

А.И. Федоров

Газовые лазеры высокого давления, возбуждаемые самостоятельным самоподдерживающимся разрядом

Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск

Поступила в редакцию 6.01.2004 г.

Приведены результаты экспериментальных исследований по накачке газовых лазеров самостоятельным разрядом, управляемым УФ- или X-предыонизацией или несамостоятельным разрядом. Показаны основные способы получения объемных самостоятельных самоподдерживающихся разрядов накачки большой длительности для ХеСl-, КгСl-, КгF- и СО₂-лазеров. Определены условия получения длительных импульсов генерации, связанные с выбором компонент буферного газа, с режимами работы УФ-предыонизации и режимами ввода энергии в активные среды.

Для газоразрядных лазеров высокого давления актуальна проблема получения импульсов генерации большой длительности с высокими удельными параметрами излучения для прикладных задач. Возбуждение активных сред лазеров в основном осуществляется быстрым разрядом высокого давления. Это связано с контракцией разряда из-за объемной и электродной неустойчивостей. Соответственно реализуются короткие импульсы излучения.

В данной статье рассматриваются особенности получения самостоятельных самоподдерживающихся разрядов возбуждения большой длительности для газовых лазеров высокого давления. В результате проведенных исследований с использованием ХеСl-лазера был предложен и реализован квазистационарный режим возбуждения для эксимерных лазеров, обеспечивающий их высокую эффективность и длинные импульсы генерации.

В начале 70-х гг. авторами работ [1, 2] была показана возможность использования для импульсных газовых лазеров электрической схемы накачки с двумя источниками питания. Она была применена для СО₂-лазера низкого давления. Обострительный источник питания высокого напряжения обеспечивал пробой газовой среды и генерацию начальной концентрации электронов, необходимых для поддержания объемного разряда. Накопительный источник питания низкого напряжения поддерживал на электродах соответствующую величину E/P , которая обеспечивала колебательное возбуждение молекул СО₂ на верхний лазерный уровень. При этом ионизация активной среды была минимальной. Этот способ накачки не нашел широкого применения для СО₂-лазеров высокого давления из-за неоптимальных условий возбуждения.

В 1977 г. нами для ХеСl- и ХеF-лазеров [3, 4] и авторами работы [5] для ХеF- и КгF-лазеров была показана возможность получения импульсов генерации длительностью более 100 нс при использо-

вании дополнительного искрового источника УФ-предыонизации. Нами впервые была применена идея использования двух источников питания для накачки эксимерных лазеров [3, 4, 6]. На рис. 1 приведена двухконтурная электрическая схема накачки с автоматической искровой УФ-предыонизацией для ХеСl-лазера [3, 4]. Роль обострительного источника питания выполняла емкость распределенных конденсаторов (C_p), а накопительного источника питания — распределенная емкость ($C_s \geq 2C_p$).

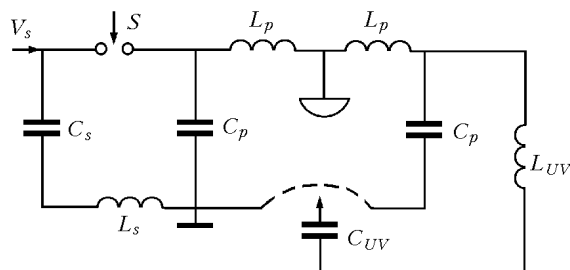


Рис. 1. Электрическая двухконтурная схема питания с автоматической искровой УФ-предыонизацией: C_p — обострительная емкость источника питания; C_s — накопительная емкость источника питания; S — искровой коммутатор

Искровая предыонизация осуществлялась через развязывающие конденсаторы (C_{UV}). Запоздывание основного разряда относительно импульса предыонизации не превышало 100 нс. Нами впервые были получены объемные разряды возбуждения с буферными газами Аг и Не длительностью до 200 и 400 нс соответственно [4]. Было показано, что основная энергия в активную среду вкладывалась в квазистационарной стадии разряда (рис. 2).

Полученные результаты указывали на возможность получения нового эффективного режима возбуждения ХеСl-лазера с учетом квазистационарной

стадии разряда. Обострительный контур питания обеспечивал высоковольтный предварительный импульс возбуждения.

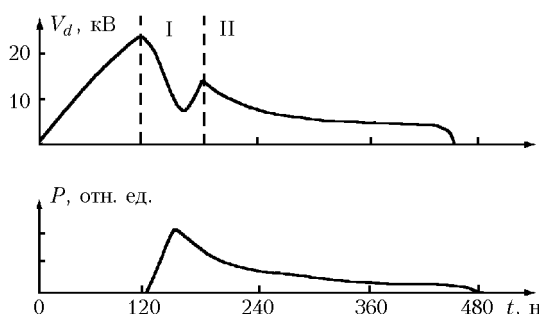


Рис. 2. Осциллограммы импульсов напряжения на промежутке и интенсивности спонтанного излучения в смеси He:Xe:CCl₄ при давлении 1 атм и $V_s = 30$ кВ

На рис. 3 приведена эквивалентная электрическая схема питания с постоянной УФ-предыонизацией для данного режима возбуждения эксимерных лазеров. В качестве УФ-предыонизации использовались искровые [3], коронные [6] или плазменные [7] разряды. Конструктивное исполнение плазменных электродов приведено в работах [8–12].

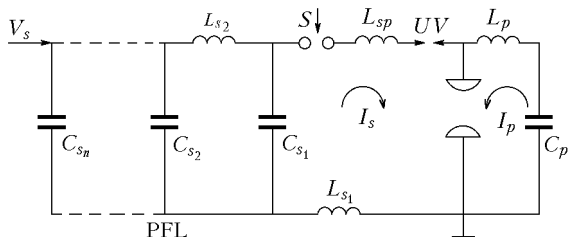


Рис. 3. Эквивалентная электрическая схема питания с автоматической искровой или плазменной УФ-предыонизацией для квазистационарного режима возбуждения эксимерных лазеров при условии $I_d = I_p + I_s$, импульсная формирующая линия (PFL) равна емкости C_s

Особенность работы схемы питания заключалась в том, что первый короткий импульс возбуждения обеспечивал генерацию излучения, а затем переходил в основной импульс возбуждения за счет энергии, оставшейся в накопительном источнике питания. Было показано, что для реализации данного режима возбуждения соотношение емкостей источников питания должно удовлетворять следующему условию: $C_s/C_p \geq 5$ [6]. При этом накопительный источник должен быть выполнен в виде распределенной емкости или электрической линии из LC-элементов [9–12]. Общий ток разряда соответствовал сумме токов обострительного и накопительного источников питания ($I_d = I_p + I_s$). Активная среда лазера возбуждалась как в быстрой, так и в квазистационарных стадиях разряда, контролируемых УФ-предыонизацией [9–16]. Было показано, что форма импульсов излучения связана с параметрами источника питания и добротностью резонатора [14–16].

Характерные особенности разрядных и оптических параметров излучения для XeCl-лазера, воз-

буждаемого самостоятельным самоподдерживающимся разрядом (ССР), приведены на рис. 4.

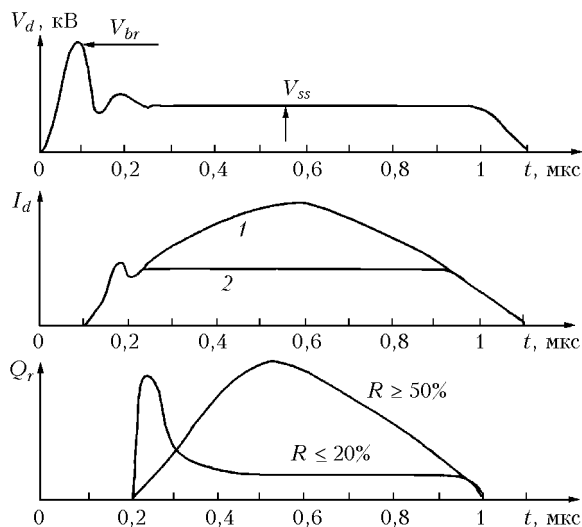


Рис. 4. Типичные характеристики напряжения на промежутке, разрядного тока и мощности излучения для ССР квазистационарного режима возбуждения XeCl-лазера; R – коэффициент отражения выходного зеркала резонатора

Для напряжения ССР отличительными характеристиками являются два параметра. Это напряжение пробоя V_{br} самостоятельного разряда и самоподдерживающееся напряжение V_{ss} в квазистационарной стадии разряда. Для тока ССР отличительной характеристикой является используемый способ возбуждения. Это аperiодический (1) или квазистационарный (2) режим работы источника питания. Наиболее устойчивый и продолжительный режим существования ССР реализуется при аperiодическом характере развития разрядного тока, что обусловлено особенностями активных сред эксимерных молекул. В противоположность этому для CO₂-лазера характерен квазистационарный режим развития разрядного тока. Нами этот режим возбуждения был назван «квазистационарным», так как основная энергия вкладывалась в квазистационарной стадии разряда. Этот способ возбуждения, по сравнению со способом, продемонстрированным в работах [1, 2], отличается тем, что использовался дополнительный источник УФ-предыонизации, а квазистационарное напряжение основного источника питания выбиралось из оптимальных условий возбуждения самоподдерживающимся разрядом. Амплитуда напряжения поддержания квазистационарного разряда обеспечивалась на уровне, достаточном для ионизации активной среды, уравнивая процессы прилипания и рекомбинации электронов. Эти процессы контролировались УФ-предыонизацией. Были найдены условия перехода быстрого разряда в самоподдерживающийся разряд, т.е. в ССР возбуждения.

Традиционно для CO₂-лазеров высокого давления используется буферный газ гелий. Предыонизация обеспечивает необходимую начальную кон-

центрацию электронов в промежутке для поддержания объемного разряда возбуждения. Буферный газ понижает температуру активной среды при высоких энерговкладах и при частотных режимах работы лазера. Частично аналогичная ситуация выполняется для эксимерных лазеров, возбуждаемых быстрым разрядом.

Существенно меняется роль буферного газа и источника УФ-предыонизации при реализации квазистационарного режима возбуждения [3, 15–19]. В эксимерных лазерах буферные газы He, Ne, Ar или добавки Ar к буферным газам He или Ne влияют на образование начальной концентрации электронов в разряде, а также и на функцию распределения электронов по энергиям. Соответственно изменяются каналы образования рабочих молекул и оптимальные условия их возбуждения [15, 18, 20, 21]. Было показано, что для XeCl-лазера с буферными газами Ar или Ne удельные параметры излучения зависят от энергии, затрачиваемой на УФ-предыонизацию. При этом длительность импульсов излучения определялась временем воздействия УФ-предыонизации на активную среду [16, 18, 19]. Следовательно, квазистационарный режим возбуждения – это один из эффективных способов получения ССР большой длительности. Так как объемный разряд поддерживался УФ-предыонизацией, создаваемой плазменными электродами или искровыми промежутками, их можно квалифицировать как самостоятельные разряды, управляемые УФ-предыонизацией [10, 14–16, 18, 19]. Нами впервые были получены для XeCl-лазера импульсы излучения 250 нс с энергией 0,5 Дж при кпд, равном 1,4% [11], и ССР возбуждения длительностью 1 мкс [12]. Результаты наших исследований были подтверждены авторами работы [13], в которой для аналогичного лазера с плазменными электродами получены импульсы излучения длительностью 1 мкс.

Фактически данный режим возбуждения был реализован авторами [22]. В качестве УФ-предыонизации применялся источник рентгеновского излучения. Длительность воздействия X-излучения на активную среду XeCl-лазера превышала время горения самостоятельного разряда. Наиболее наглядно квазистационарный режим возбуждения был продемонстрирован в работе [23], в которой показана возможность увеличения кпд лазера до 4,2%. Авторы применили два независимых источника питания на водяных линиях, включаемых на лазерный промежуток через малоиндуктивные коммутаторы (рис. 5).

В качестве предыонизатора использовался источник X-излучения. Ими такая схема питания была названа электроразрядным способом накачки с предварительным импульсом возбуждения. В данном случае высоковольтный предыонизирующий импульс был эквивалентен обострительному импульсу, используемому нами для квазистационарного режима возбуждения. Этот способ квазистационарного режима возбуждения можно характеризовать как самостоятельный разряд, поддерживаемый несамостоятельным разрядом возбуждения.

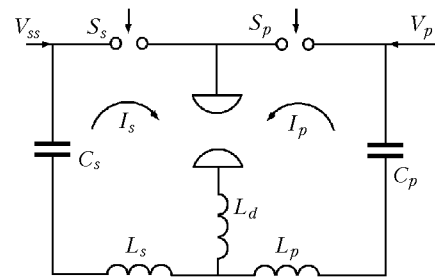


Рис. 5. Электрическая схема возбуждения с двумя независимыми источниками питания: C_p – емкость источника предварительного импульса возбуждения; C_s – емкость накопительного источника возбуждения; S_p и S_s – искровые коммутаторы [23]

Возможность работы лазера в частотном режиме ограничивалась малоиндуктивными коммутаторами. Авторы работы [24] для формирования предыонизирующего импульса возбуждения применили магнитный ключ. Накопительный источник питания подсоединялся непосредственно к лазерным электродам, что является существенным недостатком данного способа возбуждения. В качестве предыонизатора использовался KrF-лазер. Позже авторами была показана возможность увеличения импульсов излучения XeCl-лазера до 2 мкс [25].

Наиболее успешное применение квазистационарного режима возбуждения было продемонстрировано в работе [26] для частотного режима работы лазера. Авторы к источнику питания, обеспечивающему квазистационарный способ возбуждения, подключали через магнитный коммутатор дополнительный источник питания (накопительный) (рис. 6) в виде распределенной формирующей линии [12].

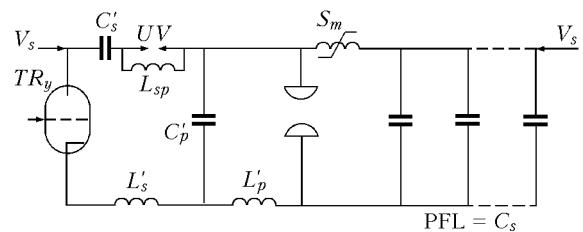


Рис. 6. Электрическая схема возбуждения с тиратронным (TR_y) и магнитным (S_m) коммутаторами, дополнительным накопительным источником питания (PFL) и автоматической искровой УФ-предыонизацией [26]

В этом случае была снята проблема нахождения электродов под постоянным напряжением и увеличена длительность времени ввода энергии в основной разряд. Ими была показана возможность получения энергии 1 Дж с длительностью импульсов излучения 275 нс при частоте их следования 220 Гц. Использование аналогичной системы накачки с коронной предыонизацией, которая могла контролировать оба источника питания, позволило авторам работы [27] получить среднюю мощность 505 Вт с длительностью импульсов излучения 340 нс при частоте их следования 505 Гц.

В работе [28] с предыонизатором X-излучения был реализован максимальный КПД для XeCl-лазера, равный 5%, с энергией 0,28 Дж и длительностью импульсов излучения 400 нс. Авторами работ [29, 30] было предложено использование второго магнитного коммутатора в цепи предварительного импульса возбуждения. Ими были детально исследованы различные типы коммутаторов, используемых для данного режима возбуждения эксимерных лазеров. Основные результаты по реализации способов квазистационарного режима возбуждения и получения длинных оптических импульсов излучения связаны с XeCl-лазером. Это объясняется его высоким коэффициентом усиления при относительно невысоких удельных мощностях накачки самостоятельным разрядом [31].

Нами были сформулированы общие требования по реализации данного режима возбуждения для эксимерных лазеров: 1) формирование 2–3-кратного перенапряжения на промежутке за времена ≤ 100 нс; 2) формирование быстрой стадии разряда за времена ≤ 100 нс при мощности накачки ≥ 1 МВт/см³; 3) поддержание мощности накачки в разряд на уровне $\leq 0,2$ МВт/см³ в течение времени более 100 нс; 4) плотность разрядного тока ≤ 200 А/см² в зависимости от выбора буферного газа. Эти требования можно распространять на другие типы газовых лазеров высокого давления [16, 19].

Нами впервые показана возможность эффективного применения данного режима возбуждения для CO₂-лазера [32]. Были получены импульсы генерации длительностью до 2,5 мкс с энергией 2,5 Дж и КПД, равным 8%. Наши результаты были подтверждены в работе [33]. Авторы получили импульсы излучения длительностью 5 мкс с энергией 4,5 Дж и КПД 10%. Максимальный КПД для CO₂-лазера в настоящее время соответствует 22% с энергией излучения 5 Дж за импульс [34]. В качестве высоковольтного предварительного импульса возбуждения можно использовать индуктивный накопитель энергии [35]. Авторами [35] получен КПД лазера 17% с энергией 3 Дж за импульс. Исследования CO₂-лазера показали, что данный режим возбуждения можно эффективно применять в лазерах высокого давления для повышения КПД и длительности импульсов излучения.

Более жесткие требования предъявляются к режимам возбуждения для эксимерных фторидных молекул, например, KrF, ArF и т.д. Это связано как с трудностями получения самостоятельного объемного разряда возбуждения большой длительности, так и с сильной зависимостью для этих молекул коэффициента усиления от удельных мощностей накачки [31]. Ранее в работе [36] было продемонстрировано преимущество быстрого режима возбуждения для молекул KrF, XeCl, KrCl. Авторами была получена энергия излучения 0,25; 0,1; 0,1 Дж и длительность импульсов излучения по основанию 30; 60; 60 нс соответственно. Преимущество квазистационарного режима возбуждения для KrF-лазера было продемонстрировано автором работы [37]. Используя двухконтурную схему пи-

тания с автоматической коронной предыонизацией, он получил импульсы генерации длительностью до 80 нс с энергией 3,7 мДж с управляемой апертурой излучения. В работе [26] была показана возможность получения импульсов излучения длительностью до 200 нс с энергией 0,2 Дж и частотой их следования 220 Гц с помощью автоматической искровой предыонизации и дополнительного накопительного источника питания. Максимальный КПД KrF-лазера, равный 1%, получен в работе [38] при длительности импульсов излучения на полувысоте 170 нс с энергией 0,08 Дж.

Квазистационарный режим возбуждения был также успешно применен для KrCl-лазера [39]. Авторы получили импульсы излучения длительностью 185 нс с энергией 0,12 Дж и КПД 0,75%. Максимальная энергия 0,65 Дж при длительности импульсов излучения 90 нс и КПД 0,65% была получена в работе [40].

В настоящее время для более коротковолновых эксимерных молекул ArCl ($\lambda = 175$ нм) и ArF ($\lambda = 193$ нм) получена длительность оптических импульсов излучения не более 15–30 нс. Она может быть существенно увеличена для востребованных задач за счет квазистационарного режима возбуждения.

На основании анализа работ, посвященных данному методу возбуждения, делается вывод о возможности дальнейшего повышения эффективности его применения для газовых лазеров высокого давления.

1. Reilly J.P. // J. Appl. Phys. 1972. V. 43. P. 3411.
2. Hill A.E. // Appl. Phys. Lett. 1973. V. 22. P. 670.
3. Федоров А.И., Тарасенко В.Ф., Бычков Ю.И. Электронный лазер на смеси Ar:Xe:CCl₄ // Письма в ЖТФ. 1978. Т. 4. Вып. 3. С. 132–135.
4. Тарасенко В.Ф., Тельнов В.А., Федоров А.И. XeCl-лазер, возбуждаемый разрядом с интенсивной предыонизацией // Изв. вузов. Физ. 1979. № 6. С. 91–93.
5. Rothe D.E. and Gibson R.A. Analysis of spark-irradiated large volume XeF and KrF discharge laser // Opt. Commun. 1977. V. 22. N 3. P. 265–268.
6. Тарасенко В.Ф., Федоров А.И. Характеристики электроразрядного XeCl-лазера // Изв. вузов. Физ. 1981. № 2. С. 15–19.
7. Бычков Ю.И., Коновалов И.Н., Лосев В.Ф., Месяц Г.А., Рыжов В.В., Тарасенко В.Ф., Федоров А.И., Шемякина С.Б., Ястремский А.Г. Эксимерные лазеры на молекулах XeF* и XeCl* // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1978. Т. 42. № 12. С. 2493–2498.
8. Тарасенко В.Ф., Федоров А.И., Грузинский В.В., Данилова В.И., Копылова Т.Н. Генерация фенилбензаксазола и его замещенных при накачке излучением электроразрядного XeCl-лазера с плазменным катодом // Изв. вузов. Физ. 1980. № 8. С. 121–122.
9. Бычков Ю.И., Мельченко С.В., Тарасенко В.Ф., Федоров А.И. Характеристики плазмы в электродных эксимерных лазерах // Тез. докл. X Сибирского совещания по спектроскопии. Томск, 1981. С. 18.
10. Бычков Ю.И., Мельниченко С.В., Месяц Г.А., Тарасенко В.Ф., Федоров А.И. Квазистационарный режим накачки XeCl-лазера при возбуждении самостоятельным разрядом // Тез. докл. на IV Междунар. конф. «Лазеры-81». Новый Орлеан, 1981. С. 9.

11. Бычков Ю.И., Мельченко С.В., Тарасенко В.Ф., Федоров А.И. Квазистационарная генерация в смеси Ne:Xe:HeCl при возбуждении электрическим разрядом // Квант. электрон. 1982. Т. 9. № 7. С. 1481–1483.
12. Бычков Ю.И., Мельченко С.В., Месяц Г.А., Суслов А.И., Тарасенко В.Ф., Федоров А.И., Ястремский А.Г. Квазистационарный режим возбуждения электроразрядных эксиплексных лазеров // Квант. электрон. 1982. Т. 9. № 12. С. 2423–2431.
13. Мельченко С.В., Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф. Электроразрядный XeCl-лазер с длительностью импульса излучения 1 мкс // Квант. электрон. 1984. Т. 11. № 7. С. 1490–1492.
14. Федоров А.И. Эксимерные электроразрядные лазеры с автоматической искровой предыонизацией // Оптика атмосф. и океана. 1997. Т. 10. № 11. С. 1274–1284.
15. Федоров А.И. Экспериментальные исследования разрядов с автоматической коронной предыонизацией в XeCl-лазерах // Оптика атмосф. и океана. 2000. Т. 13. № 11. С. 1056–1067.
16. Федоров А.И. Импульсные газовые лазеры, возбуждаемые самостоятельным разрядом с автоматической предыонизацией: Автореф. докт. дис. Новосибирск, 2002. 26 с.
17. Костин М.Н., Тарасенко В.Ф., Федоров А.И. Объемный разряд с поверхности диэлектрика в Ag и смесях Ag с Xe и CCl₄ // Ж. техн. физ. 1980. Т. 50. Вып. 6. С. 1227–1230.
18. Федоров А.И. Влияние буферного газа аргона и УФ-предыонизации на параметры излучения электроразрядного XeCl-лазера // Письма в ЖТФ. 2000. Т. 26. Вып. 14. С. 71–77.
19. Федоров А.И. Возможности увеличения и управления длительностью импульсов излучения газоразрядных лазеров // Письма в ЖТФ. 2001. Т. 27. Вып. 24. С. 52–56.
20. Sze R.C. Rare-gas halide avalanche discharge lasers // IEEE J. Quantum Electron. 1979. V. 15. N 12. P. 1338–1347.
21. Hiramatsu M. and Goto T. An account of excitation mechanism of discharge-pumped XeCl laser using Ne/Ar diluent // The Review of Laser Engineering. 1988. V. 16. N 7. P. 26–33.
22. Levatter J.I., Robertson K.L., Lin Sh.-Ch. Long pulse behavior of the avalanche/self-sustained discharge pumped XeCl laser // Appl. Phys. Lett. 1981. V. 39. N 4. P. 297–299.
23. Long W.H., Plummer Jr. M.J., Stappaerts E.A. Efficient discharge pumping of an XeCl laser using a high-voltage prepulse // Appl. Phys. Lett. 1983. V. 43. N 8. P. 735–737.
24. Taylor R.S., Leopold K.E. Magnetically induced pulse laser excitation // Appl. Phys. Lett. 1985. V. 46. N 4. P. 335–337.
25. Taylor R.S., Leopold K.E. Microsecond duration optical pulses from a UV-preionized XeCl laser // Appl. Phys. Lett. 1985. V. 47. N 2. P. 81–83.
26. Mckee T.J., Boyd G., Znotins T.A. A high-power long pulse excimer laser // IEEE Photon. Technol. Lett. 1989. V. 1. N 3. P. 59–61.
27. Sato Y., Inoue M., Haruta K., Nagai H., and Murai Y. High repetition rate operation of a long pulse excimer laser // Appl. Phys. Lett. 1994. V. 64. N 6. P. 679–680.
28. Gerritsen J.W., Keet A.L., Ernst G.J., and Witteman W.J. High-efficiency operation of a gas discharge XeCl laser using a magnetically induced resonant voltage overshoot circuit // J. Appl. Phys. 1990. V. 67. P. 3517–3519.
29. Delaporte Ph., Taylor R.S. and Leopold K.E. Comparison of the diode, switch, and overshoot modes of magnetic-spiker excitation // J. Appl. Phys. 1993. V. 73. N 11. P. 7093–7101.
30. Taylor R.S., Leopold K.E. Magnetic-spiker excitation of gas-discharge lasers // Appl. Phys. B. 1994. V. 59. P. 479–508.
31. Watanabe Sh., Watanabe M. and Endoh A. High repetition long pulse XeCl laser with a coaxial ceramic pulse-forming line // Rev. Sci. Instrum. 1986. V. 57. N 12. P. 2970–2973.
32. Федоров А.И., Тухомиров С.И., Жунов Б.А. Импульсный CO₂-лазер // Оптика атмосф. 1989. Т. 2. № 9. С. 1003–1005.
33. Bhadani P.K., Harrison R.G. Efficient long pulse TE-CO₂ laser using magnetic-spiker excitation // Rev. Sci. Instrum. 1992. V. 63. N 12. P. 5543–5545.
34. Bhadani P.K., Sylvan A., Harrison R.G. Efficient helium-free multi-joule TE-CO₂ laser using spiker-sustainer excitation // Rev. Sci. Instrum. 1992. V. 63. N 1. P. 71–74.
35. Бакум Е.Х., Орловский В.М., Панченко А.Н., Тарасенко В.Ф. Эффективный электроразрядный CO₂-лазер с предымпульсом, формируемым генератором с индуктивным накопителем энергии // Письма в ЖТФ. 1998. Т. 24. Вып. 4. С. 57–61.
36. Sze R., Scott P.B. Intense lasing in discharge excited noble-gas monochlorides // Appl. Phys. Lett. 1978. V. 33. N 5. P. 419–421.
37. Sze R. Inductively stabilized rare-gas halide minilaser for long-pulsed operation // J. Appl. Phys. 1983. V. 54. N 3. P. 1224–1227.
38. Taylor R.S., Leopold K.E. Ultralong optical-pulse corona preionized XeCl laser // J. Appl. Phys. 1989. V. 65. N 1. P. 22–29.
39. Hueber J.M., Fontaine B.L., Bernard N., Forestier B.M., Sentis M.L., Delaporte Ph.C. Long pulse KrCl excimer laser at 222 nm // Appl. Phys. Lett. 1992. V. 61. P. 2269–2271.
40. Panchenko A.N., Tarasenko V.F. Maximum performance of discharge-pumped exciplex laser at $\lambda = 222$ nm // IEEE J. Quantum Electron. 1995. V. 31. N 7. P. 1231–1236.

A.I. Fedorov. High pressure gas lasers excited by an avalanche self-sustained discharge.

The paper presents the results of experimental investigations on pumping of gas lasers by an avalanche discharge, sustained by UV or X-ray preionization, or by a nonavalanche discharge. Basic methods are shown for obtaining volume avalanche self-sustained discharges of long-duration pumping for XeCl, KrCl, KrF and CO₂ lasers. The conditions are determined for generating long-duration pulses connected with selecting components of buffer gas, regimes of operation of UV preionization and modes of energy introduction to active media.