

07

© 1990

МНОГОЧАСТОТНЫЙ ИМПУЛЬС ИЗЛУЧЕНИЯ МОЩНОГО CO₂-ЛАЗЕРА

В.М. Акулин, Н.П. Дацкевич,
Н.Н. Кононов, Г.П. Кузьмин

Для селективного воздействия на вещество многочастотное излучение обладает существенно большими возможностями по сравнению с одночастотным. Действительно, при интенсивном многочастотном воздействии должны проявляться нелинейные параметрические эффекты, позволяющие в ходе когерентных многоступенчатых процессов через виртуальные промежуточные уровни возбуждать в атомах или молекулах переходы с частотами, не соответствующими излучаемым.

Однако обычные мощные импульсные CO₂-лазеры микросекундного диапазона длительности генерируют излучение на одной вращательной линии основной полосы, что в бездисперсионном резонаторе связано с конкуренцией по вращательным состояниям. Чаще всего в таких лазерах это линия Р20 полосы 0001-10⁰0 [1].

В литературе описаны случаи успешной реализации многочастотной генерации разными методами, в том числе и с использованием дисперсионного резонатора. Например, в работах Компа и сотр. [2] описаны несколько схем получения многочастотной генерации с применением дифракционной решетки в почти концентрическом резонаторе. В одной из них вогнутое зеркало полупрозрачное, и через него осуществляется выход разных пространственно разнесенных линий генерации.

Во второй – вогнутое зеркало полностью отражающее, и на пути выходного пучка помещено зеркало с отражением 36%, возвращающее часть энергии в резонатор. В обоих случаях в резонаторе около вогнутого зеркала размещены диафрагмы с расчетными размерами отверстий и расстояниями между ними для ограничения апертуры луча каждой линии.

Существующая у нас лазерная установка ЛАД-2 большой апертуры [3] (30 см) позволяет реализовать несколько отличный вариант многочастотной генерации. Имея плоскую решетку большой апертуры и сферическое зеркало большой кривизны (рис. 1), можно создавать геометрическую ситуацию, когда для разных частот одновременно будет создаваться автоколлимационная ситуация. Если угол γ , определяющийся апертурой зеркала $2a$ и радиусом кривизны R , таков, что

$$\gamma \sim \frac{2a}{R} > \left| \frac{\partial \theta}{\partial \nu} \right| \cdot \Delta \nu,$$

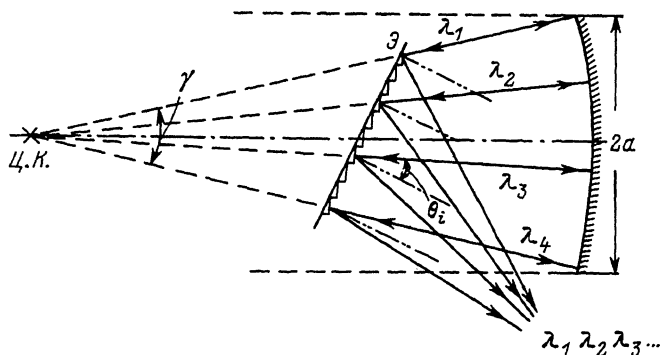


Рис. 1. Схема получения многочастотного импульса генерации: ЦК - центр кривизны зеркала, $2a$ - апертура зеркала, γ - апертурный угол, Э - эшелет, θ_i - угол падения излучения λ_i на эшелет.

где $\frac{\partial \theta}{\partial \nu}$ - угловая дисперсия решетки, $\Delta \nu$ - частотный интервал между вращательными линиями молекулы CO_2 , то автоколлимационный режим возможен для нескольких линий, при этом линии разной частоты распространяются с малыми углами относительно друг друга и получается как бы набор независимых резонаторов в одном объеме. Вывод излучения осуществляется в направлении нулевого порядка решетки. Дифракционная решетка размером 200×200 мм настраивается таким образом, чтобы на оптической оси резонатора для какой-либо линии (например P_{20}) соблюдались автоколлимационные условия. Тогда в горизонтальной плоскости резонатора слева и справа от оптической оси находятся резонаторы для P_{18} , P_{16} и т.д.-с одной стороны, и P_{22} , P_{24} и т.д.-с другой стороны.

Радиус кривизны вогнутого зеркала 2000 см (рис. 1), апертура 30 см, решетка находится на расстоянии 550 см от зеркала. Решетка представляет собой алюминиевый эшелет 75 штр/мм, рабочий порядок - первый, коэффициент отражения в направлении рабочих порядков 50% , выход излучения в нулевой порядок решетки 10% .

Угловая дисперсия решетки для частот основной полосы молекулы CO_2

$$\frac{\partial \theta}{\partial \nu} \sim -1 \cdot 10^{-3} \text{ рад/см}^{-1},$$

угол $\gamma \sim 1.3 \cdot 10^{-2}$ рад. Так как расстояние между вращательными линиями основной полосы молекулы CO_2 $\Delta \nu$ не более 2 см^{-1} , то в заданной геометрии в резонаторе может поместиться

$$\frac{\gamma}{\left| \frac{\partial \theta}{\partial \nu} \right| \cdot \Delta \nu} \approx 13 \text{ линий.}$$

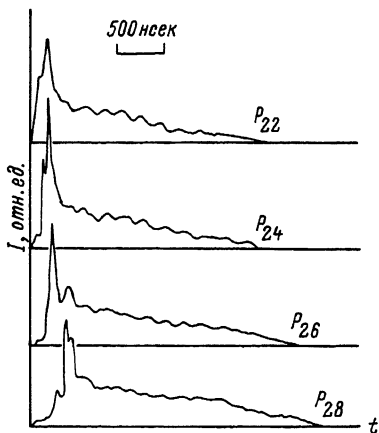


Рис. 2. Относительная задержка по времени высвечивания характерных линий генерации.

В действительности в эксперименте наблюдалась генерация от 4 до 10 линий P и R -ветвей, причем перестройка диапазонов осуществляется небольшим (в пределах $2 \cdot 10^{-2}$ рад) изменением угла установки решетки. В выходном пучке линии пространственно не разделены. При этом общая длительность импульса излучения составляет 2.5–3 мкс по уровню 0.1 (в случае обычного использования неустой-

чивого одночастотного резонатора длительность импульса генерации 1,2 мкс).

Линии генерации сдвинуты по времени друг относительно друга (рис. 2) на времена до 200 нс, крутизна переднего фронта от 20 до 50 нс и длительность переднего пика от 50 до 150 нс по полувысоте. Калориметрические измерения показали, что в каждой линии излучается энергия более 10 Дж за импульс, пиковая мощность в линии 10–45 МВт. Очевидно, что возможность образования нескольких автономных резонаторов в одном объеме грубо отражает реальную ситуацию, так как: 1) усиление в ЛАД-2 значительное, порядка 3 м^{-1} , и поэтому возможно существование излучения под углом падения, отличающимся от автоколлимационных, но примерно за двойной проход оно покидает объем резонатора. Точный расчет в настоящее время отсутствует, 2) диапазон углов падения $\Delta\theta$, отвечающий автоколлимационной ситуации для одной вращательной линии с учетом ширины линии, таков, что ширина области решетки, работающей на данной линии, может иметь размер много меньше общей ширины решетки. Это приводит к увеличению угловой ширины главного дифракционного максимума данной линии, к расширению пучка в плане вогнутого зеркала, к перекрытию пучков разных линий. С учетом длительности импульса накачки в 2.5–3 мкс явление перекрытия отдельных резонаторов приводит к модуляции интенсивности линии, которая и заметна на осциллограммах. Модуляция интенсивности наблюдается на хвосте импульса и существенного влияния на энергетику импульса излучения не оказывает.

Энергетические параметры, представленные в данной работе, не представляются нам предельно возможными. Очевидно, что вогнутое зеркало эффективно работает только своей „экваториальной“ областью, и далеко не весь объем резонатора задействован. Эту ситуацию представляется возможным улучшить применением выпуклой решетки.

Применяемая нами решетка позволяет в геометрии нашей установки получить генерацию в диапазоне линий от R_{20} до R_{36} . Применяя решетки с другими параметрами, можно варьировать число одновременно генерируемых линий, их интенсивность и степень „перекрестия“ элементарных резонаторов.

Таким образом, в представляемой работе реализован многочастотный режим генерации мощного CO_2 -лазера, отличающийся от ранее описанных простотой оптической схемы при большой энергетике излучения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Дацкевич Н.П., Карлов Н.В., Конев Ю.Б., Кононов Н.Н., Кузьмин Г.П., Токер Г.Р. // Письма в ЖТФ. 1981. Т. 7. В. 10. С. 1096-1100.
- [2] Wan Chongui, Zhou Jinwen, Fu B W. and Komp R.L. // Appl. Phys. 1984. В 35. Р. 123-126.
- [3] Дацкевич Н.П., Карлова Е.К., Карлов Н.В. и др. // Квантовая электроника. 1977. Т. 4. № 2. С. 457-460.

Институт общей физики
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию
17 сентября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 2

26 января 1990 г.

06.3; 07

© 1990

ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОЕ СТРОБИРОВАНИЕ ПРИ ПОМОЩИ ПИКОСЕКУНДНОГО ИНЖЕКЦИОННОГО ЛАЗЕРА

А. Г а л в а н а у с к а с, А. К р о т к у с,
Е.Л. П о р т н о й, Н.М. С т е л ь м а х

В последнее время для измерения характеристик полупроводников и полупроводниковых приборов с большим временным разрешением все чаще стали использоваться пикосекундные оптоэлектронные устройства, созданные на основе лазеров, излучающих сверхкороткие световые импульсы [1, 2]. Применение таких устройств значительно расширилось бы, если вместо громоздких и энергоемких пикосекундных твердотельных лазеров и лазеров на красителях, которые в основном используются в настоящее время, они содержали бы компактные и удобные в обращении полупроводниковые инжекционные лазеры, излучающие сверхкороткие световые импульсы.