

О ЗАСЕЛЕННОСТИ УРОВНЕЙ В ИМПУЛЬСНОМ ИОННО-АРГОНОВОМ ОКГ

В.К.Глазунов, В.Ф.Китаева, Л.Я.Островская, Н.Н.Соболев

Известно, что ширины линий существенно зависят от оптической толщины излучающего слоя. В случае поглощающей среды с увеличением оптической толщины слоя растет и ширина линии. Увеличение оптической толщины слоя усиливающей среды, т.е. среды с инверсной заселенностью уровней, приводит к уменьшению ширины линии. Эта зависимость ширины линии от оптической толщины слоя использована в настоящем сообщении для определения разности заселенностей уровней в плазме импульсного газового разряда, применяемого для получения генерации на линиях ионов аргона.

Экспериментальная установка состояла из стеклянной трубки длиной 100 см и внутренним диаметром 4,5 мм с окнами, расположенными под углом Брюстера. В большинстве опытов разрядная трубка наполнялась

смесью Ar и He. Ряд опытов проводился на чистом аргоне. Питание газоразрядной трубки осуществлялось схемой, формирующей прямоугольные импульсы длительностью $\sim 4,5$ мсек с напряжением 5 ± 10 кв. Частота повторения импульсов 40 ик.

Результаты определения концентрации заряженных частиц по штарковскому уширению линии водорода $H\beta$ приведены на рис. 1. Как видно из рисунка, с ростом тока от 70 до 200 а концентрация возрастает от 0,5 до $4 \cdot 10^{14}$ см $^{-3}$. Это указывает на то, что даже без учета вытеснения газа из капилляра (которое безусловно имеет место) степень ионизации достигает 10%.

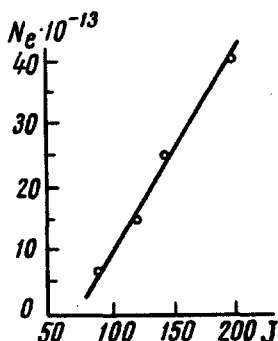


Рис.1. Зависимость концентрации заряженных частиц от силы тока

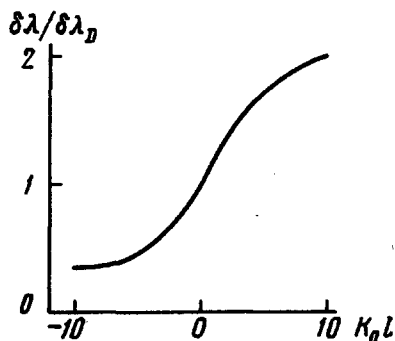


Рис.2. Зависимость ширины линии от оптической толщины слоя, k_0 — показатель поглощения в центре линии, l — толщина слоя. Положительные значения $k_0 l$ соответствуют поглощению, отрицательные — усилению

Одновременное осциллографирование тока и спонтанного излучения или тока и излучения генерации показало, что как спонтанное излучение, так и генерация возникают одновременно с током. Напротив, после спада силы тока до нуля как спонтанное, так и вынужденное излучение существуют в течение нескольких микросекунд. Генерация наблюдалась на шести линиях Ag II. При этом опыт показал, что при фиксированной силе тока и уменьшении начального давления смеси от 0,085 до 0,050 жор (т.е. при увеличении E/p) порядок появления линий Ag II в генерации следующий: λ 4765, 4965, 4880, 4579, 5145, 5017 Å, что качественно согласуется с гипотезой Беннета о непосредственном заселении 4р-конфигурации Ag II из основного состояния Ag I. Это заключение следует из сопоставления величин экспериментальных сечений возбуждения верхних уровней [1] указанных линий и учета их вероятностей переходов [2]. Увеличение силы тока при любом фиксированном давлении приводило к уменьшению интенсивности генерации линий, или к прекращению генерации. Это явно указывало на уменьшение инверсной заселенности уровней за счет возрастающей роли электронных столкновений.

Изучение контуров шести линий Ag II в спонтанном излучении при регистрации их с торца трубки показало, что их форма является доплеровской. Однако оказалось, что три линии 4765, 4965 и 4880 Å, оканчивающиеся на уровнях $4s^2P$ и наблюдаемые в генерации, систематически дают более низкие температуры, чем линии 4736, 4848 и 5009 Å, оканчивающиеся на уровнях $4s^4P$ и не наблюдаемые в генерации. Естественно было предположить, что регистрируемые с торца ширины линий

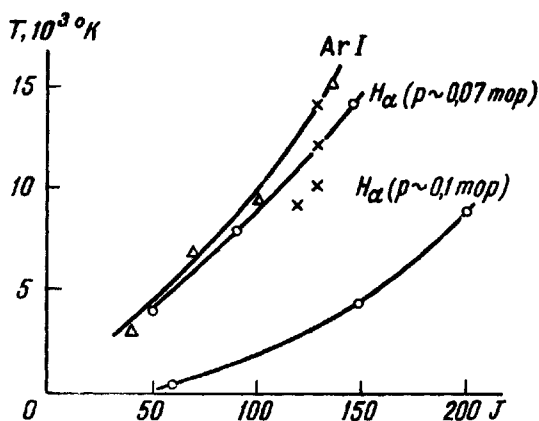


Рис.3. Зависимость от силы тока температуры газа, определенной по разным линиям: Δ — по Ag I, \times — по Ag II 5009 Å, \circ — по H_{α} (для двух давлений)

в случае генерирующих линий уменьшены за счет эффекта усиления, линии же, не наблюдаемые в генерации, уширены за счет реабсорбции.

Если это так, то полученные нами результаты могут быть использованы для оценок разности заселенностей уровней. Для этой цели на рис. 2 приведена зависимость ширины линии от оптической толщины слоя при доплеровском уширении. Ширины линий выражены в единицах доплеровской ширины

$$\delta \lambda_D = 7,15 \cdot 10^{-7} \lambda \sqrt{T/\mu}. \quad (1)$$

Как видно из рисунка, при $K_0 I$ порядка единицы поглощающая среда приводит к уширению на 40%, усиливающая среда к сужению на 30%. Для определения $K_0 I$ для каждого перехода с помощью рисунка 2 необходимо знать $\delta \lambda_D$.

Для этой цели по уширению линий H_{α} (регистрация сбоку) и Ag I (регистрация с торца) была измерена температура газа T_2 . Результаты измерений приведены на рис.3. Оказалось, что и температура ионов, определенная по линии Ag II λ 5009 Å, удовлетворительно совпадает с температурой T_2 . Поэтому при обработке результатов за T_2 принималась температура, определяемая по линии Ag II λ 5009 Å. Это и естественно,

так как эта линия обладает наименьшей вероятностью перехода из всех исследованных линий и поэтому ее ширина меньше всех искажена реабсорбцией.

Определив по измеренным ширинам линий значения $\delta\lambda, \delta\lambda_D$ и с помощью рис. 2 значения $K_0 J$, можно было найти величину разности $(N_i/g_i - N_k/g_k)$ в выражении

$$K_0 = \frac{2e\sqrt{\pi}1n2}{mc} \frac{\lambda^2}{\delta\lambda_D} f_{ik} g_i (N_i/g_i - N_k/g_k). \quad (2)$$

Результаты определенных таким образом значений приведены в таблице. Как видно из таблицы, плотность инверсии для трех генерирующих линий имеет порядок 10^9 см^{-3} и почти во всех случаях уменьшается с силой тока J (см. табл.). Заселенность нижнего уровня для линий, не наблюдаемых в генерации, больше заселенности верхнего уровня на 10^9 см^{-3} , и эта разность растет с силой тока.

Т а б л и ц а

Разность заселенностей уровней для линий Ar II

$\lambda, \text{Å}$	Переходы	$N_k/g_k - N_i/g_i$			
		$J = 120 \text{ a}$	$J = 230 \text{ a}$	$J = 140 \text{ a}$	$J = 160 \text{ a}$
4880	$4p^2 D_{5/2} - 4s^2 P_{3/2}$	$1,5 \cdot 10^9$	$8,6 \cdot 10^8$	$3,8 \cdot 10^8$	инверсии нет
4765	$4p^2 P_{3/2} - 4s^2 P_{1/2}$	$2,3 \cdot 10^9$	$2,1 \cdot 10^9$	$1,9 \cdot 10^9$	$1,3 \cdot 10^9$
4965	$4p^2 D_{3/2} - 4s^2 P_{1/2}$	$2,0 \cdot 10^9$	$4,6 \cdot 10^9$	$7,5 \cdot 10^8$	инверсии нет
		$N_i/g_i - N_k/g_k$			
4736	$4p^4 P_{3/2} - 4s^4 P_{5/2}$	$9,6 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^9$	$3,4 \cdot 10^9$	$4,2 \cdot 10^9$
4848	$4p^4 P_{1/2} - 4s^4 P_{3/2}$	$7,5 \cdot 10^8$	$2,2 \cdot 10^9$	$2,4 \cdot 10^9$	$2,7 \cdot 10^9$

Полученные нами данные об инверсной заселенности генерирующих линий согласуются с результатами Беннета [1] о заселенности уровней в постоянно действующем ОКГ и значениями коэффициента усиления, полученными им же для импульсного ОКГ [3].

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

Поступило в редакцию
17 января 1967 г.

Литература

- [1] W.R.Bennett, Jr., C.N.Mercer, P.J.Kindlmann, B.Wexler, H.Hyman. Phys. Rev. Lett., 17, 984, 1966.
- [2] H.Statz, F.A.Horrigan, S.H.Koozekanani, C.L.Tang, C.F.Koster, J.Appl. Phys., 36, 2278, 1965.
- [3] W.R.Bennett, Jr., J.W. Knutson, Jr., G.N.Mercer, J.L.Dtch. Appl. Phys. Lett., 4, 180, 1964.