

О КОНЦЕНТРАЦИЯХ ВОЗБУЖДЕННЫХ АТОМОВ АРГОНА НА УРОВНЯХ $3p^54s$ В ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ СТОЛБЕ РАЗРЯДА ПРИ СРЕДНИХ ДАВЛЕНИЯХ

Ю. Б. Голубовский, Ю. М. Каган и Л. Л. Комарова

В нашей предыдущей работе [1] было показано, что контуры линий, соответствующие переходам на уровни $3p^54s$, являются фойхтовскими. Для линий, оканчивающихся на резонансных уровнях 1P_1 и 3P_1 , это связано с резонансным уширением этих уровней. Для линий же, оканчивающихся на метастабильных уровнях 3P_0 и 3P_2 , это связано с вандерваальсовским уширением верхних уровней [2].

В работе [1] мы исследовали вандерваальсовское уширение линии 6965 А, оканчивающейся на уровне 3P_2 . Было показано, что константа уширения, полученная экспериментально, согласуется с вычисленной в работе [2]. В настоящей работе исследовались резонансные уширения линий 7504 и 7515 А, оканчивающихся соответственно на уровнях 1P_1 и 3P_1 . Экспериментально определенные константы уширения согласуются (в пределах полутора раз) с теоретически вычисленными [3]. Эти сравнения показали, что теоретические расчеты в наших условиях позволяют получать достаточно надежные значения уширений, связанные с эффектами давления, зная концентрацию нормальных атомов.

Мы изучали реабсорбцию методом плоского зеркала с трубкой на линиях 7504, 7948, 8006, 6965 А, оканчивающихся на уровнях 1P_1 , 3P_0 , 3P_1 , 3P_2 . На основании сказанного выше мы могли, используя значения температур, полученных в работе [1], получить для всех исследованных случаев значения фойхтовского параметра a .

Измерения проводились в интервале давлений от $p_0R=12^1$ до $p_0R=96$ тор см и токов от $i/R=4.17$ до 167 ма/см. В этих условиях наибольшие значения a имела линия 7504 А. Для нее a менялся от 0.7 до 6. Наименьшие значения a имели линии, оканчивающиеся на метастабильных уровнях. Для них a менялся от 0.1 до 1.

В методе реабсорбции измеряется отношение

$$\frac{I_{\text{зерк.}}}{I_{\text{без зерк.}}} = F(k_0l, a, r) = 1 + r \left[\frac{f(2k_0l, a)}{f(k_0l, a)} - 1 \right], \quad (1)$$

$$f(k_0l, a) = \int_0^{\infty} [1 - e^{-k_0lH(a, \nu)}] d\nu, \quad (2)$$

$$H(a, \nu) = \frac{a}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-y^2} dy}{(\omega - y)^2 + a^2}, \quad (3)$$

где

$$\omega = \frac{(\nu - \nu_0) 2\sqrt{\ln 2}}{\Delta\nu_D}, \quad k_0 = \frac{2\sqrt{\pi \ln 2} e^2}{m_0 c \Delta\nu_D} f_{ik} N. \quad (4)$$

В формулах (1)-(4) N — концентрация атомов на поглощающем уровне, f_{ik} — сила осциллятора [4], $\Delta\nu_D$ — полуширина доплеровского контура, r — эффективный коэффициент отражения зеркала. Для табулирования удобно перейти к функции

$$\Phi(k_0la) = \frac{(1+r) - F(k_0l, a, r)}{r} = 2 - \frac{f(2k_0l, a)}{f(k_0l, a)},$$

которая не зависит от r . Функции $f(k_0l, a)$ затабулированы [5]. На основании этих таблиц мы построили $\Phi(k_0l, a)$ для значений k_0l от 0 до 10 и параметра a от 0 до 10. Эти зависимости изображены на рис. 1.

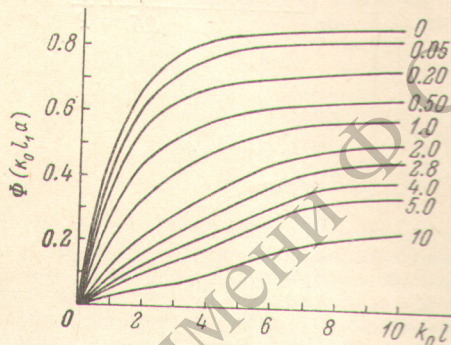


Рис. 1. Зависимость полного поглощения Φ от k_0l для различных значений параметра a .

¹ p_0 — давление газа в трубке в отсутствие разряда, $R=12$ мм радиус трубки.

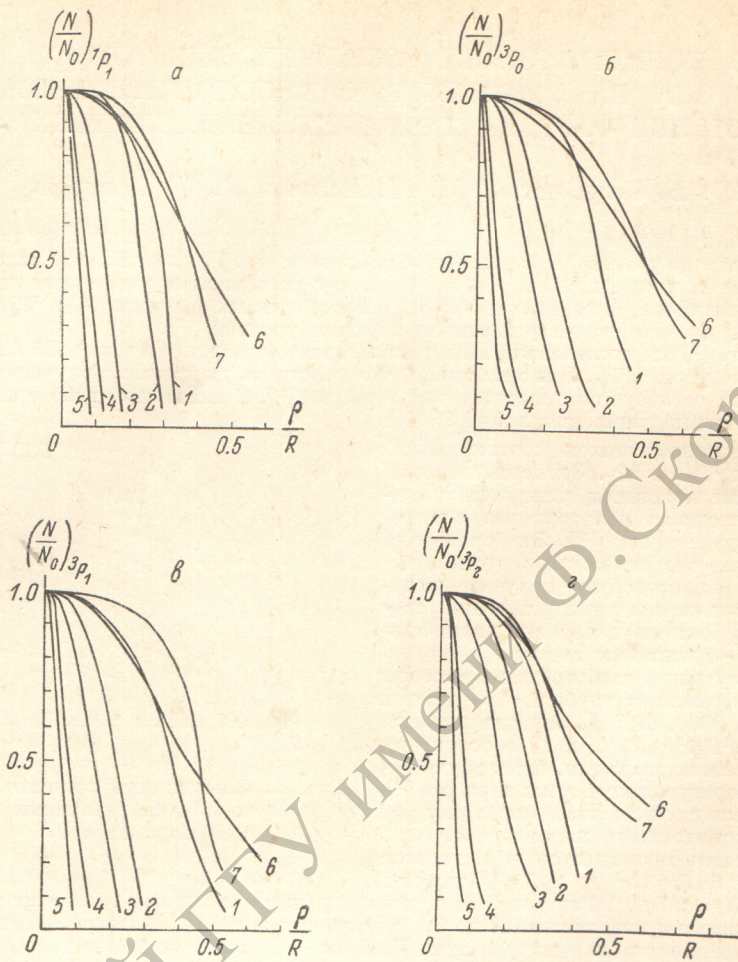


Рис. 2. Радиальные распределения концентрации атомов на уровнях системы $3p^5 4s$ ($p_0 R = 48$ тор см.).

1 — 447 ма/см, 2 — 167 ма/см, 3 — 83.4 ма/см, 4 — 41.7 ма/см, 5 — 16.7 ма/см, 6 — 8.34 ма/см, 7 — 4.17 ма/см; а — уровень 1P_1 , б — уровень 3P_0 , в — уровень 3P_1 , г — уровень 3P_2 .

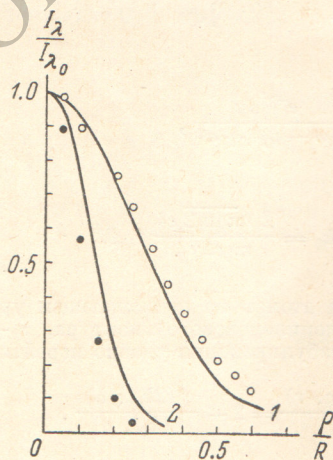


Рис. 3.

$p_0 R = 48$ тор см. 1 — 167 ма/см, 2 — 8.34 ма/см. Сплошная кривая; радиальный ход интенсивности линии 6965 Å. Кружки и точки — произведение радиального хода суммарной заселенности уровней системы $3p-4s$ и радиального спада электронной концентрации для 167 ма/см и 83.4 ма/см соответственно.

Заселенности уровней ($N \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-3}$) системы $3p^54s$

Уровень	p_0R , тор см	i/R , ма/см					
		16.7	83.4	41.7	16.7	8.34	4.17
$1P_1$	12	0.44	0.63	0.78	0.44	0.11	0.10
	24	1.2	1.0	1.9	1.1	0.41	0.41
	48	1.6	4.4	—	—	0.92	0.64
	96	21	22	—	—	—	—
$3P_0$	12	1.2	1.2	1.2	0.87	0.60	0.44
	24	2.9	5.4	—	1.5	0.54	0.40
	48	4.3	—	—	—	0.64	0.54
	96	—	—	—	—	—	—
$3P_1$	12	13.4	12.8	16.7	12.4	4.6	4.5
	24	27	29	44	35	13	12
	48	15	22	34	—	5.5	3.9
	96	12	63	—	—	—	—
$3P_2$	12	15	18	17	11	6	4
	24	31	36	38	26	9.5	7.5
	48	29	43	59	—	13	11
	96	61	—	—	—	—	—

Исходя из рис. 1, можно по формуле (4) определить заселенности N всех четырех уровней системы $3p^54s$. Заселенности этих уровней для наших условий приведены в таблице. Из рис. 1 видно, что в случае больших k_0l определение заселенностей становится практически невозможным. Такие случаи имели место для больших p_0R в условиях сильной контракции. Используя плоскопараллельную пластинку [6], можно было найти радиальные распределения концентраций на уровнях системы $3p^54s$. Результаты этих измерений для случая $p_0R=48$ приведены на рис. 2, а—г. Из этих рисунков видно резкое наступление контракции при переходе от токов 5 и 10 ма к току 20 ма и последующее расширение радиального распределения с ростом тока. Аналогичная картина имеет место и при других значениях p_0R . При этом радиальные распределения метастабильных и излучающих уровней ведут себя одинаково. Этот факт согласуется с результатами расчетов работы [7]. Эти результаты объясняют и крутой спад по радиусу излучения с более высоких уровней для определенных значений токов, который и дает наблюдаемое явление контракции [8]. Это объясняется тем, что более высокие излучающие уровни возбуждаются в этих условиях ступенчато через уровни $3p^54s$. На рис. 3 приведено сравнение радиального хода излучения линии 6965 \AA , излучаемой с уровня $3p^54p$, с ходом произведения радиального спада суммарной заселенности уровней системы $3p^54s$ и радиального хода концентрации электронов для $p_0R=48$ тор см $i/R=167 \text{ ма/см}$, 8.34 ма/см . Для других условий разряда имеет место такое же согласие.

Авторы выражают благодарность Р. И. Лягуценко за ценные советы и обсуждения.

Литература

- [1] Ю. Б. Голубовский, Ю. М. Каган, Л. Л. Комарова. Опт. и спектр., 21, 525, 1966.
- [2] Л. Д. Луизова. Канд. дисс., Л., 1968.
- [3] И. И. Соболевман. Введение в теорию атомных спектров. М., Физматгиз, 1963.
- [4] W. L. Wise, M. W. Smith, B. M. Miles. Atomic Transition Probabilities, Vol. II. Nat. Bur., Standard, 1969.
- [5] P. A. Zansson. JQRST, 8, 1425, 1968.
- [6] Ю. Б. Голубовский, Ю. М. Каган, Р. И. Лягуценко. Опт. и спектр., 21, 535, 1966.
- [7] Ю. Б. Голубовский, Ю. М. Каган, Р. И. Лягуценко. Опт. и спектр., 31, 22, 1971.
- [8] Ю. М. Каган, Р. И. Лягуценко. ЖТФ, 34, 1873, 1964.

Поступило в Редакцию 24 марта 1972 г.