

04;07

Отпаянные эффективные эксилампы, возбуждаемые емкостным разрядом

© М.И. Ломаев, В.С. Скакун, Э.А. Соснин,
В.Ф. Тарасенко, Д.В. Шитц

Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск

Поступило в Редакцию 15 июня 1999 г.

Сообщается о создании отпаянных ХеСl ($\lambda \sim 308$ nm), КrСl ($\lambda \sim 222$ nm) и ХеI ($\lambda \sim 253$ nm) эксиламп, возбуждаемых емкостным высокочастотным разрядом. Показано, что при возбуждении емкостным разрядом достигаются высокие эффективности излучения эксиплексных молекул, а излучатель имеет простую конструкцию. Получена средняя мощность излучения 3 W при КПД $\sim 12\%$ и время жизни отпаянных эксиламп более 1000 часов.

1. В настоящее время значительно усилился интерес к созданию источников спонтанного УФ и ВУФ излучения новых типов, в частности эксиламп [1–14], и их применению в различных областях науки и техники [11,14]. Наиболее высокие эффективности для ХеСl ($\lambda \sim 308$ nm) и КrСl ($\lambda \sim 222$ nm) эксиламп достигаются при малых давлениях рабочей смеси и низких удельных мощностях возбуждения тлеющим разрядом [2–13]. Максимальные КПД были получены в непрерывном режиме или при возбуждении импульсами большой длительности (десятки μ s и более) в положительном столбе тлеющего разряда низкого давления [7] или в поднормальном тлеющем разряде (высоковольтном тлеющем разряде) [10]. Однако в отпаянных эксилампах тлеющего разряда время жизни рабочей смеси ограничено из-за контакта рабочей смеси, содержащей хлор, с электродами, температура которых при работе значительно повышается, особенно в эксилампах с высокой средней мощностью излучения. Так, при средней мощности излучения 100 W и электродах эксилампы из нержавеющей стали время жизни смеси не превышало 1 часа и ее приходилось периодически заменять [11]. При уменьшении средней мощности излучения более чем на порядок, использовании балластного объема и электродов из никеля удалось получить время жизни рабочей смеси 100 часов [3], что также явно

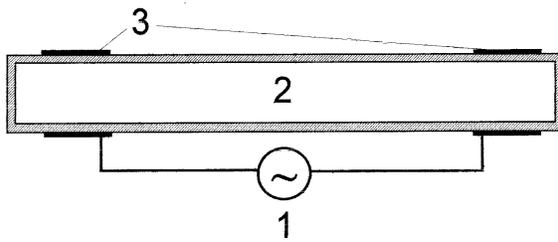


Рис. 1. Конструкция излучателя высокочастотного емкостного разряда. 1 — генератор возбуждения, 2 — объем с рабочей смесью, 3 — электроды.

недостаточно для многих практических применений. С другой стороны, известно, что в лампах повышенного давления (~ 1 ат.), возбуждаемых барьерным разрядом, в которых рабочая смесь контактирует только с кварцевой колбой эксилампы, удается получить время жизни рабочей смеси более 1000 часов [14], но при этом эффективность излучения обычно в четыре раза ниже, чем при возбуждении поднормальным тлеющим разрядом.

В данной работе впервые сообщается о создании эффективных, отпаянных, цилиндрических эксиламп низкого давления, возбуждаемых высокочастотным емкостным разрядом, в которых время жизни рабочей смеси составляет более тысячи часов, а излучатель имеет очень простую конструкцию. Отметим, что барьерный разряд также является одним из типов емкостного разряда и что цилиндрическая геометрия использовалась ранее при накачке CO_2 лазеров низкого давления емкостным разрядом.

2. Конструкция излучателя эксилампы, возбуждаемой емкостным разрядом, показана на рис. 1. Применялись цилиндрические трубки диаметром от 2 до 4 см и длиной до 40 см. Электроды размещались на внешней поверхности трубок при расстоянии между ними от 2 до 38 см, а их длина при этом могла изменяться от 1 до 19 см.

Возбуждение рабочих смесей осуществляли тремя генераторами синусоидальных импульсов, мощность которых составляла 20, 35 и 55 W, а частота следования импульсов 22 кГц. Амплитуда напряжения на газоразрядных нагрузках в одинаковых условиях по составу рабочей смеси могла регулироваться и не превышала 4 kV.

Величины тока и напряжения измеряли омическим шунтом и делителем напряжения, сигналы с которых подавались на двухлучевой осциллограф С8-17. Среднюю мощность излучения в заданном интервале длин волн определяли с помощью вакуумного фотодиода ФЭК-22 СПУ с известной спектральной чувствительностью в видимой и ультрафиолетовой областях спектра, сигнал с которого подавался на импульсный вольтметр или осциллограф С8-17.

3. В работе были получены следующие результаты. В смесях инертных газов с галогенидами (хлор и иод в данной работе) легко реализуется при низких давлениях рабочей смеси объемный высокочастотный разряд, излучающий с высокой эффективностью на $B-X$ переходах эксиплексных молекул. Оптимальное давление зависело от состава смеси, расстояния между электродами, диаметра и составляло от долей mm Hg до нескольких mm Hg , что совпадает с областью рабочих давлений в эксилампах тлеющего разряда [2–13]. Соотношения компонентов рабочей смеси также близко для хлорсодержащих смесей к используемым в тлеющем разряде. На рис. 2 представлены зависимости мощности излучения и КПД от величины произведения давления на расстояние между электродами (pd) для эксиплексных молекул XeCl^* и KrCl^* . Видно, что эффективность излучения соответствует получаемой при возбуждении тлеющим разрядом. Длительность импульса излучения зависит также от состава и давления смеси, расстояния между электродами и рабочего напряжения, величины площади электродов, диаметра кварцевой трубки. Например, для XeI — эксилампы диаметром 4 см с расстоянием между электродами 9 см, при давлении смеси 10 mm Hg длительность отдельных импульсов излучения соответствовала каждому из полупериодов тока разряда и составляла $\sim 20 \mu\text{s}$.

Спектральные характеристики излучения XeCl и KrCl -эксиламп аналогичны спектральным характеристикам, получаемым при возбуждении тлеющим разрядом. Ширина полосы излучения молекул XeI^* ($\lambda \sim 253 \text{ nm}$) составила 2 nm и также соответствовала получаемой нами в тлеющем разряде. Однако эффективность излучения молекул XeI^* была ниже примерно в пять–десять раз как при возбуждении емкостным разрядом, так и тлеющим.

Основными преимуществами возбуждения емкостным разрядом, по сравнению с тлеющим, является простая конструкция излучателя,

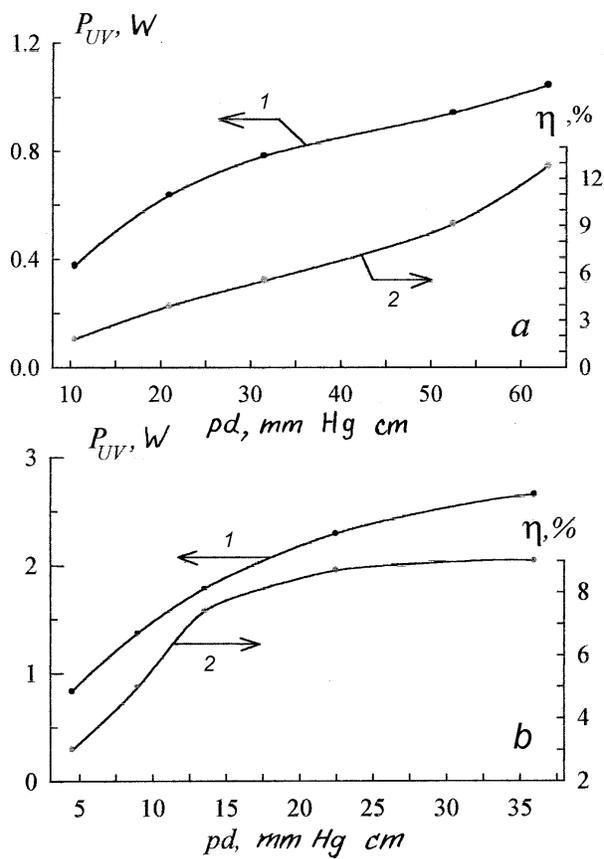


Рис. 2. Зависимости средней мощности излучения и КПД от произведения давления смеси на ее давление для KrCl (a) и XeCl (b) эксимерных ламп. 1 — смесь Kr:Cl₂ = 8:1 при давлении 4.2 mm Hg, 2 — смесь Xe:Cl₂ = 8:1 при давлении 1.8 mm Hg.

отсутствие контакта рабочей смеси с электродами и существенное увеличение срока службы отпаянных эксимерных ламп. Испытания, которые еще не окончены в настоящее время, показали, что ресурс работы смеси отпаянной эксимерной лампы превышает 1000 часов.

По сравнению с возбуждением барьерным разрядом емкостной разряд позволяет реализовать более однородное возбуждение (отсутствуют отдельные филаменты), получать более узкие полосы излучения и более эффективно вводить энергию в рабочую смесь при низких давлениях и соответственно получать более высокие эффективности УФ излучения "от розетки".

4. В заключение отметим, что в данной работе впервые созданы отпаянные цилиндрические ХеСl ($\lambda \sim 308 \text{ nm}$), КгСl ($\lambda \sim 222 \text{ nm}$) и ХеI ($\lambda \sim 281 \text{ nm}$) эксилампы низкого давления, возбуждаемые высокочастотным емкостным разрядом, излучатель которых имеет очень простую конструкцию. На ХеСl и КгСl-эксилампах получены высокие эффективности излучения в УФ области спектра ($\sim 12\%$) и средние мощности излучения ($\sim 3 \text{ W}$, при рабочем объеме 250 cm^3). Время жизни отпаянных ХеСl и ХеI эксиламп составило более 1000 часов.

Список литературы

- [1] Коваль Б.А., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф. и др. // ПТЭ. 1992. № 4. С. 244–245.
- [2] Головицкий А.П. // Письма в ЖТФ. 1992. Т. 18. В. 8. С. 73–76.
- [3] Головицкий А.П., Кан С.Н. // Оптика и спектроскопия. 1993. Т. 75. № 3. С. 604–609.
- [4] Панченко А.Н., Соснин Э.А., Скакун В.С. и др. // Письма в ЖТФ. 1995. Т. 21. В. 21. С. 47–51.
- [5] Voichenko A.M., Panchenko A.N., Tarasenko V.F. et al. // Laser Physics. 1995. N 5. P. 1112–1115.
- [6] Ломаев М.И., Панченко А.Н., Скакун В.С. и др. // Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9. № 2. С. 199–206.
- [7] Бойченко А.М., Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф. и др. // Квантовая электроника. 1996. Т. 23. № 5. С. 417–419.
- [8] Панченко А.Н., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф. // ЖТФ. 1997. Т. 67. В. 4. С. 78–82.
- [9] Головицкий А.П., Лебедев С.В. // Оптика и спектроскопия. 1997. Т. 82. № 2. С. 251–255.
- [10] Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф. // Оптика и спектроскопия. 1998. Т. 84. № 3. С. 389–392.
- [11] Lomaev M.I., Panchenko A.N., Skakun V.S. et al. // Laser and Particle Beams. 1998. V. 15. N 2. P. 241–246.

- [12] *Ломаев М.И., Панченко А.Н., Соснин Э.А.* и др. // ЖТФ. 1998. Т. 68. № 2. С. 64–68.
- [13] *Panchenko A.N., Sosnin E.A., Tarasenko V.F.* // Opt. Comm. 1999. V. 166. P. 249–252.
- [14] *Arnold E., Dreiskemper R., Reber S.* // Proc. of the 8th Int. Symp. on Science and Technol. of Light Sources (LS-8), Graifswald, Germany. 30.08–03.09.98. IL 12. P. 90-98.