

УДК 357.354

**НОВАЯ ХеВг-ЭКСИЛАМПА БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА
С ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ ИМПУЛЬСА ЕДИНИЦЫ
НАНОСЕКУНД И ВЫСОКОЙ ИМПУЛЬСНОЙ
МОЩНОСТЬЮ ИЗЛУЧЕНИЯ**

канд. физ.-мат. наук, доцент Э.А. Соснин, аспирант С.М. Авдеев,
инженер И.Д. Костыря, д-р физ.-мат. наук, проф. В.Ф. Тарасенко
Институт сильноточной электроники, Сибирское отделение РАН

Эксилампа – это газоразрядный источник ультрафиолетового и вакуумного ультрафиолетового излучения на основе неравновесного спонтанного излучения эксимерных или эксиплексных молекул. Эксилампам обладают характерным спектром излучения, отличающим их от других люминесцентных и тепловых источников спонтанного ультрафиолетового и вакуумного ультрафиолетового излучения [1].

В последние годы наметился интерес к эксилампам с коротким импульсом излучения $\tau_{0,5} \leq 10$ нс и одновременно импульсной плотностью мощности в десятки–сотни киловатт. Такие источники могут оказаться важным элементом диагностической аппаратуры, применяться в физике твердого тела.

В работе [2] описана мощная электроразрядная эксилампа. При диаметре выходного пучка 10 см были получены значения импульсной плотности мощности 2, 0,5 и 1 кВт/см² на $\lambda \sim 308, 222$ и 350 нм соответственно и $\tau_{0,5} \sim 60$ нс. В целях увеличения яркости импульсного источника света в [3] использовалась L-образная конструкция колбы.

В [4] чтобы повысить импульсную мощность эксилламп, был использован так называемый триггерный продольный разряд. Здесь в случае двойных смесей Хе+НС1 плотность импульсной мощности при общем давлении смеси достигала 3 кВт/см². Однако длительность импульсов излучения была большой и при общем давлении смеси 1 атм составляла 0,7 – 0,9 мкс. Было также отмечено, что

импульсная мощность плавно снижается на $1/3$ от начального уровня после первых 10^4 импульсов.

В [5] описана одnobарьерная импульсная $KrCl$ -эксилампа, которая в лучших условиях обеспечивала $\tau_{0,5} = 107$ нс и удельную импульсную мощность $1,1$ кВт/см².

В результате к настоящему времени не было предложено ни одной схемы, обеспечивающей $\tau_{0,5} \leq 10$ нс и одновременно значения импульсной плотности мощности в десятки–сотни киловатт. Кроме того, практически все предложенные решения не обеспечивают высокого срока службы рабочей смеси.

Настоящая работа продолжает наши исследования, начатые в [2, 5, 6]. Мы предложили: 1) для увеличения срока службы смеси использовать барьерный разряд; 2) использовать для возбуждения разряда генератор наносекундных импульсов от рентгеновского аппарата, упрощенная схема которого показана на рис.1.

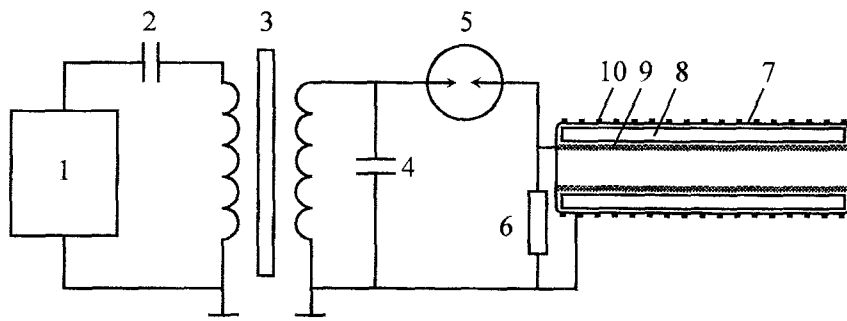


Рис. 1. Схема короткоимпульсной $XeVr$ -эксилампы барьерного разряда: 1 – источник постоянного напряжения; 2 – накопительная емкость; 3 – импульсный трансформатор; 4 – высоковольтная обострительная емкость; 5 – разрядник-обостритель; 6 – резистор; 7 – колба эксилампы барьерного разряда; 8 – разрядный промежуток; 9 – внутренний электрод; 10 – внешний электрод

Колба эксилампы барьерного разряда была выполнена из коаксиально установленных кварцевых трубок (Fused Quartz, Type 214, General Electric), имеющих пропускание на рабочей длине волны 283 нм приблизительно 90 %. На внешней поверхности колбы располагался перфорированный электрод 10, а внутренний электрод 9 был сплошным. Разрядный промежуток 8 заполнялся газовой сре-

дой, представляющей собой инертный газ Хе и бром в различных соотношениях.

В схеме используется разрядник-обостритель 5, рассчитанный на пробой при 150 кВ. Он включен последовательно с колбой эксилампы 7. Импульс высокого напряжения с длительностью фронта 1–2 нс формируется на сопротивлении 6, шунтирующем эксилампу при разряде обострительной емкости 4 после пробоя газового промежутка 8 эксилампы. Таким образом можно формировать импульс тока через эксилампу длительностью несколько наносекунд, что не удавалось сделать, используя технику возбуждения, описанную в [2–6].

После пробоя в промежутке формируется барьерный разряд, состоящий из множества отдельных равномерно распределенных по площади лампы филаментов (микроразрядов). Регистрация импульса излучения проводилась с помощью вакуумного фотодиода ФЭК-22 СПУ с известной спектральной чувствительностью в ультрафиолетовой области спектра, сигнал с которого подавался на двухлучевой осциллограф TDS-220.

Основной целью наших исследований было определение условий, в которых длительность импульса излучения на полувысоте $\tau_{0,5}$ минимальна. Этого добивались, варьируя долю брома в рабочей смеси и общее давление. Предварительное моделирование рабочей смеси показало, что для сокращения $\tau_{0,5}$ необходимо увеличивать общее давление смеси и, вместе с тем, уменьшать долю брома в смеси, чтобы интенсивность излучения молекул ХеВг* не снижалась.

На рис.2 представлены типичные осциллограммы временного хода интенсивности излучения (1) и тока через лампу (2). Видно, что ток через эксилампу имеет меньшую длительность (около 2 нс), чем длительность импульса излучения.

На рис.3 – 5 представлены зависимости $\tau_{0,5}$ и интенсивности излучения от давления и содержания компонентов в смеси, полученные в наших экспериментах. Очевидно, что для исследованных диапазонов:

- увеличение доли брома в смеси ведет к уменьшению интенсивности излучения и укорачивает импульс излучения;

- для каждой из изученных смесей имеется оптимальное с точки зрения выхода излучения общее давление;

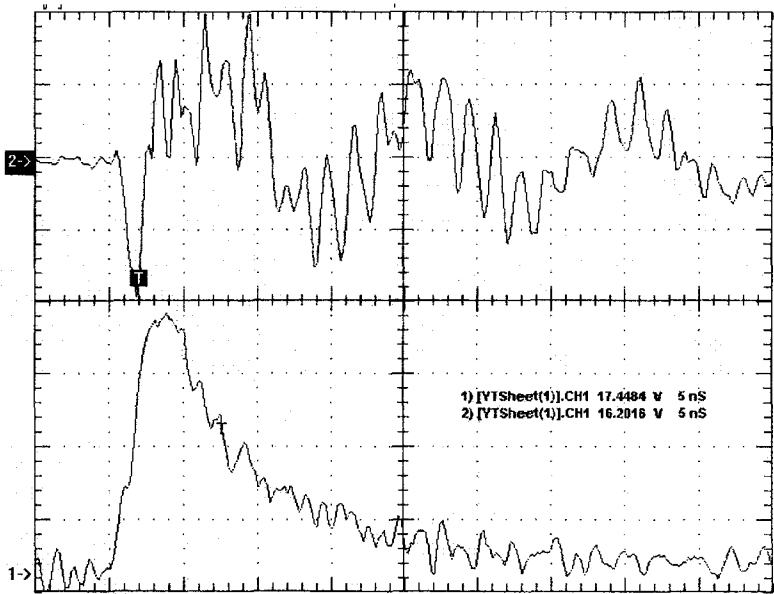


Рис.2. Осциллограммы тока (вверху) и импульса излучения (внизу) ХеВr-эксилампы в смеси Хе/Br₂ = 200/1 при общем давлении 1 атм

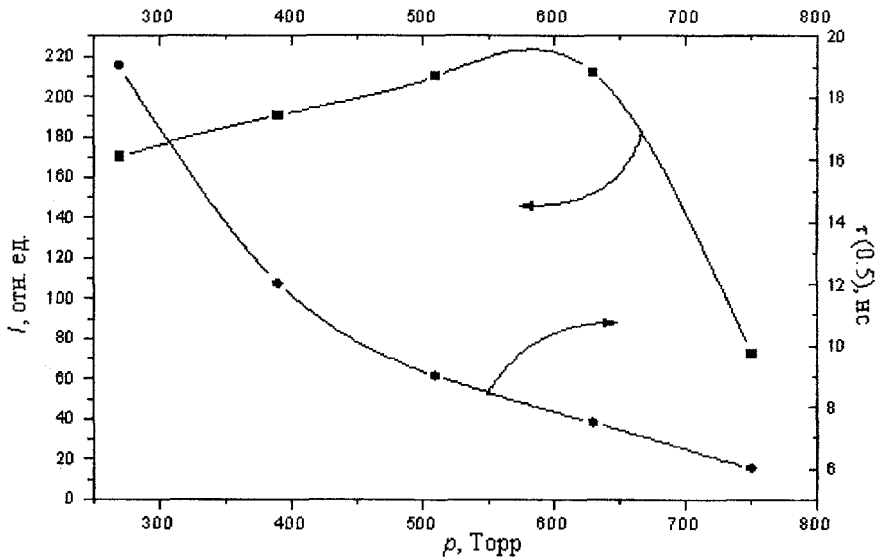


Рис.3. Интенсивность излучения и длительность импульса ХеВr-эксилампы на полувысоте в смеси Хе/Br₂ = 200/1 при различных общих давлениях

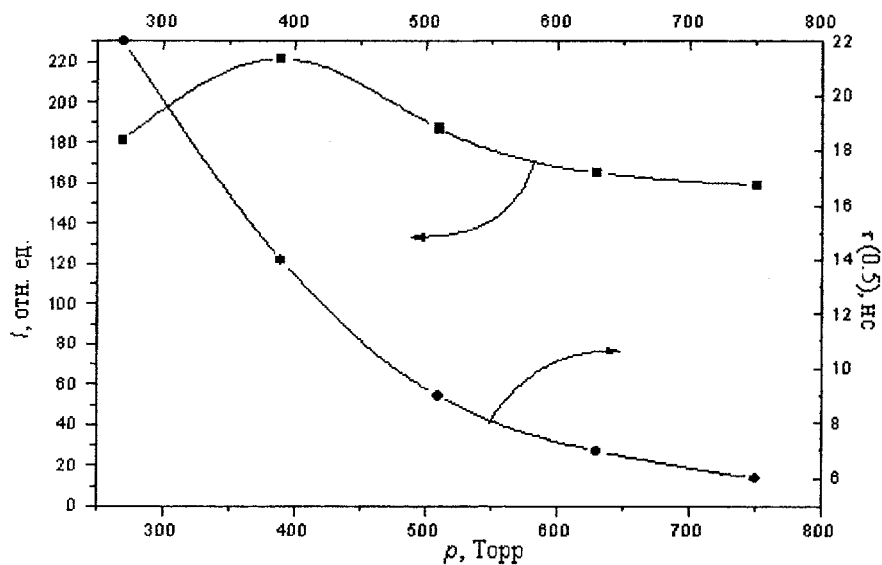


Рис. 4. Интенсивность излучения и длительность импульса XeBr-эксимерной лампы на полувысоте в смеси Xe/Br₂ = 70/1 при различных общих давлениях

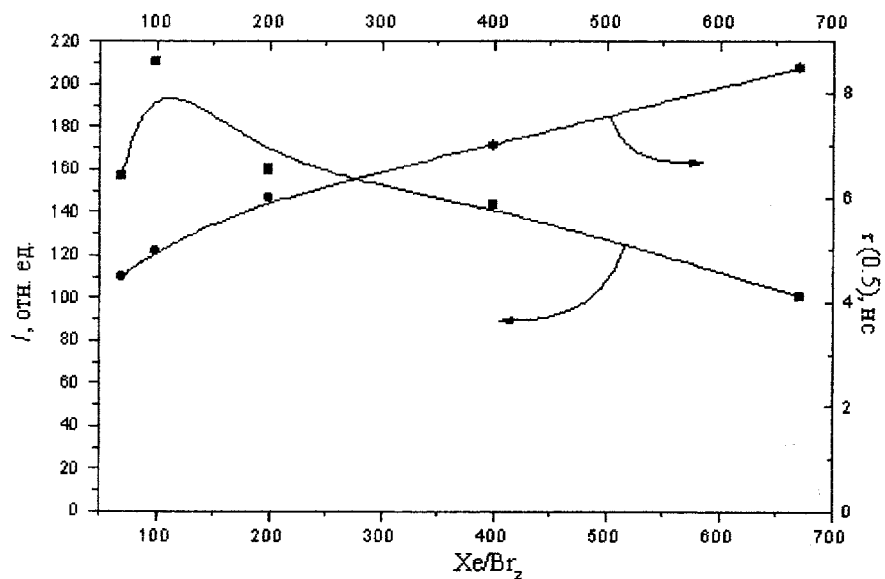


Рис. 5. Интенсивность излучения и длительность импульса XeBr-эксимерной лампы на полувысоте при различных соотношениях Xe/Br₂ и общем давлении 1 атм

– с ростом общего давления смеси длительность излучения сокращается, а разряд переходит от формы «филаменты + объемное свечение» в жесткую форму.

Была проведена оценка импульсной мощности излучения ХеВr-эксилампы для смеси Хе/Вr₂ = 200/1 и давления 510 Торр. Она составила 105 кВт, что соответствует удельной импульсной мощности 724 Вт/см².

Таким образом, в настоящей работе впервые удалось реализовать ХеВr-эксилампу с высокой импульсной мощностью и короткой длительностью импульса. Наименьшая величина τ_{0,5} была получена в смеси Хе/Вr₂ = 70/1 при общем давлении 1 атм и составляла 4,5 нс. Импульсная мощность излучения может быть увеличена при увеличении размера эксилампы. Срок службы рабочей смеси барьерной лампы потенциально высок, поскольку её электроды не контактируют с рабочей смесью, как в [2 – 4, 6].

Работа выполнена при финансовой поддержке НТЦ «Реагент» (договор № 222/2005).

Использованные источники

1. Источники спонтанного ультрафиолетового излучения: физика процессов и экспериментальная техника / М.И. Ломаев, А.Н.Панченко, Э.А. Соснин, В.Ф. Тарасенко. – Томск: Томский государственный университет, 1999. – 108 с.
2. Мощная широкоапертурная эксиплексная лампа/Б.А. Коваль [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 1992. – №4. – С. 244–245.
3. Гаврилова, Т.В., Аверьянов, В.П. Импульсная лампа с повышенной яркостью ультрафиолетового излучения // Оптический журнал. – 1995. – №9. – С. 59–61.
4. Excimer lamp pumped by a triggered discharge / S. Bollanti [et al.] // IEEE Transactions and Plasma Science. – 1999. – V. 27, No1. – P. 211–218.
5. Импульсная КrСl-эксилампа с плотностью мощности 1 кВт/см² / М.В. Ерофеев [и др.] // Журнал технической физики. – 2001. – Т.71, №10. – С. 137–140.
6. Tarasenko, V.F. [et al.] // Proc. of SPIE's Int. Symp. on Laser Applications in Microelectronic and Optoelectronic Manufacturing. – 2001. – V.4274, №6. – P. 484–489.