

## ВЛИЯНИЕ ДИССОЦИАЦИИ НА ИНВЕРСИЮ В $\text{CO}_2$ -ЛАЗЕРЕ ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ НАКАЧКЕ

22

*С.С. Алимпов, Н.В. Карлов, Ю.Б. Конев, Г.П. Кузьмин,  
Р.Л. Петров*

В этой работе изложены результаты экспериментов по определению зависимости инверсии в  $\text{CO}_2$ -лазере от частоты следования импульсов накачки. Найдено, что диссоциация молекул  $\text{CO}_2$  существенно уменьшает инверсию при увеличении частоты следования и что увеличение количества гелия в газоразрядной смеси значительно ослабляет это уменьшение.

Динамика инверсии в течение импульса разрядного тока существенно определяется процессами теплопроводности в плазме газового разряда [1]. Кроме того, при разряде происходит диссоциация молекул  $\text{CO}_2$  [2]. Характерные времена диссоциации, измеренные [3] при непрерывной накачке таковы, что процесс диссоциации не может сказываться на динамике инверсии при импульсной накачке. Вместе с тем, процессы теплопроводности и диссоциации могут определять стационарные условия в плазме лазера, устанавливающиеся в результате действия многих импульсов разряда.

Эксперименты выполнены на лазере-усилителе. Длина усилителя 400 см, диаметр газоразрядной трубки 2,7 см. Усиливаемые импульсы поступают на вход усилителя синхронно и в любой желаемой фазе с импульсами накачки. Длительность импульсов сигнала (10 мксек) много меньше длительности импульсов накачки (2 + 4 мсек). Измерения проводились в линейном режиме, когда коэффициент усиления пропорционален инверсии.

Исследованы газовые смеси с отношениями парциальных давлений  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  и  $\text{He}$ , равными 1:2:0; 1:2:3; 1:2:6 и 1:2:12. Увеличение количества гелия увеличивает теплопроводность смеси. Обнаружено, что динамика инверсии и время ее существования определяются содержанием гелия. Максимальный коэффициент усиления при наличии гелия определяется парциальным давлением  $\text{CO}_2$ . Зависимость коэффициента усиления от парциального давления  $\text{CO}_2$  измеренная при частоте следования импульсов накачки 0,5  $\mu\text{s}$ , одинакова для смесей 1:2:3; 1:2:6 и 1:2:12 (см. рис. 1). Для смеси 1:2:0 достигается значительно меньшая инверсия, что объясняется влиянием гелия на релаксацию нижнего лазерного уровня.

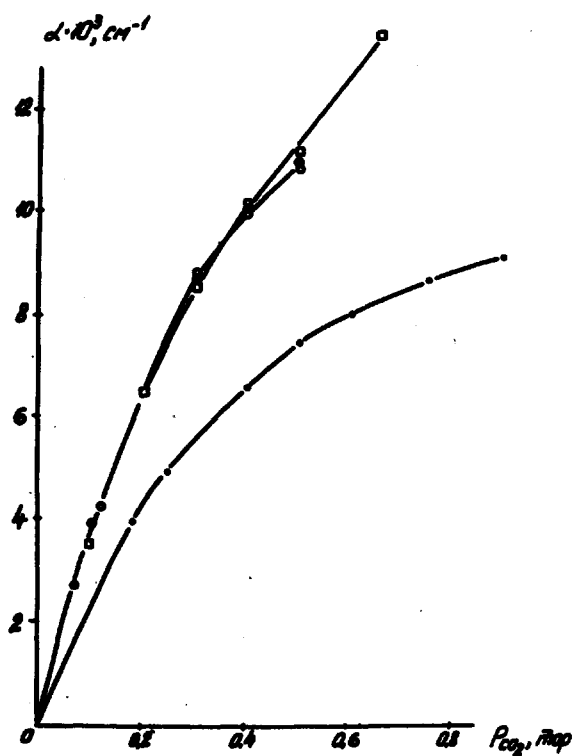


Рис. 1. Зависимость коэффициента усиления  $\alpha$  от парциального давления  $P_{\text{CO}_2}$  для смесей 1:2:0 ( $P_{\text{CO}_2} : P_{\text{N}_2} : P_{\text{He}}$ ), 1:2:3 ( $P_{\text{CO}_2} : P_{\text{N}_2} : P_{\text{He}}$ ), 1:2:6 ( $P_{\text{CO}_2} : P_{\text{N}_2} : P_{\text{He}}$ ) и 1:2:12 ( $P_{\text{CO}_2} : P_{\text{N}_2} : P_{\text{He}}$ ). Ток 150  $\text{mA}$ . Для смесей 1:2:6 и 1:2:12 усилению  $\alpha = 0,003$  соответствует скорость возбуждения верхнего лазерного уровня  $1,2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3} \cdot \text{сек}^{-1}$

При увеличении частоты следования импульсов накачки от 0,5 до 50  $\mu\text{s}$  характер развития инверсии во времени не меняется. Величина максимальной инверсии при этом сильно падает. В наших экспериментальных условиях стационарный разогрев газа мал и не может объяснить уменьшение инверсии с ростом частоты следования импульсов. Поэтому этот эффект мы объясняем диссоциацией молекул  $\text{CO}_2$ .

Уменьшение инверсии, вызванное диссоциацией, заметно, когда газовая смесь не успевает обновляться за время между импульсами раз-

ряда. При скорости прокачки 1 л/сек и объеме трубки лазера 2,3 л этому соответствует частота следования импульсов 5 %, что и наблюдалось на эксперименте. Сопоставление зависимости инверсии от частоты следования с зависимостью усиления от парциального давления  $\text{CO}_2$  (см. рис. 1) приводит к графикам рис. 2, показывающим зависимость относительного количества неразложившихся молекул  $\text{CO}_2$  от частоты следования импульсов разряда. При частоте следования импульсов накачки 50 % зависимость инверсии от парциального давления  $\text{CO}_2$  в исходной газовой смеси значительно ослабляется, что, по-видимому, также объясняется выравниванием парциального количества  $\text{CO}_2$  в процессе диссоциации. Таким образом, кривые рис. 1 дают истинную зависимость усиления от количества  $\text{CO}_2$ .

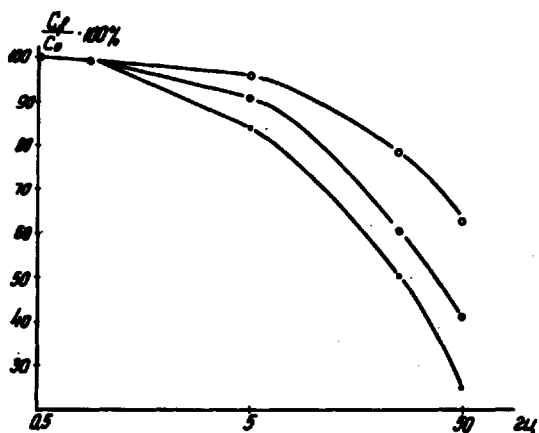


Рис.2. Зависимость отношения (в процентах) количества неразложившихся молекул  $\text{CO}_2$  к количеству исходных молекул от частоты следования для смесей 1:2:0 ( $P_{\text{CO}_2} : P_{\text{N}_2} : P_{\text{He}}$ ), 1:2:6 ( $P_{\text{CO}_2} : P_{\text{N}_2} : P_{\text{He}}$ ) и 1:2:12 ( $P_{\text{CO}_2} : P_{\text{N}_2} : P_{\text{He}}$ ) при давлении 2 тор, токе 150 ма

Влияние диссоциации подтверждено результатами экспериментов, выполненных на отпаянном усилителе. Диссоциация молекул  $\text{CO}_2$  за один импульс разряда невелика и при частоте следования импульсов 0,5 % легко наблюдается процесс установления стационарного уровня диссоциации, продолжающийся несколько минут, при частоте 50 % стационарный уровень достигается практически мгновенно. В стационарных условиях динамика и величина инверсии остаются постоянными при частотах следования импульсов разряда от 0,5 до 50 % и совпадают с инверсией, устанавливающейся в прокачном усилителе при частоте следования 50 %.

Скорость диссоциации определяется количеством гелия в разряде (см. рис. 2), что, вероятно, связано с тем обстоятельством, что гелий облегчает возникновение и условия существования разряда в лазерной трубке.

Таким образом в  $\text{CO}_2$ -лазерах гелий ускоряет релаксацию нижнего лазерного уровня, уменьшает температуру газа в плазме лазерного разряда и снижает уровень диссоциации молекул  $\text{CO}_2$  в разряде.

Авторы благодарны А.М.Прохорову за постоянное внимание к работе и полезные обсуждения.

Физический институт  
им. П.Н. Лебедева  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
3 января 1969 г.

### Литература

- [1] Н.В.Карлов, Г.П.Кузьмин, А.М.Прохоров, В.И.Шемякин. ЖЭТФ, 54, 1318, 1968.
  - [2] С. К. N. Patel. Phys. Rev. Lett., 12, 588, 1964.
  - [3] Е. С. Гасилевич, В.А.Иванов, Э.Н.Лоткова, В.Н.Очкин, Н.Н.Соболев, Н.Г.Ярославский. Препринт ФИАН № 42, 1968.
-