

# ГАЗОРОЗРЯДНА ЛАМПА НА СУМІШІ ПАРІВ ВОДИ ТА ПЕРЕКИСУ ВОДНЮ

**А.А. Генерал, В.А. Кельман**

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

Приведено результати досліджень спектральних характеристик електророзрядного джерела ультрафіолетового та видимого випромінювання на суміші парів води та перекису водню. Вперше для збудження робочої суміші використовувався ємнісний імпульсно-періодичний розряд.

## Вступ

Сучасні оптичні технології в значній мірі пов'язані з використанням потужних джерел спонтанного УФ - ВУФ випромінювання. Зокрема, такі джерела представляють значний інтерес для використання в мікроелектроніці, фотохімії, екології, сільському господарстві та медицині [1]. На практиці найбільш широко використовуються ртутні лампи [2]. Але при виробництві й утилізації таких джерел випромінювання можливе значне забруднення навколишнього середовища. Для заміни цих ламп на більш екологічно безпечні актуальним є дослідження та розробка альтернативних джерел УФ та ВУФ випромінювання, які за потужністю випромінювання та ККД можуть конкурувати з ртутними лампами. Протягом останнього десятиліття такими джерелами спонтанного випромінювання найкраще зарекомендували себе електророзрядні лампи на сумішах інертних газів з галоїдними сполуками [3-5]. Потужні, ефективні та одночасно найпростіші ексимерно-галогенні лампи УФ і ВУФ випромінювання, які працюють в неперервному режимі, найдетальніше досліджені лише при роботі на сумішах Ar, Kr і Xe з молекулами Cl<sub>2</sub> і HCl [6-7]. Проте використання робочих газових сумішей на основі агресивних молекул хлору чи хлориду водню не дозволяло отримувати високі ресурсні характеристики ультрафіолетової лампи. Типовий ресурс роботи

цих ламп на одній робочій суміші знаходився в діапазоні 50 - 100 годин.

Для збільшення ресурсу роботи актуальним на даний час є заміна ексимерно-галогенних ламп на лампи з менш агресивними та екологічно безпечнішим робочим середовищем, наприклад, вода [8-14] або водні розчини з вмістом компонент, які випромінюватимуть в УФ області спектру.

Газорозрядні джерела УФ- і ВУФ-випромінювання на основі пари перекису водню та сумішей пари перекису водню з інертними газами або ж галогенами раніше взагалі не досліджувалися.

## 1. Умови експерименту

Експерименти проводилися із кварцовою лампою з внутрішнім діаметром газорозрядної трубки (ГРТ) 12 мм, довжиною проміжку між електродами 200 мм і товщиною стінки трубки 2,5 мм. Пероксид водню (3% розчин) знаходився в приєднаному до ГРТ спеціальному відростку (рис. 1). Цей відросток попередньо відкачувався, чим досягалось знегаження пероксиду водню.

Робоче середовище в таких лампах можна збуджувати різними розрядами. Для збудження парів води й перекису водню безелектродним ємнісним імпульсно-періодичним розрядом використовувався генератор із резонансною перезарядкою накопичувальної ємності 1650 та 220 пФ і

тиратроном ТГІ1-2000/35 в якості комутатора.

Для реєстрації спектральних характеристик лампи на парах перекису водню використовувались монохроматор MS 7504i (1800 шт/мм) фірми «SOLAR ТП» та фотопомножувач PMT R928. Спектральне розділення складало 0,5 нм. Частота повторення імпульсів становила 2 – 10 кГц, а напруга на випрямлячі складала 2 – 7 кВ.

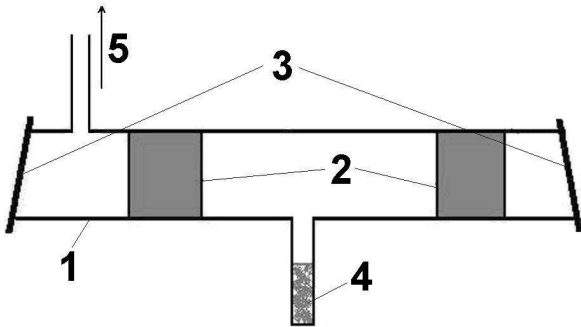


Рис. 1. Конструкція електророзрядної лампи на парах води і перекису водню, де 1 – кварцова трубка, 2 - танталові електроди, 3 – вихідні вікна, 4 – суміш води і перекису водню, 5 - відкачка ГРТ.

Одним із основних факторів, які визначають характер розряду, є тиск парів води та перекису водню. В даному експерименті здійснювалась неперервна відкачка випромінювача із відростком, хоча однією з переваг даного розряду є те, що дане джерело може працювати без відкачки і не потребує охолодження. При цьому, за оцінками, тиск парів суміші перекису водню і води в ГРТ складав приблизно 0,1 Тор.

## 2. Спектральні характеристики плазми розряду

Однією із особливостей лампи на парі води і перекису водню є наявність в її емісійному ультрафіолетовому (УФ) спектрі лише окремих вузьких смуг молекули  $\text{OH}^*$ . На рис. 2 приведено інтегрований в часі спектр випромінювання пари води і перекису водню в спектральному діапазоні 200 - 700 нм. Напруга на випрямлячі складала 2 кВ, частота повторення імпульсів становила 5 кГц, а розрядний струм – 200 мА.

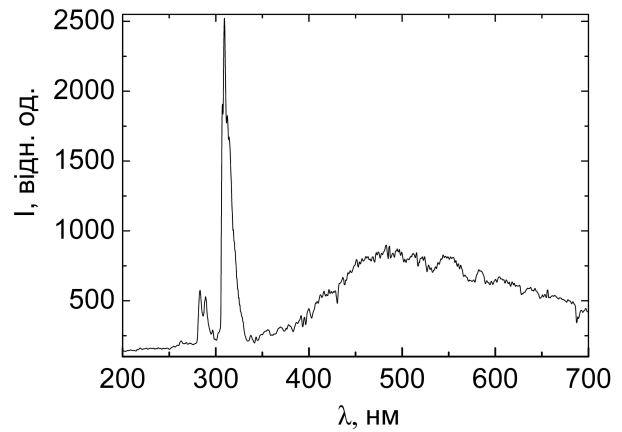


Рис. 2. Спектр випромінювання парів води і перекису водню в діапазоні 250-700 нм.

Смуга в УФ- області спектру належить електронному переходу  $A \rightarrow X$  молекули  $\text{OH}^*$ , максимум інтенсивності якої сконцентрований в області 300 – 315 нм. Широка смуга в спектральному діапазоні 400 – 700 нм належить, ймовірно,  $\tilde{A} \rightarrow \tilde{X}$  переходу молекулярного іона  $\text{H}_2\text{O}^+$  [8].

На рис. 3 приведено залежність відносної інтенсивності випромінювання від частоти повторення імпульсів для переходу  $A \rightarrow X$  молекули  $\text{OH}^*$  для довжини хвилі 309 нм. Із зростанням частоти до 10 кГц зростає і інтенсивність випромінювання молекул гідроксилу  $\text{OH}^*$ , електронний перехід  $A \rightarrow X$ . Залежність знята при накопичувальній ємності 220 пФ та зарядній напрузі на випрямлячі – 6 кВ.

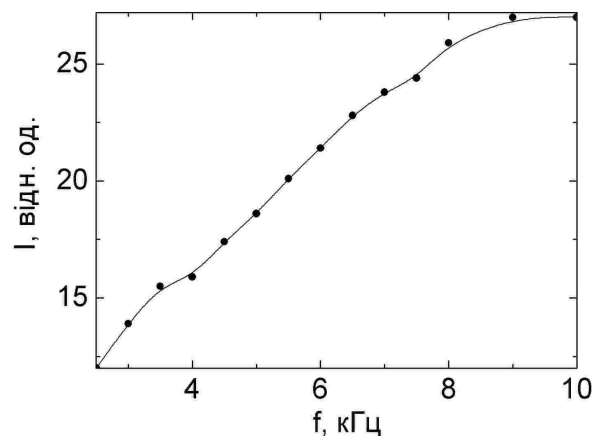


Рис. 3. Залежність відносної інтенсивності від частоти для переходу  $A \rightarrow X$  молекули  $\text{OH}^*$  (309 нм).

Молекули  $\text{OH}$  утворюються і збуджуються в розряді, в основному, під впливом електронних зіткнень.

А іони води  $\text{H}_2\text{O}^+$  в значній мірі є продуктом непружних зіткнень важких частинок. Деякі з реакцій утворення молекул  $\text{OH}$  і  $\text{H}_2\text{O}^+$  приведені нами в таблиці 1.

Таблиця

**Приклади реакцій, які відбуваються в плазмі парів води і перекису водню в ГРТ**

$\text{H}_2\text{O}_2 + e_0 \rightarrow 2\text{OH} + e_0,$
$\text{H}_2\text{O}_2 + e \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}^-,$
$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + e,$
$\text{H}_2\text{O} + e_0 \rightarrow \text{H}_2\text{O}^+ + e_0 + e,$
$\text{H}_2\text{O} + e_0 \rightarrow \text{H} + \text{OH} + e_0,$
$\text{H}_2\text{O} + e_0 \rightarrow \text{H}_2 + \text{O} + e_0,$
$\text{H}_2\text{O} + \text{OH}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}^+ + \text{OH},$
$\text{OH}^+ + \text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O}^+ + \text{O},$
$\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}^+ + \text{H},$
$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}^+ + \text{H}_2,$
$\text{O} + \text{H}_2 \rightarrow \text{OH} + \text{H}.$

На рис. 4 приведено знімок свічення розряду. Видно по всьому об'єму трубки переважання яскраво білого кольору. На відміну від розрядів в парах води, де в видимій області переважає випромінювання спектральних ліній атома водню, тут переважає випромінювання іона молекули води  $\text{H}_2\text{O}^+$ .

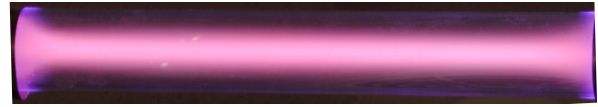


Рис. 4. Фото ємнісного розряду в парах води і перекису водню.

До того ж розряд є контрагованим в самому центрі трубки, що збільшує час життя (нема дотикання до стінок кварцевої трубки) як самої суміші, так і лампи до більше ніж 2000 годин.

**Висновки**

В даній роботі приведено результати експериментальних досліджень джерела УФ - випромінювання на парі перекису водню. Вперше для збудження робочої суміші використовувався ємнісний імпульсно-періодичний розряд.

Ультрафіолетовий спектр лампи утворюється в результаті випромінювання молекул гідроксила  $\text{OH}^*$ . Основною в УФ спектрі випромінювання є смуга, яка належить електронному переходу  $A \rightarrow X$  молекули  $\text{OH}$  в області 300 -315 нм.

Широка смуга в спектральному діапазоні 400 – 700 нм належить  $\tilde{A} \rightarrow \tilde{X}$  переходу іона молекули  $\text{H}_2\text{O}^+$ .

Результати дослідів свідчать про перспективність такого випромінювача. Зокрема, дану лампу можна використовувати в медицині, мікроелектроніці, квантовій електроніці, фотохімії, а також для освітлення приміщень.

**Література**

1. Ломаев М.И., Скакун В.С., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф., Шитц Д.В., Ерофеев М.В. Успехи физических наук 173, 2 (2003).
2. Gross U., Ubelis A., Spietz P., Burrows J. J. Phys. D: Appl. Phys. 33, 13 (2000).
3. Шуайбов О.К., Шимон Л.Л., Дашенко А.Й., Шевера І.В. Журнал фізичних досліджень 5, 2, (2001).
4. Шуайбов А.К., Дашенко А.И., Шевера И.В. Физика плазмы 30, 5 (2004).
5. Головицкий А.П.. Письма в ЖТФ. 18, 8 (1992).
6. Zhang J.-Y., Boyd I.W. J. Appl. Phys. 80, 633 (1996).
7. Oda A., Sugawara H., Sakai Y., Akashi H. J. Phys. D.: Appl. Phys. 33, 1507 (2000).

8. Dressler R.A., Gardner J.A., Lishawa C.R., Salter R.H. and Murad E. J.Chem. Phys. 93, 9189 (1990).
9. Шуайбов А.К., Дащенко А.И., Миня А.И. Физика плазмы 28, 8 (2002).
10. Бычков В.Л., Юровский В.А. Теплофизика высоких температур 31, 1 (1993).
11. Шуайбов А.К., Дащенко А.И., Шевера И.В. Квантовая электроника 31, 6 (2001).
12. Вуль А.Я., Кидалов С.В., Миленин В.М., Тимофеев Н.А., Ходорковский М.А. Письма в ЖТФ 25, 1 (1999).
13. Шуайбов А.К., Шевера И.В., Генерал А.А. Журнал прикладной спектроскопии 73, 6 (2006).
14. Миленин В.М., Тимофеев Н.А., Вуль А.Я., Кидалов С.В., Ходорковский М.А. Письма в ЖТФ 26, 18 (2000).

## **GAS DISCHARGE LAMP USING THE MIXTURE OF WATER AND HYDROGEN PEROXIDE VAPORS**

**A.A. Heneral, V.A. Kelman**

Institute of Electron Physics, Ukrainian National Academy of Sciences  
Universytetska St. 21, Uzhhorod, 88017  
e-mail: vkel@mail.uzhgorod.ua

The experimental results concerning spectral parameters of gas discharge source of UV and visible radiation using the mixture of water and hydrogen peroxide vapors are presented. The excitation of the working mixture by capacious pulsed-periodical discharge was used for the first time.

## **ГАЗОРАЗРЯДНАЯ ЛАМПА НА СМЕСИ ПАРОВ ВОДЫ И ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА**

**А.А. Генерал, В.А. Кельман**

Институт электронной физики НАН Украины  
ул. Университетская, 21, Ужгород, 88017  
e-mail: vkel@mail.uzhgorod.ua

Приводятся результаты исследований спектральных характеристик электроразрядного источника ультрафиолетового и видимого излучения на смеси паров воды и перекиси водорода. Впервые для возбуждения рабочей смеси использовался емкостный импульсно-периодический разряд.