

02;04;07

## Импульсно-периодический ультрафиолетовый излучатель с перестройкой длины волны в области главного максимума поглощения молекулы ДНК

© А.К. Шуаибов, З.Т. Гомоки, А.И. Миня, И.В. Шевера

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

(Поступило в Редакцию 4 апреля 2011 г.)

Приведены спектральные характеристики в диапазоне 220–250 nm импульсно-периодической лампы с тремя диэлектрическими барьерами, которая работает на смесях криптона с молекулами элегаза и фреона (CCl<sub>4</sub>). Показано, что использование двух независимых объемов со смесями Kr-SF<sub>6</sub> и Kr-CCl<sub>4</sub> является более эффективным, чем тройной смеси Kr-SF<sub>6</sub>-CCl<sub>4</sub> с таким же парциальным составом Kr, SF<sub>6</sub>, CCl<sub>4</sub>. Варьирование парциального давления галогеносителей и криптона позволяет управлять спектром излучения лампы в области максимумов полос 248 nm KrF(X-B) и 222 nm KrCl(X-B).

Импульсно-периодический барьерный разряд субмикросекундной длительности на основе смесей тяжелых инертных газов с малоагрессивными галогенсодержащими молекулами в эксиплексных излучателях впервые был использован в работе [1]. При этом применение газовых смесей He-Kr-SF<sub>6</sub> и He-Kr-CF<sub>2</sub>CCl<sub>2</sub> (при общем давлении ~ 1 atm) приводило к образованию молекул KrF(B) и KrCl(B), которые затем быстро распадались с излучением полос 248 nm KrF(X-B) и 222 nm KrCl(X-B). Такое излучение попадает в область главного максимума поглощения молекул ДНК, а также некоторых других биомолекул [2] и может служить альтернативой лампам на парах ртути ( $\lambda = 254$  nm HgI).

Полосы излучения молекул фторида и хлорида криптона значительно шире спектральной линии атома ртути и могут использоваться для селективного поглощения излучения биомолекулами в спектральном диапазоне 220–250 nm. Для увеличения эффективности использования эксиплексных ламп барьерного разряда в биофизике желательно иметь возможность управления спектром в области поглощения биомолекул, в первую очередь — молекулы ДНК. Задача оптимизации многоволнового излучателя KrF\*-KrCl\* решалась нами ранее при помощи возбуждения соответствующих смесей поперечным объемным разрядом с искровой предыонизацией [3]. Примерно равные яркости полос излучения молекул KrF(X-B) и KrCl(X-B) наблюдались из плазмы на основе смеси He-Kr-SF<sub>6</sub>-HCl kPa. Но использование открытых электродов и искровой предыонизации в рабочем объеме лампы приводило к небольшому ресурсу работы излучателя ( $\leq 10^5$  импульсов) при сравнительно малой частоте повторения ( $f = 5$  Hz).

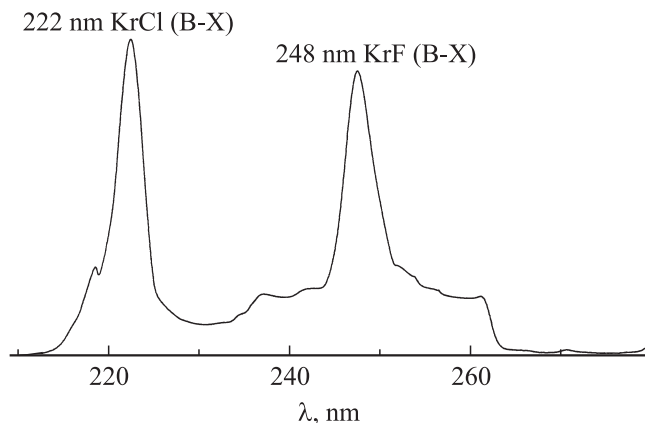
Для увеличения ресурса работы многоволновых излучателей и частоты следования импульсов возбуждения перспективным является применение барьерного разряда, рабочий объем которого разбит на два независимых объема с помощью дополнительного барьера (при их

одновременном возбуждении с помощью общего источника накачки и общих внешних электродов) [4]. Эксиплексные лампы барьерного разряда ранее исследовались преимущественно с использованием рабочих смесей типа Kr-Cl<sub>2</sub> [5,6], а на основе элегаза оптимизировалась лампа на смеси Xe-SF<sub>6</sub>, представляющая интерес как источник неканцерогенного ультрафиолетового (УФ) излучения ( $\lambda = 354$  nm XeF(X-B)) [7].

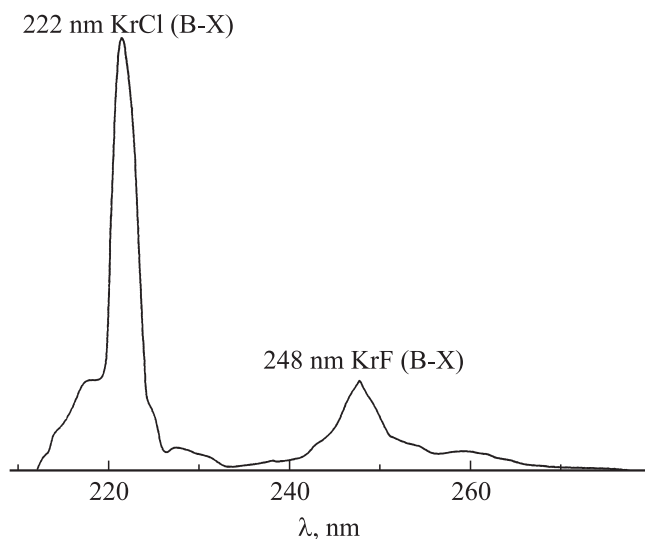
В настоящей работе приведены результаты исследования спектральных характеристик импульсно-периодической лампы с тремя диэлектрическими барьерами, для которой рабочими смесями являются смеси криптона с малоагрессивными хлор- и фторсодержащими молекулами.

Эксиплексная лампа с тремя барьерами представляла собой коаксиальную конструкцию из трех кварцевых трубок марки „УФ“ с внешними диаметрами 14, 27 и 37 mm и соответственно длинами 50, 40 и 30 cm. На внешней поверхности лампы был установлен спиралевидный электрод из тонкой никелевой проволоки (шаг намотки — 2 mm), который имел прозрачность ~ 85%. Другим (высоковольтным) электродом служил стержень из дюралюминия. Возбуждение импульсно-периодического барьерного разряда осуществлялась от высоковольтного модулятора с амплитудой импульса напряжения 20–50 kV, длительностью импульса тока ~ 20 ns, амплитудой импульса тока 100–300 A и частотой следования импульсов 35–1000 Hz. Более детально экспериментальная часть установки и условия эксперимента описаны в работах [8,9].

Проведены исследования спектральных характеристик источника УФ-излучения на основе полос 222 nm KrCl(X-B) и 248 nm KrF(X-B), работающего на смесях Kr-SF<sub>6</sub> и Kr-CCl<sub>4</sub>, которые при одинаковом парциальном давлении криптона напускались в две независимые рабочие ячейки лампы и на контрольной смеси Kr-SF<sub>6</sub>-CCl<sub>4</sub> (примерно такого же давления с теми же парциальными



**Рис. 1.** Спектр УФ-излучения лампы с тремя барьерами и рабочими смесями  $p(\text{Kr})-p(\text{SF}_6) = 20-0.25 \text{ kPa}$  и  $p(\text{Kr})-p(\text{CCl}_4) = 20-0.013 \text{ kPa}$ .



**Рис. 2.** Спектр УФ-излучения трехбарьерной эксимерной лампы, когда оба ее рабочих объема заполнены одной и той же смесью  $p(\text{Kr})-p(\text{SF}_6)-p(\text{CCl}_4) = 20.0-0.25-0.013 \text{ kPa}$ .

давлениями галогеноносителей), которой заполнялись обе ячейки лампы. Эксперимент проводился при частоте  $f = 80 \text{ Hz}$  и напряжении на основной емкости высоковольтного LC-модулятора  $\sim 13-14 \text{ kV}$ , на выходе которого был установлен кабельный трансформатор с коэффициентом трансформации  $\sim 3.5$ . Соответствующие спектры приведены на рис. 1 и рис. 2 (с учетом спектральной чувствительности системы регистрации излучения). Как следует из приведенных результатов, использование двойных смесей ( $\text{Kr-SF}_6$  и  $\text{Kr-CCl}_4$ ) в независимых ячейках является более эффективным по сравнению с использованием смеси  $\text{Kr-SF}_6\text{-CCl}_4$ .

Вероятно, при использовании пространственного разделения смесей в лампе с тремя барьерами устраняются возможные каналы потерь мощности разряда на образование соединений типа  $\text{ClF}$ , что приводит к получению

примерно одинаковой яркости излучения полос  $22 \text{ nm KrCl(X-B)}$  и  $248 \text{ nm KrF(X-B)}$ . Регулируя парциальное давление паров  $\text{CCl}_4$  в диапазоне  $0.07-0.4 \text{ kPa}$  и элегаза в диапазоне  $0.13-1.33 \text{ kPa}$ , появляется возможность управлять яркостью полос эксимерных молекул, подстраивая спектр излучения лампы к наиболее оптимальному для эффективного поглощения разных биомолекул в спектральном диапазоне  $230-260 \text{ nm}$ . Другая возможность управления видом спектра излучения на основе полос хлорида и фторида криптона связана с колебательной релаксацией в пределах электронного В-состояния молекул  $\text{KrCl}$  и  $\text{KrF}$ . При увеличении давления криптона с 5 до  $100 \text{ kPa}$  ширина полос эксимерных молекул уменьшается примерно на  $1.0 \text{ nm}$ .

Таким образом, показано, что использование импульсно-периодической лампы с тремя барьерами на двойных смесях криптона с малыми добавками малоагрессивных галогенсодержащих молекул позволяет довольно эффективно управлять спектральными характеристиками бактерицидной лампы в спектральном диапазоне  $220-260 \text{ nm}$ .

## Список литературы

- [1] Шевера В.С., Шуаибов А.К., Малинин А.Н., Герц С.Ю. // Опт. и спект. 1980. Т. 49. Вып. 6. С. 1205–1206.
- [2] Шуаибов О.К., Шевера И.В., Шимон Л.Л., Соснин Е.А. Сучасні джерела ультрафіолетового випромінювання: розробка і застосування. Ужгород–Томськ. Видавництво УжНУ Говерла, 2006. 223 с.
- [3] Шуаибов А.К. // ТВТ. 1998. Т. 36. № 3. С. 505–507.
- [4] Авдеев С.М., Соснин Э.А., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., Шитц Д.В. // Письма в ЖТФ. 2008. Т. 34. Вып. 17. С. 1–6.
- [5] Соснин Э.А., Авдеев С.М., Ерофеев М.В., Цветков В.М., Пикулев А.А., Тарасенко В.Ф. // Изв. Томск. политех. универ. Сер. Математика и механика. Физика. 2010. Т. 316. № 2. С. 109–112.
- [6] Zhuang Xiaobao, Han Qiuyi, Zhang Haojun, Feng Xiangfen et al. // J. Phys. D.: Appl. Phys. 2000. Vol. 43. 205 202 (9 p).
- [7] Пикулев А.А., Цветков В.М. // ЖТФ, 2008. Т. 78. Вып. 10. С. 83–86.
- [8] Шуаибов А.К., Миня А.И., Гомоки З.Т., Шевера И.В. // ЖТФ. 2011. Т. 81. Вып. 3. С. 40–44.
- [9] Гомоки З.Т., Миня О.Й., Шевера И.В., Шимон Л.Л., Шуаибов О.К. // Науковий вісник. Ужгород. унів. Сер. Фізика. 2010. № 28. С. 91–95.