

*Ю.В. Скрыль***Мощная CO_2 -лазерная установка
с высокочастотным емкостным разрядом**

В настоящее время достигнуты определенные успехи в создании щелевых CO_2 -лазеров, возбуждаемых емкостным поперечным высокочастотным (ВЧ) разрядом (диапазон частот 1–100 МГц) [1].

Эти лазеры нашли широкое применение для резки и сварки в высокоточном промышленном производстве, в электронной промышленности, в медицине. В лазерах данного типа охлаждение рабочей газовой смеси осуществляется за счет теплообмена с охлаждаемыми электродами, к которым прикладывается возбуждающее ВЧ-напряжение. ВЧ-разряд обладает рядом преимуществ по сравнению с разрядом постоянного тока (РПТ). При применении ВЧ-разряда требуются значительно меньшие энергетические затраты источников питания, так как используется более низкое напряжение для питания генератора ВЧ-накачки, возможность плавного изменения интенсивностью излучения CO_2 -лазера, простота реализации модуляции. Лазеры этого типа значительно компактнее. При использовании CO_2 -лазеров для производственных целей разрядная камера может закрепляться непосредственно на перемещаемые в пространстве элементы исполнительных устройств и механизмов станков и подключаться с помощью кабеля к генератору ВЧ-накачки.

CO_2 -лазер состоит из трех функциональных элементов: разрядной камеры, ВЧ-генератора и системы газонаполнения [2].

Разрядная камера обычно представляет собой замкнутый объем, внутри которого размещаются элементы оптической системы в виде плоско-параллельных или плоско-вогнутых зеркал и электроды, подключаемые к источнику ВЧ-напряжения. Электроды реализуются в виде плоско-параллельных пластин. Система электродов в этом случае представляет собой конденсатор, и возникающий ВЧ-разряд называют емкостным (ВЧЕР).

В качестве генератора накачки, являющегося источником энергии для возбуждения ВЧ-разряда, используют генератор переменного высокочастотного напряжения. Согласно международному соглашению для исключения радиопомех выделены специальные фиксированные частоты для использования в мощных лабораторных и промышленных установках. Это частоты: 13,56; 27,12; 40,68 МГц и т.д. [3]. Обычно генераторы накачки выполняют на электронных лампах или полупроводниковых приборах, они имеют выходную мощность от единиц ватт до нескольких

киловатт, в зависимости от требуемой мощности излучения лазера.

Система газонапуска должна обеспечивать наполнение внутреннего объема разрядной камеры смесью газов в строгом соответствии с заданным соотношением и регенерацию рабочей смеси путем прокачивания с помощью вакуумного насоса.

Для измерения электрических параметров и построения вольт-амперных характеристик ВЧЕР и исследования воздействия лазерного излучения на различные материалы на кафедре общей физики АлтГУ разработана экспериментальная CO_2 -лазерная установка с ВЧЕР и мощностью непрерывного излучения до 100 Вт.

Структурно данная установка состоит из трех основных функциональных элементов: разрядной камеры, генератора высокой частоты и системы газонапуска.

Разрядная камера изготовлена из толстостенной стальной трубы длиной 700 мм и внутренним диаметром 140 мм. Внутренняя поверхность разрядной камеры отшлифована. На внешней поверхности трубы выфрезерованы восемь одинаковых граней. В верхней грани для визуального наблюдения процесса плазменного разряда имеется окно прямоугольной формы, закрытое полосой прозрачного материала. Над окном установлена перемещающаяся по длине активной зоны разрядной камеры видеокамера с выводом информации в режиме реального времени на монитор компьютера. На боковые грани разрядной камеры установлены переходные штуцеры для ввода в разрядную камеру охлаждающей жидкости и газовой смеси. Для контроля давления и температуры в активной зоне камеры на одну из граней установлены датчики вакуумметра и термометра. Внутри разрядной камеры расположены два параллельных стальных электрода размером 600×48 мм, установленные на фторопластовых дисковых изоляторах и имеющих возможность изменения межэлектродного расстояния от 0 до 20 мм. Электроды имеют охлаждаемые полости.

Высокочастотное напряжение от генератора накачки подводится к электродам через проходные изоляторы, расположенные симметрично на боковых гранях разрядной камеры.

Система зеркал состоит из заднего «глухого» позолоченного зеркала, закрепленного на задней крышке разрядной камеры. Выходное «полупрозрачное» охлаждаемое германиевое зеркало укреплено

на передней крышке разрядной камеры посредством специального кронштейна.

Конструкция камеры позволяет производить юстировку зеркал регулировочными устройствами с помощью выведенных на наружную сторону крышек камеры дистанционных винтов во время работы лазера. Для полноты эксперимента магистрали охлаждения зеркал и электродов разделены, однако при необходимости могут быть соединены в одну магистраль на внешней поверхности разрядной камеры. Для крепления разрядной камеры к основанию установки имеются специальные кронштейны.

Накачка лазера осуществляется подачей переменного напряжения высокой частоты от генератора мощностью 3 кВт. Рабочая частота генератора накачки выбрана равной 27,12 МГц, хотя с помощью несложных коммутаций может изменяться в диапазоне 13,56–110 МГц.

Конструктивно генератор выполнен по многокаскадной схеме и содержит формирователь высокочастотного сигнала с частотой 27,12 МГц, собранный на распространенных кремниевых полупроводниковых приборах КТ368, КТ913 и КТ920–КТ922. Промежуточный усилитель мощности выполнен на высокочастотном тетраде ГУ-34Б по схеме с общим катодом. Выходной усилитель мощности выполнен на двух мощных триодах ГУ-5Б, включенных по двухтактно-параллельной схеме с общими сетками [4]. Все каскады усиления имеют встроенные стрелочные приборы, отображающие величины проходящих коллекторных и анодных токов.

Выходной высокочастотный сигнал через согласующее устройство и измеритель проходящей мощности подводится к разрядной камере.

В генераторе накачки предусмотрена возможность модуляции высокочастотной составляющей напряжениями сигналов различных форм: синусоидальной, пилообразной, импульсной и др.

Импульсная модуляция осуществляется подачей запирающего напряжения на управляющую сетку промежуточного каскада усиления и коммутацией анодного напряжения выходного усилителя мощ-

ности. При модуляции выходного высокочастотного сигнала напряжениями другой формы используется модулятор, представляющий собой усилитель небольшой мощности, порядка 20–30 Вт с линейными параметрами.

Все усилительные каскады ВЧ-генератора накачки для обеспечения спектральной чистоты выходного сигнала работают в линейных режимах [5]. Питание всех ступеней усиления осуществляется от отдельных источников; формирователь сигнала – от стабилизированного источника +12В. На промежуточный каскад усиления подается анодное напряжение +2000В, а выходной усилитель мощности питается от источника анодного напряжения +4000В.

Накалы ламп промежуточного и выходного каскада также подключены к отдельным источникам питания.

Электронные лампы имеют принудительное воздушное охлаждение с помощью вентиляторов обдува. Вентиляторы имеют аэроконтакты, исключающие подачу анодного напряжения выходного усилителя мощности при неработающем вентиляторе. Предусмотрено реле задержки на 8 мин выключения вентиляции после снятия анодных напряжений. Все каскады генератора выполнены пюблочно и смонтированы в общую стойку. Выпрямительные устройства имеют встроенные стрелочные вольтметры подводимого и выпрямленных напряжений.

Подача газовой смеси в разрядную камеру осуществляется из трех разных баллонов с гелием, углекислым газом и азотом. Газы проходят через редукторы расхода, регулируемые натекатели, смеситель и расходный клапан газовой смеси. Регенерация рабочей смеси осуществляется путем низкоскоростной прокачки через вакуумную камеру. Парциальное давление газовой смеси устанавливалось как 1:2:8 для CO₂, N₂ и He соответственно. Необходимое давление в камере в пределах 20–40 Тор поддерживается с помощью вакуумного насоса.

Автор выражает благодарность профессору Владимиру Ивановичу Букатому за постановку задачи и помощь в работе.

Библиографический список

1. Райзер, Ю.П. Высокочастотный емкостный разряд: Физика. Техника эксперимента. Приложения : учеб. пособие для вузов / Ю.П. Райзер, М.Н.Шнейдер, Н.А. Яценко. – М., 1995.
2. Перфильев, В.О. Экспериментальная установка CO₂-лазера с щелевой геометрией / В.О. Перфильев, Ю.В. Скрыль, Д.А. Шушуев // Известия АлтГУ. – 2005. – №1.
3. Скрыль, Ю.В. Мощные CO₂-лазеры с ВЧ-накачкой. Принципы построения / Ю.В. Скрыль, С.М. Слободян // Известия АлтГУ. – 2007. – №1.
4. Шахгильдян, В.В. Проектирование радиопередающих устройств / В.В. Шахгильдян. – М., 1986.
5. Гавриленко, И.И. Радиопередающие устройства / И.И. Гавриленко. – М., 1983.