

04;07;12

Высокочастотный УФ–ВУФ излучатель на смеси аргона с молекулами хлора

© А.К. Шуаибов, Л.Л. Шимон, И.В. Шевера, П.Н. Волович

Ужгородский национальный университет, Украина

E-mail: ishev@univ.uzhgorod.ua

Поступило в Редакцию 14 мая 2007 г.

Приведены оптические характеристики коротковолновой лампы, которая излучает в спектральном диапазоне 150–270 nm. Рабочей средой лампы является смесь аргона с молекулами хлора, которая возбуждалась в поперечном высокочастотном разряде. Разряд зажегся между металлическим электродом и полупрозрачной никелевой сеткой при межэлектродном расстоянии 2.2 см. Источник излучал на спектральных полосах молекул хлора и хлорида аргона, на основании которых формировался континуум в спектральном диапазоне 150–270 nm.

Проведена оптимизация излучения лампы в зависимости от величины мощности источника возбуждения, давления и состава смеси $\text{Ar}-\text{Cl}_2$. При мощности источника возбуждения разряда в диапазоне 50–300 W наиболее оптимальными были смеси $P(\text{Ar})-P(\text{Cl}_2) = (300-400)-(30-40)$ Pa. Средняя мощность ВУФ–УФ излучения достигала 15 W.

PACS: 52.30.Nc

Ультрафиолетовые и вакуумно-ультрафиолетовые (УФ–ВУФ) газоразрядные лампы на моногалогенидах тяжелых инертных газов, а также на молекулах галогенов и возбужденных продуктах из распада, являются в настоящее время наиболее перспективными источниками излучения для различных применений в микроэлектронике, химии высоких энергий, фотобиологии, фотомедицине и экологии [1]. Большинство газоразрядных эксиплексных ламп низкого давления имеет цилиндрическую рабочую апертуру [2], что вызывает определенные трудности при их использовании для равномерного освещения УФ–ВУФ излучения сравнительно больших по площади участков. Кроме того, в области длин волн короче 190 nm нет достаточно эффективных излучателей низкого давления с недорогостоящей рабочей средой. Разработанная и оптимизированная в [3] лампа на системе полос молекул хлора и

хлорида аргона с возбуждением продольным тлеющим разрядом на смеси хлора и аргона также имеет цилиндрическую апертуру. Для этой рабочей среды был получен спектр излучения с максимумом в области 180–220 nm, который практически полностью совпадает с основным максимумом поглощения молекул ДНК [4]. Это может послужить основой для разработки новых безртутных бактерицидных излучателей.

Для увеличения устойчивости разряда в электроотрицательных газовых смесях и разработки коротковолновых эксиплексно-галогенных излучателей низкого давления с плоской рабочей апертурой может быть использован поперечный высокочастотный разряд. Такой источник УФ-излучения на основе смеси ксенона с хлором был оптимизирован в работе [5]. Но коротковолновая граница спектра его излучения находилась в области 230 nm, а для его работы необходимо было использовать дорогостоящую рабочую смесь на основе ксенона.

В настоящей работе представлены результаты оптимизации УФ–ВУФ излучателя на смеси аргона и хлора, который имеет плоские апертуры излучения и возбуждается с помощью поперечного высокочастотного разряда.

Поперечный разряд частотой $f = 1.76$ MHz в смесях Ar–Cl₂ зажигался в объеме $17 \times 3 \times 2.2$ см³ при расстоянии между электродами 2.2 см. Система электродов состояла из сплошного металлического никелированного электрода с цилиндрической рабочей поверхностью и плоского электрода из никелевой сетки (ширина 5 см, длина 20 см). Система электродов устанавливалась в металлическую разрядную камеру с диэлектрической крышкой. Объем газоразрядной камеры составлял 1000 см³.

Излучение поперечного высокочастотного разряда анализировалось из торца плазмообразования с использованием вакуумного монохроматора и фотоумножителя с LiF окном (ФРУ-142). Осциллограммы импульсов суммарного излучения разряда регистрировались при помощи импульсного фотоумножителя „Фотон“ и осциллографа С1-99. Эта часть системы регистрации устанавливалась вне разрядной камеры, напротив второго торца плазмообразования. Импульсы напряжения и тока разряда регистрировались с применением емкостного делителя, токового шунта и импульсного осциллографа. Разряд зажигался от источника с модулированным ($F = 50$ Hz) по амплитуде высокочастотным ($f = 1.76$ MHz) напряжением. Средняя мощность на выходе источника возбуждения могла регулироваться в диапазоне 50–300 W. Амплитуда

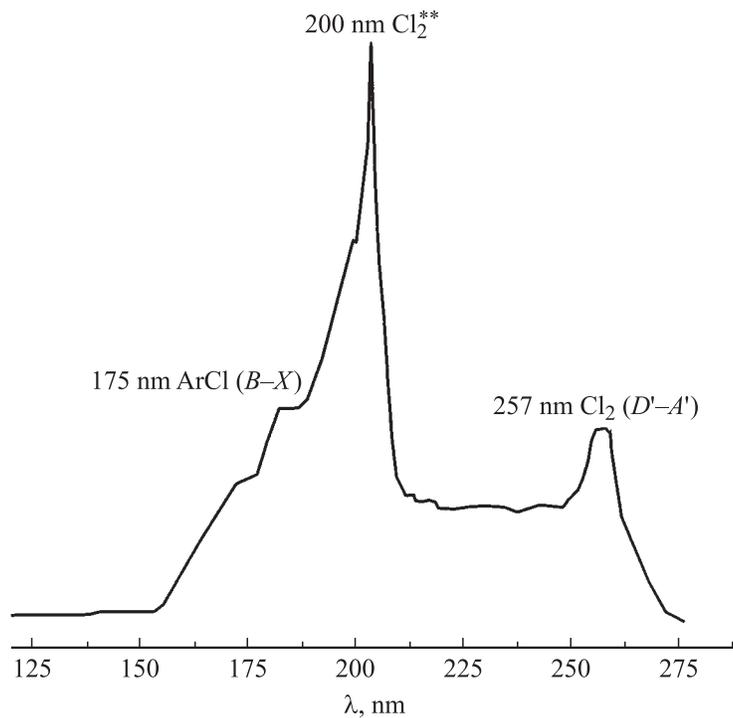


Рис. 1. Спектр излучения поперечного высокочастотного разряда на смеси $P(\text{Ar}) - P(\text{Cl}_2) = 80 - 80 \text{ Pa}$.

импульсов напряжения в режиме работы без нагрузки достигала 6 kV. Мощность УФ–ВУФ излучения разряда контролировалась с использованием измерителя „Кварц-1“ по методике, приведенной в статье [6].

Плазма поперечного высокочастотного разряда при парциальных давлениях аргона 50–800 Pa и хлора 40–200 Pa состояла на 50–70% из ярких приэлектродных областей. Типичный спектр излучения разряда приведен на рис. 1. Излучение регистрировалось в виде достаточно широкого континуума с максимумом в области 200 nm и краями при 150 и 270 nm. Основными составляющими спектра являются полосы 257 nm $\text{Cl}_2(D'-A')$, 200 nm Cl_2^{**} и 175 nm $\text{ArCl}(B-X)$. В связи с малой скоростью процессов колебательной релаксации при низких давлени-

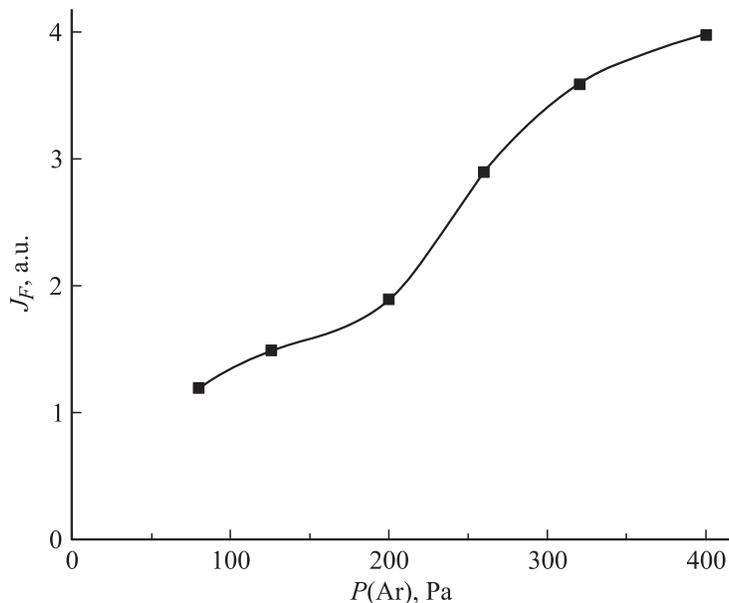


Рис. 2. Зависимость средней мощности УФ–ВУФ излучения лампы от величины парциального давления аргона при $P(\text{Cl}_2) = 40$ Па и мощности на выходе источника возбуждения 200 W.

ях рабочей смеси, наблюдалось значительное уширение электронно-колебательных полос излучения молекул хлора и хлорида аргона. Это приводило к их взаимному перекрытию и формированию единой широкой полосы, которая полностью попадает в полосу поглощения молекулы ДНК. При этом максимум излучения совпадает с главным максимумом поглощения молекулы ДНК.

На рис. 2 приведена зависимость средней мощности излучения источника в диапазоне 150–270 nm от парциального давления аргона при близком к оптимальному парциальном давлении хлора — 40 Па и фиксированной мощности на выходе источника возбуждения разряда. При увеличении $P(\text{Ar})$ с 50 до 400 Па наблюдалось увеличение средней мощности УФ–ВУФ излучения. Наиболее оптимальными были смеси $P(\text{Ar}) - P(\text{Cl}_2) = 400 - (30 - 40)$ Па.

Исследование временных характеристик излучателя показало, что при увеличении давления рабочей смеси со 100 до 450 Па амплитуда полуволны высокочастотного напряжения увеличивается с 3 до 5 кВ, а тока — с 1.2 до 2.0 А. Основная часть излучения лампы наблюдалась при удвоенной частоте повторения высокочастотного напряжения источника возбуждения. Максимумы излучения коррелировались по времени с участками спада или увеличения напряжения.

Максимальная средняя мощность излучения с двух боковых апертур и перфорированного электрода достигала 15 Вт.

Таким образом, исследование эмиссионных характеристик УФ–ВУФ источника спонтанного излучения с возбуждением поперечным высокочастотным разрядом в смеси $\text{Ar}-\text{Cl}_2$ показало, что он излучает на системе уширенных полос молекул хлора и хлорида аргона, которые перекрываются между собой и образуют единый континуум в спектральном диапазоне 150–270 нм; спектр излучения источника полностью совпадает со спектром поглощения молекул ДНК, что может быть использовано для применений в фотобиологии и медицине (как бактерицидная лампа); наибольший выход УФ–ВУФ мощности излучения получен для газовых смесей $P(\text{Ar}) - P(\text{Cl}_2) = 400 - (30 - 40)$ Па; источник работает на сравнительно недорогой рабочей смеси и имеет две боковые плоские апертуры и одну плоскую апертуру, расположенную за перфорированным электродом, через которые возможно получение суммарной средней мощности излучения до 15 Вт.

Список литературы

- [1] Шуайбов 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.
- [2] Ломаев М.И., Скакун В.С., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф. и др. // УФН. 2003. Т. 173. № 2. С. 201–217.
- [3] Шуайбов А.К., Дащенко А.И., Шевера И.В. // Квантовая электроника. 2001. Т. 31. № 4. С. 371–372.
- [4] Von C. Sonntag. Process Technologies for Water Treatment. / S. Stucki, Ed. New York: Plenum Press, 1987.
- [5] Shuaibov A.K., Shimon L.L., Dashchenko A.I., Shevera I.V. // Ukr. J. Phys. 2004. V. 49. N 2. P. 121–125.
- [6] Шуайбов А.К., Шимон Л.Л., Дащенко А.И., Шевера И.В. // ПТЭ. 2002. № 1. С. 104–106.