

СПЕКТРОСКОПИЯ
АТОМОВ И МОЛЕКУЛ

УДК 537.52

ЭМИССИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА
НА СМЕСИ АРГОНА С ПАРАМИ ФРЕОНА И ВОДЫ
В УФ-ВУФ ОБЛАСТИ

© 2013 г. А. К. Шуайбов, А. И. Миня, З. Т. Гомоки, Р. В. Грицак

*Ужгородский национальный университет, 88000 Ужгород, Украина**E-mail: shuaibov@univ.uzhgorod.ua*

Поступила в редакцию 30.11.2012 г.

Исследованы оптические характеристики $\text{ArCl}^*-\text{OH}^*$ -лампы, которая возбуждалась наносекундным барьерным разрядом. Данный разряд является источником излучения полос с максимумами при 175 $\text{ArCl}(B \rightarrow X)$, 258 $\text{Cl}_2^*(D' \rightarrow A')$ и 309 нм $\text{OH}(A \rightarrow X)$. Проведена оптимизация интенсивности излучения плазмы барьерного разряда в зависимости от парциального давления паров CCl_4 при $p(\text{Ar}) = 24$ кПа и $p(\text{H}_2\text{O}) = 10-20$ Па.

DOI: 10.7868/S0030403413050176

Источники спонтанного ультрафиолетового (УФ) и вакуумного ультрафиолетового (ВУФ) излучения на молекулах ArCl^* , ArF^* , KrCl^* и Xe_2^* представляют интерес для использования в фотолитографии, фотохимии, фотомедицины, что является предметом широких исследований [1, 2]. Но использование тяжелых инертных газов (Kr, Xe) в эксилампах приводит к увеличению их стоимости.

Поэтому важно исследовать такие источники УФ-ВУФ излучения, которые бы излучали на недорогой и нетоксичной рабочей среде. Такими источниками могут быть лампы на смесях гелия или аргона с парами как обычной, так и тяжелой (D_2O) воды [3–10].

Также интерес для изучения представляют лампы на смесях, которые излучают одновременно много полос, например, смесь $\text{Ar}-\text{CCl}_4-\text{H}_2\text{O}$. Данные лампы излучают как в ВУФ области ($\lambda = 175$ нм $\text{ArCl}(B \rightarrow X)$; $\lambda = 156, 180.3, 186$ нм $\text{OH}(C \rightarrow A, B \rightarrow X)$), так и в УФ области спектра ($\lambda = 309-312$ нм $\text{OH}(A \rightarrow X)$) [2–5] и мало исследованы. Такие лампы удобны для применения в системах стерилизации, очистки воздуха и воды, а также в микро-нанoeлектронике и фотобиологии.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование оптических характеристик плазмы наносекундного барьерного разряда на смеси $\text{Ar}-\text{CCl}_4-\text{H}_2\text{O}$.

Для исследования оптических характеристик разряда на смеси $\text{Ar}-\text{CCl}_4-\text{H}_2\text{O}$ в лампе с двумя барьерами применялась колба, изготовленная из коаксиальных кварцевых трубок с диаметром 1.4

и 3.7 см и длиной 50 и 30 см. На поверхности верхней трубки был установлен спиралевидный электрод из никелевого провода с шагом спирали 0.1 см и длиной 14 см. В середине трубки находился сплошной электрод из дюралюминия длиной 28 см и диаметром 1.1 см.

Исследование усредненных спектров излучения разряда в спектральном диапазоне 140–320 нм проводилось с использованием вакуумного монохроматора и фотоумножителя ФЭУ-142. Интенсивности излучения определялись как площадь под соответствующей спектральной кривой.

Исследование излучения плазмы барьерного разряда в смеси $\text{Ar}-\text{CCl}_4-\text{H}_2\text{O}$ проводилось при парциальных давлениях $p(\text{Ar}) = 24$ кПа, $p(\text{CCl}_4) = 0.013-0.2$ кПа, $p(\text{H}_2\text{O}) = 10-20$ Па [11, 12].

На рис. 1 представлен спектр излучения барьерного разряда в смеси $p(\text{Ar}) - p(\text{CCl}_4) - p(\text{H}_2\text{O}) = 24-0.026-(0.01-0.02)$ кПа. В диапазоне 140–350 нм в спектрах барьерного разряда на смеси $\text{Ar}-\text{CCl}_4-\text{H}_2\text{O}$ наблюдались полосы ArCl^* , Cl_2^* , OH^* . Когда парциальное давление CCl_4 составляло 0.026 и 0.05 кПа, то в спектре преобладали полосы излучения молекулы $\lambda = 175$ нм $\text{ArCl}(B \rightarrow X)$. При увеличении парциального давления CCl_4 до 0.2 кПа в спектре преобладало излучение полосы $\text{Cl}_2^*(D' \rightarrow A')$ с максимумом при $\lambda = 258$ нм.

В спектре плазмы на смеси $\text{Ar}-\text{CCl}_4-\text{H}_2\text{O}$ присутствует полоса $\lambda = 309$ нм $\text{OH}(A \rightarrow X)$, хотя парциальное давление паров воды очень низкое. Наличие небольшого количества паров воды в смеси $\text{Ar}-\text{CCl}_4$ обусловлено использованием “технического” аргона, содержащего около 10–20 Па па-

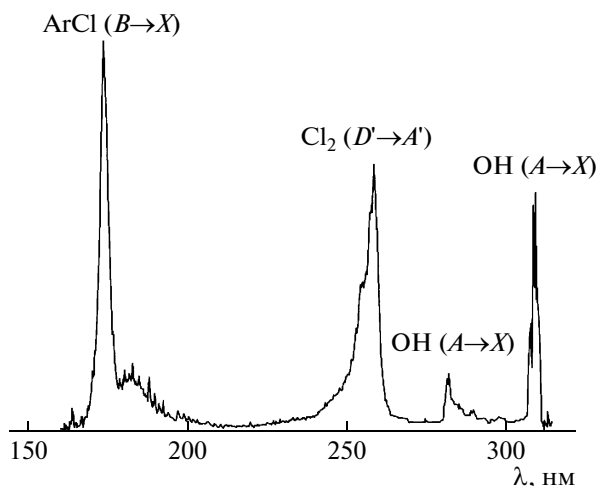


Рис. 1. Спектр излучения наносекундного барьерного разряда на смеси $p(\text{Ar}) - p(\text{CCl}_4) - p(\text{H}_2\text{O}) = 24 - 0.026 - (0.01 - 0.02)$ кПа.

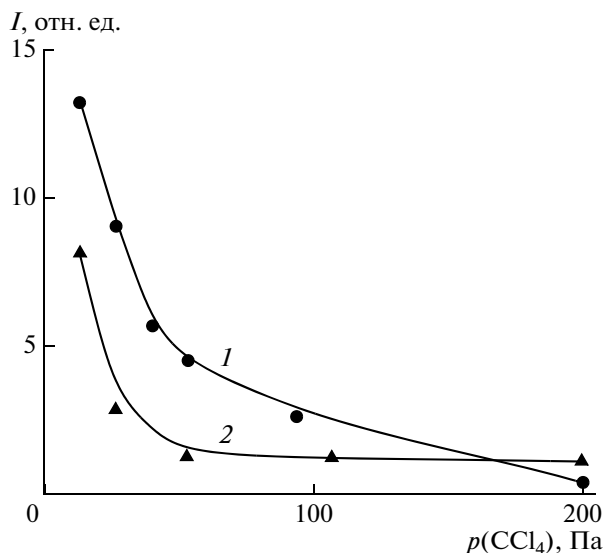


Рис. 2. Зависимости интенсивности характеристических полос газоразрядной плазмы на основе смеси $\text{Ar}-\text{CCl}_4-\text{H}_2\text{O}$ от давления паров CCl_4 при $p(\text{Ar}) = 24$ кПа и $p(\text{H}_2\text{O}) = 10-20$ Па: $\lambda = 175$ (1), 309 нм (2).

ров воды в рабочей смеси, которая исследовалась. Вследствие передачи энергии от метастабильных атомов аргона молекулам H_2O наблюдается эффективное образование молекул $\text{OH}(A)$, которые радиационно распадаются с излучением полосы с $\lambda_{\text{max}} = 309$ нм $\text{OH}(A \rightarrow X)$.

Результаты оптимизации интенсивности полос излучения 175 нм $\text{ArCl}(B \rightarrow X)$ и 309 нм $\text{OH}(A \rightarrow X)$ парциальным давлением паров CCl_4 при $p(\text{Ar}) = 24$ кПа приведены на рис. 2. Для полу-

чения максимальной интенсивности этих полос оптимальное давление паров CCl_4 должно составлять 10–20 Па. Такое же оптимальное давление CCl_4 нужно и для того, чтобы в спектре наблюдалась полоса излучения с максимумом 258 нм $\text{Cl}_2^*(D' \rightarrow A')$, которая превалировала над полосами $\text{ArCl}(B \rightarrow X)$ и $\text{OH}(A \rightarrow X)$, когда давление паров CCl_4 увеличивается до 93 Па.

Если сравнить зависимости интенсивностей полос $\lambda = 175$ нм $\text{ArCl}(B \rightarrow X)$ и $\lambda = 309$ нм $\text{OH}(A \rightarrow X)$, то интенсивность излучения полосы $\text{ArCl}(B \rightarrow X)$ в 1.5 раза выше интенсивности излучения полосы $\text{OH}(A \rightarrow X)$.

Таким образом, впервые исследовалось излучение полосы ArCl в лампе барьерного разряда на смеси $\text{Ar}-\text{CCl}_4-\text{H}_2\text{O}$. Исследование эмиссионных характеристик наносекундного барьерного разряда показало, что основными в спектрах излучения на смеси $\text{Ar}-\text{CCl}_4-\text{H}_2\text{O}$ были полосы $\text{ArCl}(B \rightarrow X)$, $\text{Cl}_2^*(D' - A')$ и полоса $\lambda = 309$ нм $\text{OH}(A \rightarrow X)$. Оптимальное давление паров CCl_4 составляет 10–20 Па. Интенсивность излучения полосы $\text{ArCl}(B \rightarrow X)$ в 1.5 раза выше интенсивности излучения полосы $\text{OH}(A \rightarrow X)$. Оптимальное давление аргона находилось в диапазоне 20–30 кПа.

На основе проведенных исследований может быть разработана простая лампа с недорогими рабочими газами, излучающая как в УФ, так и в ВУФ диапазонах длин волн.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойченко А.М., Ломаев М.И., Панченко А.Н., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф. Ультрафиолетовые и вакуумно-ультрафиолетовые эксилампы: физика, техника и применения. Томск: СГТ, 2011. 512 с.
2. Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф. // Квант. электрон. 2006. Т. 36. № 2. С. 169–173.
3. Вуль А.Я., Кидалов С.В., Миленин В.М., Тимофеев Н.А., Ходорковский М.А. // Письма в ЖТФ. 1999. Т. 25. В. 1. С. 10–16.
4. Shuaibov A.K., Shimon L.L., Dashchenko A.I., Shevera I.V. // Proc. SPIE. 2002. V. 4747. P. 409–416.
5. Соснин Э.А., Ерофеев М.В., Авдеев С.М., Панченко А.Н., Панарин В.А., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., Шитиц Д.В. // Квант. электрон. 2006. Т. 36. № 10. С. 981–983.
6. Shuaibov A.K., Malinin A.N. // Proc. 12th Int. Symp. on the Science and Technology of Light Sources and 3rd Int. Conf. on White LEDs and Solid State Lighting. 2010. Eindhoven. Netherlands. P. 119.

7. Шуаибов А.К., Генерал А.А., Шпеник Ю.О., Жменяк Ю.В., Шевера И.В., Грицак Р.В. // ЖТФ. 2009. Т. 79. С. 153–155.
8. Hrytsak R.V., Shuaibov A.K. // Proc. XII-th Int. Young Scientists Conf. on Appl. Phys. 23–26 May 2012. Kyiv. P. 155.
9. Hrytsak R.V., Shuaibov A.K., Minya A.I., Shevera I.V., Homoki Z.T. // 25th Symp. on Plasma Physics and Technology, 18–21 June. 2000. Prague. P. 39.
10. Шуаибов О.К., Миня О.И., Грицак Р.В., Гомоки З.Т. Патент № 71686. Україна. МПК (2006.01). H01S3/097. Опубл. 25.07.2012. Бюл. № 14.
11. Hrytsak R.V., Shuaibov A.K. // Proc. VIII Int. Conf. Electronics and Appl. Phys. 24–27 October 2012, Kyiv. P. 144–145.
12. Грицак Р.В., Шуаибов А.К., Миня А.И., Гомоки З.Т. // Материалы Международной молодежной конференции 17–18 сентября 2012 г. Лазерная физика, наноструктуры, квантовая микроскопия. Томск: Изд-во ТГУ, 2012. 28–31 с.