

СПЕКТРЫ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ Ca XV И Ca XVI, ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ ФОКУСИРОВКЕ НА МИШЕНЬ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Н.Г.Басов, В.А.Бойко, Ю.П.Войнов, Э.Я.Кононов, С.Л.Мандельштам,
Г.В.Склизков*

В работе [1] было показано, что при фокусировании гигантского импульса лазера на твердую мишень в вакууме образуется плотная высокотемпературная плазма, которая содержит многократно ионизованные атомы материала мишени, излучающая интенсивный линейчатый спектр в области вакуумного ультрафиолета. В частности, были получены и идентифицированы линии Ca XIII и Ca XIV.

Улучшив условия фокусировки лазерного излучения (энергия 10 дж, длительность по полувысоте 15 нсек), нам удалось получить спектрограммы, на которых ряд линий был отождествлен как принадлежащие Ca XV и Ca XVI. Эти линии, как и линии Ca XIII, Ca XIV; рассматривавшиеся ранее, относятся к переходам типа $2s^2 2p^n - 2s 2p^{n+1}$, где $n = 4, 3, 2, 1$ для Ca XIII, Ca XIV, Ca XV, Ca XVI, соответственно, и расположены в интервале 120 – 240 Å.

Лабораторное получение спектра Ca XV представляет значительный астрофизический интерес. Интенсивная желтая корональная линия $\lambda = 5694$ Å интерпретируется как запрещенный магнитнодипольный переход между компонентами тонкой структуры $^3P_0 - ^3P_1$ основного состояния иона Ca XV [2]. Эта интерпретация базируется на экстраполяции соответствующих термов в изoeлектронном ряде и до настоящего времени не является общепризнанной. Линия $\lambda = 5694$ Å появляется в спектре короны не всегда и, по-видимому, характеризует очень горячие конденсации, надежная ее идентификация весьма существенна для интерпретации этих наблюдений. Получение в лабораторных условиях резонансных линий Ca XV, расположенных в вакуумной области спектра, позволяет непосредственно измерить расщепление терма 3P . В настоящее время нами проводятся измерения полученных спектрограмм, предварительные результаты не противоречат принятой интерпретации $\lambda = 5694$ Å как линии $^3P_0 - ^3P_0$ Ca XV.

На рисунке представлены спектрограммы участка 110-170 Å с указанием наиболее интенсивных отождествленных линий упомянутых выше

ионов, а также уже известных [2] линий Ca IX, Ca X, Ca XII, Ca XIII (интенсивные линии Ca XI в данной области спектра отсутствуют). Из сравнения спектрограмм следует, что с уменьшением плотности потока лазерного излучения при расфокусировке пучка исчезают линии ионов более высоких кратностей, в то время как линии Ca X практически не изменяют своей интенсивности.

Для аналогичной плазмы, полученной при фокусировке пучка на углеродную мишень, с помощью скоростной интерферометрии с экспозицией ~ 3 нсек была определена плотность электронов в плазме. К концу лазерного импульса плазма имеет форму, близкую к полусфере с радиусом $\sim 1,5$ мм. Плотность электронов в плазме падает от 10^{20} см $^{-3}$ у поверхности мишени до 10^{17} см $^{-3}$ на границе [3].

Наличие линий различных ионов кальция в сравнительно узкой спек-

Т а б л и ц а

№ спектрограммы	Максимально наблюдаемый ион	Потенциал ионизации	Плотность потока лазерного излучения (вт/см 2)	—	—
				по данным [4]	по данным [5]
a	Ca XVI	898	$5 \cdot 10^{12}$	210	300
б	Ca XIII	729	$2 \cdot 10^{11}$	120	165
в	Ca XI	659	$2 \cdot 10^{10}$	100	130

тральной области дает возможность оценить электронную температуру плазмы T_e по ионизационным потенциалам ионов максимальной кратности, присутствующих в плазме. В таблице приведены значения температур, соответствующие концентрации ионов $N_m/N_{m-1} \sim 0,1$, где N_m - концентрация ионов максимальной кратности, зарегистрированной на данной спектрограмме.

При оценке температуры плазмы мы принимали так называемую "корональную модель" плазмы и использовали сечения процессов ионизации и рекомбинации Хауза [4] и более новые значения И.Л.Бейгмана и Л.А.Вайнштейна [5], учитывающие фоторекомбинацию на возбужденные уровни (дизэлектрическая рекомбинация, как показывает расчет, при данных значениях электронной концентрации не осуществляется).

Следует отметить, что, возможно, использование "корональной модели" в применении к нашему случаю плотной плазмы не вполне правильно. В корональной модели не учитываются процессы тройной рекомбинации с электронами. Оценки, однако, показывают, что роль этих процессов, по-видимому, не велика, их учет приведет к более высоким значениям T_e . С другой стороны, не учитываются процессы фотоионизации, обусловленные большой оптической толщиной плазмы в линиях; учет этих процессов приведет к более низкому значению температуры.

Авторы пользуются возможностью выразить глубокую благодарность О.Н.Крохину, Л.А.Вайнштейну и И.Л.Бейгману за обсуждение результатов работы В.И.Фролову и В.А.Грибкову за помощь в работе.

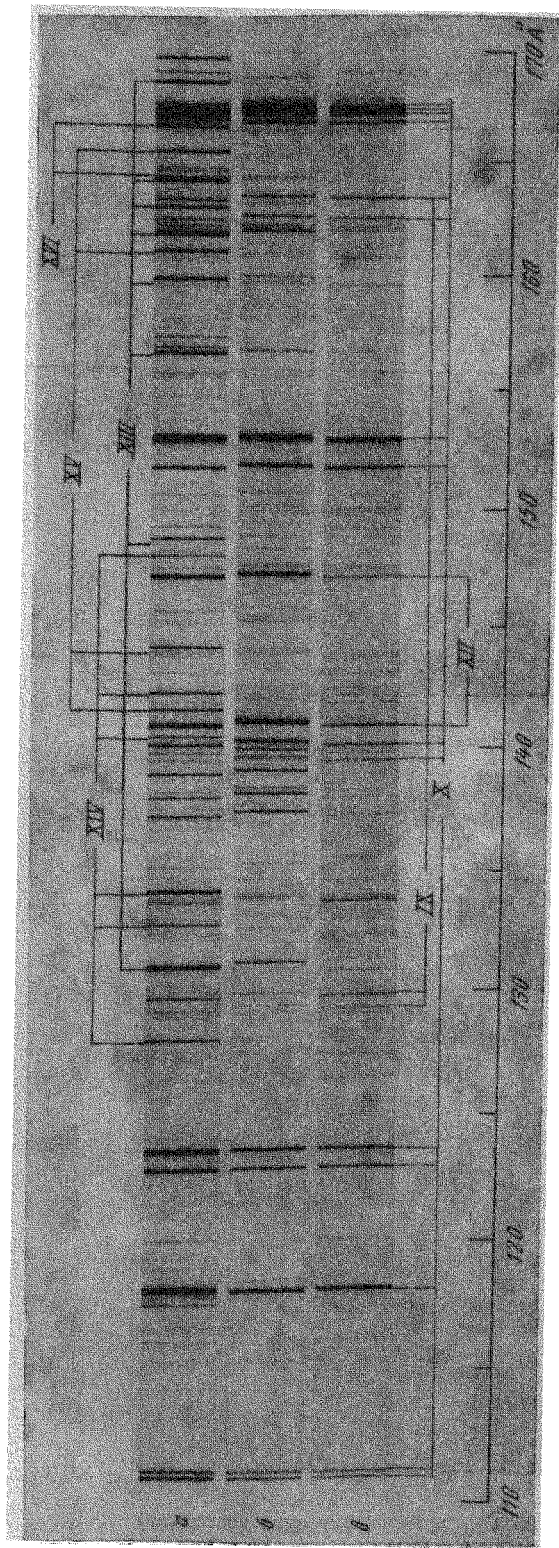
Физический институт
им.П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
13 июля 1967 г.
После переработки
14 сентября 1967 г.

Литература

- [1] Н.Г.Басов, В.А.Бойко, Ю.П.Войнов, Э.Я.Кононов, С.Л.Мандельштам, Г.В.Склизков. Письма ЖЭТФ, 5, 179, 1967.
- [2] V. Edlén. Z. Astrophys., 22, 30, 1942.
- [3] Н.Г.Басов, В.А.Бойко, В.А.Дементьев, О.Н.Крохин, Г.В.Склизков. ЖЭТФ, 51, 989, 1966; Н.Г.Басов, О.Н.Крохин, Г.В.Склизков. Препринт № 106, ФИАН, 1967.
- [4] L. House. Astrophys. J. Supp., 8, 307, 1964.
- [5] И.Л.Бейгман, Л.А.Вайнштейн. Препринт, ФИАН, 1967.

Вклейка к ст. Н. Г. Басова и др. (стр. 849)



Спектрограммы кальция при различных условиях фокусировки лазерного пучка. Диаметр фокального пятна: а — 0,1 мм; б — 2 мм; б — 6 мм