

**КВАЗИСТАЦИОНАРНЫЙ CO_2 -ЛАЗЕР АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ
С НЕСАМОСТОЯТЕЛЬНЫМ РАЗРЯДОМ,
КОНТРОЛИРУЕМЫМ ПОТОКОМ НЕЙТРОНОВ**

*В. М. Андрияхин, Е. П. Велихов, А. С. Ковалев,
В. Д. Письменный, А. Т. Рахимов, В. Е. Хвостинков*

Исследуется CO_2 -лазер атмосферного давления с несамостоятельным разрядом, контролируемым потоком нейтронов. Получена генерация с длительностью импульса от десятков до сотен микросекунд и с энергией до 40 Дж/л.

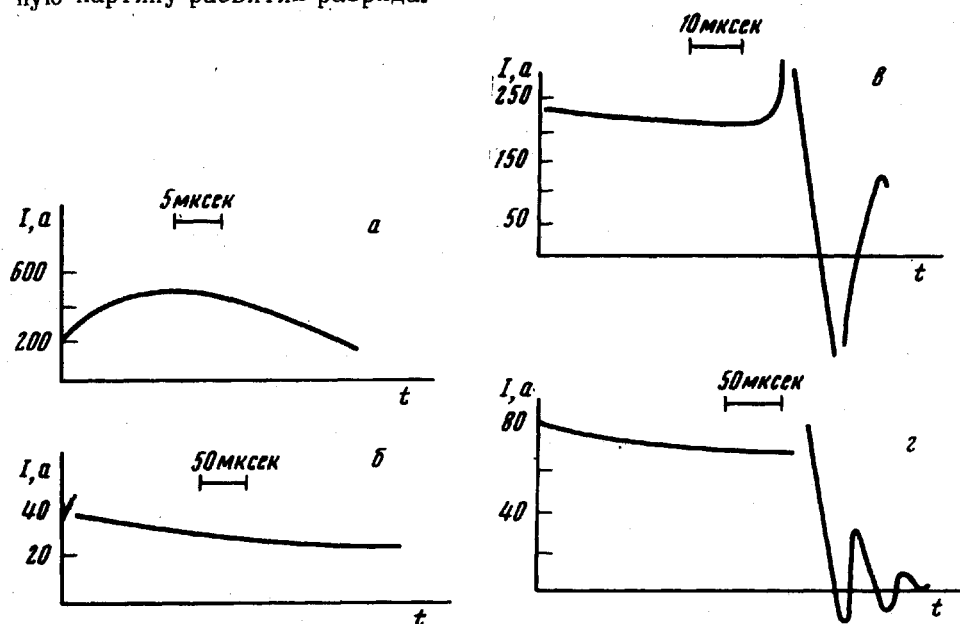
В 1968 г. в [1] было описано явление сильного возрастания мощности генерации непрерывного электроразрядного CO_2 -лазера низкого давления (~ 10 тор) под воздействием ионизатора (пучка быстрых протонов), переводившего разряд в режим самостоятельного горения. Величина тока разряда в условиях самостоятельного горения (десятки миллиампер при токе протонного пучка в несколько микроампер) свидетельствовала о том, что он переносится электронами, а из вольт-амперных характеристик [2, 3] следовало, что пучок обеспечивает высокую степень ионизации газа ($\sim 10^{-7}$ при $N_0 \sim 10^{17}$ см $^{-3}$).

В [1] было также дано объяснение этого явления. Сущность объяснения состояла в том, что включение внешнего ионизатора позволяет устранить противоречивость в функциях электрического поля, ответственного в лазерах с самостоятельным разрядом как за ионизацию, так и за формирование необходимого для эффективного возбуждения лазера распределения электронов по энергиям. Возможность независимого изменения концентрации электронов и их средней энергии при несамостоятельном разряде позволяет создать более оптимальные для CO_2 -лазера условия, чем реализующиеся в самостоятельном разряде. Таким образом, в [1] был впервые описан CO_2 -лазер с несамостоятельным режимом горения, работавший при давлении 10 тор в непрерывном режиме. Использование мощных источников ионизации (сильноточных электронных пучков [4, 5], продуктов ядерных реакций [6], ультрафиолетового излучения [7]) позволило создать CO_2 -лазеры с несамостоятельным разрядом при высоком давлении (от одной до десятков атмосфер). В отличие от [1], эти лазеры работали в импульсном режиме. Длительность генерации во всех этих экспериментах была не более нескольких микросекунд, что обуславливалось большой проводимостью среды и, как следствие, мощным энерговыделением, достаточно быстро перегревающим среду.

В данной работе сообщается о получении генерации в CO_2 -лазере атмосферного давления с несамостоятельным разрядом, контролируемым потоком нейтронов, работающим в квазистационарном режиме.

Разрядная камера была выполнена из оргстекла и образовывала полость прямоугольного сечения, внутри которой параллельно друг другу располагались сплошные, либо секционированные электроды из нержавеющей стали, меди или дюрала. Длина электродов изменялась от 40 до 120 см, ширина электродов и расстояние между ними — от 1,5 до 5 см, а объем разрядной камеры — от 100 см³ до 3 л. Использовались медные, а также золоченые зеркала с различными радиусами кривизны (от 3 до 15 м) в зависимости от базы резонатора, с тем чтобы обеспечить каустику, максимально приближенную к геометрии разрядных камер. Вывод лазерного излучения осуществлялся через регулярно расположенные с шагом в 1 см и ϕ 4 мм отверстия в зеркале. Число отверстий изменялось в зависимости от площади поперечного сечения разрядной камеры от одного ($S = 1,5 \times 1,5 \text{ см}^2$) до 21 ($S = 5 \times 5 \text{ см}^2$). Временной ход излучения регистрировался приемником Ge: Au и осциллографировался. Измерение энергии производилось калориметром ИКТ-1 с приемной площадкой 15 мм² и диапазоном чувствительности от 10^{-2} до 10^2 дж. Так как размеры приемной площадки позволяли регистрировать излучение, выходящее лишь из одного отверстия, контроль за генерацией из других зон резонатора производился экспонированием термочувствительной бумаги, а величина энергии оценивалась путем сравнения почернений с калиброванными образцами. Эксперименты производились на импульсном реакторе с плотностью потока тепловых нейтронов $\Pi \approx 5 \cdot 10^{16} \text{ н} \cdot \text{см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$ и длительностью импульса $\sim 10^{-3} \text{ сек}$. В отличие от эксперимента [6], лазер располагался не в центральном канале реактора, размер которого ограничен, а вне реактора на различном удалении от активной зоны.

Возможность помещать лазер в области с различным уровнем потока нейтронов, наряду с возможностью изменять долю He^3 в смеси $\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{He}^4 + \text{He}^3$, позволяла изменять в широких пределах проводимость, определяемую ионизационными потерями в газе продуктов ядерной реакции $\text{He}^3(n, p)\text{H}^3 + 0,8 \text{ Мэв}$. Источником питания разряда являлись конденсаторы, момент включения которых с помощью управляемых разрядников синхронизовался с моментом достижения определенного уровня мощности реактора. При секционировании электродов, каждая секция питалась от отдельной емкости. Отношение напряженности электрического поля к давлению изменялось в диапазоне $E/P = 6 \div 20$. Одновременное осциллографирование тока и напряжения на всех секциях и светового сигнала позволяло составить более полную картину развития разряда.



На рисунках а-г представлены осциллограммы тока разряда для следующих режимов работы лазера (парциальное давление газа — в мм рт. ст.):

| | а | б | в | г |
|---|-----|-------|------|-------|
| CO_2 | 68 | 75 | 75 | 150 |
| N_2 | 136 | 675 | 675 | 300 |
| He^3 | 75 | 10 | 10 | 40 |
| He^4 | 480 | — | — | 260 |
| $u, \text{кв}$ | 7 | 7 | 35 | 23 |
| $c, \text{мкф}$ | 0,7 | 4,0 | 2,1 | 4,0 |
| $E/P, \text{ в см}^{-1} \text{ тор}^{-1}$ | 7 | 7 | 10 | 6 |
| $i_{\text{max}}, \text{ а/см}^2$ | 5,4 | 0,44 | 1,24 | 0,43 |
| $\tau_{\text{генер}}, \text{ мксек}$ | 50 | > 300 | ≈ 50 | ≈ 200 |

Энергия генерации в описываемых экспериментах изменялась в пределах 15 – 40 дж/л.

Следует отметить, что в ряде экспериментов генерация длилась несколько меньше, чем фаза объемного горения разряда. Прекращение генерации еще на стадии объемного горения, по-видимому, связано с уменьшением коэффициента усиления ниже порогового уровня в процессе нагрева газа.

Длительность импульса однородного протекания тока, очевидно, связана с временем перегрева газа [9], которое в приведенных экспериментах зависело от концентрации He^3 и величины E/P . В течение всей фазы объемного горения соблюдалось условие несамостоятельности газового разряда [9]: $q > (\alpha P v_e)^2 / \beta$, где q – скорость рождения электронов продуктами ядерной реакции, α – первый коэффициент Таунсенда, v_e – дрейфовая скорость электронов, β – коэффициент диссоциативной рекомбинации, P – давление газа. Наличие генерации на протяжении времени вплоть до сотен микросекунд свидетельствует о сохранении оптической активности среды при уменьшении мощности электрической накачки до уровня порядка нескольких квт/см^3 . Этот экспериментальный результат подтверждает сделанный в [9] вывод о возможности создания непрерывных быстропоточных CO_2 -лазеров, возбуждаемых в несамостоятельном разряде.

Авторы благодарны А.М.Прохорову и В.М.Талызину за обсуждения и Б.В.Селезневу за помощь в работе.

Институт ядерной физики
Московского

государственного университета
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
8 мая 1973 г.

Литература

- [1] В.М.Андрияхин, Е.П.Велихов, С.А.Голубев, С.С.Красильников, А.М.Прохоров, В.Д.Письменный, А.Т.Рахимов. Письма в ЖЭТФ, 8, 346, 1968.
- [2] А.А.Веденов, Е.П.Велихов, В.Д.Письменный. О возбуждении лазеров ионизирующим излучением. Доклад на национальной межведомственной конференции США по новым методам преобразования энергии, Вашингтон, сентябрь, 1969.
- [3] С.А.Голубев, В.Д.Письменный, Т.В.Рахимова, А.И.Рахимов. ЖЭТФ, 62, 458, 1972.
- [4] С.А.Fenstermacher, M.I.Nutter, I.P.Rink, K.Boyer. Bull. Am. Phys. Soc., 16, 42, 1971.
- [5] Н.Г.Басов, Э.М.Беленов, В.А.Данилычев, О.М.Керимов, И.Б.Ковш, А.Ф.Сучков. Письма в ЖЭТФ, 14, 421, 1971.
- [6] В.М.Андрияхин, Е.П.Велихов, В.В.Васильцов, С.С.Красильников, В.Д.Письменный, И.В.Новобранцев, А.Т.Рахимов, А.Н.Старостин, В.Е.Хвостюнов. Письма в ЖЭТФ, 15, 637, 1972.
- [7] O.P.Judd, Appl. Phys. Lett., 22, 95, 1973.

- [8] Е.П.Велихов, И.В.Новобранцев, В.Д.Письменный, А.Т.Рахимов,
А.Н.Старостин. ДАН СССР, 205, 1328, 1972.
- [9] Е.П.Велихов, С.А.Голубев, Ю.К.Земцов, А.Ф.Шаль, И.Г.Персианцев
В.Д.Письменный, А.Т.Рахимов. ЖЭТФ, 65, №3, 1973.
-