

02;04;07;12

## Характеристики галогенной лампы с накачкой продольным высокочастотным разрядом

© А.К. Шуаибов, А.И. Дащенко, И.В. Шевера, А.А. Генерал

Ужгородский национальный университет, Украина

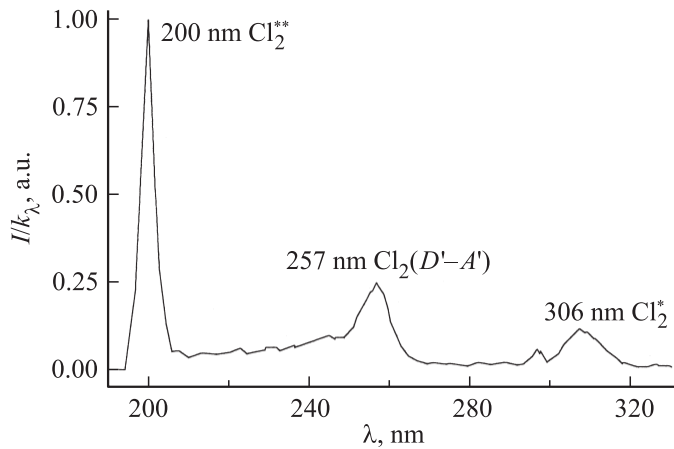
E-mail: ishev@univ.uzhgorod.ua

Поступило в Редакцию 2 июня 2003 г.

Приводятся результаты оптимизации выходных характеристик малогабаритной бактерицидной лампы с накачкой продольным высокочастотным разрядом ( $f = 1.76$  МГц), излучающей на системе полос молекул хлора в спектральном диапазоне 195–310 нм. Исследовались спектральные характеристики излучения плазмы, зависимости яркости полос хлора от величины давления и парциального состава смеси гелия с хлором, осциллограммы тока накачки и суммарного излучения плазмы. Измерена полная мощность излучения лампы.

Установлено, что лампа излучает преимущественно в бактерицидном диапазоне длин волн на электронно-колебательной полосе 200 нм  $\text{Cl}_2^*$ . Оптимальная величина парциального давления гелия находилась в пределах 100–300 Па, а хлора составляла 90–120 Па. Максимальная мощность УФ излучения с боковой цилиндрической поверхности излучателя достигала 10 W. Лампа может использоваться в фотохимии, экологии, генетике и медицине.

Мощные и эффективные источники спонтанного ультрафиолетового и вакуумно-ультрафиолетового (УФ-ВУФ) излучения на электронно-колебательных полосах моногалогенидов инертных газов и димерах галогенов широко используются в микроэлектронике, химии высоких энергий и медицине [1]. Для создания простых бактерицидных ламп с недорогой рабочей средой, в которой отсутствуют криптон и ксенон, представляют интерес смеси легких инертных газов с молекулами хлора. Рабочие среды на основе фтора — сильно агрессивны, что вызывает повышенные требования к материалу электродов и разрядной трубки. Газовые же смеси на основе йода и брома менее агрессивны, но они концентрируются на внутренней поверхности выходной апертуры лампы. При определенной концентрации паров йода и брома в разрядной трубке это может приводить к уменьшению мощности УФ-ВУФ из-

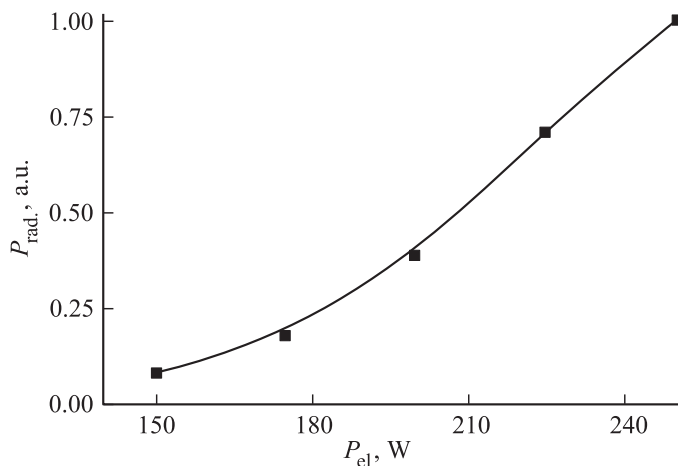


**Рис. 1.** Спектр ультрафиолетового излучения плазмы продольного высокочастотного разряда в смеси  $P(\text{He})/P(\text{Cl}_2) = 160/40$  Па.

лучения лампы из-за поглощения рабочего излучения лампы слоем галогенсодержащих молекул. Поскольку теплоемкость неона значительно выше, чем гелия, то для ламп с воздушным (естественным или принудительным) охлаждением в качестве буферного газа предпочтительно использовать гелий. Для смеси гелия с хлором нами было установлено, что при использовании накачки в виде продольного тлеющего разряда постоянного тока [2] и вольерного разряда [3] наблюдалось расширение спектра излучения лампы в коротковолновую область за счет полосы с максимумом при  $200 \text{ nm Cl}_2^{**}$  и непрерывное перекрытие излучением спектрального диапазона  $195\text{--}270 \text{ nm}$ . Для увеличения устойчивости разряда в электроотрицательных средах нами использовался также поперечный высокочастотный разряд, который формировал плазменную среду эксимерно-галогенной лампы с планарной апертурой [4].

В настоящей статье приводятся результаты исследования и оптимизации выходных характеристик продольного высокочастотного разряда в смеси гелия с хлором.

Продольный высокочастотный разряд  $\gamma$ -типа зажигался в цилиндрической разрядной трубке из кварца. Расстояние между анодом и катодом равнялось 3 см, а внутренний диаметр разрядной трубки — 1.4 см. В лампе использованы полые цилиндрические электроды из



**Рис. 2.** Зависимость общей мощности УФ излучения плазмы на смеси  $P(\text{He})/P(\text{Cl}_2) = 160/40 \text{ Pa}$  от величины мощности источника высокочастотного напряжения.

листового никеля длиной 1.5 и диаметром 1.4 см. Разряд зажигался от генератора модулированного по амплитуде (с частотой  $f \leq 50 \text{ Hz}$ ) высокочастотного ( $F = 1.76 \text{ MHz}$ ) напряжения марки ЭН-57 М. Средняя мощность генератора не превышала 250 W. Подача напряжения на электроды лампы проводилась через разделительный конденсатор  $C_0$  емкостью 200 pF. Амплитуда высокочастотного напряжения достигала 5–6 kV. Разрядная трубка с открытыми торцами устанавливалась в буферной камере объемом 10 л. В режиме медленной замены рабочей среды лампы смесь  $\text{He}/\text{Cl}_2$  прокачивалась через буферную камеру с разрядной трубкой со скоростью 0.1–0.3 liter/min. Методика и техника регистрации эмиссионных характеристик плазмы была аналогична приведенной в наших работах [5,6].

Наиболее характерный спектр излучения электроразрядной плазмы продольного высокочастотного разряда в смеси  $\text{He}/\text{Cl}_2$  представлен на рис. 1. Спектр приведен к относительной чувствительности монохроматора и фотоэлектронного умножителя. Основное излучение плазмы сконцентрировано в пределах полос 200 nm  $\text{Cl}_2^{**}$  и 257 nm  $\text{Cl}_2(D' - A')$ , которые перекрывают спектральный диапазон 195–260 nm. Излучение полосы 306 nm  $\text{Cl}_2^*$  было менее ярким.

Исследования яркости излучения молекулярных полос хлора показали, что максимальная мощность УФ излучения лампы достигается при парциальном давлении гелия 250–300 Па и парциальном давлении хлора 80–100 Па. Наиболее слабое влияние изменения  $P(\text{Cl}_2)$  было получено для полосы 306 nm  $\text{Cl}_2^*$ .

На рис. 2 приведена зависимость суммарной мощности УФ излучения плазмы продольного высокочастотного разряда на смеси He/ $\text{Cl}_2$  от величины мощности на выходе источника накачки. Порог зажигания высокочастотного разряда находился при величине мощности источника накачки 150 W. С увеличением мощности накачки от 180 до 250 W была получена линейная зависимость мощности УФ излучения со всей рабочей апертуры лампы. Абсолютная величина суммарной мощности УФ достигала 10 W.

Таким образом, исследование эмиссионных характеристик плазмы продольного высокочастотного разряда среднего давления в смеси гелия с хлором показало, что она является источником бактерицидного излучения, которое сконцентрировано преимущественно в полосе 200 nm  $\text{Cl}_2^*$ ; оптимальное парциальное давление гелия и хлора находится в границах 100–300 Па; средняя мощность УФ излучения  $\leq 10$  W; исследуемый разряд может быть использован в малогабаритной бактерицидной лампе, перспективной для использования в фотохимии, биотехнологиях и медицине.

## Список литературы

- [1] Ламаев М.И., Скакун В.С., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф. и др. // УФН. 2003. Т. 171. № 2. С. 201–217.
- [2] Шуаибов А.К., Дащенко А.И., Шевера И.В. // ТВТ. 2001. Т. 39. № 4. С. 833–835.
- [3] Шуаибов А.К., Дащенко А.И., Шевера И.В. // Письма в ЖТФ. 2002. Т. 28. В. 6. С. 23–26.
- [4] Shuaibov A., Shimon L., Dashchenko A., Shevera I. // Probl. of Opt. & High Technol. Mat. Science SPO 2002. Scientific Works. 2002. Kyiv, Ukraine. DP. 6. P. 219.
- [5] Шуаибов А.К., Шимон Л.Л., Дащенко А.И., Шевера И.В. // ПТЭ. 2002. № 1. С. 104–106.
- [6] Shuaibov A., Shimon L., Dashenko A., Shevera I. // SPIE. 2002. V. 4747. P. 409–416.
- [7] Шуаибов А.К., Дащенко А.И., Шевера И.В. // ЖТФ. 2002. Т. 72. В. 4. С. 32–35.