

02;04;07;12

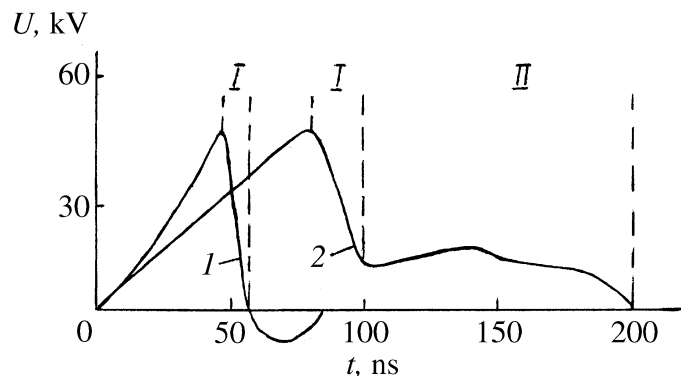
## **Возможности увеличения и управления длительностью импульсов излучения газоразрядных лазеров**

© А.И. Федоров

Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск  
E-mail: lfmi@asd.tomsk.su*Поступило в Редакцию 4 июля 2001 г.*

Приведены результаты экспериментальных исследований по увеличению и управлению длительностью импульсов излучения молекулярных лазеров за счет применения квазистационарного ввода энергии накачки в активные среды. Показано, что согласование параметров источника питания и газоразрядной плазмы активных сред ХеСl, N<sub>2</sub> и СО<sub>2</sub>-лазеров за счет квазистационарного режима накачки, стабилизированного УФ-излучением, позволяет изменять и управлять длительностью импульсов излучения.

Возможность повышения эффективности молекулярных газоразрядных лазеров высокого давления за счет увеличения и управления длительностью импульсов излучения является актуальной проблемой для многих прикладных задач. Известно, что от режима возбуждения рабочих молекул зависят как удельные энерговклады, так и удельные энергосъемы, а соответственно и длительность импульсов излучения, в частности для ХеСl-лазера [1–7]. Повышение удельных энерговкладов приводит к развитию неустойчивостей разряда, связанных в основном с перегревом активной среды (для быстрого режима накачки) и развитием неустойчивости, появляющейся в газовой среде и (или) на поверхности электродов (для квазистационарного режима накачки). Исследования ХеСl-лазера с квазистационарным разрядом накачки показали, что их длительность зависит как от типа электродов разрядного промежутка (металлические, плазменные или металлический и плазменный) [8], так и от времени воздействия УФ-предыонизации, стабилизирующей активную среду [5–7]. Считается, что одной из основных причин развития неустойчивости разряда является трудность согласования импедансов источника питания и разрядной плазмы активной среды. Одним из перспективных способов стабилизации самостоятельных разрядов на-

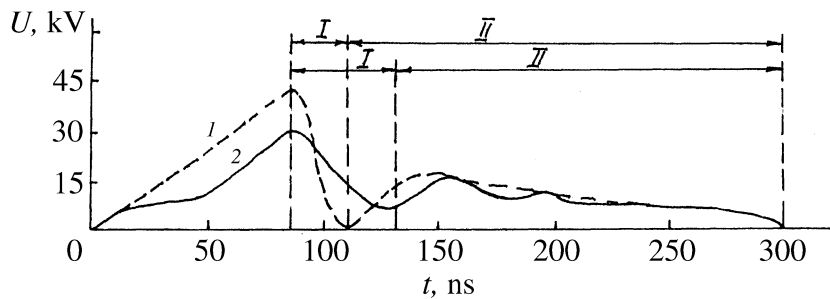


**Рис. 1.** Осциллограммы напряжения на плазме в смесях (He)Xe:HCl=10:1 (3 Torr) при давлении 3 ат и зарядном напряжении 30 кВ для двухконтурной схемы питания с автоматической искровой УФ-предыонизацией: 1 —  $C_1 = 10$  нФ и 2 —  $C_1 = 60$  нФ при  $C_2 = 10$  нФ; I — быстрая и II — квазистационарная стадия разряда.

качки можно считать применение квазистационарного режима питания с самосогласующим источником УФ-излучения (коронным, искровым или плазменным разрядом), действующим в течение всего разряда.

В данной работе приведены экспериментальные результаты исследований возможности увеличения и управления длительностью импульсов излучения молекулярных лазеров за счет применения квазистационарного ввода энергии накачки в активные среды, стабилизированные УФ-излучением.

В экспериментах использовалась двухконтурная схема питания с автоматической искровой УФ-предыонизацией, аналогичной установке, описанной в работе [4]. Нами исследовались разрядные и энергетические параметры излучения на молекулах XeCl, N<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>. На рис. 1 приведены осциллограммы напряжения на плазме разрядного промежутка XeCl-лазера в зависимости от параметров контуров питания. Особенностью квазистационарного режима накачки является наличие двух стадий разряда: быстрой (I) и квазистационарной (II). Так как УФ-предыонизация была включена в накопительный контур питания, ее длительность определялась величиной емкости накопительного контура питания ( $C_1$ ) при постоянной емкости обстреливающего контура питания



**Рис. 2.** Осциллограммы напряжения на плазме в смесях (He):Xe:HCl = 20:1 (1.5 Torr) при давлении 2 atm и зарядном напряжении 30 kV для двухконтурной схемы питания с автоматической плазменной УФ-предыонизацией для разрядных промежутков: плазменные электроды (1) или металлический и плазменный электроды (2) при  $C_2 = 5$  nF и  $C_1 = 30$  nF; I — быстрая и II — квазистационарная стадии разряда.

( $C_2$ ), равной 10 nF. В случае (1), когда  $C_2 = C_1 = 10$  nF, длительность быстрой стадии разряда (I) равнялась 10 ns с последующей контракцией разряда, которой соответствовало отрицательное значение напряжения на плазме. В случае (2), когда  $C_2 = 10$  nF и  $C_1 = 60$  nF, длительность быстрой стадии разряда (I) равнялась 20 ns, которая плавно переходила в квазистационарную стадию разряда (II). При этом общая длительность объемного разряда равнялась более 100 ns. Контракция разряда наблюдалась лишь в конце квазистационарной стадии разряда. Следовательно, переход от быстрой к квазистационарной стадии разряда может протекать без контракции разряда. При короткой длительности УФ-предыонизации объемные и электродные неустойчивости перекрывают рабочий промежуток. УФ-предыонизация, действующая в течение всего разряда, не позволяет развиваться объемной и электродной неустойчивостям, стабилизируя их, поэтому быстрая стадия разряда плавно переходит в квазистационарную. При этом длительность быстрой стадии может увеличиваться почти в два раза, согласно рис. 1. Аналогичная ситуация нами ранее наблюдалась для квазистационарного режима питания с автоматической плазменной УФ-предыонизацией [8]. Так, на рис. 2 приведены осциллограммы напряжения на плазме разрядных промежутков в виде двух плазменных электродов (1) или металлического и плазменного электродов (2) в смесях He:Xe:HCl. Плазменный

электрод, обеспечивающий УФ-предыонизацию в течение всего разряда, ограничивал контракцию разряда, хотя на металлическом электроде наблюдались анодные пятна. Критерием отсутствия контракции разряда в быстрой стадии (*I*) можно считать спад напряжения на плазме до нулевого значения с последующим переходом в квазистационарную стадию (*II*). Наличие двух плазменных электродов увеличивало интенсивность УФ-предыонизации, соответственно снижало пробивное напряжение на плазме и почти вдвое увеличивало длительность быстрой стадии разряда (*I*). В этом случае отсутствовали объемные и электродные неустойчивости в разрядном промежутке. Аналогичные исследования по изменению длительности быстрой или квазистационарной стадии разряда были проведены для активных сред  $N_2$  и  $CO_2$ -лазеров.

За счет стабилизации самостоятельных квазистационарных разрядов накачки УФ-предыонизацией (коронным, искровым или плазменным разрядами) нами были получены импульсы излучения для ХеСl-лазера от 5 до 400 ns [2,5,6]. Режим квазистационарной накачки, обеспечивающий управляемое перераспределение ввода энергии в активную среду для быстрой и квазистационарной стадий разряда, позволял контролировать форму получаемых импульсов излучения [5]. Применение квазистационарного режима накачки для  $CO_2$ -лазера позволяло плавно изменять длительность импульсов излучения от 0.15 до 2.5  $\mu s$  и показать возможность реализации пиковой мощности излучения до 10 MW за импульс за счет быстрой стадии разряда [9]. А для  $N_2$ -лазера длительность импульсов излучения увеличивалась от 5 до 20 ns [9–11]. Известно, что  $N_2$ -лазеры (337 nm) на самоограниченных переходах работают лишь в режиме быстрой накачки с импульсами излучения порядка 5 ns. Увеличение длительности импульсов излучения можно обеспечить увеличением длительности быстрой стадии разряда и его переходом в квазистационарную стадию без контракции разряда, т.е. использованием квазистационарной стадии разряда в качестве самосогласующего элемента для импедансов источника питания и разрядной плазмы. Следовательно, устранение ранней контракции разряда позволяет в несколько раз увеличивать длительность импульсов излучения  $N_2$ -лазера.

Таким образом, предлагаемый способ согласования и управления параметрами источника питания и газоразрядной плазмы молекулярных лазеров за счет квазистационарного режима накачки активных сред, стабилизированных УФ-излучением, позволяет увеличивать и управлять длительностью импульсов излучения.

## Список литературы

- [1] *Тарасенко В.Ф., Федоров А.И.* // Изв. вузов. Физика. 1981. № 2. С. 15–19.
- [2] *Бычков Ю.И., Мельченко С.В., Месяц Г.А.* и др. // Квант. электрон. 1982. Т. 9. № 12. С. 2423–2431.
- [3] *Taylor R.C.* // Appl. Phys. 1986. В. 41. Р. 1–24.
- [4] *Федоров А.И., Бричков С.А.* // Опт. атм. 1989. Т. 2. № 7. С. 772–775.
- [5] *Федоров А.И.* // Опт. атм. и океан. 1997. Т. 10. № 11. С. 1274–1284.
- [6] *Федоров А.И.* // Опт. атм. и океан. 2000. Т. 13. № 11. С. 1056–1067.
- [7] *Федоров А.И.* // Письма в ЖТФ. 2000. Т. 26. В. 14. С. 71–77.
- [8] *Федоров А.И., Мельченко С.В.* // ЖТФ. 1990. Т. 60. В. 4. С. 105–110.
- [9] *Федоров А.И., Тихамиров С.И., Жунусов Б.А.* // Опт. атм. 1989. Т. 2. № 9. С. 1003–1005.
- [10] *Федоров А.И.* // Опт. атм. и океан. 1995. Т. 8. № 11. С. 1664–1668.
- [11] *Федоров А.И.* // Опт. атм. и океан. 1998. Т. 11. № 2–3. С. 135–140.