

Е.С. Коваленко, А.Е. Мандель, В.М. Орловский, В.А. Панарин, С.Н. Шарангович

ГЕНЕРАЦИЯ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ В МАЛОГАБАРИТНЫХ CO₂-ЛАЗЕРАХ С ОТПАЯННЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭЛЕКТРОНОВ

Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск

Поступила в редакцию 2.09.99 г.

Приводятся данные о формировании импульсов излучения наносекундной длительности в режиме синхронизации мод для малогабаритного CO₂-лазера с источником электронов отпаянного типа. Для газовой смеси CO₂:N₂ = 1:1 атмосферного давления получена генерация пачки импульсов с длительностью отдельных импульсов ~1 нс, энергией 50 мДж и частотой повторения 4 Гц.

В последнее время получили развитие малогабаритные электроионизационные CO₂-лазеры с источником электронов отпаянного типа. Эти лазеры, обладающие сравнительно низкой энергией, но высокой компактностью, нашли широкое применение в таких областях, как дальнометрия, локация, дистанционный анализ газов, медицина и т.д. Широкий круг применений накладывает целый ряд требований к энергетическим и временным характеристикам таких лазеров.

В данной статье приведены результаты исследования генерации ультракоротких импульсов в CO₂-лазерах с разрядом, инициируемым потоком электронов наносекундной длительности.

Длительность излучения в электроионизационных CO₂-лазерах определяется, в значительной мере, режимом формирования импульсов излучения. При больших длительностях накачки ($t > 10^{-5}$ с) мощность излучения фактически следует за соответствующими параметрами объемного разряда. При меньших t на форму и длительность излучения оказывает влияние эффект «включения», т.е. за время от начала накачки до появления заметного оптического сигнала значительная энергия накапливается на верхнем лазерном уровне, опустошение которого сопровождается формированием мощного пика излучения. В этом случае характеристики излучения зависят от размера и состава активной среды, давления, мощности и длительности накачки, длины и добротности резонатора. Длительность излучения в таком режиме возбуждения в зависимости от названных параметров может изменяться в диапазоне 10^{-8} – 10^{-4} с [1,2]. При синхронизации мод такой лазер генерирует импульсы излучения, длительность которых может составлять 10^{-9} – 10^{-10} с.

Установка для исследования формирования импульсов наносекундной длительности приведена на рис. 1. Активная среда CO₂:N₂ = 1:1 объемом 0,7×1,5×12 см и давлением 1 атм создавалась в процессе импульсного самостоятельного разряда, инициируемого потоком электронов длительностью 10 нс и током 600 А от четырех параллельно соединенных вакуумных диодов (ИМА-150 Э). Питание диодов осуществлялось от стандартного рентгеновского аппарата МИРА-3Д. Напряжение на газовом промежутке могло составлять порядка 50 кВ при емкости накопительной батареи 15 нФ [3]. Активная среда была ограничена плоским стальным зеркалом 1 с одной стороны и пластиной ZnSe 3, выставленной под углом Брюстера.

Резонатор лазера был образован стальным зеркалом и зеркалом 5, выполненным из пластины германия с многослойным покрытием, обеспечивающим коэффициент отражения 94%. Зеркало располагалось на микрометрическом столике, что позволяло менять базу резонатора в небольших пределах.

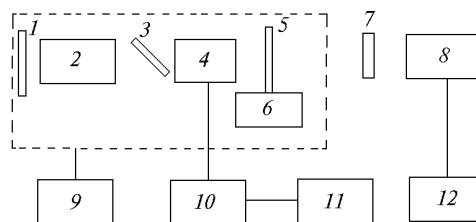


Рис. 1. Функциональная схема установки: 1 – стальное зеркало; 2 – активная среда; 3 – пластина ZnSe; 4 – АОМ; 5 – выносное зеркало; 6 – микрометрический столик; 7 – линза NaCl; 8 – фотоприемник; 9 – блок питания; 10 – генератор ВЧ ГЗ-19; 11 – частотомер ЧЗ-34А; 12 – скоростной осциллограф

Для реализации режима синхронизации мод внутри резонатора лазера помещался акустооптический модулятор 4, выполненный из кристалла германия размером 10×10×20 мм. Возбуждение стоячих ультразвуковых волн в кристалле германия осуществлялось генератором с помощью пьезопреобразователя, выполненного из пластины ниобата лития среза Y+35 и толщиной 60 мкм. Пьезопреобразователь приклеивался к звукопроводу с циакрином. Частота подводимого к модулятору высокочастотного напряжения контролировалась частотомером. Излучение лазера в экспериментах распространялось в направлении [1 1 0] кристалла германия, ультразвуковая волна – в направлении [1 1 0] кристалла. Максимальное значение эффективности дифракции света 20% на 1 Вт, подводимой к модулятору мощности, достигалось в диапазоне ультразвуковых частот 42–47 МГц. Для уменьшения потерь, вносимых модулятором в резонатор лазера, на грани кристалла германия были нанесены просветляющие покрытия.

В качестве приемника лазерного излучения 9 использовался фотоприемник ФП-1 на основе кристалла германия, сигнал с которого поступал на скоростной осциллограф 12 типа С9-4А. Форма и длительность импульсов генерации лазера фиксировались на фотопленку с экрана осциллографа. Предел разрешения приемной аппаратуры составлял величину порядка 0,2 нс.

Для реализации режима синхронизации мод необходимо совпадение частоты модуляции и частоты межмодовых биений лазера. В процессе эксперимента точная подстройка осуществлялась небольшим изменением базы резонатора путем перемещения в малом интервале выносного зеркала резонатора.

При выключенном модуляторе наблюдался режим самосинхронизации мод, обусловленный высокой нелинейностью активной среды. Типичная осциллограмма излучения лазера в этом режиме приведена на рис. 2 (кривая 2). Ультракороткие импульсы в режиме самосинхронизации мод нестабильны как по длительности, так и по амплитуде.

При включении акустооптического модулятора АОМ наблюдался режим вынужденной самосинхронизации мод. Типичная осциллограмма излучения лазера в этом режиме приведена на рис. 2 (кривая 3). В режиме вынужденной синхронизации мод существенно стабилизируется длительность импульсов генерации. Величина длительности ультракоротких импульсов в пачке составляла порядка 1,2 нс при хорошей повторяемости результатов.

Поскольку длительность ультракороткого импульса в пачке обратно пропорциональна его спектральной ширине, то можно оценить число мод, выходящих в генерацию в режиме вынужденной синхронизации. В данном эксперименте их было шесть.

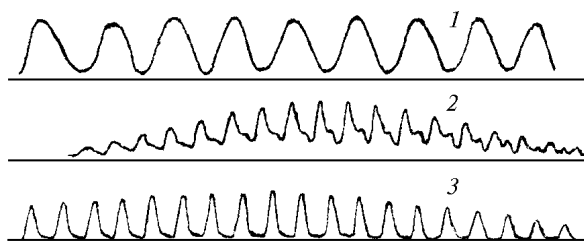


Рис. 2. Осциллограммы: 1 – генератор меток, период 10 нс; 2 – импульс излучения при выключенном АОМ; 3 – импульс излучения при включенном АОМ

В оптимальном режиме для малогабаритного CO₂-лазера с источником электронов отпаянного типа получена генерация пачки импульсов с длительностью отдельных импульсов на полувывоте около 1 нс, суммарной энергией 50 мДж и частотой повторения 4 Гц.

1. Карпов В.М., Конев Ю.Г., Орловский В.М. и др. // Квантовая электроника. 1988. Т. 15. N 3. С. 465–470.
2. Бычков Ю.И., Кудряшов В.П., Курбатов Ю.А. и др. // Журнал технической физики. 1979. Т. 49. Вып. 7. С. 1572–1574.
3. Бычков Ю.И., Орловский В.М., Осипов В.В. и др. // Приборы и техника эксперимента. 1983. N 5. С. 185–186.

E.S. Kovalenko, A.E. Mandel, V.M. Orlovskii, B.A. Panarin, S.N. Sharangovich. **Generation of Nanosecond Radiation Pulses by Small-Scale CO₂-Lasers with Sealed off Source of Electrons.**

The data on formation of ns radiation pulses in small-scale CO₂-laser with sealed off e-beam source in the mode-locked mode are presented. A series of radiation pulses with individual pulse duration of ~1 ns, energy of 50 mJ and repetition rate of 4 Hz are obtained in the gas mixture CO₂:N₂ = 1:1 at a pressure of 1 atm.