

04;07;02

Мощная ультрафиолетовая лампа на парах иода с накачкой тлеющим разрядом

© А.К. Шуаибов, И.А. Грабовая, Л.Л. Шимон

Ужгородский национальный университет, Украина

E-mail: ishev@univ.uzhgorod.ua

Поступило в Редакцию 24 июня 2004 г.

Представлены характеристики электроразрядной УФ–ВУФ (ультрафиолетовой и вакуумно-ультрафиолетовой) лампы низкого давления, работающей на смеси гелия с парами иода. Лампа излучает спектральную линию атома иода $\lambda = 206.2$ nm. Образование возбужденных атомов иода происходит в плазме тлеющего разряда постоянного тока при мощности, вкладываемой в разряд 15–200 W. Давление рабочей смеси He/I₂ находилось в диапазоне 0.1–1.5 kPa. Исследовались эмиссионные характеристики плазмы в спектральном диапазоне 200–350 nm, зависимость мощности суммарного УФ-излучения и мощности излучения спектральной линии атома иода 206.2 nm от величины электрической мощности тлеющего разряда и парциального давления гелия.

Установлено, что лампа в исследуемом спектральном диапазоне излучает преимущественно на резонансной линии атома иода 206.2 nm, ширина которой составляет 0.10–0.12 nm, а также на системе электронно-колебательных полос молекулы иода с главным максимумом при 342 nm. Вклад мощности излучения резонансной линии атома иода в суммарную мощность УФ-излучения плазмы не превышает 50%. Оптимальное парциальное давление гелия находится в диапазоне 400–800 Pa. Суммарная мощность УФ-излучения достигает 25 W при КПД лампы $\leq 15\%$.

Электроразрядные источники УФ–ВУФ-излучения эксимерных молекул и димеров галогенов представляют значительный интерес для применения в микроэлектронике, химии высоких энергий, фотобиологии и медицине [1–3]. Наиболее мощными и эффективными источниками стационарного или квазистационарного спонтанного излучения эксимерных молекул является плазма тлеющего или высокочастотного разрядов на смесях инертных газов с молекулами хлора [4,5]. Но ресурс работы таких излучателей на одной рабочей смеси не превышает

50–100 h, что связано с высокой агрессивностью молекул хлора по отношению к взаимодействию с электродами и кварцевой оболочкой разрядной трубки. Это стимулирует исследование эмиссионных характеристик плазмы тлеющего разряда на смесях инертных газов с менее агрессивным галогеноносителем — молекулами иода. Лампы на парах иода с накачкой безэлектродным высокочастотным или микроволновым разрядами [6,7] излучают преимущественно одну резонансную линию атома иода 206.2 nm. Для излучателя на смеси Xe/I₂ с накачкой тлеющим разрядом постоянного тока [8] было установлено, что вклад излучения молекул 253 nm XeI(B–X) и 342 nm I₂(B–X) составляет не менее половины суммарной мощности излучения лампы. При этом для иодных ламп с накачкой разрядом постоянного тока достигнут ресурс работы в отпаянном режиме 300–1000 h [8,9]. Условия образования возбужденных молекул иода в разряде постоянного тока на смеси He/I₂ мощностью до 200 W и величина их вклада в суммарное УФ-излучение лампы ранее не исследовались.

В данной работе приводятся результаты оптимизации эмиссионных характеристик электроразрядной УФ-лампы низкого давления, работающей на смеси гелия с парами иода.

Разряд постоянного тока зажигался в разрядной трубке из кварца с внутренним диаметром 14 mm и величиной расстояния между анодом и катодом 500 mm. В разрядной трубке применялись цилиндрические электроды из листового никеля. Кристаллический иод размещался в специальном отростке, который находился за анодом лампы.

Излучение плазмы анализировалось при помощи монохроматора МДР-2 и фотоумножителя ФЭУ-106. Система регистрации излучения была прокалибрована по величине относительной спектральной чувствительности с использованием ламп СИ 8-200У и ДВС-25. При регистрации контура излучения резонансной линии атома иода ($\lambda = 206.2$ nm) применялась голографическая дифракционная решетка (2400 штрихов на миллиметр). Разряд постоянного тока зажигался с использованием высоковольтного выпрямителя ($I_{ch} \leq 80$ mA; $U_{ch} \leq 10$ kV). Разрядная трубка предварительно откачивалась до остаточного давления 5–10 Pa. Лампа охлаждалась при помощи вентилятора так, что температура отростка с иодом была близка к комнатной. Трубка могла нагреваться до 35–40°C, поэтому давление насыщенных паров иода в лампе находилось в диапазоне 130–200 Pa [10]. Величина мощности УФ-излучения лампы измерялась прибором „Кварц-01“ по

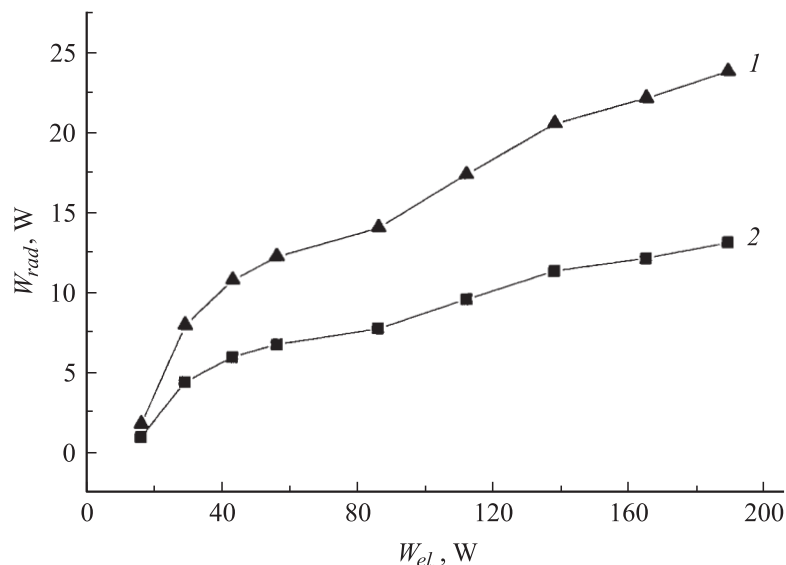


Рис. 1. Зависимость полной мощности УФ-излучения лампы (1) и мощности излучения спектральной линии атома иода 206.2 nm (2) от величины мощности тлеющего разряда постоянного тока.

методике, приведенной в статье [11]. Величина электрической мощности тлеющего разряда находилась в диапазоне 15–200 W. Вольт-амперные характеристики исследуемого разряда соответствовали поднормальной и нормальной стадиям тлеющего разряда постоянного тока.

Спектр излучения плазмы тлеющего разряда на смеси гелия с парами иода состоял из узкой резонансной линии атома иода 206.2 nm и широких полос молекулы иода с основным максимумом при 342 nm. При этом мощность УФ-излучения плазмы была поделена между спектральной линией 206.2 nm и молекулярной полосой 342 nm $I_2(B-X)$ примерно поровну. Ширина спектральной линии 206.2 nm на половине ее амплитуды составляла 0.10–0.12 nm, что хорошо коррелировалось с шириной линии излучения 253.8 nm HgI в ртутной лампе низкого давления ($\Delta\lambda = 0.1$ nm).

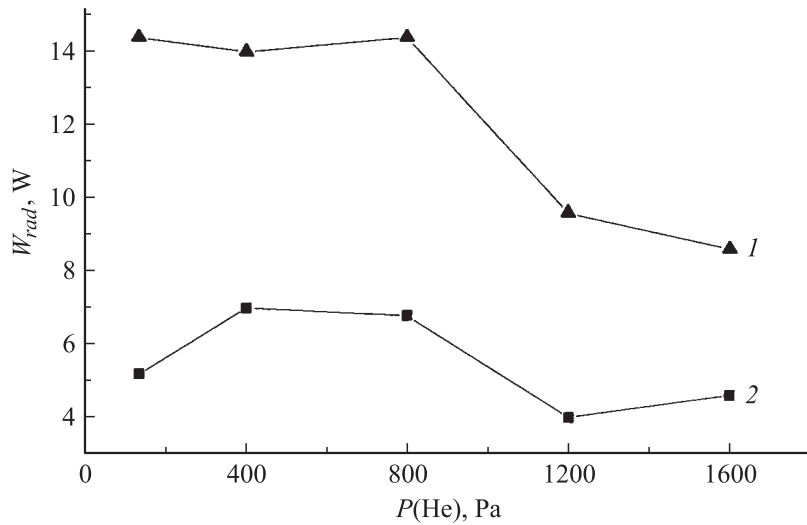


Рис. 2. Зависимость мощности суммарного УФ-излучения лампы (1) и мощности излучения спектральной линии (2) от величины парциального давления гелия в смеси.

Зависимости мощности суммарного УФ-излучения лампы и мощности излучения спектральной линии атома иода от мощности, вкладываемой в плазму тлеющего разряда на смеси He/I_2 при $P(\text{He}) = 400 \text{ Pa}$, представлены на рис. 1. Наибольшая скорость увеличения мощности УФ-излучения получена при электрической мощности разряда 15–50 W. При дальнейшем увеличении мощности тлеющего разряда мощность УФ-излучения атомов и молекул иода возрастала примерно по линейному закону без признаков насыщения.

Оптимальное парциальное давление гелия в разряде, при котором получена наибольшая мощность УФ-излучения атомов иода, составляет 130 Pa, а для УФ-излучения молекул иода оно находится в диапазоне 130–800 Pa (рис. 2).

Измерение мощности суммарного УФ-излучения с боковой поверхности разрядной трубки в спектральном диапазоне 200–350 nm показало, что она достигает 25–25 W при КПД $\leq 15\%$. Ресурс работы лампы в газостатическом режиме составлял не менее 400–500 h.

Таким образом, установлено, что электроразрядная лампа низкого давления на смеси гелия с парами иода излучает спектральную линию атома иода 206.2 nm шириной порядка 0.1 nm и широкую молекулярную полосу с максимумом при 342 nm. Мощность УФ-излучения лампы делится примерно пополам между атомарным и молекулярным излучением. Оптимальное парциальное давление гелия в тлеющем разряде, необходимое для получения наибольшей мощности излучения атомов иода, составляет 130 Pa, а для излучения молекул иода оно находится в пределах 130–800 Pa. Максимальная мощность суммарного УФ-излучения лампы достигает 25 W при КПД лампы $\leq 15\%$.

Список литературы

- [1] *Boyd I.W., Zhang J.-Y.* // Materials Research Society. 2000. V. 617. P. J4.4.1–J4.4.12.
- [2] *Соснин Э.А., Лаврентьев Л.В., Мастерова Я.В., Тарасенко В.Ф.* // Сб. науч. тр. „Актуальные проблемы медицины и биологии“. Томск, 2003. В. 2. С. 225–227.
- [3] *Соснин Э.А., Лаврентьева Л.В., Кузнецова Е.А., Ерофеев М.В.* // Сб. тр. регион. науч.-практ. конф., посвящ. 10-летию Томского сельхоз. инст. НГАУ „Современные проблемы и достижения аграрной науки в животноводстве, растениеводстве и экономике“. Томск, 2003. С. 102–106.
- [4] *Ломаев М.И., Скакун В.С., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф.* и др. // УФН. 2003. Т. 173. № 2. С. 201–217.
- [5] *Шуаибов А.К., Дащенко А.И., Шевера И.В.* // Физика плазмы. 2004. Т. 30. № 5. С. 475–480.
- [6] *Gross U., Ubelis A., Spietz P., Burrows J.* // J. Phys. D: Appl. Phys. 2000. V. 33. P. 1588–1591.
- [7] *Revalde G., Silinsh J., Skudra A., Jansons J.* // Proc. of SPIE. 2002. V. 4747. P. 369–374.
- [8] *Шуаибов А.К., Шимон Л.Л., Грабовая И.А.* // Письма в ЖТФ. 2003. Т. 29. В. 20. С. 77–80.
- [9] *Ломаев М.И., Тарасенко В.Ф.* // Proc. of SPIE. 2002. V. 4747. P. 390–398.
- [10] *Свойства неорганических соединений / Справочник.* Л.: Химия, 1983. С. 304.
- [11] *Шуаибов А.К., Шимон Л.Л., Дащенко А.И., Шевера И.В.* // ПТЭ. 2002. № 1. С. 104–106.