

НАБЛЮДЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛИНИЙ ВЫСОКОИОНИЗОВАННОГО ЖЕЛЕЗА В ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЕ

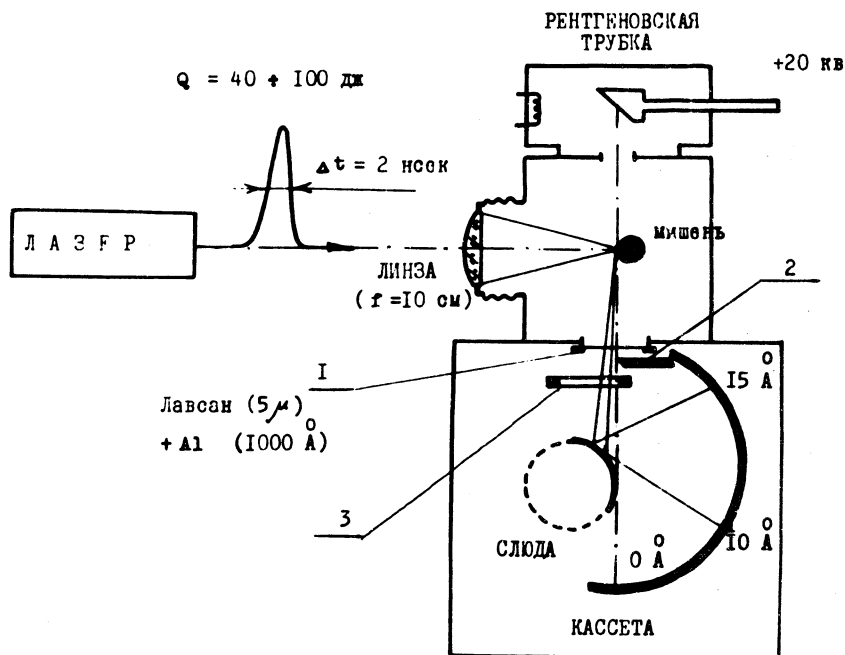
Е. В. Аглицкий, В. А. Бойко, С. М. Захаров,
Г. В. Склизков, А. Н. Федоров

Исследование энергетической структуры многозарядных ионов, образующихся в горячей лазерной плазме /1/, требует продвижения из вакуумной ультрафиолетовой (ВУФ) в мягкую рентгеновскую (МР) область спектра, поскольку большая часть переходов, представляющих астрофизический интерес, лежит именно в этом диапазоне /2/, /3/.

В предыдущих спектроскопических лазерных экспериментах мощность лазера не превышала 1+2 гвт; при этом электронная температура плазмы достигала значений $T_e \sim 150+200$ эв. В настоящей работе использовался лазер с мощностью ~ 10 гвт, что позволяет повысить T_e до значений ~ 1000 эв.

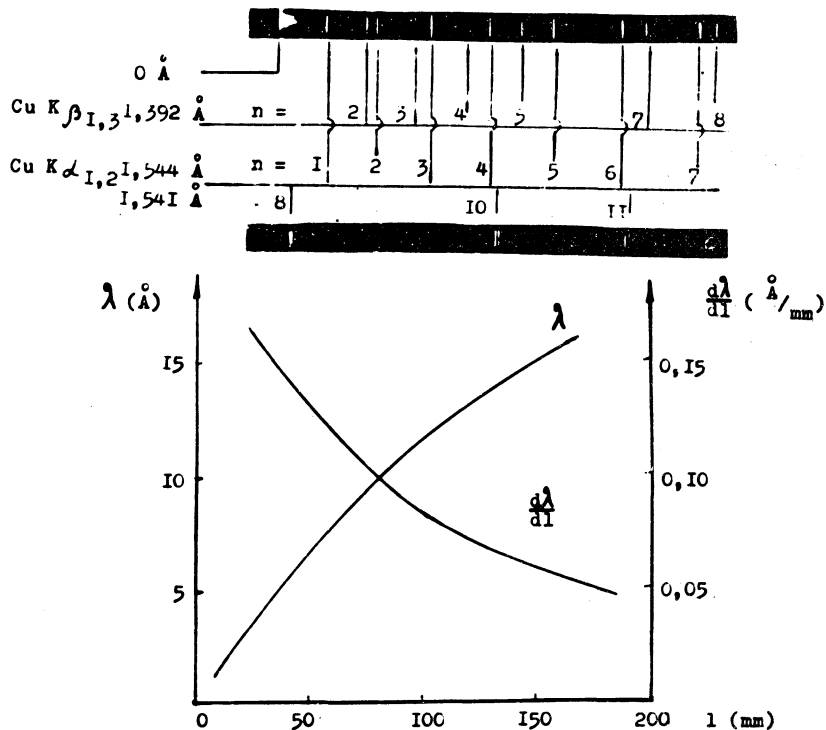
В описываемой установке для анализа МР излучения лазерной плазмы использовался в качестве диспергирующего элемента выпуклый кристалл /4/. Это обеспечивает диапазон углов падения от 0 до 90° и, в соответствии с уравнением Вульфа-Брэгга ($n\lambda = 2d\cos\theta_{\text{пад}}$, d — межплоскостное расстояние кристалла), максимальный диапазон избирательно отражаемых длин волн $0+2d$. Схема эксперимента представлена на рис. 1. Излучение от лазерной плазмы проходит через фильтр 1, отсекающий видимое излучение, отражается, в зависимости от длины волны, от определенного участка кристалла и регистрируется на фотопленке, поме-

шенной в цилиндрическую съемную кассету. Тонкий (0,01 см) кристалл слюды ($2d \approx 19,8 \text{ \AA}$) прикрепляется к поверхности стального цилиндрического блока, чем и осуществляется его изгиб по нужному радиусу



R (в нашем случае $R = 38 \text{ мм}$). Диафрагма 2 применяется для определения положения оси нулевого порядка, т.е. луча, который касается поверхности кристалла и попадает на фотопленку, не подвергаясь отражению. Эта точка на фотопленке считается началом отсчета длин волн - 0 \AA . Горизонтальная щель 3 шириной 3 мм, перемещаясь в вертикальном направлении, обеспечивает регистрацию на одной фотопленке исследуемого и калибровочного спектра. Калибровка спектрографа по длинам волн производится с помощью рент-

геновской трубки и щели, совмещаемой с местом положения пятна фокусировки лазерного излучения с точностью 0,1 мм. Спектрограмма излучения рентгеновской трубки с медным антикатодом, а также зависимость



Р и с. 2. Результаты калибровки по длинам волн спектрографа с выпуклым кристаллом.

линейной дисперсии и длины волны от расстояния на фото пленке представлена на рис. 2. Следует отметить, что путем выбора положения кристалла относительно фото пленки можно добиться постоянства линейной дисперсии в широком интервале длин волн. Экспериментальное разрешение прибора, измеренное по разрешению

дублета $\text{Si } K_{\alpha_{1,2}}$ в первом порядке отражения при ширине щели $0,1 \text{ мм}$, составляет $3 \cdot 10^{-3} \text{ \AA}$ и не является предельным для данного кристалла.

Применив вышеописанную методику, мы получили за две вспышки лазера спектрограмму, содержащую около 40 линий высокоионизованного железа в области $10+16 \text{ \AA}$. Результаты обработки спектрограмм будут опубликованы отдельно. Тем не менее можно утверждать, что длины волн полученных спектральных линий в основном соответствуют предыдущим работам (в которых в качестве источника использовались низкоиндуктивная вакуумная искра /8/ и плазменный фокус /5/) и свидетельствуют о наличии в лазерном факеле ионов Fe кратности от XXIII до XXIV . В работах /5/, /6/ нет согласия по вопросу отождествления ряда линий, отнесенных ранее /6/ к Fe XXIV . Дальнейшие измерения длин волн с точностью до $\sim 0,001 \text{ \AA}$ (что, по-видимому, реализуется данным прибором) облегчают идентификацию этих линий.

Для плотности потока лазерного излучения $q \sim 10^{14} \text{ вт/см}^2$, реализуемой в настоящем эксперименте, измерение температуры методом поглотителей в случае мишени из $(\text{CD}_2)_n$, дало значение $T_e \sim 1+1,5 \text{ кэВ}$. При таких значениях T_e для плазмы железа в случае корональной модели ионизационного равновесия можно ожидать появления ионов Fe XXV и Fe XXVI /7/ с потенциалами ионизации 8–9 кэВ. Наличие на спектрограмме линий ионов более низкой кратности с потенциалом ионизации $1,5+2 \text{ кэВ}$ указывает на возможность существования неравновесной ионизации /8/. Полную ясность в этот вопрос может внести одновременная регистрация МР линейчатого спектра и измерение T_e по непрерывному спектру методом поглотителей.

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

Поступила в редакцию

14 сентября 1971 г.

Л и т е р а т у р а

1. B. C. Fawcett, A. H. Gabriel, F. E. Irons, N. J. Peacock, P. A. H. Saunders. Proc. Phys. Soc., 88, 1051 (1966). Н. Г. Басов, В. А. Бойко, Ю. П. Войнов, Э. Я. Кононов, О. Н. Крохин, С. Л. Мандельштам, Г. В. Склизков. Revue Roumaine de Phys., 13, 97 (1968). Н. Г. Басов, В. А. Бойко, Ю. П. Войнов, Э. Я. Кононов, С. Л. Мандельштам, Г. В. Склизков. Письма в ЖЭТФ, 5, 179 (1967), 6, 849 (1967). В. А. Бойко, Ю. П. Войнов, В. А. Грибков, Г. В. Склизков. Опт. и спектр., 20, 537 (1968).
2. S. L. Mandelstam. Applied Opt., 6, 1834 (1967).
3. N. J. Peacock, M. G. Hobby, P. D. Morgan. Fourth conference on plasma physics and controlled nuclear fusion research. Madison, Wisconsin, USA, 17-23 June, 1971.
N. J. Peacock, R. J. Speer, M. G. Hobby. J. Phys., B, ser. 2, 2, 798 (1969).
4. L. S. Birks. Rev. Sci. Instr., 41, 1129 (1970).
5. J. P. Connerade, N. J. Peacock, R. J. Speer. Solar Phys., 14, 159 (1970).
6. U. Feldman, L. Cohen. Astrophys. J., 151, N1, part 1, L55 (1968).
7. И. Л. Бейгман, Л. А. Вайнштейн, А. М. Урнов. Препринт ФИАН № 28, 1971 г.
8. Ю. В. Афанасьев, Э. М. Беленов, О. Н. Крохин, И. А. Полуэктов. ЖЭТФ, 60, 73 (1971).