

04;07;12

Исследование УФ-излучения емкостного разряда на смесях инертных газов с парами йода

© А.К. Шуаибов, А.Й. Миня, З.Т. Гомоки, Г.Е. Ласлов

Ужгородский национальный университет, Украина

E-mail: ishev@univ.uzhgorod.ua

Поступило в Редакцию 24 декабря 2007 г.

Приводятся результаты исследования оптических характеристик емкостного разряда на смесях гелия, неона, аргона и криптона с парами йода в спектральном диапазоне 180–300 нм. Показано, что основная часть мощности излучения плазмы сконцентрирована в спектральных линиях 183.0 и 206.2 нм. Проведена оптимизация интенсивности излучения спектральных линий атома йода в зависимости от парциального давления и рода инертных газов. Наиболее оптимальной является смесь He–I₂ при парциальном давлении гелия 0.8–2.0 кПа и паров йода < 50–60 Па. При возбуждении дугом наносекундных импульсов тока при частоте следования 10–100 Hz длительность импульсов излучения емкостного разряда не превышала 400–500 ns.

PACS: 52.80.Nc

Газоразрядная плазма на основе смесей инертных газов с парами йода широко применяется в источниках мощного спонтанного излучения на спектральных линиях атома йода, а также полосах излучения молекул йодида ксенона и молекулы йода [1–5]. Для создания эффективных УФ-излучателей с высоким ресурсом работы на одной смеси широко применяются емкостный, барьерный и микроволновый разряды, у которых электроды вынесены за пределы разрядной плазмы и не контактируют с агрессивной средой лампы. Наиболее изученным режимом работы излучателей с возбуждением емкостным разрядом является возбуждение переменным током частотой 10–200 kHz [6–8]. Исследование же оптических характеристик импульсного емкостного разряда на смесях инертных газов с парами йода при возбуждении разряда наносекундными или субмикросекундными импульсами малоисчисленны и разрознены. Отсутствуют также исследования излучения

в наиболее коротковолновом интервале работы подобных источников излучения (175–200 nm), излучение которых еще пропускают воздух и кварцевая оболочка разрядной трубки.

В настоящей работе приводятся результаты исследования характеристик емкостного разряда в двойных смесях He, Ne, Ar, Kr с молекулами йода в спектральном диапазоне 180–300 nm.

Исследование оптических характеристик емкостного разряда в смесях He, Ne, Ar, Kr с парами йода проводилось в газоразрядной трубке из кварца марки „УФ“. Емкостной разряд зажигался в трубке длиной 40 см с внутренним диаметром — 1 см. Межэлектродное расстояние составляло 6 см. Electroды были изготовлены в форме колец из листового никеля шириной 2 см и устанавливались на внешней поверхности разрядной трубки. Импульсный источник питания позволял получать на разрядном промежутке пуг затухающих импульсов амплитудой до 25–30 kV. Общая длительность цуга достигала 400 ns, а длительность отдельного импульса напряжения составляла 30–40 ns. Частота следования импульсов напряжения регулировалась в диапазоне 10–100 Hz. Излучение емкостного разряда исследовалось в спектральном диапазоне 180–300 nm с использованием вакуумного монохроматора и фотоумножителя ФЭУ-142. Импульсы разрядного тока и напряжения на электродах регистрировались при помощи малоиндуктивного шунта, емкостного делителя и скоростного осциллографа 6 ЛОР-04. Регистрация импульсного излучения разряда проводилась с использованием коаксиального фотоэлемента ФЭК-22 СПУ и электронного линейного умножителя ЭЛУ-14 ФС.

На рис. 1 представлен спектр излучения емкостного разряда, который не приведен к относительной спектральной чувствительности системы регистрации — $k(\lambda)$. Основная часть ультрафиолетового излучения сконцентрирована в спектральных линиях атома йода: 183.0, 184.0, 187.6 и 206.2 nm. С учетом относительной спектральной чувствительности ФЭУ и вакуумного монохроматора суммарная интенсивность излучения спектральных линий атома йода в диапазоне 180–200 nm примерно равна интенсивности спектральной линии 206.2 nm. Все спектральные линии излучения йода попадают в главный максимум поглощения молекул ДНК, что создает предпосылки для разработки эффективной бактерицидной лампы [9,10].

Зависимость интенсивности излучения спектральных линий 183.0 и 206.2 nm от парциального давления гелия и неона представлена на

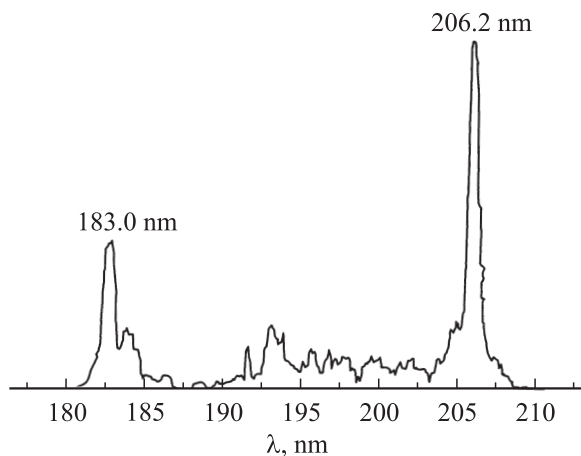


Рис. 1. Спектр излучения плазмы емкостного разряда на смеси $P(\text{He})-P(\text{I}_2) = 1330-(50-60)$ Па при частоте повторения импульсов возбуждения $f = 50$ Hz.

рис. 2 и 3. Максимальная интенсивность излучения на переходах атома йода в спектральном диапазоне 180–210 нм получена для смеси He–I₂. Оптимальное парциальное давление гелия находилось в диапазоне 0.8–2.0 кПа. При увеличении частоты повторения импульсов от 25 до 100 Hz интенсивность излучения спектральных линий йода в оптимизированной смеси He–I₂ увеличивалась на 50%. При переходе к емкостному разряду на смеси He–I₂ интенсивность излучения резонансной линии атома йода уменьшалась примерно в 1.2–1.5 раза. Наименее эффективными буферными газами были аргон и криптон. Характер поведения интенсивности спектральной линии 206.2 нм в зависимости от рода и давления инертных газов был подобным соответствующим результатам для спектральной линии 183.0 нм. Длительность УФ-излучения емкостного разряда составляла 400 ns.

Таким образом, показано, что импульсный емкостной разряд на смесях легких инертных газов с парами йода излучает импульсы субмикросекундного УФ-излучения на спектральных линиях 183.0, 184.0, 187.6, 206.2 нм атома йода. При этом интенсивность спектральной линии 206.2 нм примерно равна суммарной интенсивности остальных спектральных линий йода в диапазоне 180–200 нм. Наиболее оптималь-

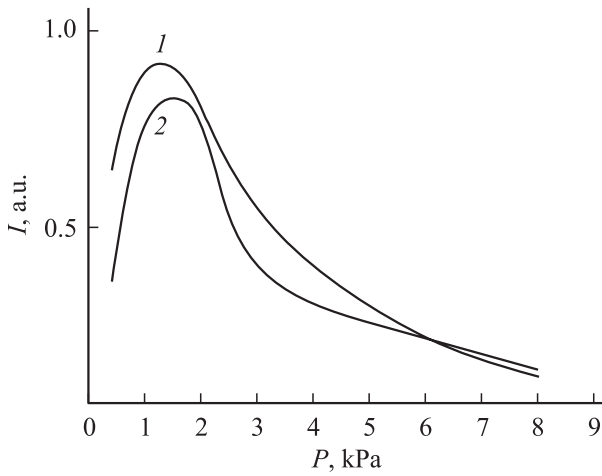


Рис. 2. Зависимость интенсивности спектральных линий 183.0 (1) и 206.2 nm (2) в емкостном разряде на смеси He–I₂ от парциального давления гелия при $f = 50$ Hz.

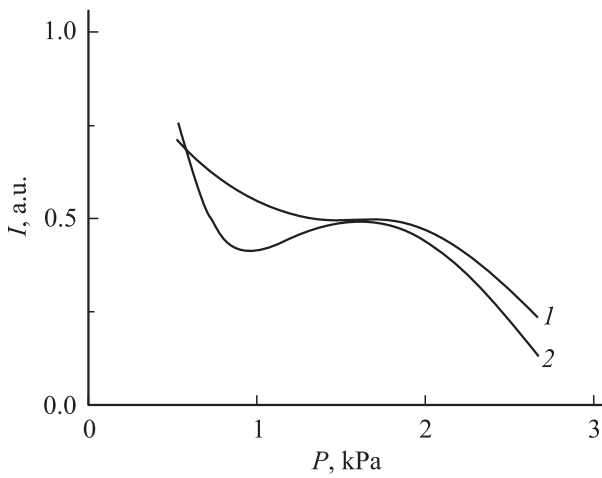


Рис. 3. Зависимость интенсивности спектральных линий 183.0 (1) и 206.2 nm (2) в емкостном разряде на Ne–I₂ от парциального давления неона при $f = 50$ Hz.

ным буферным газом был гелий при давлении 0.8–2.0 кПа. Оптимальное давление паров йода не должно превышать 50–60 Па, поскольку в результате процесса самопоглощения это может приводить к уменьшению интенсивности резонансной спектральной линии атома йода практически до нуля. На основании исследованного емкостного разряда может быть разработана лампа для применений в микроэлектронике, фотохимии и фотомедицине.

Список литературы

- [1] *Harteck P., Reeves R.R., Thompson B.A.* // *Zeitschrift fur Naturforschung*. 1964. V. 19. N 2. P. 1–6.
- [2] *Gross U., Ubelis A., Spietz P., Burrows J.* // *J. Phys. D: Appl. Phys.* 2000. V. 33. P. 1588–1591.
- [3] *Lomaev M.I., Tarasenko V.F.* // *SPIE*. 2002. V. 4747. P. 390–398.
- [4] *Шуаибов А.К., Шимон Л.Л., Грабовая И.А.* // *Письма в ЖТФ*. 2003. Т. 29. В. 20. С. 77–80.
- [5] *Шуаибов А.К., Грабовая И.А.* // *Опт. и спектр*. 2005. Т. 98. № 4. С. 567–571.
- [6] *Ломаев М.И., Скакун В.С., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф.* и др. // *УФН*. 2003. Т. 173. № 2. С. 201–217.
- [7] *Sosnin E.A., Oppenlander T., Tarasenko V.F.* // *Journ. of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*. 2006. V. 7. P. 145–163.
- [8] *Oppenlander T., Sosnin E.A.* // *IUVA NEWS*. 2005. N 4. P. 16–20.
- [9] *Von C. Sonntag* // *Process Technologies for Water Treatment* / S. Stucki, Ed. New York: Plenum Press, 1987.
- [10] *Шуаибов О.К., Шевера І.В., Шимон Л.Л., Соснин Е.А.* // *Сучасні джерела ультрафіолетового випромінювання: розробка і застосування*. Ужгород–Томськ: Видавництво УжНУ „Говерла“, 2006. 223 с.