атомной физики Академии наук Беларуси

проспект Ф.Скорины 70, 220072 Минск, Беларусь

Abstract. An experimental investigation was made of the radiative characteristics of laser plasma formation near Al, In, Cd and Si targets in various gases and in vacuum. It has shown that the indicatrixes and the intensity of laser plasma radiation depend on the target material, on laser pulse parameters and on the process of plasma chemical interaction of laser plasma with atmospheric gas.

Измерения индикатрис и энергетической силы излучения лазерных приповерхностных плазменных образований (ЛПО) при моноимпульсном лазерном воздействии выявили связь излучательных характеристик лазерной плазмы со структурой ЛПО и процессами плазмохимического взаимодействия лазерной плазмы с атмосферным газом (Чумаков и др., 1994). Было в частности показано, что распределение спектральной плотности силы излучения ЛПО на кадмиевой мишени может сильно отличаться от равновесного теплового в спектральном интервале от 2 до 4 мкм. Если основной причиной наблюдаемой неравновесности является плазмохимическое взаимодействие лазерной плазмы с окружающим мишень газом, то с увеличением длительности воздействующих лазерных импульсов подобные отклонения в характере испускания лазерной плазмы должны усиливаться и, кроме того, зависеть от вида атмосферного газа, окружающего мишень.

Для выяснения влияния окружающего мишень газа на излучательные характеристики ЛПО были проведены целенаправленные исследования лазерного воздействия в режиме свободной генерации на ряд материалов (Al, In, Cd, Si и др.) в различных газах нормальной плотности (воздух, азот, аргон) и в вакууме. В экспериментах был использован АИГ:Nd-лазер с

программируемым режимом работы и длительностью лазерного импульса ~ 200 мкс в режиме свободной генерации (Ефремов и др., 1992). Энергия лазерного излучения не превышала 0,5 Дж, а диаметр пятна облучения на поверхности мишени составлял 200 мкм. При этом максимальная плотность мощности ЛИ q в пятне облучения не превышала 10 МВт/см². Индикатрисы и сила излучения лазерной плазмы измерялись в диапазоне 0,3-4 мкм в отдельных спектральных интервалах, выделяемых узкополосными фильтрами, с помощью фотометрической системы со сменными фотоприемниками (ФЭУ, фотодиоды и фоторезисторы), откалиброванными с помощью эталонных излучателей. Энергия и временная форма импульсов излучения импульсов измерялись стандартными фотометрическими методами.

Эксперименты в режиме свободной генерации обнаружили существенную зависимость излучения ЛПО (особенно в ИК области спектра) от материала мишени (см. рис.1) и окружающего мишень газа. Так, для кадмиевой мишени при атмосферном давлении воздуха излучение ЛПО длится на порядок дольше длительности лазерного импульса и имеет два разделенных во времени максимума (в интервале 2-4 мкм). Кроме того, второй максимум импульса излучения ЛПО, формирующийся значительно позже окончания лазерного импульса, по амплитуде может значительно превосходить первый максимум, совпадающий по времени появления с лазерным импульсом. Как видно из рис.2, индикатрисы излучения плазмы в этих максимумах также различны. Так, если для первого максимума излучения ЛПО индикатриса наиболее симметрична и близка к круговой, то для второго максимума излучения лазерной плазмы индикатриса имеет выраженный максимум в направлении $\sim 40^\circ$.

Смена атмосферного газа в наибольшей степени сказывается на временной форме и амплитуде импульса излучения ЛПО. При замене воздуха азотом, либо аргоном при атмосферном давлении первый максимум в импульсе излучения ЛПО почти не изменяется, тогда как второй пропадает, а на его месте обнаруживается лишь сильно растянутый во времени "хвост" первого импульса (рис. 3). При понижении давления воздуха в камере с мишенью до 10^{-2} Торр второй максимум в импульсе излучения ЛПО пропадает, а также уменьшается амплитуда первого максимума (рис. 3). Изменения временной формы и амплитуды импульса излучения лазерной плазмы в зависимости от рода атмосферного газа и его давления наблюдаются и для других мишеней (Al, Si,

In), однако в спектральном интервале 2 - 4 мкм они менее выражены.

Таким образом показано, что при малых размерах лазерных пятен облучения ($d < 200$ мкм) индикатрисы и сила излучения лазерной плазмы в ИК области спектра существенно зависят от материала мишени и рода атмосферного газа. Излучательные характеристики лазерных плазмообразований зависят от их структуры и процессов плазмохимического взаимодействия лазерной плазмы с атмосферным газом. При этом специфическим выбором материала мишени и соответствующей газовой среды (кадмий-воздух) может быть многократно увеличена интенсивность излучения лазерных плазменных образований.

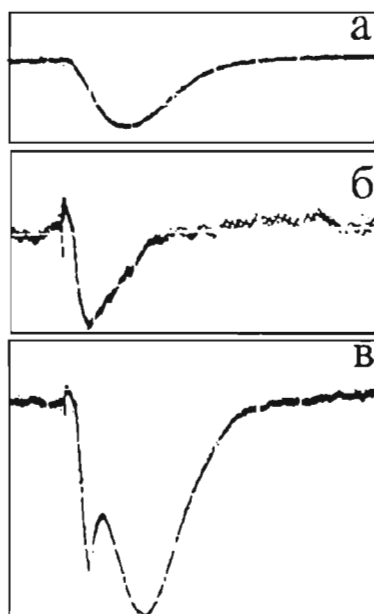


Рис. 1. Осциллограммы излучения плазменных образований ($\Delta\lambda = 2-4$ мкм) при лазерном воздействии на индий (а), кремний (б) и кадмий (в) в воздухе атмосферного давления ($q = 6$ МВт/см²).

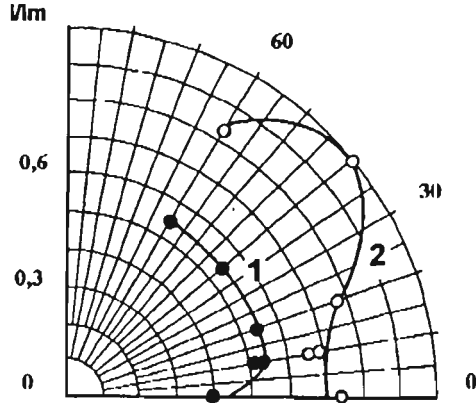


Рис. 2. Индикатрисы излучения плазменного образования при лазерном воздействии на кадмий в воздухе атмосферного давления (1 - в первом максимуме импульса излучения, 2 - во втором).

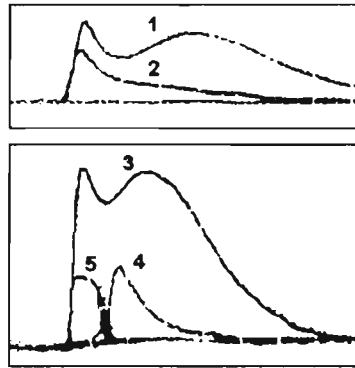


Рис. 3. Осциллограммы излучения плазменных образований (1-4) при воздействии лазерного излучения (5) на кадмий в воздухе (1,3) и азоте (2) атмосферного давления и в вакууме (4) при $q = 10 \text{ МВт/см}^2$.

ЛИТЕРАТУРА

- Ефремов В.В., Тылец Н.А., Чумаков А.Н., Шиенок Ю.Ф.: 1992, Приборы и техника эксперимента, N 4, 179-183.
- Чумаков А.Н., Ефремов В.В., Босак Н.А., Минько Л.Я, Чивель Ю.А., Авраменко В.Б.: 1994, Квантовая электроника, 21, 773 - 777.