

МОДУЛЯЦИЯ ДОБРОТНОСТИ В CO_2 -ЛАЗЕРЕ ПРОСВЕТЛЯЮЩИМСЯ ФИЛЬТРОМ НА ОСНОВЕ ТРИХЛОРИДА БОРА

Н.В.Карлов, Г.П.Кузьмин, Ю.Н.Петров, А.М.Прохоров

1. Предметом этого сообщения является изложение результатов экспериментов по получению импульсной генерации в лазере на смеси газов $\text{CO}_2 - \text{N}_2 - \text{He}$ путем включения в резонатор просветляющегося фильтра. Просветление происходит в газообразном трихлориде бора (BCl_3). Добавление в кювету с BCl_3 либо небольших количеств аммиака, либо больших количеств гелия позволило регулировать время релаксации просветляющегося фильтра.

2. Просветляющиеся фильтры широко применяются для получения гигантских импульсов модулированной добротности в твердотельных лазерах.

Вуд и Шварц [1], используя насыщение резонансного поглощения на волне $10,6 \text{ мк}$ в газообразном гексафториде серы SF_6 , получили режим модуляции добротности в CO_2 -лазере. Так как поглощение SF_6 в окрестности R -линий много меньше, чем для P -линий, то при внесении кюветы с газом в резонатор лазер, оставаясь в режиме непрерывной генерации, перестраивался из P -области в R -область. Поэтому для достижения режима гигантских импульсов в [1] применена дополнительная частотная селекция с помощью призмы, внесенной в резонатор. Преимущество примененного нами трихлорида бора состоит в том, что его линии поглощения перекрывают одновременно P - и R -области генерации CO_2 -лазера.

3. Разрядная трубка лазера имеет длину 80 см , диаметр — $2,2 \text{ см}$. Одно из зеркал резонатора — сферическое радиусом 500 см , второе — плоское. Вывод энергии из резонатора осуществляется через отверстие диаметром $0,8 \text{ см}$. Разрядная трубка герметизирована пластинами из NaCl , установленными под углом Брюстера. Трубка охлаждается проточной водой. Разряд возбуждается постоянным током. Газовая смесь $\text{CO}_2 - \text{N}_2 - \text{He}$ прокачивается через разрядную трубку.

Длина кюветы, содержащей BCl_3 , составляет 20 см, диаметр — 2,2 см. Кювета герметизирована пластинами из NaCl , установленными под углом Брюстера.

Мощность генерации в непрерывном режиме при эвакуированной кювете составляет 1–2 вт.

Генерация регистрируется с помощью приемника Ge: Au , охлажденного до 77°К, и осциллографа ИО-4. Постоянная времени приемника порядка 10 мксек. Спектры поглощения и излучения записываются спектрографом ИКС-21 с разрешающей способностью $\sim 2 \text{ см}^{-1}$.

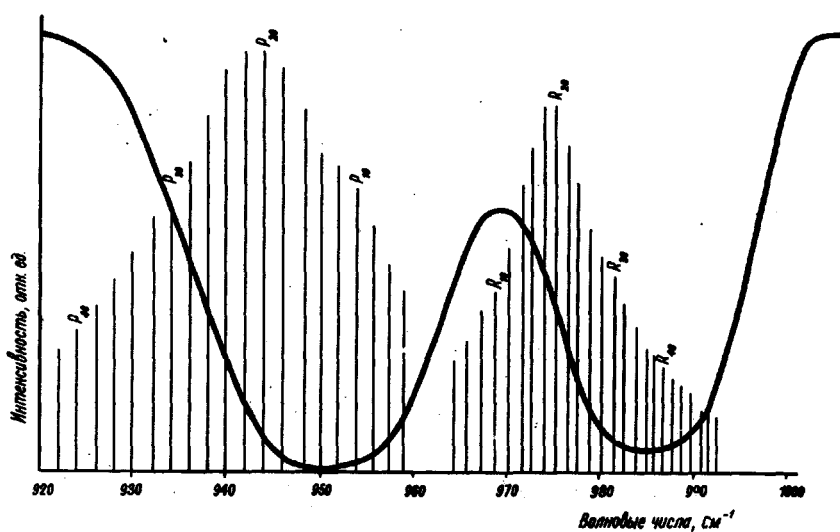


Рис.1. Линии поглощения газа B^{10}Cl_3 и B^{11}Cl_3 при давлении 4 тор

4. Спектр поглощения газообразного BCl_3 в инфракрасной области известен [2]. Десятимикронному диапазону соответствует дважды вырожденное валентное антисимметричное колебание ν_3 . Природный бор состоит из смеси двух стабильных изотопов: B^{10} ($\sim 19\%$) и B^{11} ($\sim 81\%$). В молекуле B^{11}Cl_3 колебания ν_3 по данным [2] имеют энергию 956 см^{-1} , в молекуле B^{10}Cl_3 — 995 см^{-1} , что должно соответствовать P - и R -областям генерации CO_2 -лазера.

На рис.1 приведен совместно с P - и R -линиями CO_2 -лазера спектр поглощения BCl_3 . Действительно, P - и R -области очень хорошо совпадают с провалами поглощения колебания ν_3 молекул B^{11}Cl_3 и B^{10}Cl_3 соответственно. Причем менее активным лазерным R -линиям соответствует более редкий изотоп B^{10} .

Зависимости коэффициента поглощения BCl_3 в центре линии и ширины линий от давления при комнатной температуре приведены на рис.2. Сопоставление данных рис.2 со значением коэффициента усиления лазерного разряда для наиболее активных R -линий ($\sim 10^{-2} \text{ см}^{-1}$) приво-

дит к выводу, что кювета с BCl_3 может служить просветляющимся фильтром в CO_2 -лазере.

5. Обнаружено, что трихлорид бора без примесей не приводит к возникновению режима регулярной периодической генерации гигантских импульсов. В зависимости от давления в кювете с BCl_3 лазер либо полностью перестает работать, либо переходит на режим квази-непрерыв-

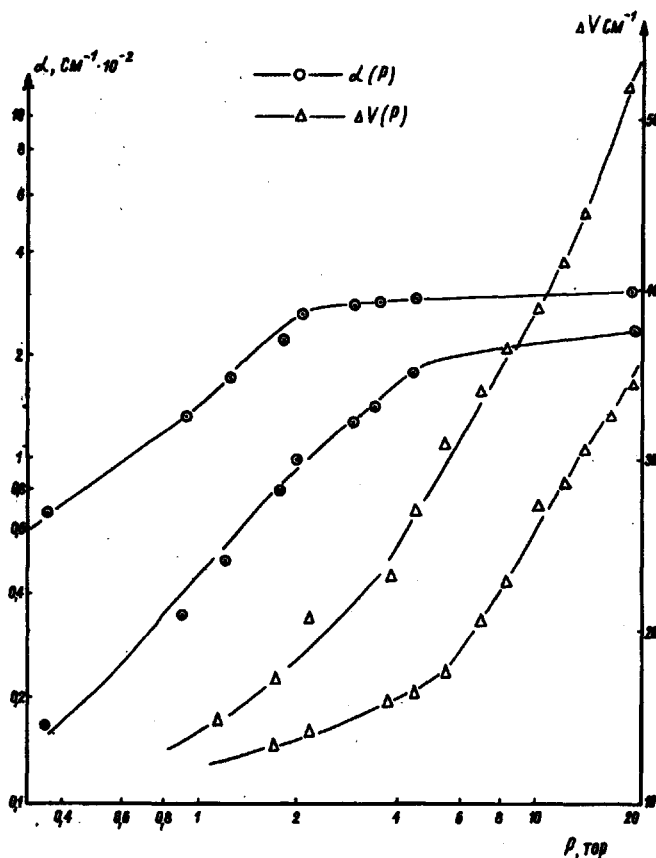


Рис.2. Зависимости коэффициента поглощения BCl_3 в центре линии и ширины линий от давления при комнатной температуре: — \odot — $\alpha(p)$, — Δ — $\Delta\nu(p)$

ных колебаний с огибающей релаксационного типа с характерными временами $2+10$ мсек. Это свидетельствует о том, что время жизни молекул BCl_3 в состоянии ν_3 превышает время жизни верхнего лазерного уровня.

Добавление в кювету с BCl_3 воздуха в отношении 1:1 при давлении 1 тор приводит к возникновению генерации гигантских импульсов. Более устойчивая генерация гигантских импульсов возникает при добавлении к BCl_3 больших количеств гелия. При разбавлениях трихлорида бора гелием в отношении 1:100 и сильнее характер генерации слабо зависит

от количества гелия. Таким образом, соударения молекул BCl_3 с молекулами воздуха или гелия должным образом уменьшают время релаксации поглощения в кювете.

Однако наилучшие результаты были получены при добавлении к BCl_3 очень небольших количеств аммиака NH_3 . В диапазоне давлений $1+7 \text{ тор}$ и при наличии в кювете следов аммиака наблюдается устойчивая и совершенно регулярная генерация гигантских импульсов с периодом следования от 40 до 100 $\mu\text{сек}$ в зависимости от давления и со средней мощностью $1+2 \text{ вт}$, равной мощности генерации в непрерывном режиме при откачанной кювете. В отличие от [1], при импульсном режиме фон непрерывной генерации отсутствует. При увеличении давления частота следования импульсов уменьшается, по-видимому, в силу увеличения вносимых в резонатор потерь. Давлению 50 тор соответствует период следования 2 $\mu\text{сек}$, но при этом амплитуда генерации существенно меньше, чем при давлении $\sim 1 \text{ тор}$. Заполнение кюветы чистым NH_3 не привело к модуляции добротности.

6. При интерпретации полученных результатов следует иметь в виду, что аммиак обладает сильной линией поглощения на частоте 950 см^{-1} [3] и, в отличие от BCl_3 , очень малым временем релаксации.

В кювете, содержащей BCl_3 и NH_3 в виде малой примеси, происходит, вероятно, весьма эффективный процесс резонансной передачи колебательной энергии при соударениях возбужденных молекул BCl_3 с не возбужденными молекулами NH_3 и последующая быстрая релаксация молекул NH_3 в основное состояние. Уравнивания населенностей молекул аммиака на переходе 950 см^{-1} полем излучения лазера не происходит, так как время релаксации NH_3 очень мало.

Очевидно, что для эффективной работы такого фильтра молекул NH_3 должно быть много меньше, чем BCl_3 , с тем, чтобы поглощение за счет аммиака не превышало поглощения за счет трихлорида бора.

Отметим, что можно ожидать просветления поглощения в аммиаке в случае лазеров большой мощности.

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

Поступило в редакцию
29 декабря 1967 г.

Литература

- [1] O.R.Wood, S.E.Schwarz. Appl. Phys. Lett., 11, 88, 1967.
- [2] R.E.Seruby, J.R.Locher, J.D.Park. J.Chem. Phys., 19, 386, 1951.
- [3] Г.Герцберг. Колебательные и вращательные спектры многоатомных молекул. ИИЛ, М., 1949.