

УДК 535.37

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ХеО В САМОСТОЯТЕЛЬНОМ ЩЕЛЕВОМ ВЧ-РАЗРЯДЕ

А. А. Ионин, Л. В. Селезнев, Д. В. Сеницын

Сообщается о наблюдении яркого свечения и регистрации спектра люминесценции молекулы ХеО в зеленой области спектра при возбуждении газовой смеси Хе:О₂ в щелевом самостоятельном ВЧ-разряде.

Одним из методов реализации газоразрядных источников света в зеленой области спектра ($\lambda \sim 520\text{--}560$ нм) является стимуляция запрещенного в дипольном приближении перехода атомарного кислорода $O(^1S_0 \rightarrow ^1D_2)$ при его столкновениях с тяжелыми атомами благородных газов [1, 2]. Чаще всего для этого используется Хе, обладающий наиболее сильной связью (~ 690 см⁻¹ [3]) с атомарным кислородом в состоянии 1S_0 . При столкновении возбужденного атома кислорода в состоянии $O(^1S_0)$ и атома Хе с участием третьей частицы образуется молекулярное состояние ХеО с разрешенным в дипольном приближении переходом $(2^1\Sigma^+) \rightarrow (1^1\Sigma^+)$, верхнее и нижнее состояния которого коррелируют с состояниями 1S_0 и 1D_2 атомарного кислорода, соответственно.

Наработка атомарного кислорода в состоянии 1S_0 может осуществляться различными способами: при фотодиссоциации кислородосодержащих веществ (например, N₂O) мощным УФ излучением открытого разряда, инициируемого взрывающейся проволокой [4], при прямом возбуждении смеси газов электрическими разрядами [5–7] или электронным пучком [8–10].

Для получения интенсивной люминесценции (или лазерной генерации) на переходе $(2^1\Sigma^+) \rightarrow (1^1\Sigma^+)$ молекулы ХеО, как правило, используются высокие давления (порядка атмосферного и выше) и мощности накачки [4, 8–10], что ограничивает применение самостоятельных электрических разрядов для накачки активной газовой среды.

В настоящей работе сообщается о регистрации люминесценции в зеленой области спектра при возбуждении газовой смеси Хе:О₂ в щелевом самостоятельном ВЧ-разряде в условиях относительно низких давлений и небольших удельных мощностей накачки.

Экспериментальная установка состояла из разрядной камеры, ВЧ-генератора и системы регистрации люминесценции. В разрядной камере располагались охлаждаемые жидким азотом электроды, формирующие разрядный промежуток размером $250 \times 30 \times 3$ мм³, температура которых могла регулироваться в пределах 120–300 К. ВЧ-генератор (рабочая частота 81.36 МГц) с максимальной выходной мощностью ~ 500 Вт подключался к ВЧ-электродам через цепь согласования его выходного импеданса (50 Ом) и сопротивления нагрузки. Изменение мощности ВЧ-возбуждения активной газовой смеси в пределах 5–100 Вт производилось путем амплитудной и широтно-импульсной низкочастотной модуляции выходной мощности генератора. В экспериментах использовались газовые смеси Хе:О₂ и Хе:воздух в соотношении от 100:1 до 5000:1 при давлении от 10 до 100 торр. Излучение люминесценции (наблюдения проводились вдоль наибольшего размера электродов) с помощью линзы фокусировалось на входной щели спектрографа, сигнал с CCD матрицы которого регистрировался компьютером. Точность измерения длины волны в этих экспериментах составляла ~ 0.2 нм.

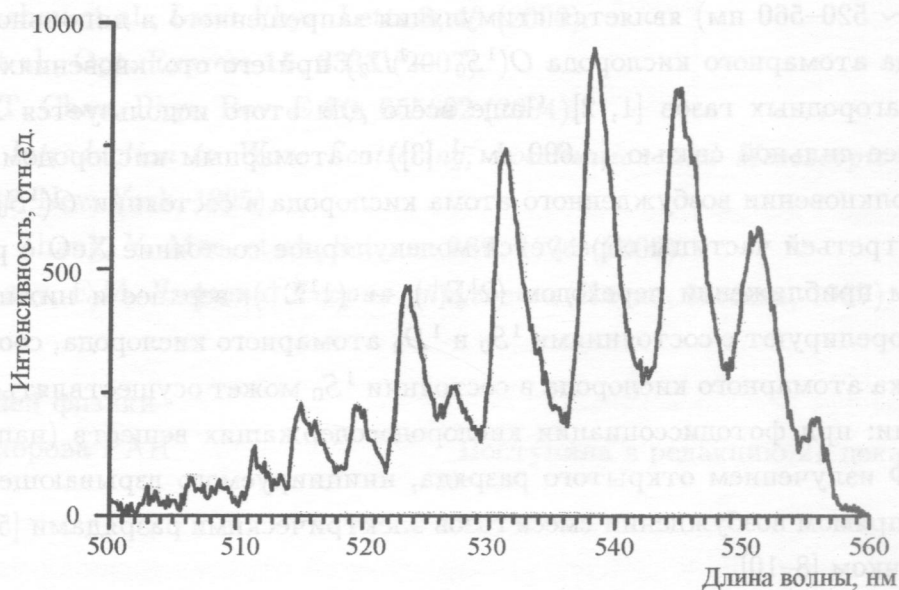


Рис. 1. Спектр люминесценции молекул ХеО, образующихся при возбуждении газовой смеси Хе:О₂ в щелевом самостоятельном ВЧ-разряде.

В большинстве проведенных экспериментов разрядный объем однородно заполнялся ярко-зеленым свечением. Характерный вид спектра люминесценции ВЧ-разряда в смеси Хе:О₂ представлен на рис. 1, где отчетливо видны по крайней мере 10 колебательных

полос перехода ($2^1\Sigma^+$) \rightarrow ($1^1\Sigma^+$) молекулы ХеО, спектральная идентификация которых соответствует результатам, приведенным в [1, 11]. Каждая полоса имеет полуширину ~ 4 – 5 нм. Аналогичные спектры, отличающиеся друг от друга относительной интенсивностью отдельных полос, наблюдались в широких диапазонах экспериментальных условий (по температуре газа, по мощности ВЧ-возбуждения, по давлению и составу газовой смеси). Следует отметить, что в некоторых случаях наблюдалась слоистая (по интенсивности) структура свечения межэлектродного промежутка.

Таким образом, проведенные эксперименты продемонстрировали возможность наблюдения и регистрации люминесценции молекулы ХеО при низких давлениях (менее 100 торр) газовой смеси, возбуждаемой самостоятельным щелевым ВЧ-разрядом. Существование такой люминесценции в широком диапазоне экспериментальных условий позволяет создать эксилампу на переходе ($2^1\Sigma^+$) \rightarrow ($1^1\Sigma^+$) молекулы ХеО, действующую в видимом (~ 510 – 555 нм) диапазоне спектра, в отличие от существующих в настоящее время УФ и ВУФ эксиламп (см., напр., [12, 13]).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] C. D. Cooper, G. C. Cobb, E. L. Tolnas, *J. Mol. Spectrosc.* **7**, 223 (1961).
- [2] D. L. Cunningham, K. C. Clark, *J. Chem. Phys.* **61**, 1118 (1974).
- [3] Ed. by Ch. K. Rhodes, *Excimer Lasers* (Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 1984).
- [4] Н. Г. Басов, Ю. А. Бабейко, В. С. Зуев и др., *Квантовая электроника* **3**(4), 930 (1976).
- [5] C. Kenty, J. Aicher, E. Noel, et al., *J. Phys. Rev.* **69**, 36 (1946).
- [6] M. L. Passow, M. L. Brake, *Plasma Chemistry and Plasma Processing* **9**(4), 497 (1989).
- [7] S.-J. Park, J. G. Eden, J. Chen, C. Liu, *Appl. Phys. Letts.* **85**, 4869 (2004).
- [8] Н. Т. Powell, J. R. Murray, C. K. Rhodes, *Appl. Phys. Letts.* **25**, 730 (1974).
- [9] Н. Г. Басов, А. Н. Брунин, В. А. Данилычев и др., *Письма в ЖТФ* **2**(8), 337 (1976).
- [10] Н. Г. Басов, А. Н. Брунин, В. А. Данилычев и др., *Квантовая электроника* **3**(8), 1727 (1976).
- [11] G. C. Tisone, *J. Chem. Phys.* **60**, 3716 (1974).
- [12] А. Н. Панченко, В. Ф. Тарасенко, *Квант. электроника* **36**(2), 169 (2006).
- [13] М. И. Ломаев, В. С. Скакун, В. Ф. Тарасенко, Д. В. Шитц, *ЖТФ* **78**, 103 (2008).

Поступила в редакцию 10 января 2008 г.