

СПЕКТРЫ МНОГОКРАТНО ИОНИЗОВАННОГО АЛЮМИНИЯ

I. Al VII, VIII

Э. Я. Кононов и К. Н. Кошелев

Получен спектр многократно ионизованного алюминия и отождествлена значительная часть переходов, возможных между конфигурациями $2s^2 2p^n - 2s 2p^{n+1} - 2p^{n+2}$ в ионах AlVII—X.

Спектроскопическое изучение «горячей» плазмы, содержащей многократно ионизованные атомы, требует установления надежных «внутренних» стандартов длин волн в вакуумной ультрафиолетовой области. В качестве таких стандартов удобно использовать переходы в многозарядных ионах алюминия. Этот элемент часто применяется в качестве материала для электродов в традиционном источнике излучения в далекой ультрафиолетовой области — вакуумной искре.

Детальный анализ спектров Al VII—XI, проведенный Фернером [1], касался переходов с изменением главного квантового числа ($n=2$ в $n=3, 4$), лежащих в области 40—100 Å. Переходы между основными конфигурациями ($1s^2 2s^2 2p^n - 1s^2 2s 2p^{n+1} - 1s^2 2p^{n+2}$) с длинами волн от 250 до 400 Å изучались Содерквистом [2]. Ему удалось отождествить и измерить лишь несколько самых чувствительных линий в ионах AlVIII—X. В некоторых случаях эти измерения не согласовались по принципу Ритца с результатами Фернера и требовали уточнения. Кроме того, практически отсутствовали данные о переходах из дважды возбужденной конфигурации $1s^2 2p^{n+2}$, измерение интенсивностей которых может быть удобным для получения информации о параметрах плазмы разряда.

В нашей работе мы отождествили и измерили значительную часть переходов, возможных между конфигурациями с главным квантовым числом $n=2$ ($2s^2 2p^n - 2s 2p^{n+1} - 2p^{n+2}$) в ионах Al VII—X.

Спектрограммы были получены с помощью описанной ранее [3] вакуумной искры ($U=60$ кв, $C=0.4$ мкф, $L=0.5$ мкгн) с электродами из исследуемого материала, расстояние между которыми составляло около 1 мм.

Регистрация спектра производилась на вакуумном спектрографе скользящего падения ДФС-6. Получение хороших спектрограмм на пленке типа УФ-2Т требовало нескольких сотен разрядов.

Меняя параметры цепи разряда вакуумной искры, мы получили возможность косвенного контроля над принадлежностью линий к спектрам ионов различных кратностей.

В качестве стандартов длин волн применялись хорошо изученные и надежно отождествленные линии AlV и AlVI, а также линии ионов кислорода. Ошибка измерения не превышает 0.01 Å. Положение неизвестных термов предсказывалось на основании теоретических расчетов [4] и давало значение, близкое к измеренному экспериментально. Удовлетворительные значения тонкого расщепления получались экстраполяцией по полуэмпирической формуле

$$Bz^3 + Cz^2.$$

AIVII. Для переходов между основной и первой возбужденной конфигурацией азотоподобного иона алюминия ($1s^2 2s^2 2p^3 - 1s^2 2s 2p^4$) мы уточнили значения длин волн мультиплета ${}^2P - {}^2P$ и заново измерили мультиплет ${}^2P - {}^2S$, прежде ошибочно отождествленный Содерквистом. Нами обнаружены переходы с участием дважды возбужденной конфигурации $1s^2 2p^5$.

Таблица 1

AIVII

$1s^2 2s^2 2p^3 - 1s^2 2s 2p^4$		$1s^2 2s 2p^4 - 1s^2 2p^5$	
${}^2P_{1/2} - {}^2P_{1/2}$	259.02 *	${}^2P_{3/2} - {}^2P_{1/2}$	381.65
${}^2P_{3/2} - {}^2P_{1/2}$	259.20 *	${}^2P_{1/2} - {}^2P_{1/2}$	386.03
${}^2P_{1/2} - {}^2P_{3/2}$	261.03 *	${}^2P_{3/2} - {}^2P_{3/2}$	387.51
${}^2P_{3/2} - {}^2P_{3/2}$	261.21 *	${}^2P_{1/2} - {}^2P_{3/2}$	392.00
${}^2P_{1/2} - {}^2S_{1/2}$	278.95	${}^2D_{3/2} - {}^2P_{3/2}$	285.81
${}^2P_{3/2} - {}^2S_{1/2}$	279.16 *	${}^2D_{3/2} - {}^2P_{1/2}$	282.65

* 259.035, 259.219, 261.053, 261.219, 279.256.

Таблица 2

AIVIII

$1s^2 2s^2 2p^2 - 1s^2 2s 2p^3$		$1s^2 2s 2p^3 - 1s^2 2p^4$	
${}^3P_1 - {}^3D_1$	383.70	${}^3P_{012} - {}^3P_2$	334.40
${}^3P_2 - {}^3D_2$	387.83	${}^3P_{012} - {}^3P_1$	331.01
${}^3P_2 - {}^3D_3$	387.95 *	${}^3P_{012} - {}^3P_0$	329.53
${}^3P_0 - {}^3P_{012}$	323.52	${}^3D_2 - {}^3P_2$	} 289.07
${}^3P_1 - {}^3P_{012}$	325.31	${}^3D_3 - {}^3P_2$	
${}^3P_0 - {}^3S_1$	247.40	${}^3D_1 - {}^3P_1$	} 286.61
${}^3P_1 - {}^3S_1$	248.45	${}^3D_2 - {}^3P_1$	
${}^1S_0 - {}^1P_1$	287.08		

* 387.97.

AIVIII. В углеродоподобном ионе алюминия обнаружено 12 новых переходов между конфигурациями $1s^2 2s 2p^2 - 1s^2 2s^2 2p^3 - 1s^2 2p^4$. Доказана ошибка Содерквиста в установлении величины тонкого расщепления основного термина 3P .

Таблица 3

AIVII

$4s^2 2p^3$	${}^4S_{3/2}$	0
	${}^2D_{3/2}$	60 700
	${}^2D_{5/2}$	60 755
	${}^2P_{1/2}$	92 985
	${}^2P_{3/2}$	93 255
$2s 2p^4$	${}^4P_{5/2}$	280 200
	${}^4P_{3/2}$	282 660
	${}^4P_{1/2}$	283 960
	${}^2D_{5/2}$	384 250
	${}^2D_{3/2}$	384 340
$2p^5$	${}^2S_{1/2}$	451 470
	${}^2P_{3/2}$	476 090
	${}^2P_{1/2}$	479 060
	${}^2P_{3/2}$	734 150
	${}^2P_{1/2}$	738 110

Таблица 4

AIVIII

$2s^2 2p^2$	3P_0	0
	3P_1	1 710
	3P_2	4 420
	1D_2	46 690
	1S_0	96 170
$2s 2p^3$	5S_2	133 510
	3D_3	262 185
	3D_2	262 265
	3D_1	262 325
	${}^3P_{012}$	309 110
$2p^4$	1D_2	396 990
	3S_1	404 195
	1P_1	444 505
	3P_2	608 155
	3P_1	611 215
	3P_0	612 575

Результаты измерений длин волн неизвестных ранее линий приведены в табл. 1 и 2. Там же помещены уточненные длины волн переходов, измеренных Содерквистом. Соответствующие значения, полученные Содерквистом, приведены в сносках к каждой таблице. Расхождение составляет около 0.02 \AA и в одном случае достигает 0.1 \AA . Совпадающие данные в таблицах не приведены.

Совокупность наших и литературных данных позволила построить уточненную по сравнению с известной ранее [5] систему энергетических уровней основных конфигураций (табл. 3, 4). Интеркомбинационные переходы для этих ионов не наблюдаются, и относительное положение термов различной мультиплетности не может быть определено точно.

Литература

- [1] E. Ferner. Ark. Mat. Astr. Fys. (Stockholm). 36A, 37, 1948.
- [2] I. Söderqvist. Nova Acta. Reg. Soc. Sci. Uppsala [IV], 9, 77, 1934.
- [3] Э. Я. Кононов. Опт. и спектр., 23, вып. 1, 1967.
- [4] У. И. Сафронова и др. Лит. физ. сб. 7, 303, 1967.
- [5] C. E. Moore. Atomic Energy Levels, Circular of NBS N 467, Washington, v. I, 1949.

Поступило в Редакцию 18 февраля 1970 г.