

ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНА ЛАМПА НА ПАРІ ВОДИ

**А.А. Генерал, Р.Б. Рійвес, В.А. Кельман, Ю.В. Жменяк,
Ю.О. Шпеник, С.П. Улусова**

Інститут електронної фізики НАН України, 88017 Ужгород, вул. Університетська, 21
e-mail: vkell@mail.uzhgorod.ua

Приведено результати досліджень спектральних і часових характеристик електророзрядного джерела ультрафіолетового випромінювання на парах води. Вперше для збудження робочої суміші використовувався поздовжній імпульсно-періодичний розряд.

Вступ

Наразі швидко розвиваються різноманітні оптичні технології, пов'язані із використанням джерел спонтанного і вимушеного ультрафіолетового (УФ) випромінювання. На практиці використовуються, як правило, ртутні лампи, утилізація яких є екологічною проблемою. Це стало стимулом для створення нових джерел спонтанного випромінювання, які є екологічно безпечнішими, ніж ртутні лампи. На даному етапі створено чимало зразків різних ламп, які випромінюють в УФ діапазоні спектру. Проте, задача пошуку оптимального хімічного складу екологічно чистих робочих сумішей та способів їх накачування для одержання максимальних ККД й потужності випромінювання продовжує залишатися актуальною.

Газорозрядні джерела УФ- і ВУФ-випромінювання на основі пари води та сумішей пари води з інертними газами або ж галогенами вивчались значно менше, ніж ексимерні лампи. В роботах [1-7] джерела випромінювання низького тиску на основі гідроксилу ОН і домішок інертних газів чи хлору збуджувались височастотним, тліючим й поперечним об'ємним розрядами.

У даній роботі вперше для збудження пари води при низькому тиску використовувався поздовжній імпульсно-періодичний розряд.

1. Умови експерименту

Експерименти проводилися з лампою, виготовленою із плавленого кварцу, з внутрішнім діаметром газорозрядної трубки (ГРТ) 12 мм, довжиною проміжку між електродами 400 мм і товщиною стінки трубки 2,5 мм. В протилежних торцях ГРТ були розміщені коаксіальні електроди, виготовлені з міді, які охолоджувались водою. Випромінювання із лампи виводилось через кварцові вікна. До ГРТ було приєднано спеціальний відросток, в якому знаходилась дистильована вода. Цей відросток попередньо відкачувався, чим досягалось знегаження води. Пару води, насичену при кімнатній температурі, одержували при випаровуванні дистильованої води із відростку.

Робоче середовище в лампах на парі води чи сумішей пари води з інертними газами, хлором може збуджуватися різними способами. Для збудження пари води поздовжнім імпульсно-періодичним розрядом використовувався генератор із резонансною перезарядкою накопичувальної ємності 1650 пФ і тиратроном ТГИ1-2000/35 в якості комутатора.

Для реєстрації часових та спектральних характеристик лампи на парах води використовувались монохроматор МДР-2, фотоприймач ФЭУ-106 та осцилограф С1-99. Спектральне розділення складало 0,2 нм. Частота повторення імпульсів становила 4,3 кГц, а напруга на випрямлячі – 3,2 кВ.

Осцилографічна реєстрація імпульсів струму здійснювалась із застосуванням омичного коаксіального шунта опором 0,04 Ом.

Одним із основних факторів, які визначають характер розряду, є тиск парів води. В даному експерименті здійснювалась неперервна відкачка випромінювача із відростком. При цьому тиск парів води в ГРТ складав 150 Па.

2. Спектральні і часові характеристики плазми розряду

Однією із особливостей лампи на парі води є наявність в її емісійному спектрі лише окремих вузьких смуг молекули ОН в УФ- або ВУФ- області спектру. На рис. 1 приведено спектр випромінювання пари води в спектральному діапазоні 300-330 нм.

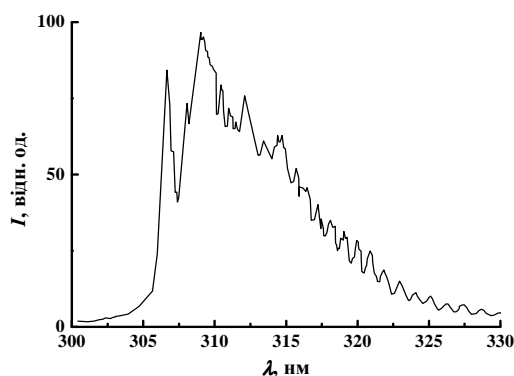


Рис. 1. Спектр випромінювання пари води в діапазоні 300-330 нм.

У цьому діапазоні зареєстрована тільки одна смуга. Вона випромінює в УФ-області спектру і належить електронному переходу $X^2\Pi - A^2\Sigma^+$ молекули ОН (перехід 0-0). Як видно із рис. 1, найбільш інтенсивним було довгохвильове крило цієї смуги з максимумами при 306, 308, 312 і 314 нм. В даній коливній смугі найбільш інтенсивною є Q_2 - гілка (максимум при 308,2 нм), а також R_1 - та R_2 - гілки з максимумами при 306,4 і 306,7 нм відповідно. Другі смуги гідроксилу ОН із максимумами при 307,8 нм (Q_1 - гілка), 312,2 нм (перехід 1-1) і 318,5 нм (перехід 2-2) збуджувались менш ефективно. Найменш інтенсивними в УФ- області спектру були

короткохвильові смуги молекули ОН з максимумами при 282, 288 та 296 нм коливних смуг (1-0), (2-1) та (3-2). Для ідентифікації спектру даної лампи нами використовувалась робота [8].

У видимій області спектру випромінювання лампи були зареєстровані спектральні лінії з максимумами при 589,0 і 589,6 нм, які належать резонансному дублету $3s^2S_{1/2} - 3p^2P_{3/2,1/2}$ атома натрію.

На рис. 2 приведено часові форми імпульсів струму $I(t)$ та спонтанної емісії $J(t)$ для найбільш інтенсивного максимуму при 308,2 нм (криві 1, 2 відповідають робочій напрузі на випрямлячі 3,2 кВ, а 3, 4 – робочій напрузі 2,0 кВ). Привертає до себе увагу повне співпадіння тривалості імпульсів струму і випромінювання.

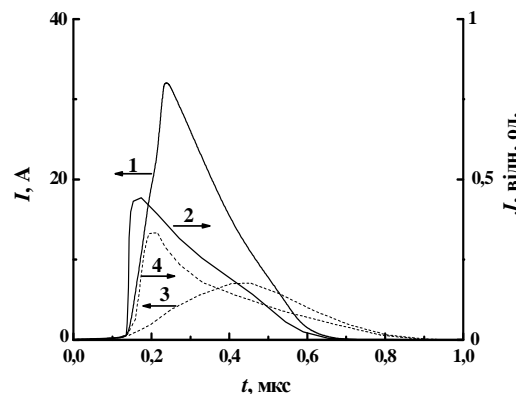


Рис. 2. Часові форми імпульсів струму $I(t)$ і спонтанної емісії $J(t)$ для найбільш інтенсивного максимуму при 308,2 нм.

Це свідчить на користь того, що досліджувана емісія збуджується в розряді під впливом електронних зіткнень. Цей висновок співпадає із результатами розрахунку кінетики пучкової плазми пари води під дією жорсткого іонізатора [9], де показано, що на протязі перших 0,1 мс після початку дії іонізатора в складі плазми переважають лише такі продукти дисоціації, як радикал ОН і Н.

Висновки

У даній роботі приведено результати експериментальних досліджень спектральних та часових характеристик джерела УФ- випромінювання на парі води. Впер-

ше для збудження робочої суміші використовувався поздовжній імпульсно-періодичний розряд.

Ультрафіолетовий спектр лампи утворюється в результаті випромінювання молекул гідроксилу ОН. Основною в спектрі випромінювання є смуга, яка належить електронному переходу $X^2\Pi - A^2\Sigma^+$

молекули ОН із головним максимумом при 308,2 нм.

Результати дослідів свідчать про перспективність такого випромінювача. Зокрема, дану лампу можна використовувати в медицині, мікроелектроніці, для знезараження води, очистки повітря та промислових відходів.

Література

1. А.К. Шуайбов, Л.Л. Шимон, А.И. Дашченко, И.В. Шевера. Патент Украины № 47628. Б.И., 7 (2002).
2. А.В. Горохов, А.И. Максимов, В.Д. Сизов, Л.С. Степанова. Журнал технической физики XLII, 10 (1972).
3. А.К. Шуайбов, А.И. Дашченко, И.В. Шевера. Квантовая электроника 31, 6 (2001).
4. А.Я. Вуль, С.В. Кидалов, В.М. Миленин, Н.А. Тимофеев, М.А. Ходорковский. Письма в ЖТФ 25, 1 (1999).
5. А.К. Shuaibov, А.И. Dashchenko, I.V. Shevera. International Conference on Atomic and Molecular Pulsed Lasers IV. Proceedings of SPIE 4747, 409 (2002).
6. В.М. Миленин, Н.А. Тимофеев, А.Я. Вуль, С.В. Кидалов, М.А. Ходорковский. Письма в ЖТФ 26, 18 (2000).
7. А.К. Шуайбов, А.И. Дашченко, А.И. Миня. Физика плазмы 28, 8 (2002).
8. R.W.B. Pears, A.G. Gaydon. The Identification of Molecular Spectra (London: Chapman Hall, ltd., 1963), 347 С.
9. В.Л. Бычков, В.А. Юровский. Теплофизика высоких температур 31, 1 (1993).

WATER-VAPOR DISCHARGE LAMP

**A.A. General, R.B. Riyves, V.A. Kelman, Yu.V. Zhmenyak,
Yu.O. Shpenik, S.P. Ulusova**

Institute of Electron Physics, Ukrainian Academy of Sciences

21 Universytetska str., Uzhhorod 88017, Ukraine

e-mail: vkkel@mail.uzhgorod.ua

The experimental results concerning emission and time-dependent parameters of the water-vapor discharge source of UV radiation of are presented. The longitudinal excitation of the working mixture by pulsed-periodical discharge was used for the first time.