

02;04;07

## Электроразрядная бактерицидная лампа на смеси ксенона с парами иода

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

Ужгородский национальный университет, Украина

E-mail: ishev@univ.uzhgorod.ua

Поступило в Редакцию 11 апреля 2003 г.

Представлены характеристики непрерывной УФ-лампы на  $\lambda = 206 \text{ nm}$  с накачкой продольным тлеющим разрядом. Давление рабочей смеси  $\text{Xe}/\text{J}_2$  находилось в диапазоне  $0.1\text{--}10 \text{ kPa}$ . Мощность, вкладываемая в разряд, изменялась в пределах  $10\text{--}130 \text{ W}$ . Исследованы вольт-амперные характеристики, спектры излучения в области  $200\text{--}600 \text{ nm}$ , зависимости интенсивности излучения спектральных линий от величины мощности, вкладываемой в плазму, и величины парциального давления ксенона.

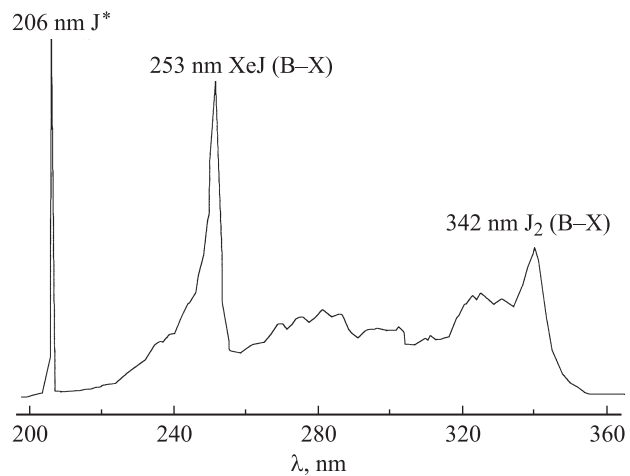
Установлено, что лампа излучает в спектральном диапазоне  $206\text{--}342 \text{ nm}$  на резонансной линии атома иода  $206 \text{ nm}$ , а также полосах  $253 \text{ nm}$   $\text{XeJ}(\text{B-X})$ ,  $342 \text{ nm}$   $\text{J}_2(\text{B-X})$ . Не менее половины мощности УФ-излучения сконцентрировано в бактерицидном диапазоне длин волн ( $\lambda = 206 \text{ nm}$ ). Суммарная мощность УФ-излучения достигала  $6\text{--}7 \text{ W}$  при КПД  $\leq 5\%$ .

Мощные источники спонтанного ультрафиолетового излучения, излучающие в бактерицидном диапазоне спектра на электронно-колебательных переходах моногалогенидов инертных газов и димеров галогенов, получили значительное распространение в фотохимии, экологии, биофизике и медицине [1,2]. Одними из наиболее простых в изготовлении являются эксимерно-галогенные лампы с накачкой продольным разрядом постоянного тока [3–5]. Ресурс излучения таких ламп, в которых используются агрессивные фтор- и хлорсодержащие среды, в газостатическом режиме работы не превышает  $100 \text{ h}$ . Он определяется чистотой газовой среды, а также взаимодействием галогенов с электродами и стенками разрядной трубки. Переход к менее агрессивным галогеноносителям на основе брома и иода позволяет увеличить ресурс излучения таких ламп на порядок [6]. В случае применения в лампе иода основным в спектре излучения считается излучение с  $\lambda = 206 \text{ nm}$ , а вклад в общую мощность УФ-излучения молекул  $\text{XeJ}^*$  и  $\text{J}_2^*$  был не известным.

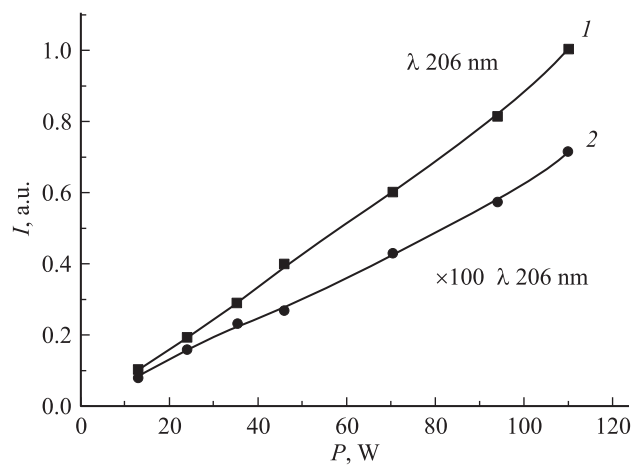
В данной работе представлены результаты оптимизации выходных характеристик ультрафиолетовой лампы непрерывного действия, работающей на смеси ксенона с иодом. Тлеющий разряд зажигался в кварцевой разрядной трубке, которая пропускает не менее 70% интенсивности излучения на  $\lambda = 200$  nm. Внутренний диаметр разрядной трубки равнялся 14 mm, а межэлектродное расстояние — 190 mm. В лампе применялись цилиндрические электроды из никеля. Кристаллический иод высокой чистоты размещался в специальном отростке, который находился за анодом.

Излучение разряда 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 ( $\Delta\lambda = 400-1000$  nm) и ДВС-25 (200–400 nm). Для поджигания тлеющего разряда применялся высоковольтный выпрямитель ( $I_{ch} \leq -70$  mA;  $U_{ch} \leq 10$  kV). Разрядная трубка перед заправкой ксеноном откачивалась до остаточного давления 5 Pa. Кварцевая трубка охлаждалась при помощи вентилятора так, что температура отростка с иодом в большинстве случаев была близкой к комнатной. Трубка могла нагреваться до 35–40°C, поэтому давление насыщенных паров иода в ней не превышало 130–200 Pa [7]. Величина суммарной мощности УФ-излучения измерялась прибором „Кварц-01“ по методике, описанной в статьях [8,9]. Перед измерительной головкой прибора „Кварц-01“ устанавливался светофильтр УФС-5, отсекающий видимое и инфракрасное излучение. Величина мощности, вкладываемая в плазму, варьировалась в диапазоне 10–130 W. Тлеющий разряд устойчиво зажигался при величине спада напряжения на электродах трубки  $\leq 3.0$  kV. Вольт-амперные характеристики соответствовали под-нормальной и нормальной стадиям тлеющего разряда.

Спектр излучения (не исправленный на величину относительной спектральной чувствительности монохроматора и фотоумножителя) представлен на рис. 1. Основным в бактерицидном диапазоне спектра является излучение резонансной линии иода с  $\lambda = 206$  nm. За счет незавершенности процесса колебательной релаксации при низких давлениях газовой среды полосы с максимумами при 253 nm XeI(B–X) и 342 nm J<sub>2</sub>(B–X) являются сильно уширенными и могут давать значительный вклад в суммарное УФ-излучение плазмы. Для парциального содержания ксенона в смеси P(Xe) = 266 Pa (которое близко к оптимальному, для получения максимальной мощности УФ-излучения) распределение



**Рис. 1.** Спектр излучения тлеющего разряда постоянного тока в смеси ксенона с парами иода при  $P(\text{Xe}) = 133 \text{ Pa}$ .



**Рис. 2.** Зависимость интенсивности излучения спектральных линий атомов иода и ксенона от мощности, вкладываемой в плазму тлеющего разряда при  $P(\text{Xe}) = 133 \text{ Pa}$ :  $206 \text{ nm JI}(1)$  и  $476 \text{ nm XeI}(2)$ .

мощности для молекул  $J_2^*$ ,  $XeJ^2$  и резонансной линии атома иода было следующим: 1.0/0.3/0.7.

В видимой области длин волн на фоне континуума наблюдались наиболее интенсивные атомарные линии ксенона и иода. Зависимости интенсивности излучения спектральных линий  $J_2$  и  $XeI$  от мощности тлеющего разряда (рис. 2) и разрядного тока были близки к линейным. Это указывает, что в исследуемой плазме возбуждение атомов ксенона и иода происходит в результате прямого электронного удара или (только для атомов иода) в процессе диссоциативного возбуждения молекул иода электронами.

Абсолютные измерения мощности УФ-излучения с боковой поверхности разрядной трубки в спектральном диапазоне 200–400 nm показали, что она достигает 6–7 W при КПД  $\leq 5\%$ . Ресурс УФ-излучения в газостатическом режиме работы составлял не менее 300 h.

Таким образом, показано, что в стационарной электроразрядной плазме низкой плотности на основе смеси ксенона с парами иода, кроме бактерицидного излучения на  $\lambda = 206$  nm  $J_2$ , существенным является и широкополосное излучение на электронно-колебательных переходах молекул  $XeJ(B-X)$  и  $J_2^*$  в диапазоне 230–350 nm. Оптимальное парциальное давление ксенона в рабочей смеси находится в диапазоне 130–270 Pa; мощность УФ-излучения достигает 6–7 W с КПД  $\approx 5\%$ .

## Список литературы

- [1] *Boyd I.W., Zhang J.-X.* // Materials Research Society. 2000. V. 617. P. J4.4.1–J4.4.12.
- [2] *Polunin G.S., Kourencov V.V., Polunina E.G.* // Journal of Refractive Surgery. 1998. V. 14. N 2. S230–S234.
- [3] *Головицкий А.П., Кан С.Н.* // Оптика и спектроскопия. 1993. Т. 75. № 3. С. 604–609.
- [4] *Панченко А.И., Тарасенко В.Ф.* // Оптика и спектроскопия. 1998. Т. 84. № 3. С. 389–392.
- [5] *Шуаибов А.К., Дащенко А.И., Шевера И.В.* // Квантовая электроника. 2001. Т. 31. № 4. С. 371–372.
- [6] *Лотаев М.И., Тарасенко В.Ф.* // SPIE. 2002. V. 4747. P. 390–398.
- [7] *Свойства неорганических соединений: Справочник.* Л.: Химия, 1983. С. 304.
- [8] *Шуаибов А.К., Шимон Л.Л., Дащенко А.И., Шевера И.В.* // ПТЭ. 2002. № 1. С. 104–106.
- [9] *Shuaibov A.K., Shimon L.L., Dashchenko A.I., Shevera I.V.* // Journal of Physical Studies. 2001. V. 5. N 2. P. 131–138.