

А.И. Федоров, С.И. Тихомиров, Б. А. Жунусов

ИМПУЛЬСНЫЙ CO_2 -ЛАЗЕР

Приведены результаты исследования генерации на молекулах CO_2 и N_2 в системе, используемой для накачки эксимерных молекул самостоятельным разрядом. Получена энергия излучения 2,5 Дж в смеси $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He} = 2:4:6$ при давлении 0,6 атм с КПД ~8% от запасаемой энергии.

Широкое использование CO_2 -лазерных систем в решении научных и технологических проблем выдвигает в настоящее время задачу создания новых или совершенствования известных методов управления характеристиками лазерного излучения. Следует отметить, что CO_2 -лазеры представляют особый интерес для решения многих задач зондирования атмосферы [1], лазерной фотохимии [2], диагностики газовых сред [3] и т. д.

В работе представлены результаты исследований энергетических и временных характеристик CO_2 и N_2 -лазера, возбуждаемого самостоятельным разрядом. Эксперименты проводились на эксимерном лазере. Его конструктивные особенности, система возбуждения и параметры излучения описаны в работе [4]. Активный объем межэлектродного промежутка соответствовал $2,5 \times 1 \times 70 \text{ см}^3$. Максимальная энергия, запасаемая в накопительной емкости, соответствовала 30 Дж. Система подсветки представляла собой два симметричных ряда по 20 искровых промежутков, зажигаемых при зарядке обострительной емкости. Резонатор состоял из плоского зеркала с золотым покрытием и плоскопараллельной пластины из КРС-6. В резонаторе для УФ-излучения на молекуле использовалось плоское зеркало с алюминиевым покрытием и плоскопараллельная кварцевая пластина. Энергия излучения измерялась калориметром ИМО-2Н. Форма импульсов излучения регистрировалась на осциллографе С8-14 с помощью фотоприёмника ФП-3 или ФЭК-22СПУМ. Осциллографирование тока разряда с обострительной емкости и напряжения на промежутке производилось с помощью малоиндуктивного шунта сопротивлением 0,1 Ом и делителя напряжения.

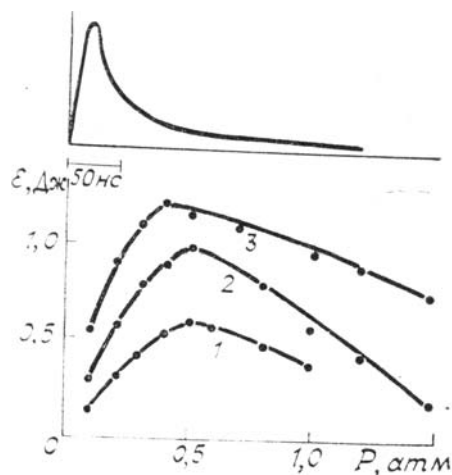


Рис. 1. Зависимости энергии излучения для смеси осциллограммы газов $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He}=1:1:\text{N}$ от содержания гелия и величины зарядного напряжения: 1 — 20; 2 — 25; 3 — 30 кВ, вверху — импульс излучения в безгелиевой смеси $\text{CO}_2:\text{N}_2=4:1$

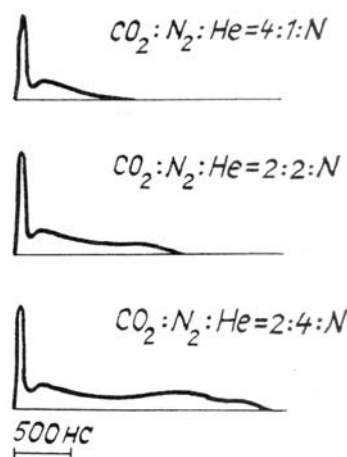


Рис. 2. Типичные излучения для газовых смесей при $P = 0,6 - 1$ атм $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He}$

На рис. 1 приведены зависимости энергии излучения для смеси газов $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He}=1:1:\text{N}$ от содержания гелия и величины зарядного напряжения. В данном случае и во всех последующих экспериментах одна часть газовой компоненты соответствовала 38 мм рт. ст. Максимальная энергия излучения наблюдалась при $U_0 = 30$ кВ. С ростом рабочего напряжения линейно увеличивалась энергия излучения до давления 0,4 атм. Короткие импульсы излучения CO_2 -лазера можно получать в безгелиевых смесях с малым содержанием азота, на это направлены усилия многих исследователей. Однако такие условия реализуются лишь в системах с интенсивной однородной предыонизацией и короткими импульсами накачки. Так, в работах [5, 6] в малогабаритных CO_2 -лазерах были получены им-

пульсы излучения на полувысоте от 30 до 70 нс с энергией излучения до 0,29 Дж. Дальнейшее увеличение энергии излучения при коротких импульсах излучения CO_2 -лазеров (в безгелиевых смесях) возможно лишь в устройствах с высокой скоростью ввода энергии в разряд, например, в системах эксимерных лазеров. Вверху приведена осциллограмма импульса излучения в безгелиевой смеси $\text{CO}_2:\text{N}_2 = 4:1$. Время запаздывания импульса излучения относительно разрядного тока соответствовало ~ 300 нс. Длительность импульса излучения на полувысоте была — 50 нс. С ростом рабочего давления за счет He общая длительность импульса излучения достигала 1 мкс (рис. 2).

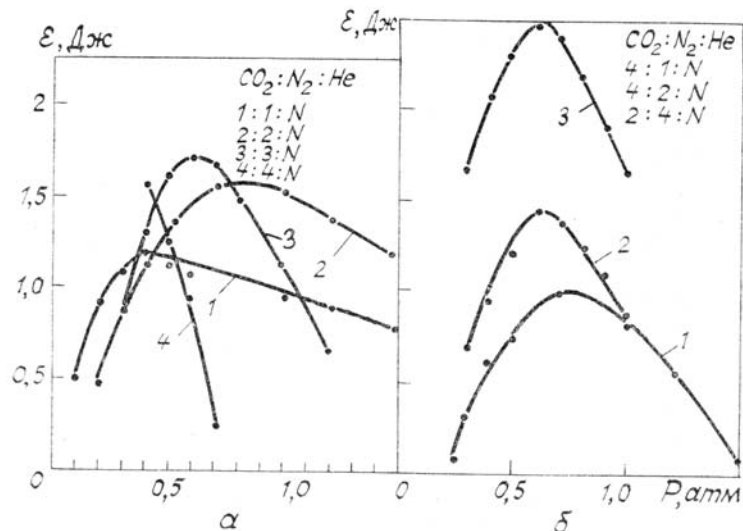


Рис. 3. Оптимальные зависимости энергии излучения от содержания CO_2 , N_2 (а) и N_2 (б) и суммарного рабочего давления смеси при $U_0 = 30$ кВ

На рис. 3, а приведены зависимости энергии излучения от содержания CO_2 , N_2 и суммарного рабочего давления смеси при $U_0 = 30$ кВ. Максимальная энергия излучения в безгелиевой смеси наблюдалась при соотношении $\text{CO}_2:\text{N}_2 = 4:4$. Дальнейшее увеличение давления газовых компонент приводило к срыву генерации из-за неустойчивости горения разряда. Данная ситуация наблюдалась также для смеси $\text{CO}_2:\text{N}_2 = 4:4$ при увеличении содержания He. Оптимальной смесью оказалось соотношение $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He} = 3:3:6$ при 0,6 атм. На рис. 3, б даны зависимости энергии излучения газовых смесей при разном соотношении CO_2 и N_2 в зависимости от суммарного рабочего давления. С ростом содержания N_2 возрастает энергия излучения. Максимальная энергия излучения 2,5 Дж при полном КПД $\sim 8\%$ наблюдалась в смеси $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He} = 2:4:6$ при 0,6 атм. Полученные результаты хорошо иллюстрируют типичные осциллограммы излучения (рис. 2) в зависимости от соотношения газовых компонент. Длительность импульса излучения возрастает с 1 до 2,5 мкс с увеличением содержания N_2 . Расходимость излучения для плоского резонатора равнялась 3×4 мрад.

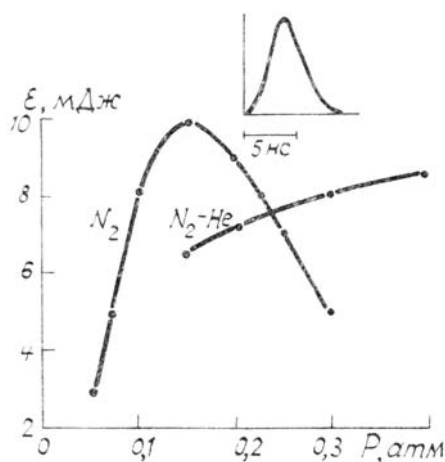


Рис. 4. Зависимости энергии излучения от содержания N_2 и He; вверху — импульс излучения N_2 -лазера

Кроме того, нами были проведены исследования УФ-излучения на N_2 ($\lambda = 337,1$ нм). На рис. 4 приведены зависимости энергии излучения от давления N_2 и He. Максимальная энергия излучения

наблюдалась при $N_2 \sim 0,15$ атм. При добавлении He к 0,1 атм N_2 энергия излучения снижалась, но диапазон рабочих давлений расширялся. Максимум импульса излучения соответствует максимуму разрядного тока. Длительность импульса излучения на полувысоте равнялась ~ 5 нс, а пиковая мощность излучения ~ 2 МВт.

В заключение отметим, что в эксимерной лазерной системе возможно получение коротких импульсов излучения на молекулах CO_2 и N_2 . Длительность импульсов излучения CO_2 -лазера можно регулировать за счет изменения соотношения газовых компонент.

1. Зуев В.Е., Землянов А.А., Копытин Ю.Д. Нелинейная оптика атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 256 с.
2. Летохов В.С. Нелинейные селективные фотопроцессы в атомах и молекулах. М.: Наука, 1983. 408 с.
3. Андреев Ю.М., Гейко П.П., Грибенюков А.И. и др. //Оптика атмосферы. 1988. Т. 1. С. 126–129.
4. Федоров А.И., Бричков С.А. //Оптика атмосферы. 1989. Т. 2. № 7. С. 772–775.
5. Осипов В.В., Тельнов В.А., Хамидулин Г.М. //ПТЭ. 1988. № 1. С. 181–182.
6. Визирь В.А., Осипов В.В., Тельнов В.А. и др. //Квантовая электроника. 1988. Т. 15. № 6. С. 1256–1260.

Институт оптики атмосферы СО АН СССР,
Томск

Поступило в редакцию
5 июня 1989 г.

A.O. Fyodorov, C.I. Tikhomirov, B.A. Zhunusov. **Pulse CO_2 -Laser.**

The results of investigation of generation by CO_2 and N_2 molecules in the system, used for excimer molecules pumping by a self-maintained discharge are presented. Emission energy 2,5 J in the mixture $CO_2:N_2:He = 2:3:6$ at pressure 0.6 atm and efficiency — 8% of reserved energy is obtained.