ЖУРНАЛ ФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
т. 3, № 2 (1999) с. 157–163

JOURNAL OF PHYSICAL STUDIES
v. 3, No. 2 (1999) p. 157–163

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК БАГАТОХВИЛЬОВОЇ ЕКСИМЕРНОЇ ЛАМПИ

О. К. Шуаібов, Л. Л. Шимон, І. В. Шевера, О. Й. Миня
Ужгородський державний університет
вул. Підгірна, 46, Ужгород, 294000, Україна
(Отримано 15 січня 1998 р.; в остаточному вигляді — 25 травня 1998 р.)

Подано результати розробки та систематичних досліджень спектральних, часових і ресурсних характеристик електророзрядної ексимерної лампи, яка випромінює на $\lambda\lambda$ 353 нм XeF/308 нм XeCl, 258 нм Cl_2^*/249 нм KrF/222 нм KrCl або на всіх молекулах одночасно. Активне середовище лампи створювали за допомогою потужного поперечного розряду з іскровою передйонізацією. Багатохвильового режиму роботи ексимерного випромінювача на галогенідах криптону й ксенону досягали шляхом застосування складних робочих середовищ: He/Kr/Xe/SF_6/HCl і He(Ar)/Xe/Kr/CF_2Cl_2 при загальному тискові в межах 10–100 кПа. Такі лампи можна використовувати в імпульсній фотометрії, хемії високих енергій, біології та медицині.

Установлено, що багатохвильовий режим випромінювання ексимерної лампи на сумішах He/Kr/Xe/SF_6/HCl, при якому яскравості випромінювання всіх смуг близькі за величиною, досягається при вмісті молекул [SF_6] = (0.04–0.12) кПа, [HCl] = (0.1–0.2) кПа і відношенні концентрацій [Kr]/[Xe] = 10. Зміною тиску суміші газів та вмісту молекул SF_6, HCl можна регулювати тривалість випромінювання ексимерних молекул у межах 100–400 нс. При застосуванні молекул CF_2Cl_2 як єдиного носія атомів Cl і F також реалізовано багатохвильовий режим роботи ексимерної лампи із співвідношенням яскравостей випромінювання хлоридів Kr і Xe до відповідних фторидів, як 9/1. Ресурс роботи ексимерної лампи перевважав $(2–3)\cdot 10^4$ імпульсів.

Ключові слова: ексимерна лампа, поперечний розряд, галогеніди інертних газів, спектри та ресурс випромінювання.

PACS number(s): 52.80.Jm; 52.20.Jm

I. ВСТУП

Потужні джерела спонтанного УФ випромінювання короткої тривалости ($\leq 10^{-6}$ с) на B–X переходах галогенідів інертних газів (RX) (де: R — Ar, Kr, Xe; X — F, Cl) знаходять широке застосування в мікроелектроніці, квантовій електроніці [1], біології та медицині. Конструкція та умови використання електророзрядних ексимерних ламп (ЕЛ) значно простіші, ніж для відповідних лазерних випромінювачів. Тому в застосуваннях, де не використовуються високі просторові або спектральні характеристики RX–лазерів, ексимерні лампи можуть успішно конкурувати з ними. Найпотужніші й відносно прості ЕЛ розроблені на основі поперечного об'ємного розряду (ПОР) [2–4]. Вони випромінюють, як правило, на одній з електронноколивних смуг, а зміни довжини хвилі випромінювання досягають заміною робочого середовища й відповідно переходом до іншої смуги $RX(B–X)$. Багатохвильового режиму роботи ЕЛ, коли одночасно випромінюють декілька різних ексимерних молекул у плазмі ПОР, не досліджували. Досягнення такого режиму можливе при введенні в робоче середовище ЕЛ різних атомів R або різних молекул–галогеноносіїв. Унаслідок швидких реакцій заміщення атомів Kr і Xe [5], реалізація дво– або чотирихвильового режиму роботи ЕЛ на KrX і XeX можлива лише при певному співвідношенні концентрацій Kr і Xe. Такий режим докладно вивчали в двохвильовому 222 нм KrCl/308 нм XeCl лазері [6, 7]. Одночасне використання найефективнішого фторносія [F_2] і хлорносія [HCl] небажане внаслідок швидкої конверсії молекул фтору в HF, що призводить до низького ресурсу роботи ЕЛ [8]. Застосування молекул SF_6 замість F_2 в ПОР викликало значне збільшення ресурсу роботи лазерних RF(B–X) випромінювачів [9]. Тому для реалізації багатохвильового режиму роботи ЕЛ на молекулах RF і RCl були вибрані галогеноносії SF_6 і HCl. Другий підхід пов'язаний з використанням у робочих середовищах ЕЛ молекул CF_2Cl_2, які виступають у ролі єдиного носія як фтору, так і хлору.

У нашій статті подано результати розробки та оптимізації вихідних характеристик багатохвильового електророзрядного випромінювача на 353 нм XeF, 308 нм XeCl, 258 нм Cl_2^*, 249 нм KrF і 222 нм KrCl.

II. КОНСТРУКЦІЯ ЕКСИМЕРНОЇ ЛАМПИ ТА УМОВИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

ЕЛ складається з випромінювача та імпульсного джерела живлення. Випромінювач лампи включає розрядну камеру, систему електродів і ґенератор імпульсної напруги (ҐІН). Блок–схема випромінювача ЕЛ подана на рис. 1. До конструкції випромінювача було поставлено ряд вимог, пов'язаних з одержанням просторовооднорідного поперечного розряду атмосферного тиску при струмах в імпульсі 5–30 кА, напрузі 10–20 кВ та мінімальній паразитній індуктивности розрядного кола лампи. За основу конструкції ЕЛ було взято малоґабаритні ексимерні лазери, розроблені в нашій лабораторії [10–14]. Для одержання ПОР застосовували іскрову передйонізацію, яка забезпечувала величину концентрації фотоелектронів у міжелектродному просторі $n_{eo} \geq 10^7 - 10^8$ $см^{-3}$.

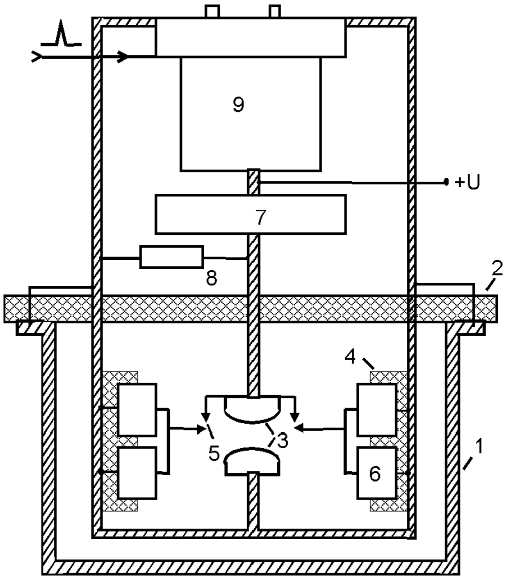

Рис. 1. Блок–схема ексимерного випромінювача: 1 — розрядна камера, 2 — діелектричний фланець, 3 — електроди поперечного розряду, 4 — ізолюючий компаунд, 5 — електроди іскрової передйонізації, 6 — "загострювальні" конденсатори (КВИ–3, 470 пФ, 20 кВ), 7 — накопичувальна ємність (три конденсатори К15–10, 10 нФ, 40 кВ), 8 — R зарядний опір, 9 — водневий тиратрон ТГИ1 1000/25.

Основними геометричними факторами, що визначали конструкцію системи УФ–передйонізації, були: віддаль від іскрових лінійок передйонізації до центра системи електродів (l), взаємне розташування іскрових лінійок, віддаль між голками в лінійці (d), величина іскрового проміжку (r) та віддаль, на яку виступає голка іскрового проміжку над робочою поверхнею електрода ПОР (h). Використовуючи результати оптимізації іскрової УФ–передйонізації ПОР [15] і результати вимірювання просторових розподілів n_{eo} в [9], для експериментальної ЕЛ одержали такі значення геометричних величин системи УФ–передйонізації: $l \leq 2.0$ см; дві паралельні іскрові лінійки з густиною 1 розрядник на 1.8 см довжини активного середовища; r=0.2 см; h=0.2 см. Повна кількість іскрових розрядників нараховувала 20 шт. Електроди поперечного розряду виготовлено з нержавіючої сталі. Довжина електродів — 18 см, радіус кривини робочої поверхні — 1.7 см. Міжелектродну віддаль можна регулювати у межах 1–2.5 см. ҐІН виготовлено за LC–схемою з перезарядом ємностей [10]. Основна накопичувальна ємність складалася з трьох конденсаторів К15–10 (0.01 мкФ, 40 кВ), з'єднаних паралельно. Загострююча ємність виготовлена у формі двох блоків, які складались з конденсаторів КВИ–3 (470 пФ, 20 кВ). Сумарна величина загострювальної ємности — 9.4 нФ. Комутатором ҐІНа є тиратрон ТГИ1 1000/25. Зарядження накопичувальної ємности проводили від високовольтного джерела постійної напруги (U=1–30 кВ, $I_{ср} \leq$ 50 мА). Вивід УФ випромінювання можливий через два віконця із CaF_2 (діяметр — 50 мм, товщина — 7 мм) у повздовжньому напрямку і через бокове вікно з кварцу типу КУ апертурою 20 × 3 $см^2$ в перпендикулярному напрямку. Кріплення вікон та герметизацію проводили з використанням механічних затискачів типу грибків та вакуумної ґуми Вивід випромінювання через апертуру 20 × 3 $см^2$ дозволяє опромінювати досить значні площі, але потужність УФ випромінювання в цьому випадку не перевищує 0.05 кВт/$см^2$.

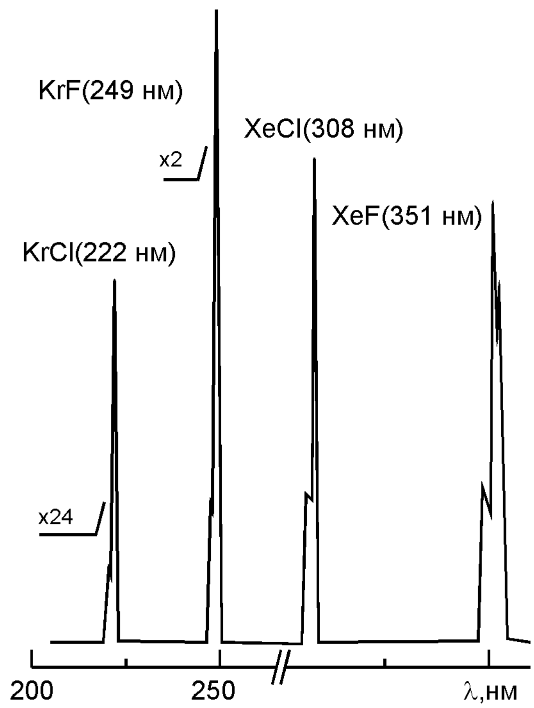

Рис. 2. Спектр випромінювання ЕЛ на суміші: He/Kr/Xe/SF_6/HCl=92/8/0.8/0.12/0.08 кПа.

Імпульси струму та напруги на електродах ЕЛ вимірювали з допомогою пояса Роговського і ємнісного дільника напруги. Спектри випромінювання вивчали з використанням монохроматора МДР–2, ФЭУ "Фотон", електричної системи реєстрації рідкоповторюваних імпульсів випромінювання та самописця КСП–4. Часові характеристики випромінювання плазми досліджували електронним лінійним помножувачем ЭЛУ 14–ФС. Усі імпульсні виміри проводили одночасно на різних каналах осцилографа 6ЛОР–04. Оцінки потужности сумарного УФ–випромінювання ЕЛ робили приладом "Кварц–01". При $U_{\text{зар}} \geq 15$ кВ загальна потужність УФ–випромінювання ЕЛ для оптимізованих газових сумішей була в межах 1–10 кВт (у куті 4π стеррадіян).

В експериментах використовували гази: He — "високої чистоти", Kr, Xe — "спектральної чистоти" та галогеноносії (SF_6, CF_2Cl_2) — "технічної чистоти".

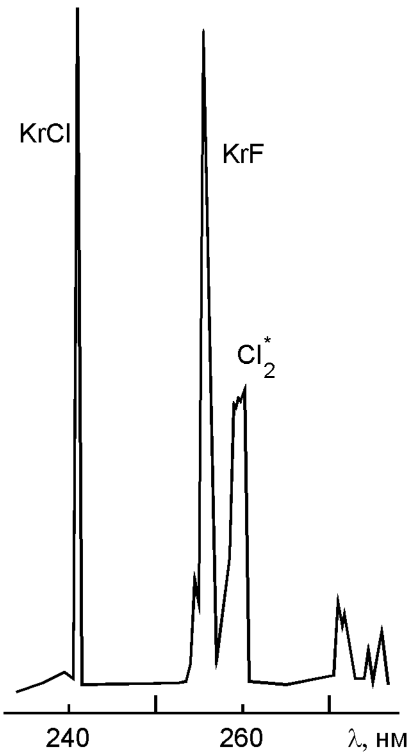

Рис. 3. Спектр випромінювання ЕЛ на суміші: $He/Kr/CF_2Cl_2 = 30/4/0.12/$ кПа.

III. СПЕКТРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

На рис. 2–4 подано типові спектри випромінювання плазми ЕЛ на сумішах інертних газів з молекулами SF_6, HCl і CF_2 Cl_2. Яскравість випромінювання на B–X переходах RX була на 1–2 порядки вищою за яскравість випромінювання у видимій області. Для діяпазону $\lambda\lambda$ 400–500 нм у робочих середовищах ПОР на основі системи молекул SF_6/HCl лінійчатий спектр випромінювання став помітний на фоні широкої смуги XeF (C–A). У ПОР на суміші $Ar/Xe/CF_2Cl_2$ лінійчате випромінювання плазми простежували без широкосмугового континууму при $\lambda > 400$–410 нм, а при менших λ воно повністю перекривалось C–A смугою XeCl (рис. 4.). В УФ ділянках оглядового спектра (для середовищ на основі CF_2Cl_2) виявили смуги 388.3 нм CN(B–X) та інтенсивну лінію 247.9 нм CI($2p$–$3s$), що вказувало на розпад молекул фреону в ПОР і утворення збуджених атомів вуглецю. Найінтенсивніші лінії випромінювання Kr^*, Kr^{+*}, Xe^+, Xe^{+*} були аналогічні лініям, які спостерігали в плазмі ПОР на суміші He/Kr/Xe/HCl [14]. Яскравості смуг випромінювання 353 нм XeF, 308 нм XeCl, 249 нм KrF і 222 нм KrCl, які наведені на рис. 2, з урахуванням спектральної чутливости системи реєстрації складали: 3.8/2.1/6.1/4.1 відн. од. Збільшення вмісту молекул SF_6 вище за 0.12–0.15 кПа приводило до появи неоднорідностей у ПОР, а зростання вмісту молекул HCl$\geq$(0.1–0.2) кПа викликало значне переважання яскравости смуг RCl(B–X) над RF(B–X). У потрійних середовищах приблизно однакові (в межах $\pm 25\%$) яскравості випромінювання XeF і XeCl простежували в робочих сумішах $He/Xe/SF_6/HCl$=(100–10)/(4–1)/0.12/(0.08–0.16) кПа, а смуг KrF і KrCl в $He/Kr/SF_6/HCl$=(100–10)/(8–3)/0.12/(0.08–0.16) кПа. Для одержання близьких за величиною яскравостей випромінювання XeX(B–X) і KrX(B–X) співвідношення концентрацій атомів криптону та ксенону складало 8/0.8 кПа.

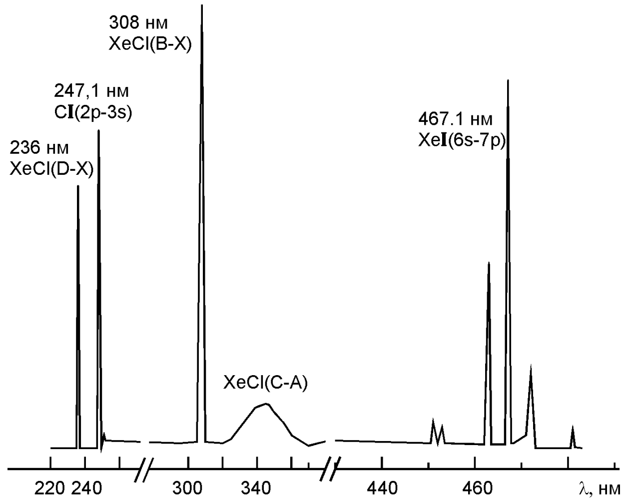

Рис. 4. Спектр випромінювання ЕЛ на суміші: $Ar/Xe/CF_2Cl_2$=20/0.27/0.04/ кПа.

При застосуванні молекул CF_2Cl_2 як галогеноносія для утворення молекул RCl і RF теж було реалізовано багатохвильовий режим роботи ЕЛ. Для суміші $He/Kr/CF_2Cl_2$ було характерним одночасне випромінювання смуг Cl_2^*, KrCl, KrF, а в суміші $He/Xe/CF_2Cl_2$ — смуг XeF, XeCl. Оптимальний уміст молекул CF_2Cl_2 знаходився в діяпазоні (0.05–0.15) кПа, атомів Xe (1–3) кПа і Kr (3–8) кПа. У ПОР на суміші $He/Kr/Xe/CF_2Cl_2$ були помітними всі чотири смуги RX(B–X) при оптимальному співвідношенні [Kr]/[Xe]$\approx$10. Застосування важкого буферного газу — Ar давало змогу одержувати однорідний ПОР лише при загальних тисках $\leq$ 20 кПа, але ефективність утворення молекул RCl була при цьому досить високою. В усіх середовищах на основі молекул CF_2Cl_2 яскравішим було випромінювання хлоридів Kr і Xe, ніж відповідніх фторидів. Це, в основному, пов'язано з різною ефективністю утворення від'ємних йонів при дисоціятивному прилипанні електронів до молекул CF_2Cl_2. За даними [17, 18], відносний вихід від'ємних йонів (η) для реакції дисоціятивного прилипання електронів до молекул CF_2Cl_2 такий:

$$CF_2Cl_2 + e \to (CF_2Cl_2)^- \to \begin{cases} Cl^-(\eta = 58) + CF_2Cl, \\ Cl_2^-(1.2) + CF_2, \\ F^-(8) + CFCl_2, \\ CFCl_2^-(2.5) + F, \\ FCl^-(1.3) + CFCl. \end{cases} \quad (1)$$

З (1) випливає, що співвідношення виходів йонів Cl^- і F^- складає ≈14%. Це корелює з відношенням яскравостей RCl і RF, що вказує на значний вклад при утворенні ексимерних молекул у ПОР на основі CF_2Cl_2 прямого процесу йон–йонної рекомбінації [19]:

$$R^+ + X^- + (\mathrm{He,\ Ar}) \to R\mathrm{Cl}(B,\ C,\ D) + (\mathrm{He,\ Ar}). \quad (2)$$

Менший розрив в ефективності утворення йонів Cl^- і F^- характерний для дисоціятивного прилипання електронів до молекул CF_3Cl [17], але загальний їх вихід у порівнянні з CF_2Cl_2 низький: $[Cl^-]$ $\eta = 2.5$, $[F^-]$ $\eta = 0.5$, тому цей фреон в ЕЛ застосовувати недоцільно.

IV. ЧАСОВІ ТА РЕСУРСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Осцилограми напруги, струму та випромінювання ЕЛ подані на рис. 5 і 6. У діяпазоні зарядних напруг ҐІНа 10–20 кВ величина імпульсів струму була в межах 5–15 кА. Імпульс струму складався з двох максимумів тривалістю по 50 нс, що зумовлено неповним узгодженням опору плазми ЕЛ з вихідним опором ҐІНа. Найменшу тривалість струму ПОР спостерігали в Ar–містких середовищах. Випромінювання ексимерних молекул досягало максимуму в близькому післясвіченні ПОР, що вказує на переважання рекомбінаційних механізмів утворення $RX(B,C,D)$ в умовах нашого експерименту. Найменшу тривалість випромінювання $RX(B–X)$ простежували в ЕЛ атмосферного тиску: 100–200 нс. Випромінювання на $D–X$ переході XeF було затриманим у часі на 15–20 нс у порівнянні з випромінюванням XeF($B–X$), і його тривалість була меншою. При зменшенні тиску суміші $He/Kr/Xe/SF_6/HCl$ і вмісту в ній галогеноносіїв виявлено зростання тривалости випромінювання $RX(B–X)$ в 2–3 рази. Така поведінка випромінювання в часі пов'язана зі зменшенням ефективности гасіння $RX(B, D)$ молекулами

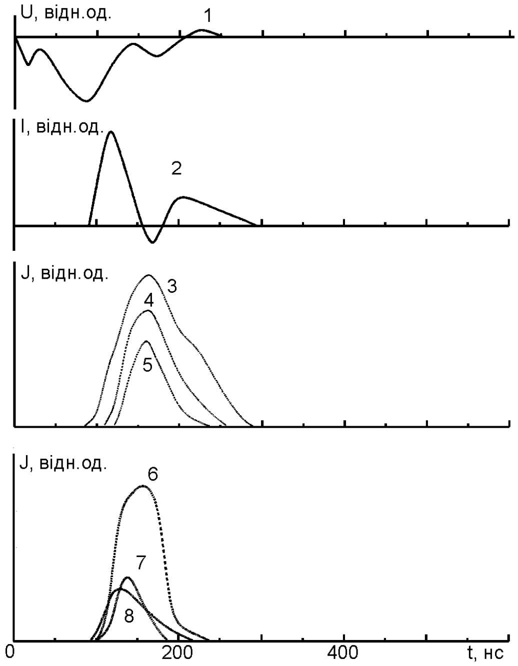

Рис. 5. Осцилограми напруги (1), струму (2) та випромінювання плазми (3–8) ЕЛ на суміші $He/Kr/Xe/SF_6/HCl$ = 92/8/0.8/0.12/0.14 кПа: 3 — 353 нм XeF($B–X$), 4 — 308 нм XeCl($B–X$), 5 — 264 нм XeF($D–X$), 6 — 249 нм KrF($B–X$), 7 — 222 нм KrCl($B–X$), 8 — 587.6 нм HeI.

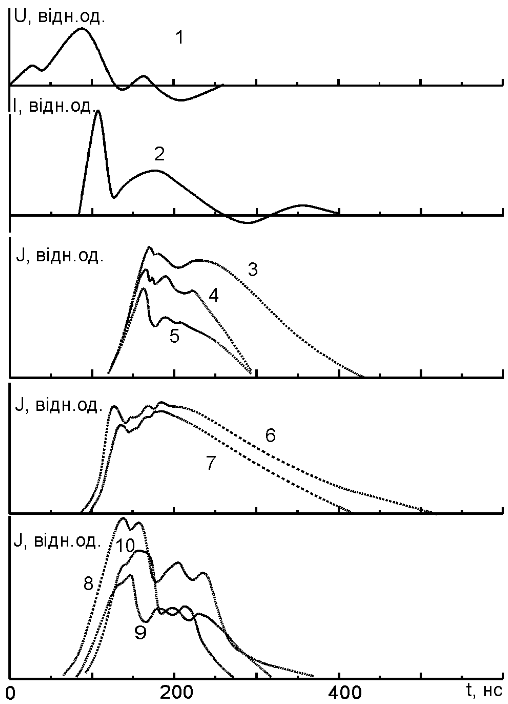

Рис. 6. Осцилограми напруги (1), струму (2) та випромінювання плазми (3–10) ЕЛ на сумішах $Ar/Xe/CF_2Cl_2$ = 20/0.8/0.04 кПа (1–8) та $He/Kr/CF_2Cl_2$ = 30/4/0.12/ кПа. 3 — 308 нм XeCl($B–X$), 4 — 236 нм XeCl($D–X$), 5 — 247.9 нм Cl(2p–3s),6 — 467.1 нм Xe(6s–7p), 7 — (n=540) 4731 XeI, 8 — 222 нм KrCl($B–X$), 9 — 249 нм KrF($B–X$), 10 — 258 нм Cl_2*.

SF_6, HCl (та продуктами їх розпаду) і збільшенням тривалости існування однорідної стадії поперечного розряду [20, 21]. Для суміші $He/Kr/Xe/CF_2Cl_2$ поведінка випромінювання $RX(B–X)$ у часі була подібною. В ЕЛ на потрійних сумішах $He/Xe(Kr)/CF_2Cl_2$ помічено одночасне випромінювання (у межах ±10 нс) молекул KrX або XeX. Це також указує на єдиний механізм їх утворення в реакціях рекомбінації (2). В Ar–містких середовищах випромінювання ліній Xe($6s$–$7p$) було затриманим у часі (порівняно з ПОР на сумішах $He/R/CF_2Cl_2$), що вказує на вияв передачі енергії від метастабільних атомів Ar атомам Xe, а не на електронне збудження Xe. Найкоротшим у часі було випромінювання атома Cl, що пов'язано із самообмеженим характером для $2p$–$3s$ переходу.

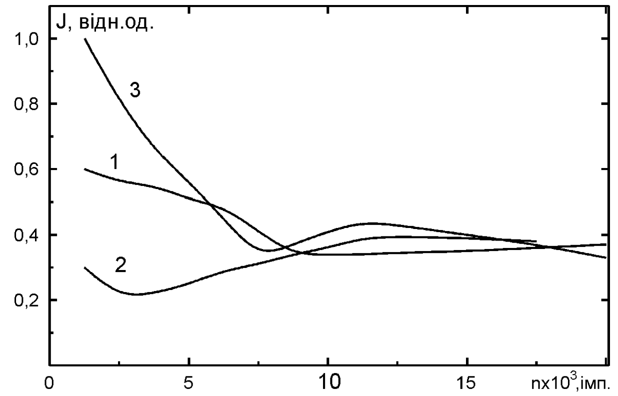

Рис. 7. Залежності яскравости випромінювання смуг 353 нм XeF(1, 3) і 308 нм XeCl (2) від кількости розрядних імпульсів у сумішах $He/Xe/SF_6/HCl$ = 98/2.8/0.16/0.08 кПа (1, 2) і $He/Xe/SF_6/HCl$ = 33/2.8/0.12/0.16 кПа (3) при $U_{зар}$ = 15 кВ, f = 3 Гц.

На рис. 7 наведені ресурсні характеристики випромінювання $RX(B–X)$ в ЕЛ на сумішах $He/Xe/SF_6/HCl$, $He(Ar)/R/CF_2Cl_2$. Експерименти із сумішами $He/Kr(Xe)/SF_6/HCl$ показали, що найбільших яскравостей випромінювання $RX(B–X)$ (для помірних зарядних напруг) досягають при тисках 20–40 кПа. При цьому помічено різкий спад яскравости випромінювання RF(B–X) у діяпазоні n =(1–7)$*10^3$ імп., а для смуг RCl(B–X) характерним був швидкий вихід яскравости на стаціонарний рівень при $n \geq 2*10^3$ імп. або невеликий ріст при дальшому збільшенні n (рис. 7). Швидкий спад яскравости випромінювання XeCl(B–X) та подальше її зростання пов'язується з утворенням у плазмі на основі HCl молекул Cl_2, які інтенсивно поглинають випромінювання з λ = 308 нм [22]. Ресурс випромінювання $RX(B–X)$ в ЕЛ на сумішах $He/R/SF_6/HCl$ для смуг RF складав (2–3)$*10^4$ імп., а для RCl(B–X) досягав (5–7)$\cdot10^4$ імп. На рис. 8 наведені ресурсні характеристики випромінювання на 308 нм XeCl і 222 нм KrCl у сумішах з різними молекулами–хлорносіями. У середовищах з HCl яскравість одразу досягає максимального значення, а в середовищах на основі молекул CCl_4 збільшується до максимального значення практично з нульового рівня. У сумішах з молекулами CF_2Cl_2 простежуємо проміжний характер залежности $I = f(n)$. У робочих середовищах електророзрядних XeCl–лазерів на основі CCl_4 бачимо аналогічну залежність потужности ґенерації від n [23]. Такий вид ресурсної характеристики ґенерації XeCl пояснюємо збільшенням концентрації молекул HCl у цих середовищах. Інфрачервона діягностика газової суміші XeCl–лазера методом поглинання показала, що молекули CCl_4 безпосередньо не беруть участі в утворенні XeCl, а напрацювання HCl відбувається в реакції:

$$CCl_4 + H_2O + h\nu \rightarrow 2HCl + Cl_2 + CO. \qquad (3)$$

Імовірно, що подібні процеси відбуваються і в плазмі ЕЛ на сумішах з CCl_4. У фреонмістких середовищах поряд із цим відбуваються і прямі реакції утворення RX з участю молекул CF_2Cl_2, аналогічно до процесів у середовищах на основі HCl. Залежність яскравости випромінювання KrCl від n теж характеризувалась прямими процесами утворення ексимерної молекули в початковий момент часу. У початковий період роботи ЕЛ на сумішах CF_2Cl_2 (HCl) відбувається утворення йонів Cl^- і їх рекомбінація з додатними йонами R^+, R_2^+, у результаті чого утворюються молекули $RX(B, C, D)$.

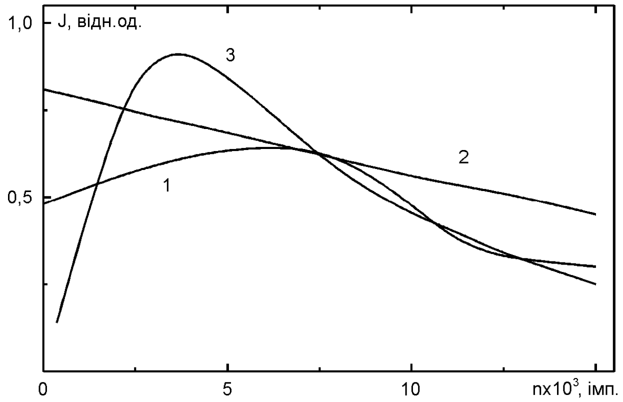

Рис. 8. Залежності яскравости випромінювання на переході з 308 нм XeCl (B–X) від кількости розрядних імпульсів у сумішах: 1 — Ar/Xe/HCl=16/4/0.27 кПа; 2 — $Ar/Xe/CF_2Cl_2$ = 20/0.27/0.04 кПа; 3 — $Ar/Xe/CCl_4$ = 20/2/0.12 кПа.

Коротко розглянемо перспективні області застосування імпульсних ЕЛ, у тому числі й багатохвильових. Багатохвильові лампи, які випромінюють у далекій УФ та ВУФ областях спектра: 250–175 нм, можуть бути застосовані в імпульсній фотометрії наносекундного діяпазону для калібрування швидкісних фотоприймачів. У біохемічних та біофізичних застосуваннях подібні джерела необхідні для одночасної селективної дії на фіксовані молекулярні зв'язки біологічно або хемічно активних сполук (не зачепаючи при цьому інших зв'язків). Конкретні застосування інтенсивного УФ випромінювання у фотохемії докладно розглянуто в роботах [24, 25]. У квантовій електроніці ЕЛ можуть бути використані для ініціювання ланцюгових хемічних реакцій у лазері на коливних переходах молекули HF [26], а також для накачування лазерів на барвниках [1]. Перспективним може бути також застосування стрічкової ексимерної лампи з вихідною апертурою $n \times m$ (де: $m = 10$–$100\ n$) для одержання надсвічення на електронно-коливних переходах молекул сірки в області 300–600 нм, оскільки використання ексимерного лазера дозволяє збуджувати лише невеликі об'єми активного середовища [27] і є технологічно складнішим та значно витратнішим.

V. ВИСНОВКИ

Дослідження характеристик багатохвильових ексимерних ламп на галогенідах Kr і Xe при збудженні багатокомпонентного робочого середовища в поперечному імпульсному розряді показали, що він досягається в сумішах He/Kr(Xe)/SF_6/HCl при вмісті молекул [SF_6] (0.04–0.12) кПа, [HCl] (0.1–0.2) кПа та відношенні концентрацій [Kr]/[Xe]=10; зміною тиску сумішей та вмісту в них галогенмістких молекул можна регулювати тривалість випромінювання ексимерних молекул у межах 100–400 нс; ресурс випромінювання $RX(B\text{–}X)$ у середовищах на основі молекул SF_6/HCl досягав (2–7)*10^4 імп.; при застосуванні в ЕЛ молекул CF_2Cl_2, реалізовано багатохвильовий режим роботи із співвідношенням яскравостей випромінювання RCl/RF=9/1; утворення ексимерних молекул у фреонмістких середовищах відбувається частково в прямих реакціях з участю молекули CF_2Cl_2, а частково з продуктами її розпаду в потужному поперечному розряді.

[1] Ю. Г. Басов, *Источники накачки микросекундных лазеров* (Энергоатомиздат, Москва, 1980).
[2] Б. А. Коваль, В. С. Скакун, В. Ф. Тарасенко, Е. А. Фомин, Приборы техн. эксп. №4, 244 (1992).
[3] А. М. Бойченко, В. С. Скакун, В. Ф. Тарасенко, Е. А. Фомин, Квант. электрон. **20**, 613 (1993).
[4] А. М. Бойченко, В. С. Скакун, Э. А. Соснин, В. Ф. Тарасенко, Квант. электрон. **23**, 344 (1996).
[5] А. К. Шуаибов, В. С. Шевера, Опт. спектроскоп. **47**, 401 (1979)
[6] Ma Shusen, Yao Yongbang, Shan Xinin, Rev. Roum. Phys. **31**, 881 (1986).
[7] I. V. Chaltakov, N. I. Minkovski, T. P. Mirtshev, I. V. Tomov, Opt. Quant. Electron. Lett. **20**, 215 (1988).
[8] В. В. Атежев, В. С. Букреев, С. К. Вартапетов, А. Н. Жуков, Краткие сообщения по физике №9, 19 (1987).
[9] В. Н. Ищенко, В. Н. Лисицин, А. М. Ражев, Письма журн. тех. физ. **2**, 839 (1976).
[10] Ю. Ю. Неймет, А. К. Шуаибов, В. С. Шевера, В. Н. Кузьма, Журн. прикладной спектроскоп. **53**, 337 (1990).
[11] Ю. Ю. Неймет, А. К. Шуаибов, В. С. Шевера, Приборы техн. эксп. №6, 203 (1990).
[12] А. К. Шуаибов, Ю. Ю. Неймет, А. И. Ходанич, В. С. Шевера, Опт. спектроскоп. **75**, 713 (1993).
[13] Ю. Ю. Неймет, А. К. Шуаибов, А. И. Ходанич, В. С. Шевера, Приборы техн. эксп. №5, 131 (1994).
[14] А. К. Шуаибов, А. И. Миня, Журн. прикладной спектроскоп. **64**, 523 (1997).
[15] R. S. Taylor, Appl. Phys. B **41**, 1 (1986).
[16] S. Takagi, S. Sato, T. Cato, Jpn. J. Appl. Phys. **28**, 2219 (1989).
[17] E. Ileenberger, H. U. Scheunemann, H. Baumgartel, Chem. Phys. **37**, 21 (1979).
[18] V. M. Pejcev, M. V. Kurepa, I. M. Cadez, Chem. Phys. Lett. **63**, 301 (1979).
[19] *Газовые лазеры*, под. ред. И. Мак–Даниеля и У. Нигэна (Мир, Москва, 1986).
[20] С. В. Мельниченко, А. Н. Панченко, В. Ф. Тарасенко, Квант. электрон. **11**, 1490 (1984).
[21] Г. А. Месяц, В. В. Осипов, В. Ф. Тарасенко, *Импульсные газовые лазеры* (Наука, Москва, 1991).
[22] H. J. Weigmann, Appl. Phys. B **52**, 262 (1991).
[23] R. Salimbeni, M. Matera, M. Vannini, P. Burlamacchi, Opt. Commun. **39**, 75 (1981).

INGENEERING AND INVESTIGATION OF CHARACTERISTICS OF A MULTIWAVE EXCIMER LAMP

O. K. Shuaibov, L. L. Shimon, I. V. Shevera, A. J. Minja
Uzhhorod State University
46, Pidhirna Str., Uzhhorod, UA–294000, Ukraine

In this paper we present the results of a design and systematic investigations of spectral, temporary and resource characteristics of an electrodischarge excimer lamp, which radiates on $\lambda\lambda$ 353 nm XeF/308 nm XeCl, 258 nm Cl_2/249 nm KrF/222 nm KrCl or on all the molecules simultaneously. An active media of a lamp was

formed with the help of a powerful transverse discharge with a spark preionisation. A multiwave operation mode of an excimer radiator on the krypton, xenon halogens was achieved by means of application of a complex working media: He/Kr/Xe/SF_6/HCl and He(Ar)/Xe/Kr/CF_2Cl_2 under the pressure of 10–100 kPa. Such lamps can be used in a pulse photometry, high energy chemistry, biology and medicine.

It is established, that a multiwave mode of radiation of excimer lamp on He/Kr/Xe/SF_6/HCl mixtures, the brightness of radiations bands, is in close proximity in size and is achieved by means of the molecules contents [SF_6]=(0.04–0.12) кPa, [HCl]=(0.1–0.2) кPa and in concentration ratio of Kr/Xe$\leq$ 10. By changing the pressure of gas mixtures and contents SF_6 and HCl molecules, it is possible to regulate the duration of radiation of the excimer molecules within the limits of 100–400 ns. Using the CF_2Cl_2 molecules as unique carriers of Cl and F atoms, the multiwave operation mode of an excimer lamp with the brightness ratio radiation Kr and Xe chlorides to fluorides as 9/1 is also realized. The working resource of an excimer lamp exceeded $(2\text{-}3)\cdot 10^4$ impulses.