

Эксимерный мини лазер

С. С. Ануфрик, А. П. Володенков, К. Ф. Зноско

Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь;
e-mail: a.volodenkov@grsu.by

Описана конструкция ХеС1 мини лазера и результаты его экспериментального исследования. Особенностью ХеС1 мини лазера является простота конструкции излучателя, использование системы возбуждения на основе LC контура. Проведена оптимизация генерационных характеристик лазера. Экспериментально установлена зависимость выходных параметров мини лазера от условий его возбуждения и состава активной среды. При использовании оптимальной рабочей смеси получена максимальная выходная энергия в импульсе 10 мДж.

Ключевые слова: ХеС1 мини лазер, эксимерная молекула, импульсный разряд, разрядные электроды, система возбуждения.

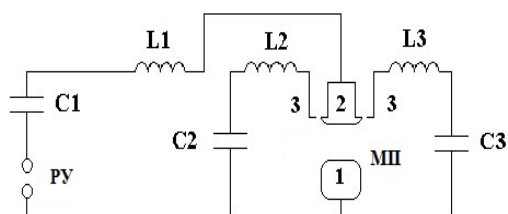
Введение

Для ряда практических применений в науке, технике, производстве, медицине необходимы мощные компактные источники когерентного ультрафиолетового (УФ) излучения. В настоящее время в ультрафиолетовой области спектра существует большое разнообразие источников излучения. Однако наиболее надежными и эффективными являются эксимерные лазеры на галогенидах инертных газов с возбуждением поперечным электрическим разрядом [1, 2]. Несмотря на то, что в последние десятилетия они широко разрабатывались, моделировались и исследовались, интерес к ним как источникам УФ излучения сохраняется.

В настоящей работе представлены результаты, полученные при экспериментальном исследовании эксимерного ХеС1 мини лазера с возбуждением импульсным разрядом.

Схема лазера

Экспериментально исследована работа системы возбуждения эксимерного ХеС1-лазера на основе LC-контура в режиме генерации субнаносекундных импульсов. Исследования проводились на эксимерном электроразрядном лазере, излучатель и система предыонизации активной среды которого выполнены в соответствии с рекомендациями работ [3–6] и представлены на рис. 1. Электрическая схема и активная среда предварительно моделировалась на основе методик изложенных в [7–11]. Излучатель представлял собой дюралевую разрядную камеру, внутри которой располагались профилированные электроды (1) и (2).



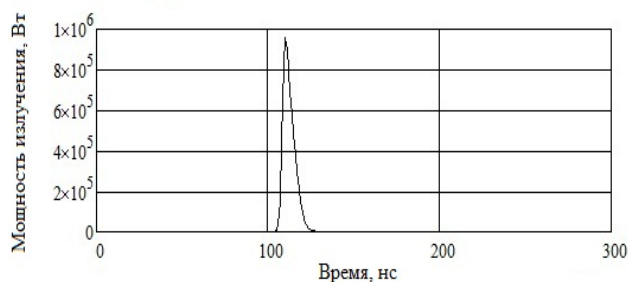
C1- накопительная емкость; (C2+C3)-
обострительная емкость;
1, 2 –лазерные электроды; 3-электроды
предыонизации.

Рис. 1. - Система возбуждения лазера.

Общий объем излучателя составлял 850 см³, а активный объем ~10 см³ (размеры разрядной зоны (0,5×1,0×20) см³). Основные электроды 1 и 2 выполнены из дюраля и имеют с профиль Чанга. Штыри предыонизации 3 изготовлены из нержавеющей стали. Управляемый разрядник РУ-62 был использован в качестве коммутатора РУ. Предыонизация основного разрядного промежутка (МП) осуществлялась излучением вспомогательных искровых разрядов между электродом 1 и штыревыми электродами 3. Вдоль каждой стороны электрода 1 было расположено по 20 штыревых электрода.

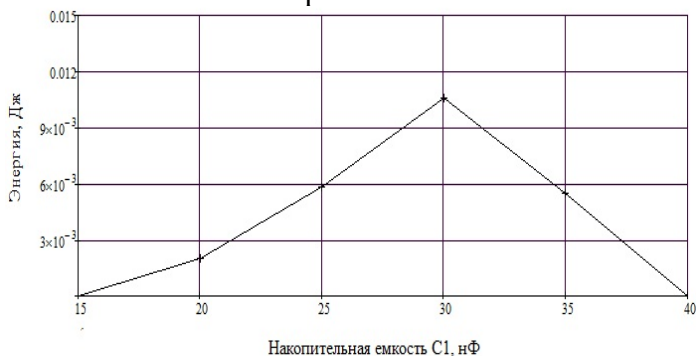
Энергия генерации в импульсе измерялась с помощью измерителя энергии лазерного излучения Ophir Pulsar 4 с выводом данных на компьютер. Временные характеристики излучения мини лазера исследовались с помощью фотоэлемента, сигнал с которого подавался на осциллограф DSO C8-46/4 и также отображался на мониторе компьютера. Напряжение на электродах мини лазера измерялось с помощью скомпенсированного резистивного делителя напряжения, разрядный ток с помощью пояса Роговского. Для регистрации спектра излучения использовался монохроматор-спектрограф MS2001 производства СП «СОЛАР ТИИ», который комплектовался программным обеспечением, позволяющим производить обработку информации и управление монохроматором с компьютера.

Экспериментальные результаты



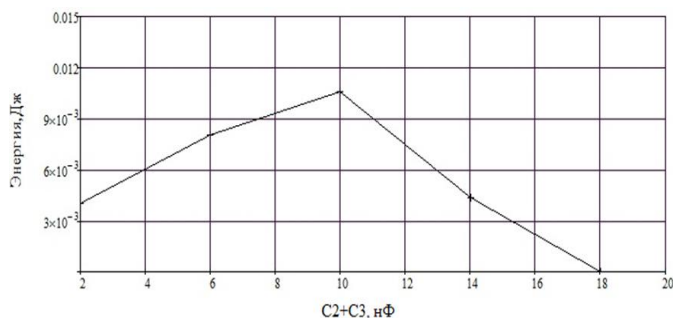
$C1 = 30$ нФ; $(C2+C3) = 10$ нФ; зарядное напряжение 14 кВ;
давление Хе 8 Торр; давление HCl 2,8 Торр.

Рис. 2. - Зависимость мощности генерации от времени.



$(C2+C3) = 10$ нФ; зарядное напряжение 14 кВ;
давление Хе 8 Торр; давление HCl 2,8 Торр.

Рис. 3. - Зависимость энергии генерации от величины накопительной емкости $C1$.



$C1 = 30$ нФ; зарядное напряжение 14 кВ;
давление Хе 8 Торр; давление HCl 2,8 Торр.

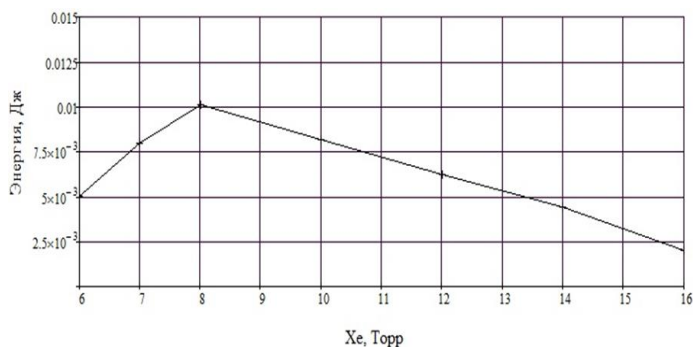
Рис. 4. - Зависимость энергии генерации от величины обострительной емкости $(C2+C3)$.

В результате проведенных исследований получены осциллограммы импульса генерации, которые представлены на рис. 2. Длительность импульса генерации составила ~ 8 нс.

Исследована зависимость энергии генерации от параметров системы возбуждения. На рис. 3 представлена зависимость энергии импульса генерации от величины накопительной емкости $C1$. Видно, что она имеет оптимум при 30 нФ.

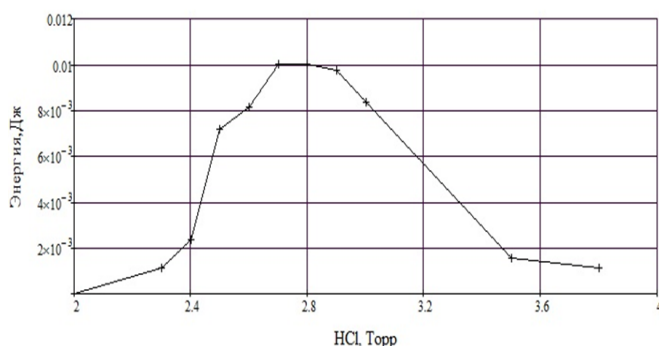
На рис. 4 приведена зависимость энергии импульса генерации от величины обострительной емкости $(C2+C3)$. Она также имеет оптимум при значении $(C2+C3)$ составляющем 10 нФ.

Наличие оптимальных значений накопительной $C1$ и обострительной $C2+C3$ емкостей обусловлено тем, что процесс зарядки обострительных емкостей от накопительной происходит колебательным образом. При этом основным условием является равенство времени полной зарядки обострительных емкостей от накопительной времени задержки разряда в межэлектродном промежутке. Время задержки разряда в межэлектродном промежутке является величиной сильно зависящей от уровня



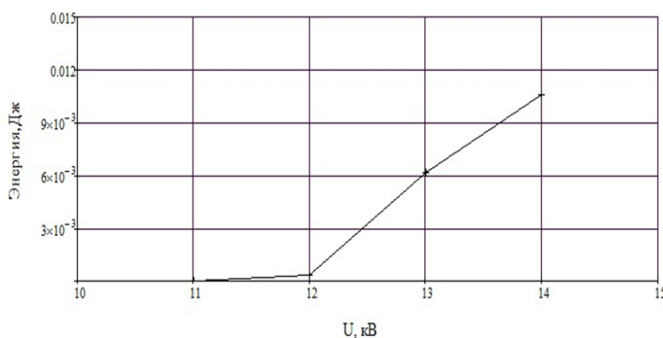
$C1 = 30$ нФ; $(C2+C3) = 10$ нФ; зарядное напряжение 14 кВ;
давление HCl 2,8 Торр.

Рис. 5. - Зависимость энергии генерации от величины от парциального давления Хе.



$C1 = 30$ нФ; $(C2+C3) = 10$ нФ;
зарядное напряжение 14 кВ; давление Хе 8 Торр.

Рис. 6. - Зависимость энергии генерации от величины от парциального давления HCl.



$C1 = 30$ нФ; $(C2+C3) = 10$ нФ; давление Хе 8 Торр; давление HCl 2,8 Торр.

Рис. 7. - Зависимость энергии генерации от величины зарядного напряжения накопительной емкости C1.

предварительной ионизации рабочей смеси в межэлектродном промежутке. Мы имеем дело с конкурирующими процессами. С одной стороны, чем выше предыонизация активной среды в межэлектродном промежутке тем однороднее основной разряд. С другой стороны, это приводит к уменьшению времени задержки основного разряда и снижению напряжения на обострительных емкостях. Основной разряд начинается при пониженном напряжении, что отрицательно сказывается на его однородности.

Исследована зависимость энергии генерации от состава и давления активной среды. На рис. 5 представлена зависимость энергии импульса генерации от парциального давления Хе. Видно, что оптимум приходится на давление Хе равное 8 Торр. Малое значение давления Хе (по сравнению с данными работ [3–5]) говорит о том, что уровень предыонизации находится у нижнего порога.

На рис. 6 представлена зависимость энергии генерации от парциального давления HCl. Особенностью ее является рост выходной энергии мини лазера при увеличении давления HCl от 2,4 до 2,7 Торр и ее падение при уменьшении от 2,9 до 3,5 Торр. На рис. 7 представлена зависимость энергии генерации от величины зарядного напряжения на накопительной емкости C1. Величина зарядного напряжения была ограничена напряжением самопробоя разрядника РУ-62, которое составляло 15 кВ.

Заключение

Создан высокоэффективный компактный электроразрядный ХеСl мини лазер с возбуждением рабочей смеси импульсным сильноточным объемным разрядом.

В качестве буферного газа был использован неон вследствие того, что он обладает низким порогом электрического пробоя, который примерно в два раза ниже, чем у гелия. Это приводит к тому, что разряд в рабочих смесях с буферным газом неоном горит значительно более стабильно. Экспериментально установлены оптимальные соотношения между параметрами системы возбуждения, обеспечивающие максимальную энергию генерации составляющую ~10 мДж и длительность импульса по полувысоте ~8 нс при зарядном напряжении 14 кВ.

Литература

1. Месяц Г. А., Осипов В. В., Тарасенко В. Ф. Импульсные газовые лазеры. М., 1991.
2. Баранов В. Ю., Борисов В. М., Степанов Ю. Ю. Электроразрядные эксимерные лазеры на галогенидах инертных газов. М., 1988 г.
3. Ануфрик С.С., Зноско К., Курганский А.Д. Влияние параметров LC-контура на энергию генерации ХеСl-лазера. Квантовая электроника. 1989. Т. 16, № 11. С. 2228–2231.
4. Ануфрик С. С., Володенков А. П., Зноско К. Ф. Энергетические характеристики ХеСl-лазера с возбуждением LC-инвертором. Журнал прикладной спектроскопии. 1999. Т. 66, № 5. С. 702-707.
5. Anufrik S., Volodenkov A., Znosko K. Systems of ХеСl-lasers excitation on basis of different types of LC-circuits. Proceedings of the International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers. Vol. 1. Charkov, 2003. Vol. 1, P. 135–137.
6. Anufrik S. S., Volodenkov A. P., Znosko K. F. Influence of the preionization system on the lasing energy of a ХеСl laser. Journal of Optical Technology (A Translation of Opticheskii Zhurnal). 2000. Vol. 67, No. 11. P. 961–967.
7. . Anufrik S., Volodenkov A., Znosko K. Simulation of systems of ХеСl-laser excitation of different types. Proceedings of the International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers. Charkov, 2003. Vol. 1, P. 146–148.
8. Anufrik S., Volodenkov A., Znosko K., Simulation of active medium of ХеСl lasers., Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 2007. Vol. 6731, P. 673106.
9. Anufrik S. S., Volodenkov A. P., Losev V. F., Znosko K. F. Modeling of the active medium based on ХеСl molecules with allowance for the halogen-carrier regeneration process. Russian Physics Journal. 2012. Vol. 54. P. 1264–1271.
10. .Anufrik S., Volodenkov A., Znosko K. Kinetic model for ХеСl-lasers. LFNМ'2006. Kharkov, 2006. P. 80-83.
11. Anufrik S., Volodenkov A., Znosko K. Modeling of emission characteristics of ХеСl Excilamps in pulse-periodic mode of work. High Temperature Material Processes. 2014. Vol. 3, No. 18, P. 181–196.

Excimer mini laser

S.S. Anufrik, A.P. Volodenkov, K.F. Znosko

Yanka Kupala State University of Grodno, Belarus; e-mail: a.volodenkov@grsu.by

The design of the ХеСl mini laser and the results of its experimental study are described. A feature of the ХеСl mini laser is the simplicity of the emitter design, the use of an excitation system based on the LC circuit. Optimization of the lasing characteristics of the laser has been carried out. The dependence of the output parameters of the mini-laser on the conditions of its excitation and the composition of the active medium has been experimentally established. When using the optimal working mixture, the maximum output energy per pulse was 10 mJ.

Keywords: ХеСl mini laser, excimer molecule, pulsed discharge, discharge electrodes, excitation system.