

СОВМЕСТНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ НА ДЛИНАХ ВОЛНЫ
10.6 МКМ И 0.337 МКМ В ЛАЗЕРЕ
НА СМЕСИ CO_2-N_2-He
С ПЛАЗМЕННЫМ КАТОДОМ

П.П. Б р ъ н з а л о в, Б.О. З и к р и н,
Н.В. К а р л о в, Г.П. К у з ь м и н

В ряде случаев, в частности для ИК спектроскопии колебательных уровней высоко расположенных электронных термов молекул, необходимо иметь излучение на двух длинах волн в ИК и УФ области спектра. В обычно используемых газовых смесях для CO_2 лазеров количество азота достаточно велико, чтобы попытаться получить генерации в ультрафиолетовой области спектра, но различия в требованиях для накачки CO_2 и азотного лазера, а также необходимость обеспечения одновременной прозрачности резонатора на 10.6 и 0.337 мкм затрудняли получение совместной генерации в ИК и УФ области спектра.

Генерацию в УФ области на азоте в воздухе, т.е. при наличии кислорода и небольшого количества углекислоты, возможно получить, но отмечались трудности в связи с увеличением вклада процесса тушения верхних возбужденных состояний азота [1].

В работе [2] сообщалось о создании многоволнового импульсно-периодического электроразрядного лазера на смеси CO_2-N_2-He с соотношением компонент 1:30:50 на базе схемы питания эксимерного лазера. Получена энергия генерации 60 мДж на длине волны 10.6 мкм и 0.5 мДж на длине волны 0.337 мкм.

Нами получена совместная генерация на длинах волн 10.6 и 0.337 мкм на смеси CO_2-N_2-He в импульсном лазере с металлическим анодом и плазменным катодом на основе скользящего по поверхности диэлектрика разряда.

Плазменный катод лазера размерами 750×36 мм² формировался скользящим разрядом по поверхности плоской диэлектрической подложки из кристаллического лейкосапфира размерами 800×80 мм² и толщиной 1 мм. Электроды скользящего разряда выполнены из стали толщиной 0.1 мм. Металлический анод основного разряда выполнен из алюминия и имеет размеры плоской части 700×25 мм². Активный объем лазера величиной 0.45 л имеет сечение в виде квадрата ($2.5 \times 2.6 \times 70$ см³). Система электродов лазера размещена в цилиндрической камере из стеклотекстолита. Для питания скользящего и объемного самостоятельного разрядов применялись отдельные высоковольтные импульсные генераторы. Величина зарядного напряжения составляла 60 кВ. Время задержки срабатывания скользящего и объемного разрядов регулировалось изменением длины кабельной линии. В наших экспериментах кабель имел длину 100 м. При этом общее время задержки, включая время срабатывания разрядников, составляло около 500 нс.

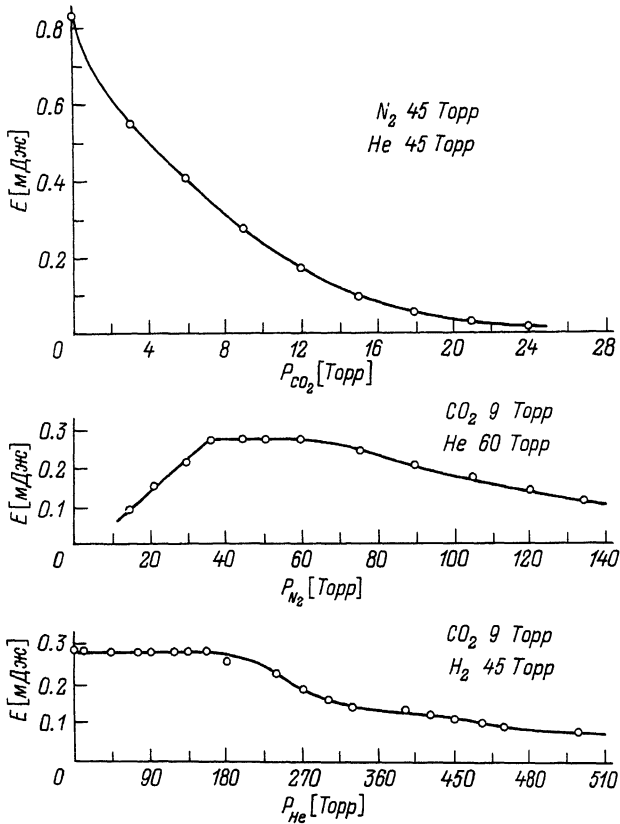


Рис. 1. Зависимости энергии генерации на 0,337 мкм от парциального состава рабочей газовой смеси без объемного разряда.

Энергия излучения на длине волны 10,6 мкм измерялась прибором ИМО-2Н, энергия излучения на длине волны 0,337 мкм – пироприемником, калиброванным по показаниям прибора ИМО-2Н. Импульсы излучения на 10,6 мкм регистрировались фотондрагдетектором и осциллографом С8-13, а на 0,337 мкм – фотодиодом ЛФД-2 и осциллографом С1-75.

Ранние исследования показали, что плазма скользящего по поверхности диэлектрика разряда может быть источником когерентного излучения на длине волны 0,337 мкм, когда разряд развивается в азоте низкого давления [3, 4]. Такой лазер обладает рядом особенностей, обусловленных свойствами скользящего разряда, а именно: высокой плотностью тока разряда, высокой плотностью излучения в пучке, хорошей направленностью излучения в поперечном к плоскости разряда направлении, высокой устойчивостью импульсного разряда.

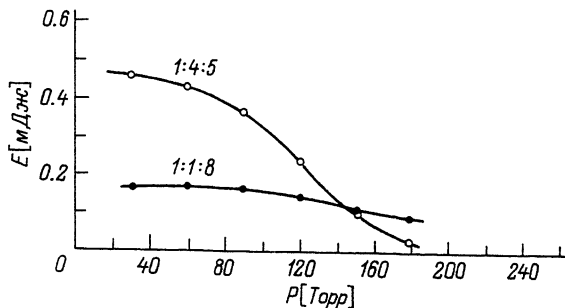


Рис. 2. Зависимости энергии генерации на 0,337 мкм в смесях 1:1:8 и 1:4:5 от общего давления при наличии объемного разряда CO_2 лазера.

В импульсном CO_2 лазере скользящий разряд используется в качестве предыонизатора и плазменного катода. Для исследования возможностей получения излучения на длине волны 0,337 мкм на самоограниченном переходе азота в CO_2 лазерных смесях вначале включался только скользящий разряд. Резонатор лазера длиной 1 м образован плоским алюминиевым зеркалом и плоскопараллельной кварцевой пластиной. На рис. 1 представлены зависимости энергии генерации от парциального состава CO_2 лазерной смеси. Изменение состава смеси осуществлялось изменением количества одной газовой компоненты при фиксированном количестве других двух. Основное влияние на уровень генерации оказывает количество CO_2 в смеси. Его добавление приводит к экспоненциальному уменьшению генерации, и при количестве углекислоты 25 Торр генерация полностью прекращается. Зависимости уровня генерации от количества азота и гелия исследовались при количестве CO_2 около 9 Торр. Максимальная энергия при этом для данной схемы питания лазера получена в диапазоне давлений азота 35–60 Торр. Количество гелия в смеси можно увеличивать до 150 Торр без изменения энергии генерации на 0,337 мкм. Таким образом, если количество CO_2 поддерживается на уровне 9–10 Торр, оптимальная смесь по уровню генерации азотного лазера находится в интервалах $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He} = 1:3.5\text{--}6:10\text{--}15\%$. Дальнейшие исследования проводились для смесей 1:1:8 и 1:4:5, вторую из которых можно считать оптимальной для азотного лазера при низких давлениях.

Получение импульсов генерации на 0,337 мкм с плазмы скользящего разряда и на 10,6 мкм из объемного разряда совместно потребовало использования оптического резонатора особой конструкции. Резонатор состоял из плоскопараллельных пластин германия и плавящего кварца диаметром 60 мм. На германиевой пластине в области, соответствующей положению плазмы скользящего разряда, нанесено алюминиевое покрытие, которое является полностью отражающим

зеркалом азотного лазера. На кварцевой пластине в области объемного разряда тоже нанесено алюминиевое покрытие, играющее роль полностью отражающего зеркала CO_2 лазера. Такой резонатор позволял обеспечить условия для работы лазера на двух длинах волн при использовании стандартной оптики. Импульсы обоих излучений выводились из резонатора в противоположные стороны.

На рис. 2 показаны зависимости выходной энергии азотного лазера в смесях 1:1:8 и 1:4:5 от общего давления при наличии объемного разряда CO_2 лазера. При низких давлениях энергии генерации для смеси 1:4:5 заметно выше и при общем давлении 40 Торр составляет около 50% от энергии генерации в чистом азоте. При давлении смесей около 150 Торр энергия для обеих смесей одинакова. Энерговклад в скользящий разряд во всех экспериментах поддерживался на уровне около $0,07 \text{ Дж/см}^2$.

Генерация на $10,6 \text{ мкм}$ на этих смесях наблюдается при давлении выше 25 Торр, и энергия генерации возрастает по мере увеличения давления газа. Для обеих смесей энергия генерации примерно одинакова и при общем давлении около 100 Торр находится на уровне $0,6 \text{ Дж}$.

Измерения длительности импульсов генерации при давлении CO_2 лазерной смеси 1:4:5 около 100 Торр показали, что на длине волны $0,337 \text{ мкм}$ ширина импульса на полувысоте составляет около 5 нс. На $10,6 \text{ мкм}$ импульс генерации имеет длительность по основанию около 12 мкс.

В заключение можно сказать, что использование скользящего разряда в импульсных CO_2 лазерах перспективно в связи с его возможностями выполнять роль эффективного УФ преионизатора лазерной смеси, плазменного электрода лазера и одновременно быть источником когерентного излучения в УФ области спектра.

Л и т е р а т у р а

- [1] А р у т ю н я н Г.Г., Г а л е ч я н Г.А. – ЖТФ, 1981, т. 51, в. 1, с. 166–168.
- [2] А т е ж е в В.В., Б у к р е е в В.С., В а р т а п е т о в С.К. и др. – Краткие сообщ. по физ., 1987, № 9, с. 19–21
- [3] Д а ш у к П.Н., К у л а к о в С.Л. – Письма в ЖТФ, 1981, т. 7, в. 21, с. 1307–1311.
- [4] Б р ъ н з а л о в П.П., З и к р и н Б.О., К а р л о в Н.В. и др. – Письма в ЖТФ, 1988, т. 14, в. 21.

Институт общей
физики АН СССР,
Москва

Поступило в Редакцию
27 июля 1988 г.