

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ РАЗЛЕТА И ПРОФИЛЯ
ЭЛЕКТРОННОЙ ПЛОТНОСТИ В ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЕ
ПО ИЗМЕРЕНИЯМ В ВАКУУМНОЙ
УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

Е. В. Аглицкий, В. А. Бойко, С. М. Захаров,
Г. В. Склизков

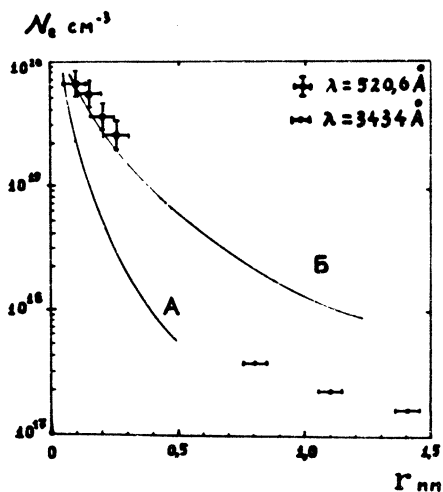
Для высокотемпературного разогрева вещества сфокусированным лазерным излучением с целью создания термоядерных условий весьма существенным является выяснение особенностей газодинамического движения лазерной плазмы. В данной работе проводилось исследование плазмы, создаваемой и нагреваемой в режиме газодинамического движения /1/. Особое внимание было обращено на исследование в течение лазерного импульса в плотной и горячей зоне (с размерами порядка диаметра кружка фокусировки нагревающего излучения $d_{\phi} \sim 0,2$ мм), поскольку она является определяющей в общей картине движения плазмы. В ряде предыдущих работ /2-5/ была сделана попытка измерить электронную плотность в лазерной плазме. Однако полученные данные не дают представления о горячей части факела.

В силу характерной пространственно-временной структуры распределения ионов различной кратности /6,7/, выбор ионов с достаточно высоким потенциалом ионизации позволяет в настоящей работе по интегральным во времени спектрограммам оценивать распределение N_e горячей области факела, в течение действия лазерного импульса. Измерения проводились в ВУФ области спектра с тем, чтобы иметь возможность наблюдать

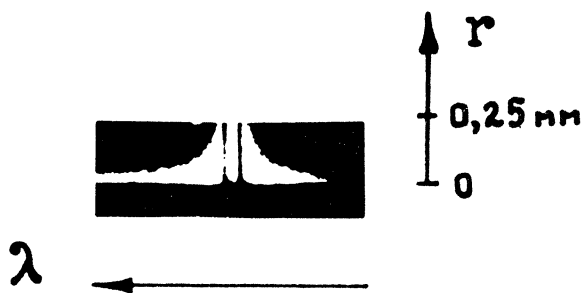
спектральную линию на фоне непрерывного излучения плазмы вплоть до расстояний $\sim 0,1$ мм от поверхности мишени. Излучение неодимового лазера с энергией ~ 10 дж при длительности по полуширине ~ 15 нсек фокусировалось на поверхность углеродной мишени, находящейся в вакуумной камере, состыкованной со спектрографом нормального падения ДФС-29. Увеличенное изображение (4x) лазерного факела проектировалось с помощью сферического ирридиевого зеркала на щель спектрографа шириной $0,05$ мм /8/. Для определения по штарковскому уширению среднего за время действия импульса распределения N_e в зависимости от расстояния до мишени r были выбраны линии водородоподобного иона CIV $\lambda_1 = 520,6 \text{ \AA}$ (переход 3-4) и $\lambda_2 = 3434 \text{ \AA}$ (переход 7-8).

Наблюдаемые контуры линий являются усредненными, во-первых, во времени, во-вторых, в пространстве (вдоль луча зрения), поэтому результаты определения ширины линий носят оценочный (с точностью до нескольких десятков процентов) характер. В лазерном факеле N_e меняется на много порядков, поэтому такая точность является удовлетворительной и позволяет получить достаточное количество информации. Полученные значения $N_e(r)$ близки к данным интерферометрических измерений /9/ (см. рис. 1).

По спектрограмме рис. 2 можно определить скорость разлета холодной оболочки плазмы. Действительно, горячее плотное ядро факела светит непрерывным спектром сквозь облако разреженной холодной плазмы, характеризующейся большой кинетической энергией направленного движения ионов. Поэтому на спектрограмме излучения факела (рис. 2) появляются линии поглощения в резонансных переходах CIV , аналогичные по своему происхождению "фраунгоферовым линиям" в спектре Солнца и сдвинутые в синюю сторону относительно соответствующих им линий испускания оболочки. Ион в собственной системе координат поглощает частоту ν_0 . Так как он улетает от излучающего центра со скоростью u , то

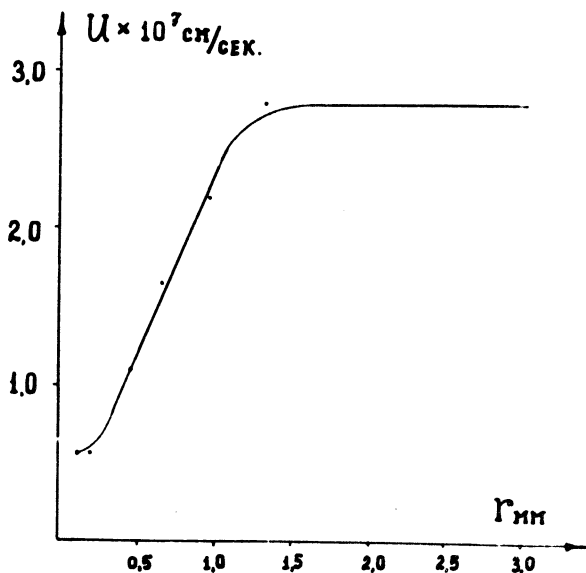


Р и с. 1. Профиль электронной плотности $N_e(r)$. Точки соответствуют данным, полученным по штарковскому уширению линий CIV . Сплошные кривые соответствуют данным интерферометрического исследования из работы [9]. Кривые А и В соответствуют временам 10 и 36 нсек после начала лазерного импульса.



Р и с. 2. Увеличенное изображение участка спектрограммы в районе $\sim 1550 \text{ \AA}$. Видны линии поглощения CIV $\lambda_1 = 1548,20 \text{ \AA}$ и $\lambda_2 = 1550,77 \text{ \AA}$.

приходящее к нему излучение сдвинуто из-за эффекта Доплера в красную сторону на $\Delta\nu = (u/c)\nu_0$. Таким образом, в спектре непрерывного излучения горячего



Р и с. 3. Профиль скорости газодинамического движения плазмы.

ядра должны отсутствовать фотоны, частота которых, будучи смещена в красную сторону на $\Delta\nu$, равняется ν_0 . Следовательно, линия поглощения будет смещена относительно ν_0 в синюю сторону на величину, равную доплеровскому смещению $\Delta\nu$.

В нашем случае для резонансного дублета CIV $\lambda_1 = 1548,20\text{\AA}$, $\lambda_2 = 1550,77\text{\AA}$ при доплеровском сдвиге $\Delta\lambda \approx 1,2\text{\AA}$ имеем для скорости направленного движения ионов значение $u \sim 10^7$ см/сек. На рис. 3 приведен профиль скорости газодинамического движения плазмы в зависимости от расстояния до мишени, полученный из анализа спектрограммы рис. 2 и дан-

ных работы /7/. Видно, что ускорение плазмы происходит на расстояниях, сравнимых с диаметром пятна фокусировки.

Авторы благодарны Н. Г. Басову, О. Н. Крохину и С. Л. Манделштаму за полезные обсуждения.

Поступила в редакцию
4 марта 1971 г.

Л и т е р а т у р а

1. Н. Г. Басов, О. Н. Крохин. Вестник АН СССР, № 7, 55 (1970).
2. В. С. Boland, F. E. Irons. "The VIII th Conference on Phenomena in Ionized Gases". Vienna, p.462, 1967.
3. D. D. Burgess, B. C. Fawsett, N. J. Peacock. Proc. Phys. Soc., 92, part 3, 805 (1967).
4. В. С. Boland, F. E. Irons, R. W. P. McWhirter. Proc. Phys. Soc., 1, 1180, (1968).
5. F. E. Irons, M. J. Peacock, R. C. Pease. Conference on Laser-Produced Plasmas, Moscow, Nov 17-21, 1970.
6. Н. Г. Басов, В. А. Бойко, В. А. Грибков, С. М. Захаров, О. Н. Крохин, Г. В. Склизков. Письма в ЖЭТФ, 9, 520 (1969).
7. Н. Г. Басов, В. А. Бойко, Ю. А. Дрожбин, С. М. Захаров, О. Н. Крохин, Г. В. Склизков, В. А. Яковлев. ДАН, 196, 1248 (1970).
8. Е. В. Аглицкий, В. А. Бойко, С. М. Захаров, Г. В. Склизков. Препринт № 143, ФИАН, 1970 г.
9. Н. Г. Басов, В. А. Бойко, В. А. Грибков, Ю. А. Дрожбин, С. М. Захаров, О. Н. Крохин, Г. В. Склизков, В. А. Яковлев. Препринт № 79, ФИАН, 1970 г.