

ИМПУЛЬСНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ НА КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДАХ СО ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ГАЗА

А. В. Анохин, С. В. Маркова, Г. Г. Петраш

В последнее время на колебательно-вращательных переходах СО в непрерывном режиме получена генерация с большой мощностью и высоким КПД^{1,2}. Эти результаты получены за счет охлаждения рабочего газа и довольно энергичной прокачки. Генерация на СО представляет большой интерес как источник когерентного излучения в ближней инфракрасной области спектра, который по своим параметрам (мощность и КПД) приближается к лазеру на переходах СО₂. Механизм такой эффективной генерации на СО остается неясным.

Ранее генерация на колебательных переходах СО была исследована при разных способах возбуждения разряда^{3,4}, в том числе и в импульсном режиме⁵. Однако, импульсная генерация при охлаждении, т.е. в условиях, обеспечивающих большие мощности, не была изучена. В нашей предыдущей работе⁶ исследована генерация на колебательных переходах СО при импульсном возбуждении в режиме модуляции добротности. Представляло интерес проследить за поведением генерации без модуляции добротности.

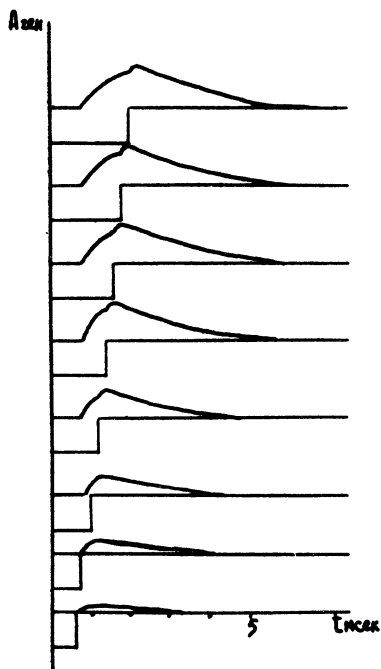
В настоящей работе мы провели исследование генерации на колебательных переходах СО в импульсном режиме, применяя охлаждение газа, и проследили за характером изменения импульса генерации в зависимости от условий разряда.

В опытах применялась кварцевая разрядная трубка диаметром 28 мм и длиной 180 см с вольфрамовыми электродами. Концы трубки срезаны под углом Брюстера и закрыты пластинками из NaCl. Средняя часть трубки длиной 140 см помещена в кожух из пенопласта, через который продувался холодный азот. Температура трубки измерялась с помощью трех термомпар, помещенных на концах и в середине охлаждаемой части трубки. Минимальная температура ($\sim 150^\circ\text{K}$) достигалась на входе паров азота в кожух; на выходе температура была на 25° выше. Резонатор состоял из двух внешних зеркал, плоского и сферического, радиусом кривизны 3 м с отверстием для вывода излучения диаметром 6 мм. Питание трубки осуществлялось от специального модулятора, дававшего прямоугольные импульсы регулируемой длительности и напряжением до 28 кв. Изменение длительности и частоты повторения импульсов тока осуществлялось с помощью стандартного генератора импульсных сигналов. Суммарная по спектру мощность генерации регистрировалась приемником Ge: Au, сигнал с которого подавался на один из входов двухлучевого осциллографа. На другой вход подавался импульс разрядного тока.

На описанной установке в проточной системе наблюдалась импульсная генерация в разряде в CO и смесях CO - He, CO - N₂ и CO - N₂ - He. Более подробно была исследована генерация на смеси CO - He; ее мы в основном и будем касаться в данной работе. Отсутствие азота позволяет сразу исключить непосредственную передачу колебательной энергии от азота к CO.

В наших условиях генерация в разряде CO имела значительно меньшую мощность и совершенно отличный характер по сравнению с генерацией в смесях. В CO генерация возникала с задержкой ~ 100 мксек после начала импульса тока, имела максимальную мощность при небольшой длительности тока и ослабевала с удлинением импульса тока. Ее длительность около 200 мксек. В отличие от этого, генерация в смесях появлялась

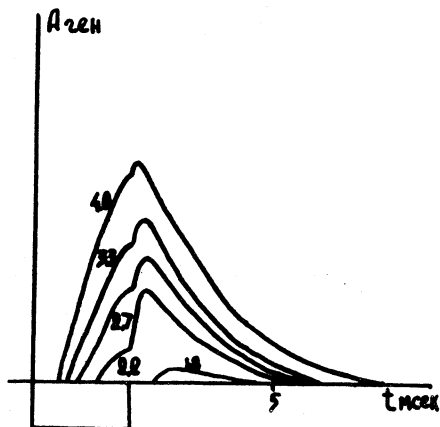
только при длительности импульса тока около 0,5 мсек и росла с удлинением импульса тока. Длительность импульса генерации в смесях порядка нескольких мсек.



Р и с. 1. Осциллограммы импульсов генерации при различной длительности импульса тока. Смесь CO - He 1:10, $P_{ном} = 3$ тор, $i = 85$ ма, частота 6 гц. Амплитуда импульсов генерации приведена в относительных единицах.

На рисунке 1 приведена осциллограмма импульса генерации в смеси CO - He при соотношении компонент 1:10 для различной длительности импульса тока. Амплитуда тока составляла 85 ма. Генерация возникает при длительности импульса тока 0,5 мсек. При малых длительностях тока вся генерация существует в после-

свечении. При увеличении длительности тока мощность генерации растет, и она появляется в течение импульса тока. Момент возникновения генерации, амплитуда импульса генерации и его форма сильно зависят от амплитуды тока и давления.

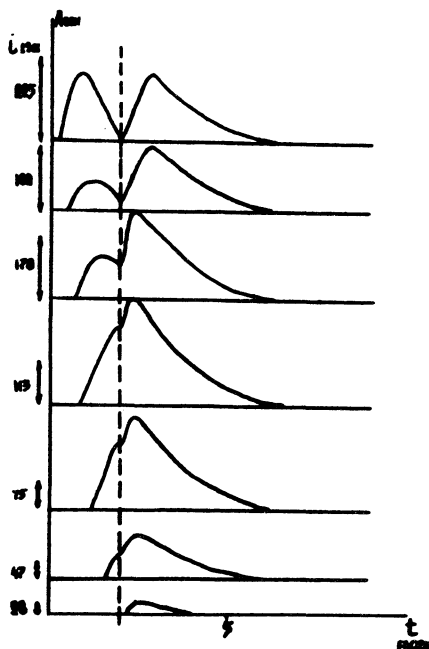


Р и с. 2. Осциллограммы импульсов генерации для различных полных давлений. Давление в торах указано рядом с соответствующей кривой. Внизу показан импульс тока (длительность 2 мсек, $i = 95$ ма, частота 6 гц). Амплитуда импульсов генерации приведена в относительных единицах.

Осциллограммы импульсов генерации для различного полного давления смеси CO - He 1:10 приводятся на рисунке 2. Длительность импульса тока здесь 2 мсек, а амплитуда 95 ма. При увеличении давления (его значение в торах указано около соответствующих кривых) генерация растет, момент ее возникновения смещается к началу импульса тока.

На рисунке 3 приведены осциллограммы импульса генерации в зависимости от амплитуды импульса тока для смеси CO - He 1:10, полное давление 3 тора. При малых амплитудах тока вся генерация существует в по-

слесвечении. С увеличением амплитуды тока генерация возникает во время импульса тока, причем чем больше ток, тем меньше задержка между началом генерации и началом тока.



Р и с. 3. Осциллограммы импульсов генерации для различной амплитуды импульса тока. Величина тока приведена слева от соответствующей кривой, цифры означают ток в ма. Длительность импульса тока 2 мсек, частота 6 гц. Штрихами отмечен момент прекращения импульса тока.

Из приведенных осциллограмм видно, что после окончания импульса тока генерация довольно резко, скачком увеличивается. Почти все осциллограммы имеют излом в момент окончания тока. С увеличением тока этот излом превращается в провал, и при достаточно больших

токах импульс генерации состоит из двух отдельных импульсов. Генерация во время тока проходит через максимум, пропадает, а затем вновь возникает уже в послесвечении. Мы не смогли проследить за изменением импульса генерации при еще больших токах, так как при токах около 250 ма разряд в трубке становился нестабильным.

Было также проведено предварительное изучение спектра генерации, которое показало, что в смеси СО - Не генерация наблюдается на большом числе вращательных линий (около 50), принадлежащих колебательным переходам от 8—7 до 13—12. Было замечено, что различные вращательные компоненты появляются в различные моменты времени. При увеличении амплитуды импульса тока на некоторых вращательных линиях, генерация на которых происходит как во время импульса тока, так и в послесвечении, наблюдается такой же провал, как и в неразложенном по спектру импульсе. В разряде СО генерация происходит между более низкими колебательными уровнями. Подробное исследование генерации на отдельных вращательных линиях проводится.

Изложенные выше результаты показывают, что присутствие гелия существенно улучшает генерацию на переходах СО и меняет ее характер. Генерация определяется условиями разряда. В частности, процесс образования инверсии очень сильно зависит от величины разрядного тока. Наиболее характерной чертой генерации на смеси СО - Не в наших условиях является резкий рост мощности генерации в послесвечении. Напомним, что при модуляции добротности генерация также наблюдалась в основном в послесвечении⁶. По-видимому, во время импульса тока существуют какие-то процессы, ухудшающие образование инверсии.

В¹ для объяснения образования инверсии на переходах СО привлекается механизм релаксации по колебательным уровням ангармонического осциллятора, теоретически рассмотренный в⁷. Этот механизм может при-

вести к инверсии при значительном заселении колебательных уровней и низкой температуре газа. Полученные нами результаты не противоречат такому представлению. Заселение колебательных уровней в наших условиях может происходить за счет возбуждения электронами. Эффективные сечения этого процесса для CO весьма велики⁸.

Однако в условиях реального эксперимента необходимо учитывать и другие процессы, которые приводят к ухудшению генерации в течение импульса тока. Такими процессами могут быть нагрев рабочего газа, разложение CO, а также термализация колебательных уровней при больших плотностях электронов.

В настоящее время у нас нет данных для оценки относительной роли упомянутых факторов. Не ясна также роль гелия в процессе образования инверсии. Для выяснения этих вопросов нужны дальнейшие эксперименты.

Поступила в редакцию

6 мая 1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. R.M. Osgood, W.C. Eppers. Appl. Phys. Lett., 13, 409 (1968).
2. R.M. Osgood, E.R. Nichols. Laser Focus 5, 37 (1969).
3. F. Legay, N. Legay - Sommaire, G. Taieb. C.R., 226 B, 855 (1969).
4. D.W. Gragg, S.J. Thomas. J. Appl. Phys., 39, 4399 (1968).
5. C.K.N. Patel. Phys. Rev., 141, 71 (1966).
6. С. В. Маркова, Г. Г. Петраш, Л. А. Селезнева. Крат. сообщ. по физике. № 2, 32 (1970).
7. С.Е. Treanor, J.W. Rich, R.G. Rehm. J. Chem. Phys., 48, 1798 (1968).
8. G.J. Schulz. Phys. Rev., 135 A, 988 (1964).