

04;07;12

©1995

МОЩНЫЕ КОАКСИАЛЬНЫЕ ЭКСИЛАМПЫ СО СРЕДНЕЙ МОЩНОСТЬЮ БОЛЕЕ 100 ВТ

*А.Н.Панченко, В.С.Скакун, Э.А.Соснин,
В.Ф.Тарасенко, М.И.Ломаев*

1. Источники спонтанного излучения на основе эксимерных и эксиплексных молекул (эксилампы), излучающие в сравнительно узких спектральных диапазонах в области длин волн 120–350 нм [1–7], могут найти широкое применение для организации различных фотохимических процессов вместо кварцевых ртутных и ксеноновых дуговых ламп, так как обладают большей спектральной плотностью мощности излучения в УФ и ВУФ областях. В данной работе сообщается о создании $KrCl^*$ ($\lambda \sim 222$ нм), Cl_2^* ($\lambda \sim 258$ нм) и $HeCl^*$ ($\lambda \sim 308$ нм) эксиламп со средней мощностью излучения до 130 Вт. Источником излучения служит плазма тлеющего разряда пониженного давления. Данный тип разряда ранее [3,6] был использован для накачки цилиндрических эксиламп, где в смесях с Cl_2 на молекулах $HeCl^*$ и $KrCl^*$ была достигнута мощность излучения ~ 8 Вт при КПД по вложенной энергии до 12%. Нам удалось более чем на порядок увеличить среднюю мощность излучения $HeCl$ и $KrCl$ эксиламп.

2. Конструкция излучателя эксилампы тлеющего разряда была подобна описанной в [7]. Излучатель включал две коаксиально расположенные трубки из кварцевого стекла высокого качества с пропусканием на $\lambda = 222$ нм $T > 90\%$. По торцам трубок располагались электроды. Длина межэлектродного зазора равнялась 35 см, зазор между трубками составлял 2.5–8.5 мм при внешнем диаметре разрядной области 60 мм (разрядный объем 160–560 см³). Для охлаждения через внутреннюю трубку прокачивалась вода. Катод также охлаждался водой. На анод одевался медный радиатор.

В эксилампе использовались смеси $He-Cl_2$, $Kr-Cl_2$, $He-Cl_2$ или чистый Cl_2 при общем давлении не более 20 Тор. Смесь готовилась в отдельном смесителе.

Эксилампа подключалась к источнику постоянного тока. Ток разряда варьировался в пределах 1–400 мА, вкладываемая мощность не превышала 1 кВт.

Для определения мощности излучения эксилампы измерялся световой поток с 1 см² ее поверхности [8]. При

этом излучающая площадка считалась точечным источником света, равномерно светящим во все стороны. Измерения проводились при установке фотодиода ФЭК-22СПУ на расстоянии 20 см от эксилампы. Фотодиод предварительно откалибровали на $\lambda = 222$ и 308 нм КгСl и ХеСl лазерами. Мощность излучения затем рассчитывалась с учетом площади излучающей поверхности и распределения мощности излучения по длине эксилампы. Доля ультрафиолета в излучении эксилампы определялась при помощи светофильтров. Спектры излучения регистрировались монохроматором МДР-23 с решеткой 1200 штр/мм и фотоумножителем ФЭУ-100, сигнал с которого через усилитель подавался на графопостроитель.

3. Проведенные исследования показали, что тлеющий разряд в эксилампе, как и в [2,6], имеет две стадии горения. Для первой стадии характерно напряжение горения $U_2 \geq 6$ кВ при токе не более 2–3 мА. При этом наблюдается равномерное свечение всего активного объема и одинаковая мощность излучения с единицы площади разряда по всей длине эксилампы. Излучаемая мощность в этой стадии разряда составляла 2–3 Вт и оставалась постоянной в течение длительного времени. Наиболее устойчиво данная стадия разряда реализовывалась при малом зазоре между кварцевыми трубками эксилампы, ~ 2.5 мм.

При увеличении тока разряд в эксилампе скачком переходил во вторую стадию, в которой напряжение горения падало примерно в два раза, ток увеличивался на два порядка. В этой фазе разряд мог занимать как часть, так и весь рабочий объем эксилампы. Ширина разрядной области увеличивалась с ростом тока разряда и уменьшением давления смеси. В смесях Хе-Сl₂ ширина разряда была больше, чем в смесях Кг-Сl₂, Не-Сl₂ и в чистом Сl₂.

В созданных эксилампах мощность во второй стадии разряда, в отличие от [6], незначительно уменьшалась от анода к катоду и только в области катода наблюдалось ее резкое падение (рис. 1, а).

Спектральные характеристики излучения лампы исследовались в обеих стадиях разряда. В смесях Хе-Сl₂ и Кг-Сl₂ наблюдаются полосы В-Х и D-Х молекул ХеСl* и КгСl* и полоса излучения молекул Сl₂* ($\lambda \sim 258$ нм). Доли излучения в области 190–240 нм для смеси Кг-Сl₂ и в области 230–310 нм для смеси Хе-Сl₂ достигали 80% от общей мощности излучения эксилампы. В смеси Не-Сl₂ и в чистом Сl₂ доля излучения с $\lambda < 270$ нм составляла 70–80% в обеих стадиях разряда. Во второй стадии разряда доля излучения молекул Сl₂* в смеси Кг-Сl₂ уменьшалась.

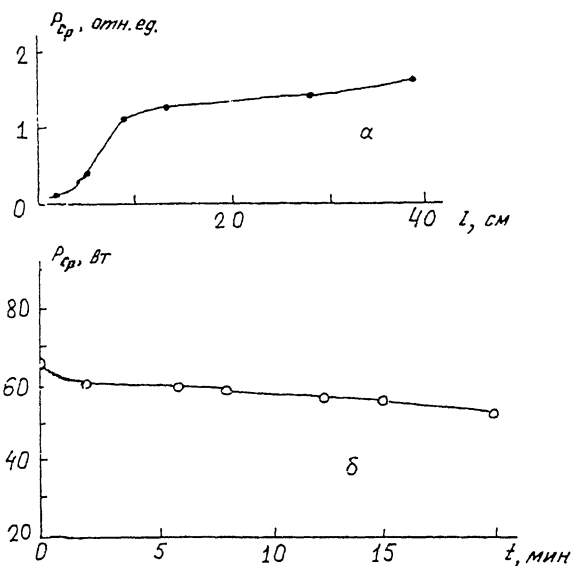


Рис. 1. Распределение средней мощности излучения на $\lambda \sim 222$ нм по длине трубки. Анод расположен справа (а); зависимость средней мощности излучения на $\lambda \sim 222$ нм от времени работы на одной порции смеси Кг:Сл=1:1 при суммарном давлении 3 Тор (б).

На рис. 2 приведены зависимости средней мощности лампы и КПД от вводимой в разряд мощности для смесей Кг-Сл₂, Хе-Сл₂ и Не-Сл₂. Мощность излучения возрастала с увеличением тока разряда и достигала 130 Вт в области $\lambda \sim 222$ нм и 110 Вт в области $\lambda \sim 308$ нм, а КПД

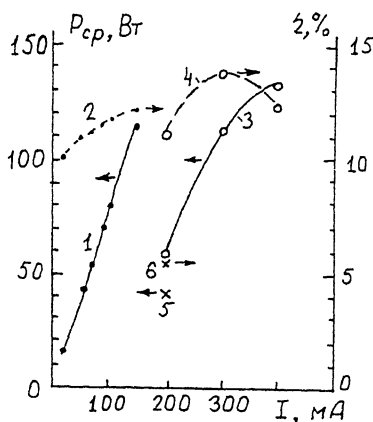


Рис. 2. Зависимость средней мощности излучения (1, 3, 5) и КПД (2, 4, 6) от тока разряда: 1, 2 — $\lambda \sim 308$ нм, смесь Хе:Сл₂=3:1, $p = 3$ Тор; 3, 4 — $\lambda \sim 222$ нм, Кг:Сл₂=10:1, $p = 6$ Тор; 5, 6 — $\lambda \sim 258$ нм, Не:Сл₂=1:1, $p = 6$ Тор.

KrCl-эксилампы достигал 14%. Для смеси He-Cl₂ излучаемая мощность составила ~40 Вт при КПД ~6%. Отметим, что напряжение горения разряда для XeCl-эксилампы было примерно в 2 раза больше, чем для KrCl-эксилампы.

На рис. 1, б приведена зависимость средней мощности излучения от времени работы KrCl-эксилампы на одной порции смеси. Благодаря охлаждению водой внутренней кварцевой трубки и катода средняя мощность излучения (~60 Вт) слабо изменяется во времени.

4. Таким образом, в настоящей работе, по-видимому, впервые сообщается о создании KrCl, XeCl и Cl₂ эксиламп со средней мощностью излучения 130, 110 и 40 Вт соответственно. Максимальная эффективность для KrCl-эксилампы составила ~14%. Высокие эффективности эксиламп с накачкой тлеющим разрядом низкого давления обусловлены большой скоростью образования KrCl* и XeCl* молекул в смесях с Cl₂ за счет гарпунной реакции. Можно прогнозировать возможность создания XeCl и KrCl эксиламп со средней мощностью излучения ≥ 1 кВт при накачке тлеющим разрядом за счет более эффективного охлаждения разрядной области и за счет увеличения размера рабочей области эксилампы. Можно рекомендовать применение тлеющего разряда для создания эксиламп, использующих рабочие смеси с фтором, бромом и йодом, а также с бромидами и хлоридами ртути [9].

Список литературы

- [1] Kumagai H., Obara M. // Appl. Phys. Lett. 1989. V. 55. N 15. P. 1583-1584.
- [2] Gellert B., Kogelschatz U. // Appl. Phys. B. 1991. V. 51. N 1. P. 14-21.
- [3] Головицкий А.П. // Письма в ЖТФ. 1992. Т. 18. В. 8. С. 73-76.
- [4] Кузнецов А.А., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., Фомин Е.А. // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. В. 5. С. 1-5.
- [5] Voichenko A.M., Skakun V.S., Tarasenko V.F., Fomin E.A., Yakovlenko S.I. // Laser Physics. 1993. V. 3. N 4. P. 838-843.
- [6] Головицкий А.П., Кан В.С. // Опт. и спектр. 1993. Т. 75. В. 3. С. 604-609.
- [7] Визурь В.А., Скакун В.С., Смородов Г.В., Соснин Э.А., Тарасенко В.С., Фомин Е.А. // Квант. электрон. 1995. Т. 22. № 5. С. 519-522.
- [8] Импульсные источники света. М., 1978. 472 с.
- [9] Furusawa H., Okada S., Obara M. // Appl. Phys. Lett. 1995. V. 66. P. 1877-1879.

Институт сильноточной
электроники СО РАН
Томск

Поступило в Редакцию
28 июня 1995 г.