

ГАЗОРОЗРЯДНІ ЕКСИЛАМПИ ІМПУЛЬСНО-ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

А.О. Малініна[†]

Кафедра квантової електроніки

На основі даних літературних джерел зроблено огляд з енергетичних характеристик ексимерних та ексиплексних газорозрядних джерел імпульсно-періодичної дії спонтанного випромінювання. Приведені довжини хвиль основних переходів ексимерних та ексиплексних молекул, а також переваги ексиламп з точки зору їх застосування.

Ексилампи є підкласом газорозрядних ламп, що випромінюють за рахунок розпаду ексимерних молекул (ексимерів, - від англ. excited dimer (excimer) - збуджений димер, якщо мова йде про молекулу, що складається з однакових атомів (наприклад Ar_2)) або ексиплексних молекул (ексиплексів, - від англ. excited complex (exciplex)- збуджений комплекс, якщо мова йде про гетероядерну молекулу (наприклад, XeF^*)) [1-8].

Ексилампи випромінюють у вакуумній ультрафіолетовій (ВУФ), ультрафіолетовій (УФ) та видимій областях спектру [1-21].

Основна відмінність ексиламп від існуючих люмінесцентних, а також теплових джерел спонтанного випромінювання – спектр випромінювання. До 80% і більше загальної потужності випромінювання може бути зусереджено у відносно вузькій (не більше 10 нм на напіввисоті) смузі відповідної молекули. При цьому питомі потужності випромінювання перевищують величини, характерні для ламп

[†] e-mail: mal@univ.uzhgorod.ua

низького тиску на резонансних переходах атомів. Крім того, при збудженні багатокомпонентних газових сумішей одночасно можливо дістати випромінювання в різних спектральних діапазонах (таблиці 1, 2, 3).

Найбільш ефективними оптичними середовищами є: ксенон (ефективність випромінювання η молекул Xe_2^* до 60 %, довжина хвилі $\lambda = 172$ нм); суміші криптону та ксенону з хлором Kr-Cl_2 , Xe-Cl_2 (молекули KrCl^* , $\lambda = 222$ нм; XeCl^* , $\lambda = 308$ нм, $\eta \sim 25\%$), суміші ксенону з парою бромю та йоду Xe-Br_2 , Xe-I_2 (молекули XeBr^* , $\lambda = 282$ нм; XeI^* , $\lambda = 253$ нм; ефективності $\eta \sim 15\%$, $\eta \sim 20\%$ відповідно), суміші гелію з парою дйодиду та диброміду ртуті (молекули HgI^* , HgBr^* , $\lambda = 444$ нм та 502 нм, ефективність при одночасному випромінюванні $\eta \sim 30\%$), суміші гелію з парою дйодиду кадмію молекули CdI^* , $\lambda \sim 650$ нм, ефективність $\eta \sim 25\%$ [1-3,5,11, 15].

На теперешній час досягнуті густини середньої потужності з випромінюючої поверхні (або з об'єму) ексиламп: 200 мВт/см² для KrCl^* , 65 мВт/см³ для $\text{HgI}^*/\text{HgBr}^*$, 480 мВт/см² для CdI^* [1, 11, 15].

Принцип дії електророзрядних ексиламп заснований на збудженні робочого середовища, що міститься в кварцовій колбі лампи, при проходженні електричного струму. Далі в розрядній плазмі утворюються ексимерні чи експлексні молекули, які випромінюють в УФ, ВУФ та видимій області спектру. Висока ефективність визначається тим, що енергія електричного поля за допомогою збудження і іонізації частинок перетворюється в оптичне випромінювання без істотних втрат, а поглинання компонентами робочого середовища і збудженими молекулами і іонами в джерелах спонтанного випромінювання робить дуже малий вплив у порівнянні з поглинанням в активних середовищах лазерів [1, 4, 13].

Таблиця 1.

Довжини хвиль основних переходів експлексних молекул

Атом інертного газу (R)	Атом-галогену (Y)	Довжина хвилі на різних переходах			
		Молекули RY*, нм			
		D _{1/2} →X _{1/2}	B _{1/2} →X _{1/2}	C _{3/2} →A _{3/2}	B _{1/2} →A _{1/2}
Ne	F	106	108	110	111
Ar	F	185	193	203	204
Ar	Cl		175		195
Ar	Br		165	172	183
Kr	F	220	248	275	272
Kr	Cl	200	222	240	235
Kr	Br		207	222	228
Kr	I		190	195	225
Xe	F	264	351	460	410
Xe	Cl	236	308	345	340
Xe	Br	221	282	300	325
Xe	I	203	253	265	320

Таблиця 2.

Довжини хвиль переходів ексимерних молекул і гомоядерних молекул галогенів

R ₂ [*] Y ₂ [*]	Довжина хвилі, нм
Ar ₂ [*]	126
Kr ₂ [*]	146
Xe ₂ [*]	172
F ₂ [*]	158
Cl ₂ [*]	259
Br ₂ [*]	289
I ₂ [*]	342

Таблиця 3.

Довжини хвиль основних переходів експлексних молекул, що випромінюють у видимому спектральному діапазоні

Атом металу А	Атом галогену Х	Довжини хвиль на В-Х переходах молекули AX* в нм для максимальної інтенсивності	Суміш парів дигалогенідів металу та газів
Hg	Cl	557	HgCl ₂ : He (Ne)
Hg	Br	502	HgBr ₂ : He (Ne):N ₂
Hg	I	444	HgI ₂ : He (Ne)
Cd	Br	797	CdBr ₂ : He (Ne):Xe
Cd	I	650	CdI ₂ : He (Ne)
Zn	I	602	ZnI ₂ : He (Ne)

Ексилампи виготовляються з кварцових труб з товщиною стінки 1,5 - 2,5 мм. На рисунку 1 приведені найбільш розповсюджені конструкції випромінювачів ексиламп емнісного, тліючого і бар'єрного розрядів, а на рисунку 2 та 3 приведено фотографії свічення розряду через діелектрик і KгCl-ексилампи з середньою потужністю випромінювання 50 Вт.

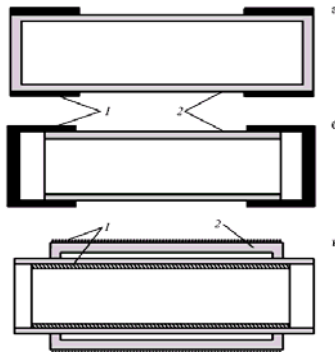


Рис 1. Конструкції ексиламп емнісного (а), тліючого (б) і бар'єрного (в) розрядів: 1 - електроди, 2 - стінки колб ламп [1,3].



Рис. 2. Фотографія свічення розряду через діелектрик [2].

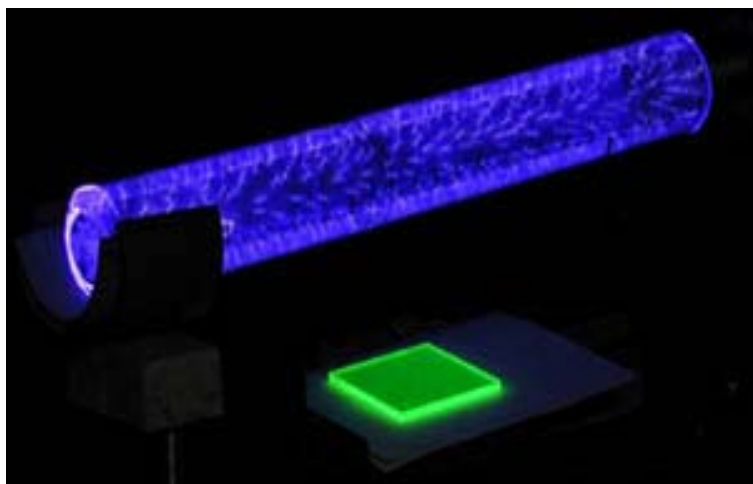


Рис.3. KrCl-ексилампа з середньою потужністю випромінювання 50 Вт [3].

Переваги ексиламп з точки зору їх застосування є велика енергія фотона (2-10 eV), вузька смуга випромінювання, відносно висока питома потужність випромінювання, можливість масштабування і вибору довільної геометрії поверхні, яка випромінює. Окремо слід відмітити відсутність ртуті в ексилампах. Це забезпечує їм перевагу в порівнянні з широко розповсюдженими, але екологічно небезпечними ртуть вмісними лампами. Ексилампи застосовують в фотохімії, мікроелектроніці, для очистки і модифікації властивостей поверхні, для полімеризації лаків і фарб, в технологіях по знешкодженню промислових відходів, очистки води і повітря, в біології, в медицині та інших застосуваннях [1,2, 20-21].

ЛІТЕРАТУРА

1. М.И. Ломаев, В.С. Скакун, Э.А. Соснин, В.Ф. Тарасенко, Д.В. Шитц, М.В. Ерофеев. Успехи физических наук. 173, №2, 201-217, (2003).
2. Kogelschatz U. Fundamentals and Applications of Dielectric-barrier Discharges//ABB Corporate Research Ltd, 5405 Dfden, Switzerland. 1-7, (2000).
3. Визирь В.А., Скакун В.С., Смородов Г.В., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф., Фомин Е.А., Червяков В.В. Квантовая электроника. 22, №5, 519-522, (1995).
4. Malinin A.N. Laser Physics. 7, 5, 1032-1040, (1997).
5. Борисов В.М., Водчиц В.А., Ельцов А.В., Христофоров О.Б. Квантовая электроника. 25, 4, 308-314, (1998).
6. Kumagai H., Obara M. Appl. Phys.Lett. 54, 26, 2619-2621, (1989).
7. Kumagai H., Toyoda K. Appl.Phys.Lett. 59, 22, 2811-2813, (1991).
8. Kumagai H.,Obara M. Appl Phys.Lett. 55, 15, 1583-1584, (1989).

9. Малинин А.Н., Гуйван Н.Н., Шимон Л.Л. Оптика и спектроскопия. 89, 6, 905-911, (2000).
10. М.М. Гуйван, О.М. Малінін, Л.Л. Шимон. Журнал фізичних досліджень. 6, 1, 74-77, (2002).
11. Малинин А.Н., Поляк А.В. Оптика и спектроскопия. 95, 6, 989-996, (2003).
12. Малинин А.Н., Поляк А.В. Оптика и спектроскопия. 95, 6, 757-765, (2003).
13. Малинин А.Н., Шуаибов А.К., Шевера В.С. Диссоциативное возбуждение $B2\Sigma1/2+$ - состояния моногалогенидов ртути электронным ударом // Квантовая электроника. 10, 7, 1495-1496, (1983).
14. Малинин А.Н., Шуаибов А.К., Шимон Л.Л., Грабовая И.А., Поляк А.В. Прикладная физика. 27-29, (2006).
15. А.Н. Малинин. Приборы и техника эксперимента. 49, 96-100, (2006).
16. Н.Н. Гуйван, А. Н. Малинин. 44, 3, 1-8, (2006).
17. Н.Н. Гуйван, А. Н. Малинин. Оптический журнал. 73, 8, 32-37, (2006).
18. Н.Н. Гуйван, А. Н. Малинин. Оптика и спектроскопия. 100, 6, 399-407, (2006).
19. Н.Н. Гуйван, А.Н. Малинин. Оптика и спектроскопия. 102, 3, 424-430, (2007).
20. Шуаибов О.К., Шевера І.В., Шимон Л.Л., Соснін Е.А. Сучасні джерела ультрафіолетового випромінювання: розробка та застосування. Ужгород-Томськ, Ужгородський національний університет, Томський державний університет, (2006), 224 с.
21. Малінін О.М., Шуаїбов О.К. Шимон Л.Л., Поляк А.В., Грабова І.А. Електророзрядні ексимерно-галогенні лампи. III Національна виставка високих технологій та конкурентноспроможної продукції "Укртехнологія 2004". –Ужгород, (2004), 6 с.