

НАКАЧКА CO_2 -ЛАЗЕРА ПОСРЕДСТВОМ ЭЛЕКТРОННО-КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ ВОЗБУЖДЕНИЯ

А. Е. Белянко, Ю. Б. Конев, И. К. Красик, Н. И. Липатов,
Б. Н. Любомыров, П. П. Цаминин

УДК 621.375.826

Описан импульсный CO_2 -лазер с электронно-колебательным механизмом обмена энергией между атомом Br^* и молекулой CO_2 .

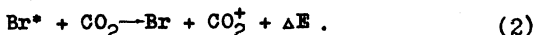
К настоящему времени в литературе появилось несколько работ /1-4/, в которых сообщается об успешном использовании процесса обмена энергией между электронно-возбужденными атомами и колебательными степенями свободы многоатомных молекул. Оказывается, такой процесс передачи возбуждения может быть быстрым и селективным. Например, возбужденный атом брома, находящийся в состоянии $4^2P_{1/2}$ (энергия возбуждения 3685 см^{-1}) может эффективно создавать инверсную населенность в колебаниях многих многоатомных молекул /1,4/.

Селективность процесса электронно-колебательного (E-V) обмена энергией позволяет создавать молекулярные лазеры, излучающие не только на традиционных частотах, но в ряде случаев и в дальнем ИК диапазоне /4/, который в настоящее время интенсивно осваивается в связи с проблемой лазерного разделения изотопов.

Отмеченные особенности, а также техническая простота реализации механизма E-V накачки придадут актуальный характер исследованиям селективного электронно-колебательного процесса передачи возбуждения.

В данной работе сообщаются предварительные результаты экспериментального исследования CO_2 -лазера с селективным механизмом E-V обмена энергией между атомом Br^* и молекулой углекислого газа, проведенные с целью поиска эффективного источника накачки и выяснения ряда закономерностей, характерных для данного способа передачи возбуждения.

Процессы, на которых основана работа описываемого генератора, схематично можно изобразить следующим образом:



Первый процесс - импульсный фотоллиз молекулы Br_2 возникает под действием вспышки лампы накачки и совершенно не затрагивает молекулу CO_2 . Второй процесс протекает почти резонансно в результате соударений возбужденного Br^* с молекулой CO_2 . Обмен энергией приводит к возбуждению колебательных состояний ($10^0\Gamma$) и ($02^0\Gamma$) молекулы CO_2 .

Молекула Br_2 имеет интенсивное поглощение в диапазоне от ближнего ультрафиолета до зеленой области спектра, приводящее к диссоциации /5/, однако для успешной реализации процессов (1) и (2) необходимо фотоллиз проводить в области 450 + 530 нм, так как именно в этой области возникает равное количество атомов Br в основном и возбужденном ($4^2P_{1/2}$) состояниях /5/.

Релаксация возбужденных состояний ($10^0\Gamma$) и ($02^0\Gamma$) молекулы CO_2 имеет сложный характер, который существенно зависит от давления и состава рабочей смеси. В данной работе регистрировалась генерация в хорошо изученном диапазоне 10,6 мкм, что позволило установить некоторые особенности источника накачки (импульсная лампа ИФП-20000 для фотодиссоциации Br_2).

Экспериментальная установка включает в себя следующие основные элементы: стеклянная лазерная трубка, торцы которой срезаны под углом Брюстера и заклеены пластинками из NaCl ; импульсная лампа накачки (ИФП-20000) со специальными обратными токопроводами, необходимыми для увеличения скорости энерговклада и соответственно для укорочения длительности светового импульса; детектор ИК излучения с узкополосным фильтром ($\Delta\lambda = 0,5$ мкм) на длину волны 10,6 мкм; конденсаторная батарея, емкость которой ≈ 70 мкФ и зарядное напряжение ≈ 15 кВ, а также импульсный разрядник высокого давления.

Для увеличения эффективности источника накачки лазерная трубка и импульсная лампа были обернуты алюминиевой фольгой. Внутренний диаметр трубки и ее длина составляли соответственно 12 мм и 600 мм. Типичная энергия разряда составляла 4,8 кДж.

Световой импульс имел фронт нарастания 20 мкс и длительность по полувысоте \approx 50 мкс.

Резонатор генератора был образован двумя золотыми зеркалами; плоским и сферическим, с радиусом кривизны 2 м. Излучение из резонатора выводилось с торца лазерной трубки.



Р и с. 1. Типичный сигнал генерации (а) и световой импульс накачки (б)

Газовая смесь в виду большой химической активности Br_2 приготавливалась непосредственно перед экспериментом. Компоненты смеси предварительно подвергались очистке.

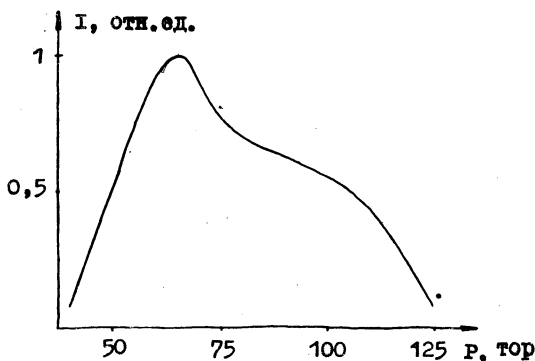
Наибольший сигнал генерации излучения 10,6 мкм наблюдался при фотолизе смеси $\text{Br}_2:\text{CO}_2$ в отношении 1 : 1 при полном давлении 60 мм рт.ст. Типичный сигнал генерации приведен на рис. 1 вместе с осциллограммой светового импульса лампы. Из этого рисунка видно, что импульс генерации появлялся спустя 5 мкс после начала светового импульса. Длительность импульса генерации составляла 5 + 7 мкс.

Генерация устойчиво возникала в широком диапазоне давлений смеси (40 + 130 мм рт.ст.) при отношении компонент 1 : 1, а также при различных относительных концентрациях молекул Br_2 и CO_2 . Как правило, с ростом полного давления генерирующей смеси импульс генерации становился короче, а задержка его относительно светового импульса возрастала. Однако, изменение временных параметров импульса генерации от давления было невелико и не превышало 2 мкс.

Более существенной является зависимость интенсивности генерации от давления (рис. 2). При неизменной энергии световой вспышки генерация начиналась при давлении смеси около 30 мм рт.ст. При увеличении давления до 40 мм рт.ст. мощность излучения быстро возрастала. Затем с ростом давления до 60 мм рт.ст. она дости-

гала пологого максимума и при дальнейшем увеличении давления начинала убывать.

Существование генерации только на фронте импульса света, по-видимому, объясняется тем, что в течение этого времени в



Р и с. 2. Зависимость интенсивности генерации от давления.

спектре лампы содержится достаточно излучения в синей области спектра. При малом давлении, когда уширение линии доплеровское (до 20–30 мм рт.ст.), усиление пропорционально числу активных молекул, и до достижения порогового усиления генерации нет. При повышении давления, когда уширение линии становится ударным, усиление зависит только от относительного числа возбужденных молекул, которое начинает уменьшаться по мере того, как радиус трубки становится сравним с длиной поглощения фотонов накачки. Так как сечение фотодиссоциации брома составляет в максимуме полосы поглощения $6 \cdot 10^{-19}$ см²/2/, то при парциальном давлении брома выше 60 мм рт.ст. длина поглощения уже становится меньше радиуса трубки. Этим обстоятельством объясняются описанные выше зависимости длительности и мощности генерации от давления.

Достигнутые результаты свидетельствуют о перспективности поиска таких молекул, которые могут обеспечить генерацию в дальнем ИК диапазоне при эффективном электронно-колебательном обмене энергией.

Поступила в редакцию
7 декабря 1976 г.

Л и т е р а т у р а

1. St. R. Leone, F. I. Wodarczuk, J. Chem. Phys., 60, N 1, 314 (1974).
2. R. J. Donovan, D. Husain, J. Chem. Rev., 70, N 4, 489 (1970).
3. A. B. Petersen, C. Witting, St. R. Leone, Appl. Phys. Lett., 27, N 5, 305 (1975).
4. A. B. Petersen, C. Witting, St. R. Leone, J. Appl. Phys., 47, N 3, 1051 (1976).
5. D. J. Seery, D. Britton, J. Phys. Chem., 68, 2263 (1964).