

# НН<sub>3</sub>-ЛАЗЕР С НАКАЧКОЙ ИЗЛУЧЕНИЕМ ДВУХ СО<sub>2</sub>-ЛАЗЕРОВ

А.Н.Бобровский, А.А.Веденов, А.В.Кожевников,  
Д.Н.Соболенко

Предложен новый способ возбуждения второго колебательного уровня моды  $\nu_2$  молекулы NH<sub>3</sub>. Получен ряд новых линий генерации NH<sub>3</sub>-лазера с оптической накачкой.

1. Совпадение некоторых линий поглощения моды  $\nu_2$  молекулы NH<sub>3</sub> и линий генерации СО<sub>2</sub>-лазера позволило создать оптически накачиваемый NH<sub>3</sub>-лазер. При этом получено излучение на многих длинах волн в дальнем [1, 2] и среднем [2 – 4] ИК диапазонах. В данной работе сообщается о новом способе накачки молекулы NH<sub>3</sub> излучением двух СО<sub>2</sub>-лазеров и наблюдении новых линий генерации на длинах волн 12,00; 13,23; 13,66; 15,78; 15,86 мкм. Произведена идентификация этих линий.

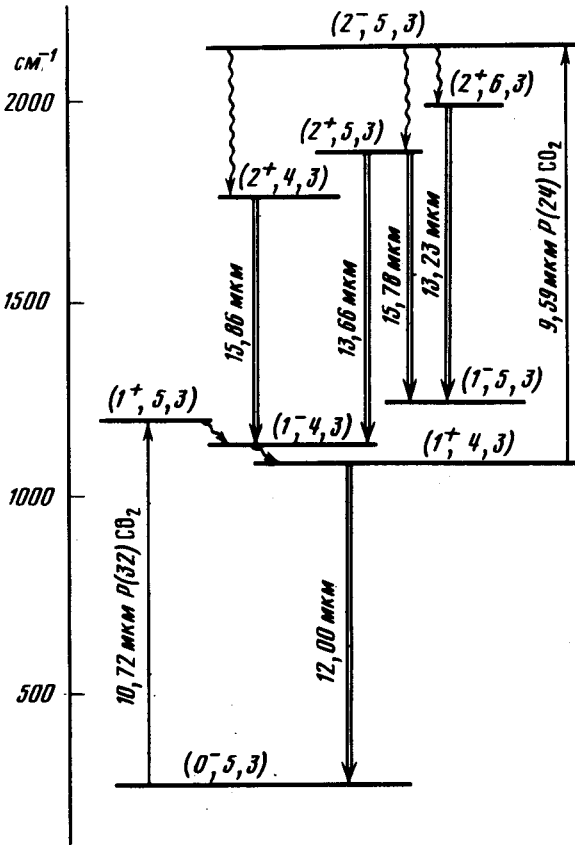


Рис. 1. Схема энергетических уровней моды  $\nu_2$  молекулы NH<sub>3</sub>

2. Частичная схема уровней молекулы  $\text{NH}_3$  приведена на рис.1. Будем пользоваться следующим обозначением колебательно-вращательных энергетических уровней моды  $\nu_2$  молекулы  $\text{NH}_3$ :  $(\nu^\pm, J, K)$ , где  $\nu$  — колебательное квантовое число,  $J$  — вращательное квантовое число,  $K$  — квантовое число, соответствующее проекции  $J$ , "±" — соответствует симметричному и антисимметричному состоянию. Ряд линий генерации  $\text{CO}_2$ -лазера совпадает с линиями поглощения  $\text{NH}_3$  между нулевым и первым  $(0^\pm, J, K) \rightarrow (1^\mp, J', K)$ , а также первым и вторым  $(1^\pm, J, K) \rightarrow (2^\mp, J', K)$  колебательными уровнями моды  $\nu_2$ . Однако ни в одном из совпадений нет ситуации, когда верхний уровень резонансного перехода  $(0^\pm, J, K) \rightarrow (1^\mp, J', K)$  является нижним уровнем перехода  $(1^\mp, J', K) \rightarrow (2^\pm, J'', K)$ . Нами реализован следующий способ возбуждения второго колебательного уровня моды  $\nu_2$  (см. рис.1). Линия генерации  $P(32)$  полосы  $10,4 \text{ мкм}$   $\text{CO}_2$ -лазера ( $10,72 \text{ мкм}$ ) накачивает резонансный переход  $(0^-, 5, 3) \rightarrow (1^+, 5, 3)$  молекулы  $\text{NH}_3$  в объеме, помещенном в резонатор по дальнему ИК излучению. Ватем происходит каскадная генерация излучения дальнего ИК диапазона на переходах  $(1^+, 5, 3) \rightarrow (1^-, 4, 3)$  и  $(1^-, 4, 3) \rightarrow (1^+, 4, 3)$ . При этом генерируется излучение  $151,8$  и  $291,3 \text{ мкм}$  соответственно. И, наконец, линия генерации  $P(24)$  полосы  $9,4 \text{ мкм}$   $\text{CO}_2$ -лазера ( $9,59 \text{ мкм}$ ), которая находится в резонансе с переходом  $(1^+, 4, 3) \rightarrow (2^-, 5, 3)$ , возбуждает уровень  $(2^-, 5, 3)$ .

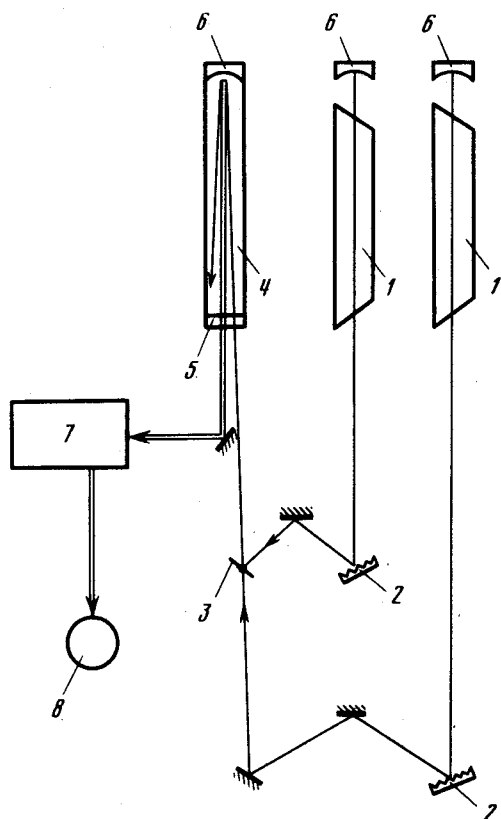


Рис. 2. Схема экспериментальной установки: 1 — ТЕА  $\text{CO}_2$ -камера, 2 — дифракционная решетка, 3 — Ge-пластина, 4 — кювета с  $\text{NH}_3$ , 5 — KBr-пластина, 6 — металлическое зеркало, 7 — монохроматор, 8 — приемник излучения.

3. Схема экспериментальной установки приведена на рис.2. Излучение двух синхронизированных  $\text{CO}_2$ -лазеров (1), настроенных с помощью дифракционных решеток  $100 \text{ шт/мм}$  (2) на линии  $P(32)$  полосы  $10,4 \text{ мкм}$

и  $P(24)$  полосы  $9,4$  мкм, мощностью  $0,5 \cdot 10^6$  и  $1 \cdot 10^6$  Вт соответственно с помощью плоскопараллельной пластины из Ge (3) совмещалось в пространстве и направлялось в кювету с  $\text{NH}_3$  (4). Входным окном в кювету служила пластина KBr (5), которая являлась одним из зеркал резонатора по дальнему ИК излучению (коэффициент отражения  $R \sim 20\%$ ) и по среднему ИК излучению ( $R \sim 8\%$ ). С противоположной стороны кюветы находилось металлическое зеркало радиусом  $6$  м (6). Длина резонатора составляла  $1,4$  м. Излучение из кюветы направлялось в решеточный монохроматор (7), а затем регистрировалось Ge:Ga детектором (8), выполненным в виде вставки-световода в транспортный дьюар с жидким гелием. Для регистрации излучения дальнего ИК диапазона на каскадных переходах  $(1^+, 5, 3) \rightsquigarrow (1^-, 4, 3)$  и  $(1^-, 4, 3) \rightsquigarrow (1^+, 4, 3)$  металлическое зеркало (6) заменялось на Ge зеркало такого же радиуса. Это излучение регистрировалось InSb детектором.

4. Установлено, что поглощение излучения  $\text{CO}_2$ -лазера на длине волны  $9,59$  мкм резко возрастает в присутствии мощного излучения с длиной волны  $10,72$  мкм. Это подтверждает, то, что описанная схема накачки возбуждает уровень  $(1^+, 4, 3)$ . Нами проводилось измерение длин волн излучения, выходящего из  $\text{NH}_3$  кюветы, в диапазоне  $12 - 16$  мкм. При этом было обнаружено пять спектральных линий с длинами волн, приведенными в таблице.

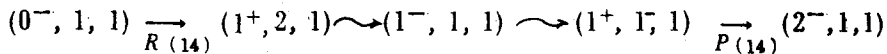
Длина волны мкм	Переход
12,00	$(1^+, 4, 3) \Rightarrow (0^-, 5, 3)$
13,23	$(2^+, 6, 3) \Rightarrow (1^-, 5, 3)$
13,66	$(2^+, 5, 3) \Rightarrow (1^-, 4, 3)$
15,78	$(2^+, 5, 3) \Rightarrow (1^-, 5, 3)$
15,86	$(2^+, 4, 3) \Rightarrow (1^-, 4, 3)$

Идентификация линий осуществлялась по данным [5]. Генерация излучения с длиной волны  $12,00$  мкм наблюдалась и при накачке только одной линией  $P(32)$  полосы  $10,4$  мкм  $\text{CO}_2$ -лазера.

Генерация наблюдалась при давлении  $\text{NH}_3$  в кювете  $1 - 8$  мм рт.ст. и была максимальна при давлении  $4$  мм рт.ст. Генерация линий  $15,86$ ;  $13,66$  и  $12,00$  мкм начинается практически одновременно с импульсами накачки, в то время как генерация линий  $15,78$  и  $13,23$  мкм задержана примерно на  $5 \cdot 10^{-7}$  сек относительно начала генерации  $\text{CO}_2$ -лазеров.

5. Описанный способ накачки уровня  $(2^-, 5, 3)$  моды  $\nu_2$  молекулы  $\text{NH}_3$  позволил получить ряд новых линий генерации. Этот метод может быть применен также и при накачке других уровней моды  $\nu_2$ . Например, настроив  $\text{CO}_2$ -лазеры на линии  $R(14)$  и  $P(14)$  полосы  $10,4$  мкм, можно воз-

будить уровень  $(2^-, 1, 1)$  молекулы  $\text{NH}_3$  по схеме:



Авторы благодарны Г.Д.Мыльникову за ценные обсуждения.

Институт атомной энергии  
им. И.В.Курчатова

Поступила в редакцию  
30 марта 1979 г.

### Литература

- [1] K.Gullberg, B.Hartmann, B.Kleman. *Physics Scripta*, **8**, 177, 1973.
  - [2] T. Yoshida, N.Yamabayashi, K.Miyazaki, K.Fujisawa. *Optics Comm.*, **26**, 410, 1978.
  - [3] T.Y.Chang, J.D.McGee. *App. Phys. Lett.*, **28**, 526, 1976.
  - [4] H.Pummer, W.K.Bischel, C.K.Rhodes. *J. Appl. Phys.*, **49**, 976, 1978.
  - [5] F.W.Taylor. *J. Quantum. Spectrosc. Radiat Transfer*, **13**, 1181, 1973.
-