

CZU 621.373.8

DEPENDENȚA PARAMETRILOR ENERGETICI AI LASERULUI COMPACT CU EXCIMER XeCl DE COMPONENȚA MEDIULUI ACTIV

Ion Olaru, Valeriu Guțan

(Universitatea de Stat "Alec Russo", Republica Moldova)

În lucrare sînt prezentate principiile de elaborare a unui laser compact cu excimer și rezultatele cercetărilor experimentale ale influenței furnizorilor de halogen și ale raportului componentilor mediului activ asupra parametrilor energetici ai laserului cu XeCl. În calitate de furnizori de halogen au fost utilizați următorii compuși: HCl; CHCl₃; CCl₄. Experimental, a fost stabilit raportul optimal al componentilor mixturii și energia maximală în impuls pentru fiecare furnizor de halogen: HCl:Xe:He – 5:10:400 - 22mJ; CHCl₃:Xe:He -1:10:1000 - 10 mJ; CCl₄:Xe:He - 1:10:1000 - 5 mJ.

Pentru cercetările științifice în domeniul tehnologiilor de prelucrare a suprafeței structurilor semiconductoare sînt necesare surse de radiație laser ultravioletă cu parametri energetici avansați și particularități de construcție adaptate condițiilor de laborator.

Un model de laser compact cu excimer XeCl ($\lambda = 308$ nm) destinat cercetărilor științifice a fost elaborat în laboratorul "Electronică cuantică și tehnologii laser" al Universității de Stat "Alec Russo" din Bălți [1, 2].

Particularitățile de construcție ale laserului cu excimer elaborat și, corespunzător, performanțele lui energetice au fost determinate, în mare măsură, de schema de pompaj aplicată, sistemul de preionizare și componența mediului activ.

Dintre metodele de pompaj cunoscute (excitarea cu fascicol de electroni, prin radiație Roentgen și prin descărcări electrice transversale cu ionizare prealabilă) a fost selectată ultima datorită simplității și eficienței în obținerea unei puteri medii relativ înalte.

Metoda de pompaj prin descărcare electrică cu preionizare poate fi realizată prin diferite scheme: schema Blumlein, schema Blumlein cu linii de transmisie și elemente distribuite, schema cu descărcare directă prin trigatron sau eclator de tensiune înaltă.

Pentru excitarea laserului elaborat a fost utilizată schema Blumlein cu inversare de tensiune, astfel fiind exclus elementul de conectare din circuitul de pompaj (fig.1).

După elaborarea schemei de pompaj, următorii factori (importanți, atît din punct de vedere constructiv, cît și din punct de vedere al parametrilor energetici) sînt modul de introducere a energiei de pompaj în interstițiul de descărcare și metoda de preionizare.

În modelul elaborat a fost utilizat modul de pompaj prin descărcare electrică transversală și metoda de preionizare ultravioletă prin descărcare electrică pe suprafața unui dielectric. În calitate de dielectric au fost folosite tuburi de cuarț.

În fig.1 este prezentată schema-bloc a sistemului de pompaj, care include camera laser cu liniile de preionizare (L_1, L_2), acumulatorul de energie format din două baterii de condensatoare (C_1, C_2) conectate consecutiv la electrozii de pompaj, eclatoarele de tensiune înaltă (E_1, E_2), destinate preionizării și introducerii energiei în mediul activ și blocul de alimentare în impuls (T_1 - elementul de acordare a blocului cu acumuloarele de energie).

Laserul cu excimer elaborat după principiile expuse mai sus este înzestrat cu cameră cu volumul redus al mediului activ ($V= 270 \text{ cm}^3$). În acest caz, performanțele energetice ale laserului sînt determinate cu preponderență de proprietățile mediului activ, în particular, de presiunea mediului gazos și concentrația componentilor amestecului.

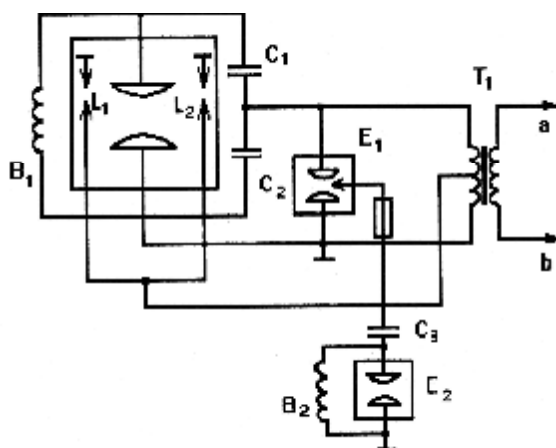


Fig.1. Sistemul de pompaj al laserului cu excimer. T_1 -transformator de alimentare în impuls; E_1, E_2 – eclatoare de tensiune înaltă; L_1, L_2 – linii de preionizare; C_1, C_2 –acumulator de energie.

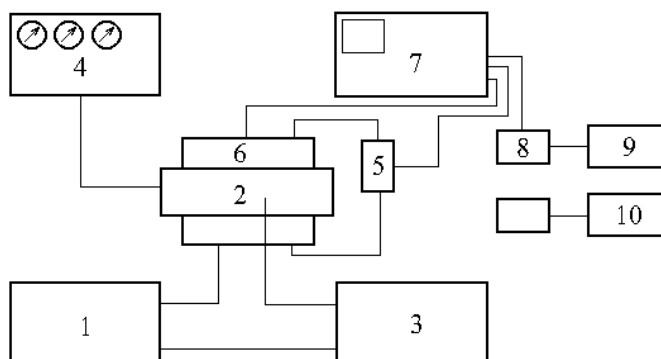


Fig.2. Schema-bloc a instalației experimentale: 1-bloc de alimentare; 2 - camera laser; 3 -sistemul de preionizare; 4 - sistemul de vacuare și formare a amestecurilor gazoase; 5 - divizor de tensiune înaltă; 6 - sînt pentru măsurarea curentului; 7- osciloscop de tipul C9-4A; 8 - fotocatod FĂC-19; 9 - bloc de alimentare a fotocatodului; 10 - aparat de măsurare a energiei IMO-2M.

Luând în considerare particularitățile de construcție ale laserului cu excimer XeCl elaborat, în prima fază a lucrărilor experimentale a fost determinată tensiunea optimă de încărcare a acumulatorului de energie și parametrii sistemului de preionizare.

Ulterior, a fost determinată dependența energiei de radiație a laserului de componența amestecului gazos, raportul componentelor și presiunea totală în cameră în cazul diferiților furnizori de halogen.

Instalația experimentală include (fig.2): laserul propriu-zis, sistemul de preionizare, sistemul de vacuumare și formare a amestecurilor gazoase și aparatul de măsură. Aparatul de măsurare permite studierea și înregistrarea impulsurilor tensiunii de pompaj ale laserului ($4 \times 10^4 \text{V}$), a curentului de descărcare (10^4A), a formei și duratei impulsului laser (10^{-8} - 10^{-9} s), a energiei medii a radiației obținute.

Inițial, în experimentele realizate cu camera cu volum redus a fost utilizat amestecul gazos HCl:Xe:He. Necesitatea de înnoire periodică a mediului activ a determinat utilizarea, de rînd cu furnizorul tradițional de halogen (HCl), și a altor furnizori mai puțin agresivi și mai accesibili, cum ar fi CHCl_3 și CCl_4 . Acest lucru a determinat necesitatea studierii posibilităților de optimizare a parametrilor energetici ai laserului în cazul utilizării furnizorilor de halogen în stare lichidă.

În fig.3 este prezentat sistemul de vacuumare și formare a amestecurilor gazoase care permite vacuumarea camerei laser, formarea amestecurilor gazoase cu diferiți furnizori de halogen, dozarea componentelor amestecului în camera laser, măsurarea presiunii și a gradului de vacuumare în cameră, vacuumarea și introducerea gazului în eclatoare.

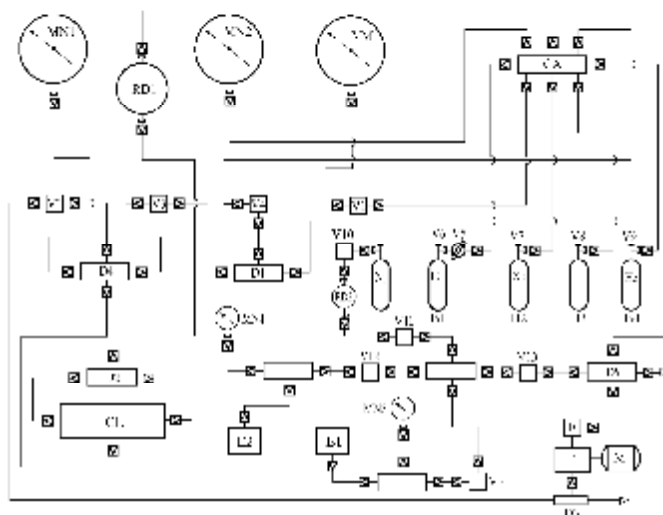


Fig.3. Sistemul de vacuumare și formare a amestecurilor gazoase.

Sistemul de vacuumare și formare a amestecurilor gazoase conține următoarele componente:

1. Sistemul de vacuumare, format din pompa de vacuum de tipul RVN-20 (P), filtrul de protecție a sistemului de vacuumare contra poluării cu vapori de ulei (F), conductele de gaz, ventilele de cuplare și elementele de ramificare.
2. Sistemul de formare a amestecurilor gazoase, care include camera de mixare a gazelor (CA), rezervoarele (B_1, B_2, B_3, B_4), dispozitivele de măsurare a vacuumului și a presiunilor în camera de mixare și în camera laser (VM, MN1, MN2), reductorul RD1, ventile și elemente de ramificare.
3. Sistemul de introducere a mediului gazos în eclatoare, care include rezervorul cu azot gazos (B_5), reductorul (RD2), manometrele (MN3, MN4), ventile, elemente de ramificare, eclatoarele (E_1, E_2).

Volatilitatea sporită a agenților furnizori lichizi de halogen ($CCl_4, CHCl_3$) a permis obținerea diferitelor presiuni a vaporilor saturați prin variația temperaturii.

Pentru determinarea presiunii și a raportului optimal al componentelor amestecului gazos în cazul fiecărui furnizor de halogen în parte, a fost studiată dependența energiei medii în impuls a radiației laser de presiunea absolută pentru amestecuri cu diferită concentrație a componentelor (fig.4, fig.5, fig.6).

În fig.4 este reprezentată dependența energiei medii în impuls a laserului XeCl de presiunea absolută a amestecului gazos.

În calitate de furnizor de halogen a fost folosit HCl. Datele experimentale demonstrează că energia impulsului crește odată cu mărirea concentrației halogenului și atinge valoarea maximală pentru proporția 5:10:400 (HCl:Xe:He) la presiunea absolută a mediului egală cu 4,8 at. Pentru această concentrație, creșterea în continuare a presiunii absolute nu este posibilă din cauza apariției descărcărilor în formă de stream-eri (linia întreruptă). Totodată, se observă o deplasare a maximumului energiei în impuls spre regiunea presiunilor absolute mai mici odată cu creșterea concentrației halogenului.

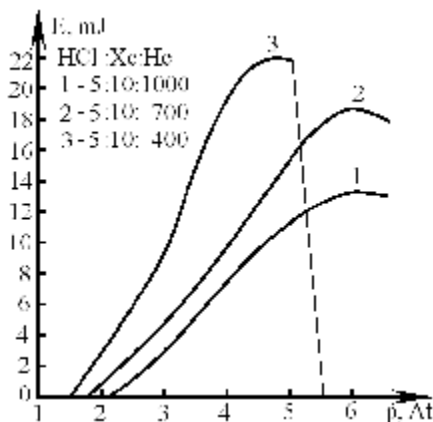


Fig.4. Dependența energiei medii în impuls a laserului XeCl de presiunea absolută a amestecului gazos HCl:Xe:He pentru diferite proporții ale componentelor.

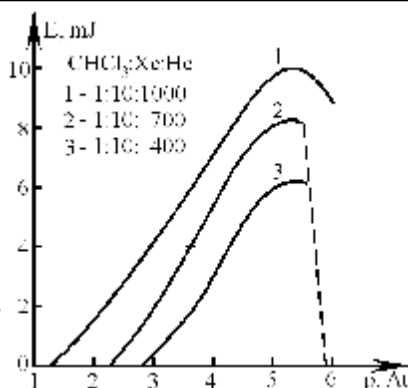


Fig.5. Dependența energiei medii în impuls a laserului XeCl de presiunea absolută a amestecului gazos CHCl_3 :Xe:He pentru diferite proporții ale componentilor.

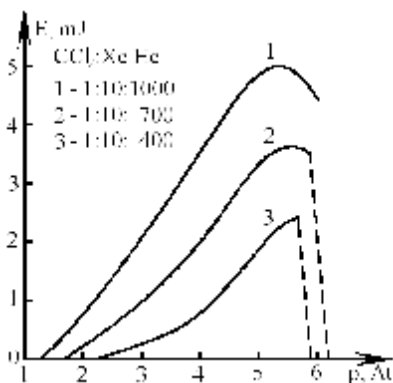


Fig.6. Dependența energiei medii în impuls a laserului XeCl de presiunea absolută a amestecului gazos CCl_4 :Xe:He pentru diferite proporții ale componentilor.

În fig.5 și fig.6 este reprezentată aceeași dependență ca în fig.4, doar pentru cazurile când în calitate de furnizori de halogen sînt utilizați CHCl_3 și CCl_4 în stare lichidă. Energia maximală în impuls, în acest caz, poate fi obținută cu CHCl_3 în calitate de furnizor de halogen la proporția componentilor 1:10:1000 și este egală cu 10 mJ la presiunea absolută de 5,5 At. Odată cu mărirea concentrației halogenului, energia medie în impuls scade.

Rezultatele experimentale prezentate permit de a constata că:

- în cazul când furnizorul de halogen este gazos (HCl), energia crește de la 12 mJ pînă la 22 mJ, odată cu creșterea concentrației clorului.
- în cazul când furnizorii de halogen sînt în formă lichidă (CCl_4 , CHCl_3), dependența este inversă, ceea ce nu permite obținerea energiilor mai mari de 10 mJ.

Totodată, pentru toate tipurile de mixturi au fost determinate valorile absolute, depășirea cărora duce la trecerea descărcării difuze în descărcări cu strimeri, care provoacă dispariția generației.

Concluzii

1. A fost obținută radiația laser în mediu activ format cu diferiți furnizori de halogen:
 - furnizor de halogen în stare gazoasă - HCl;
 - furnizor de halogen în stare lichidă - CCl₄, CHCl₃.
2. A fost determinată experimental dependența energiei medii a radiației laser de raportul componentelor amestecului gazos (obținut cu diferiți furnizori de halogen) și de presiunea absolută în camera laser.
3. Au fost determinate valorile optime ale presiunii absolute și parțiale în mediul activ gazos.

Bibliografie

1. Țițanu V., Olaru I., Sava P. *Laser compact cu excimer XeCl*.// Catalogul oficial al Salonului al II-lea Internațional al Invențiilor, Cercetării și Transferului Tehnologic, Iași, 1994, p.70.
2. Jeleascov M., Țițanu V., Nilva Z., Olaru I., Sava P. *Laser compact cu excimer XeCl* // Buletinul Academiei de științe din Republica Moldova, seria Tehnică și fizică, Chișinău, 1995, nr.2.
3. Месяц Г.А., Осипов В.В., Тарасенко В.Ф. *Импульсные газовые лазер*, Москва, Наука, 1991, 271 с.
4. Баранов В.Ю., Борисов В.М., Степанов Ю.Ю. *Электроразрядные эксимерные лазеры на галогенидах инертных газов*, Москва, Энергоиздат, 1988, 216 с.
5. Малинин А.М., Л.Л. Шимон, И.И. Опачко и др. *Повышение энергии излучения и ресурса работы малогабаритного газоразрядного импульсно-периодического эксимерного XeCl лазера* // Квантовая электроника, Москва, т. 21, №12, 1994. с. 1174-1176.

THE DEPENDENCE OF THE ENERGETIC PARAMETERS OF THE COMPACT LASER WITH EXCIMER XeCl ON THE COMPOSITION OF THE ACTIVE MEDIUM

Ion Olaru, Valeriu Guțan

(„Alec Russo” State University, Republic of Moldova)

In this work are represented some principles of elaboration of a compact excimer XeCl laser and the results of the experimental research of dependence of energetic parameters of the laser on the correlation of the components of active area for the different donators. In quality of donator, the halogen was used in the following materials: HCl; CHCl₃; CCl₄. Experimentally were determined some optimum correlations of the components of the active area and the maximum energy in pulse for every donator of halogen: HCl:Xe:He - 5:10:400 – 22 mJ; CHCl₃: Xe:He - 1:10:1000 – 10 mJ; CCl₄:Xe:He - 1:10:1000 – 5 mJ.

Prezentat la redacție la 14.12.06