

ЛАЗЕР НА ОСНОВЕ ТРИХЛОРИДА БОРА

Н.В.Карлов, Ю.Б.Конев, Ю.Н.Петров, А.М.Прохоров, О.М.Стельмаз

В этой работе изложены результаты экспериментов по получению генерации в газовом лазере на основе трихлорида бора (BCl_3).

Трихлорид бора представляет собой плоскую молекулу с атомом бора в центре правильного треугольника, образованного атомами хлора. Такие молекулы имеют четыре нормальных типа колебаний (см., например, книгу Герцберга [1]). Только симметричное валентное колебание ν_1 неактивно в инфракрасном спектре. Основные частоты и некоторые из гармоник всех этих колебаний, приведенные в работе Скруби и др. [2], представлены на схеме рисунка для молекул B^{10}Cl_3 и B^{11}Cl_3 .

Частоты ν_1 и ν_2 очень близки друг к другу, поэтому колебания этих частот сильно связаны между собой вследствие резонанса Ферми. Уровни ν_1 и ν_2 расположены сравнительно невысоко, поэтому в газовой смеси они могут легко распадаться из-за столкновений. Очень низко расположенный уровень ν_4 сильно связан с основным состоянием молекулы.

Антисимметричное колебание ν_3 соответствует десятимикронному излучению CO_2 -лазера. В нашей работе [3] найдено, что трихлорид бора приводит к режиму гигантских импульсов в CO_2 -лазере. Ответственным за эффект просветляющегося фильтра является колебание ν_3 . Результаты [3] позволяют считать, что время распада колебаний ν_3 молекулы BCl_3 превышает 10^{-3} сек. Это позволяет надеяться на создание инверсной населенности и получение генерации на переходах между колебательными уровнями молекулы BCl_3 .

Генерация получена при добавлении BCl_3 непосредственно в разрядную трубку CO_2 -лазера с мощностью генерации в 30 вт. Газовая смесь $\text{CO}_2 - \text{N}_2 - \text{He}$ с отношением компонент 1:3:7 прокачивается через разрядную трубку при давлении 7 тор.

Генерация на частотах BCl_3 -лазера регистрируется спектрографом ИКС-21 с призмой из КВг.

Обнаружено, что при добавлении в разрядную трубку очень малых количеств BCl_3 CO_2 -лазер переходит в режим гигантских импульсов большой интенсивности. При увеличении содержания BCl_3 гигантские импульсы пропадают. При этом возникает относительно слабая генера-

ция на волнах 13 и 14 мк, соответствующая переходу $\nu_3 \rightarrow \nu_4$ молекул $B^{10}Cl_3$ и $B^{11}Cl_3$. При увеличении содержания BCl_3 до парциального давления, меньшего одного тора, генерация на волнах 13 и 14 мк исчезает и возникает относительно сильная генерация в двадцатимикронном диапазоне. Одновременно происходит генерация CO_2 -лазера на волне 10,6 мк. Интенсивность генерации в двадцатимикронном диапазоне составляет примерно 100 мкв.

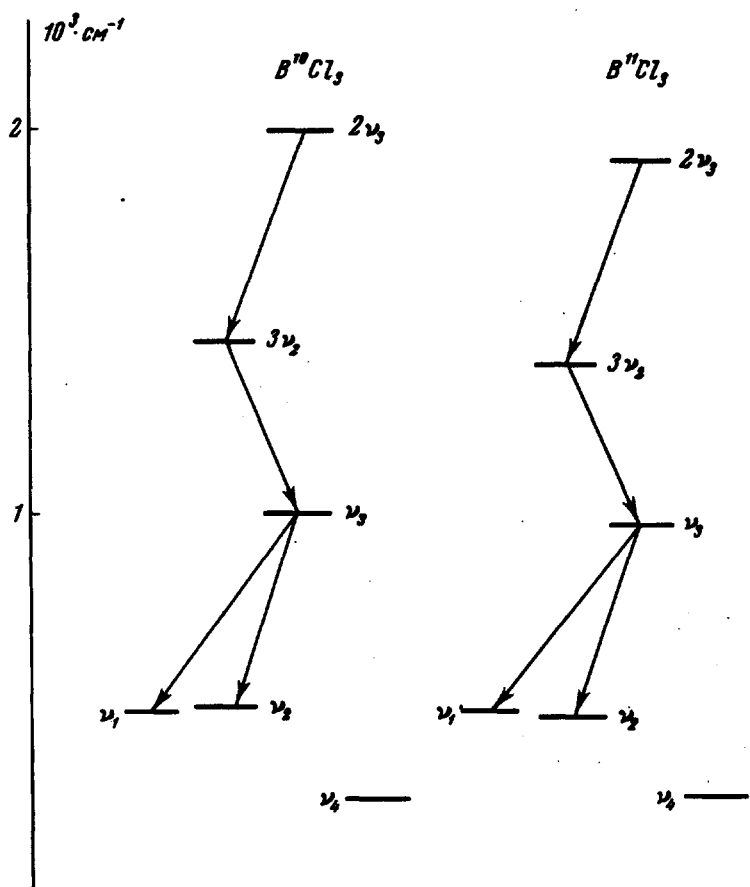
Длина волны, мк	Относительная интенсивность	Переход
18,3	0,5	$2\nu_3^{10} \rightarrow 3\nu_2^{10}$
18,8	0,3	$2\nu_3^{11} \rightarrow 3\nu_2^{11}$
19,1	0,4	$\nu_3^{10} \rightarrow \nu_1$
19,4	0,4	$\nu_3^{10} \rightarrow \nu_2^{10}$
20,2	1	$\nu_3^{11} \rightarrow \nu_2^{11}$
20,6	1	$\nu_3^{11} \rightarrow \nu_1$
22,4	0,2	$3\nu_2^{10} \rightarrow \nu_3^{10}$
23,0	0,4	$3\nu_2^{11} \rightarrow \nu_3^{11}$

Генерация происходит на нескольких частотах двадцатимикронного диапазона. Длины волн наблюдаемой генерации, относительные интенсивности и предлагаемая идентификация лазерных переходов приведены в таблице. На рисунке лазерные переходы отмечены стрелками.

Вращательная структура спектра генерации отчетливо не разрешалась. Константы вращательного расщепления колебательного спектра BCl_3 точно неизвестны. Оценки, проводимые на основании данных [1] для молекулы BF_3 , близкой к BCl_3 , приводит к значениям вращательных расщеплений в $0,1 + 0,2 \text{ см}^{-1}$.

Можно предположить существование следующего механизма генерации в газовом лазере на смеси $CO_2 - N_2 - He - BCl_3$. В сильном поле десятимикронного излучения происходит резонансное возбуждение колебаний ν_3 молекул BCl_3 . Это создает инверсную населенность уровня ν_3 по отношению к колебательным уровням ν_1 и ν_2 . Переходы $\nu_3 \rightarrow \nu_1$ и $\nu_3 \rightarrow \nu_2$ ответственны за наиболее интенсивную генерацию. Кроме того, возбуждается первая гармоника антисимметричного валентного колебания $2\nu_3$. Не исключено, что населенность уровня $2\nu_3$ дополни-

тельно увеличивается за счет резонансного обмена колебательной энергией с возбужденным азотом. Этот дополнительный механизм возбуждения должен быть более эффективен для молекул $B^{10}Cl_3$, частота колебаний которых ближе к частоте колебаний возбужденного азота. Та-



ким образом, становится возможным появление инверсии населенностей на уровне $2\nu_3$ по отношению к уровню $3\nu_2$. В свою очередь, уровень $3\nu_2$ радиационно разрушается при переходах $3\nu_2 \rightarrow \nu_3$.

Распад нижних лазерных уровней ν_1 и ν_2 в основное состояние происходит посредством столкновений с молекулами других газов, имеющих в разряде.

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

Поступило в редакцию
6 мая 1968 г.

Литература

- [1] Г.Герцберг. Колебательные и вращательные спектры многоатомных молекул. ИИЛ, М., 1949.
- [2] R.E.Scruby, J.R.Lacher, J.D.Park. J. Chem. Phys., 19, 386, 1951.
- [3] Н.В.Карлов, Г.П.Кузьмин, Ю.П.Петров, А.М.Прохоров. Письма ЖЭТФ, 7, 174, 1968.