

## ФИЗИКА

УДК 535.331

Ю. К. Габриелян, А. Е. Мартиросян, Г. Ц. Нерсисян, В. О. Папанян

## Спектр излучения калия в области 50—100 нм

(Представлено академиком АН Армянской ССР М. Л. Тер-Микаеляном 9/VI 1983)

Исследовано излучение разряда калия в вакуумной ультрафиолетовой (ВУФ) области спектра. Зарегистрированы новые эмиссионные линии 77,82, 69,14 и 55,45 нм, из которых две первые идентифицированы как радиационные переходы с квартетных автоионизационных уровней КI.

В настоящее время первостепенную важность приобретает исследование автоионизационных уровней щелочных металлов, как в связи с интересом к изучению дискретных энергетических состояний в континууме (<sup>1</sup>), так и в связи с предложениями по использованию этих уровней для создания лазеров в ВУФ и мягкой рентгеновской областях спектра (<sup>2,3</sup>). Из-за малых времен жизни спектроскопические исследования автоионизационных уровней обычно проводятся по спектрам поглощения (<sup>1,4</sup>). Однако некоторые линии, возникающие при радиационных переходах между автоионизационными и обычными уровнями калия, могут наблюдаться в спектрах излучения (<sup>5</sup>), так как: а) автоионизация квартетных состояний запрещена согласно закону сохранения спина и они распадаются ввиду смешивания с дублетными автоионизационными состояниями, однако время жизни некоторых из них достигает микросекунд (<sup>6</sup>); б) из-за достаточного нарушения схемы LS-связи у калия вероятность радиационных переходов между квартетными и дублетными состояниями увеличивается.

В настоящей работе исследовался ВУФ-спектр излучения разряда паров калия в гелии либо неоне или смесях гелий-неон, гелий-аргон. Применение буферных газов позволяло получать одновременно много реперных линий инертных газов вблизи исследуемых линий калия: 19 рекомендуемых в (<sup>7</sup>) стандартных линий AgII, 5 линий NeI и резонансные линии HeI. Чистота газов контролировалась параллельным фотографированием видимых и УФ-спектров. Коаксиальный разряд создавался в кварцевой трубке с печью, работающей по принципу тепловой трубы. Применялась фотоэлектрическая регистрация канальным электронным умножителем ВЭУ-6, работающим в режиме счета фотонов. Разрешающая способность (<sup>8</sup>) монохроматора ВМР-2 позволяла, например, выделять запрещенную линию 60,14 нм вблизи резонансных линий 60,27 и 60,004 нм малой примеси неона (<sup>9</sup>).

Линии КIII не были зарегистрированы. Линии КII 61,26, 60,79 и 60,08 нм имели относительные интенсивности 1000, 80, 50, соответ-

ственно. Наблюдались следующие линии КI (интенсивности даны для разрядного тока 100 мА при давлении буферного газа 1,5 торр и температуре паров калия 300°):

Эксперимент	Расчет	Переход	Интенсивность
1. $77,82 \pm 0,05$ нм	77,81 нм	$3p^5 3d 4s \ ^4P_{5/2}^0 - 3p^6 6d \ ^2D_{5/2, 3/2}$	1
2. $76,90 \pm 0,05$ „	76,88 „	$3p^5 3d 4s \ ^4P_{5/2}^0 - 3p^6 5d \ ^2D_{5/2, 3/2}$	1
3. $75,29 \pm 0,05$ „	75,29 „	$3p^5 3d 4s \ ^4P_{5/2}^0 - 3p^6 4d \ ^2D_{5/2, 3/2}$	4
4. $72,12 \pm 0,05$ „	72,10 „	$3p^5 3d 4s \ ^4P_{5/2}^0 - 3p^6 3d \ ^2D_{5/2, 3/2}$	10
5. $69,14 \pm 0,05$ „	69,12 „	$3p^5 3d 4s \ ^4F_{3/2}^0 - 3p^6 3d \ ^2D_{5/2, 3/2}$	3
6. $67,40 \pm 0,05$ „	67,37 „	$3p^5 4s 4p \ ^4S_{3/2} - 3p^6 4p \ ^2P_{1/2, 3/2}^0$	30
7. $55,45 \pm 0,05$ „	55,46 „	$22,36 \text{ эВ} (?) - 3p^6 4s \ ^2S_{1/2}$	2

Линии 2, 3, 4, 6 были впервые исследованы и идентифицированы авторами работы (5). Линии 1, 5, 7 впервые зарегистрированы нами. Тщательный анализ экспериментальных условий и спектрограмм разряда в видимой области показал отсутствие примесей, имеющих эмиссионные молекулярные, атомарные либо ионные ВУФ-линии в окрестности наблюдаемых линий калия.

При классификации радиационных переходов из автоионизационных состояний использовались результаты измерения оптических спектров поглощения (4), электронных спектров (10) и идентификации уровней в соответствии с расчетами в рамках модели Хартри-Фока (11). Процедура идентификации состояла в переборе нижних уровней среди обычных уровней калия и нахождении соответствующих верхних квартетных автоионизационных уровней таким образом, чтобы их разность энергий, в пределах погрешности эксперимента, соответствовала энергии излученного фотона. Оказалось, что линия 1 продолжает серию линий 4, 3, 2, надежно идентифицированных в (5); время жизни верхнего состояния согласно анализу, проведенному в работе (11), 5 мкс. Кроме того, как было замечено в (3), энергия этого состояния отличается от энергии  $2^3S$  метастабилья гелия меньше чем на 0,05 эВ, и возможна столкновительная передача возбуждения от метастабилей гелия в разряде. Для другой новой линии излучения (5) автоионизационное время жизни верхнего уровня, оцененное в (3),  $10^{-9}$  с. Таким образом, оно порядка радиационного; кроме того, разность энергии состояния  $3p^5 3d 4s \ ^4F_{3/2}^0$  с энергией  $2^1S$  метастабилья гелия всего 0,006 эВ, и возможно осуществление эффективной столкновительной передачи возбуждения (см. также обсуждения в конце работы (12)).

Измеренная нами эмиссионная линия  $55,45 \pm 0,05$  нм не совпадает с известной линией 55,58 нм перехода  $3p^5 4p^2 \ ^4P^0 - 3p^6 4s \ ^2S_{1/2}$  (1). Однако на фотографии спектра поглощения и денситограмме (рис. 3 из (4)) видна слабая линия 55,50 нм (на крыле широкой линии 55,39 нм), что говорит о переходе в основное состояние. В электронном спектре КI из работы (10) имеется уровень № 36, энергия которого 22,36 эВ соответствует наблюдаемому переходу 55,45 нм. Идентификация этого уровня в (11) как  $3p^5(4s 4p \ ^4P) \ ^2P_{3/2}$ , по утверждению самих авторов, не вполне надежна.

Наблюдение в ВУФ-спектре излучения разряда эмиссионных линий, соответствующих радиационным распадам квантованных состояний, показывает наличие их эффективного заселения, что имеет решающее значение для создания лазеров в области 50—100 нм.

Институт физических исследований  
Академии наук Армянской ССР

Յու. Կ. ԴԱՐՐԻԵԼՅԱՆ, Ա. Ե. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Գ. Յ. ՆԵՐՍԻՍՅԱՆ, Վ. Օ. ՊԱՊԱՆՅԱՆ

### Կալիումի ճառագայթման սպեկտրը 50—100նմ տիրույթում

Ուսումնասիրված է կալիումի պարպման ճառագայթումը սպեկտրի վակուումային ուլտրամանուշակագույն տիրույթում: Գրանցված են KI յոթ գիծ, համապատասխանող կալիումի կվարտետային ավտոիոնիզացիոն վիճակների ճառագայթային տրոհմանը: Գրանցից երեքը՝ 77,82նմ, 69,14նմ և 55,45նմ ( $\pm 0,05$ նմ) գրանցված են առաջին անգամ: Առաջին երկուսը դասակարգվել են համապատասխանաբար, որպես հետևյալ անցումներ  $3p^5 3d 4s \ ^1P_{5/2} - 3p^6 4d \ ^2D_{5/2, 3/2}$  և  $3p^5 3d 4s \ ^1F_{3/2} - 3p^6 3d \ ^2D_{5/2, 3/2}$ : 55,45 նմ գիծը համապատասխանում է 22,36 էվ էներգիայով վիճակից (մակարդակի դասակարգումը որպես  $3p^5(4s4p \ ^1P)^2P_{3/2}$  հուսալի է) հիմնական վիճակին անցմանը:

### ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- <sup>1</sup> М. Г. Козлов, Спектры поглощения паров металлов в вакуумном ультрафиолете, М., Наука, 1981. <sup>2</sup> J. E. Rothenberg, S. E. Harris, IEEE J. Quantum Electronics, v. QE-17, 418 (1981). <sup>3</sup> А. Е. Мартиросян, В. О. Папанян, Квантовая электроника, т. 10, 166 (1983). <sup>4</sup> М. D. Mansfield, Proc. Roy. Soc. Lond., v. A-346, 539 (1975). <sup>5</sup> И. С. Алексахин, Г. Г. Богачев, И. П. Запесочный и др., ЖЭТФ, т. 80, 2187 (1981) <sup>6</sup> P. Feldman, R. Novick, Phys. Rev., v. 160, 143 (1967). <sup>7</sup> R. L. Kelly, R. J. Palumbo, Atomic and ionic emission lines below 2000Å. NRL-Rep. 7599, Washington D. C., 1973. <sup>8</sup> С. Г. Радуман, УФН, т. 66, 475 (1958). <sup>9</sup> Ю. К. Габриелян, Г. Ц. Нерсисян, В. О. Папанян, Оптика и спектроскопия, т. 55, 449 (1983). <sup>10</sup> G. Kavei, T. W. Ottley, V. Pejcev e. a., J. Phys. B, v. 10, 2923 (1977). <sup>11</sup> M. W. D. Mansfield, T. W. Ottley, Proc. Roy. Soc. Lond., v. A-346, 413 (1979). <sup>12</sup> C. E. Johnson, C. A. Tipton, H. G. Robinson, J. Phys. B., v. 11, 927 (1978).