

В.Г. Гольдорт<sup>1</sup>, Е.П. Гордов<sup>2</sup>, В.Н. Ищенко<sup>1</sup>, А.А. Ковалев<sup>1</sup>, М.М. Макогон<sup>3</sup>

## Двухволновая СО<sub>2</sub>-лазерная система для параметрического автодинного лидара

<sup>1</sup> Институт физики полупроводников СО РАН, г. Новосибирск<sup>2</sup> Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,<sup>3</sup> Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск

Поступила в редакцию 8.12.2005 г.

Рассматривается новая версия двухчастотной лазерной системы с улучшенными характеристиками на базе непрерывных СО<sub>2</sub>-лазеров для автодинного лидара дифференциального поглощения.

Известно [1–4], что лазер, работающий в автодинном режиме генерации, является высокочувствительным приемником излучения. Это свойство может быть эффективно использовано в методе дифференциального поглощения для контроля содержания газовых компонентов атмосферы различного происхождения при их крайне низких концентрациях. Применение метода предполагает использование лазерной системы, одновременно (или в близкие моменты времени) генерирующей на двух длинах волн, одна из которых находится в области центра линии поглощения, а другая – в области крыла линии; на первой длине волны поглощение максимально, на второй – минимально.

Возможности использования метода дифференциального поглощения применительно к параметрическому автодинному СО<sub>2</sub>-лидару для осуществления газоанализа атмосферы экспериментально и теоретически изучались в [5–9]. Проведенные расчеты показали, что большое число газов (~20), полосы поглощения которых попадают в область генерации СО<sub>2</sub>-лазера 9–11 мкм, для горизонтальных трасс могут быть обнаружены на уровне  $(0,5–20) \cdot 10^{-9}$ .

Двухчастотная работа лазера в [5, 6] была реализована на одной лазерной трубке, что позволяет, на первый взгляд, сделать газоанализатор более дешевым по сравнению с использованием двух лазеров и, возможно, более компактным. Вместе с тем в таком лазере технически нет возможности получить генерацию в разных каналах на близких линиях излучения СО<sub>2</sub>. Проблематично также достижение стабильности частоты излучения, так как перекрестная механическая модуляция каналов приводит к сбою режима системы стабилизации. Если каналы генерируют одновременно, то имеет место конкуренция линий усиления, снова приводящая к нестабильной генерации. Применение же двух отдельных разрядных трубок позволит, с одной стороны, обеспечить независимую перестройку и стабилизацию частот в каналах генерации, а с другой – более полно использовать мощность генерации, что, в конечном счете,

должно привести к повышению чувствительности измерений.

Нами разработана лазерная система (рис. 1), которая базируется на двух СО<sub>2</sub>-лазерах, работающих в непрерывном одномодовом режиме и перестраиваемых по линиям генерации в области 940–1087 см<sup>-1</sup>.

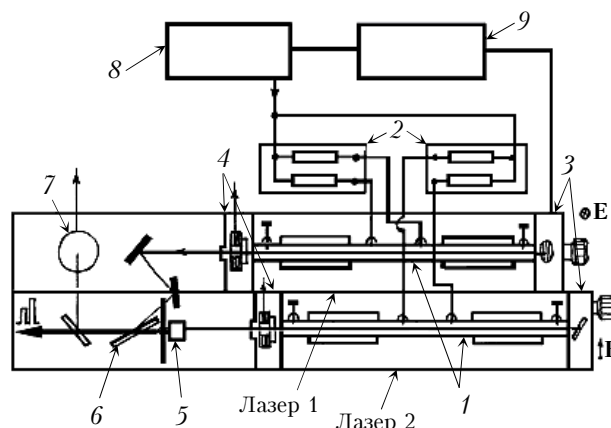


Рис. 1. Схема лазера: 1 – разрядные трубки из ВеО, охлаждаемые водой; 2 – блоки балластных сопротивлений; 3 – фланцы с дифракционными решетками; 4 – фланцы с выходными зеркалами на пьезокорректоре; 5 – прерыватель; 6 – германиевая пластина под углом Брюстера; 7 – фото-сопротивление GeAu; 8 – источник питания разрядных промежутков; 9 – блок управления лазером

Основу конструкции составляет арматура, собранная на базе шести инваровых стержней. Разрядные трубки выполнены из керамики ВеО и имеют по два разрядных промежутка длиной 176 мм. Основные характеристики лазера приведены ниже.

Резонатор каждого лазера образован дифракционной решеткой, имеющей 150 штр./мм, и вогнутым зеркалом, расположенными вблизи торцов разрядных трубок на юстировочных головках. Дифракционные решетки для настройки на выбранную линию поворачиваются вручную с помощью микровинтов

(градуировочный график приведен на рис. 2), зеркала закреплены на головках через пьезокорректоры КП-1, обеспечивающие сканирование длины резонатора на расстояния более 15 мкм.

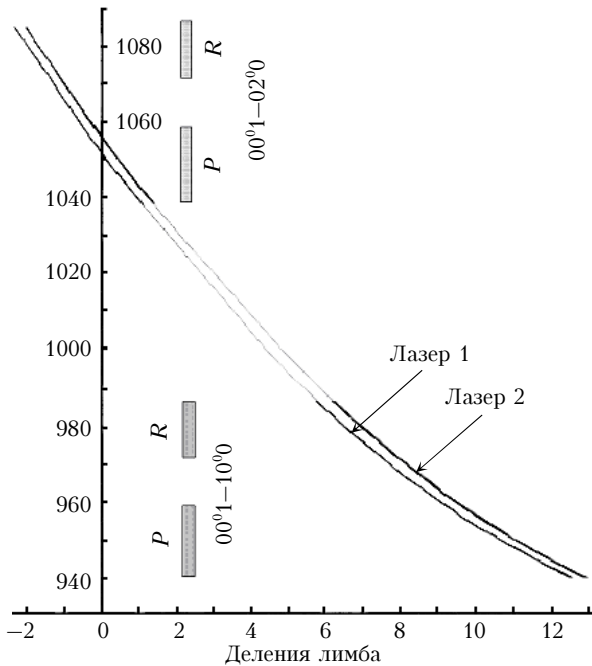


Рис. 2. Градуировочный график для настройки длины волны излучения лазеров

Пьезокорректоры используются как для сканирования длины волны (что необходимо по принципу работы автодинного лидара), так и для оптогальванической стабилизации частоты лазеров на выделенных линиях.

Режим излучения	Непрерывный одномодовый и одночастотный
Область генерации, см <sup>-1</sup>	940–1087
Ток разряда, мА	7
Напряжение, кВ	5
Выходная мощность в центре контура усиления (линии 9P(16)–9P(24)), Вт	≥ 2
Сечение выходного пучка, мм	4
Собственная абсолютная нестабильность частоты, МГц/с	≤ 0,5
Амплитуда величины управляющего напряжения, В	0–250
Частота модуляции длины резонатора, Гц	≤ 300
Амплитуда модуляции длины резонатора, мкм	7,5
Чувствительность пьезокерамики, мкм/В	0,03
Состав рабочей смеси	CO <sub>2</sub> :N <sub>2</sub> :He = 1:1:4

Оптимальное давление рабочей смеси, торр ≈ 40  
Габаритные размеры оптической головки, мм 1250×400×250

Выходные пучки лазеров имеют линейную, взаимно перпендикулярную поляризацию. При помощи двух зеркал они сводятся на германиевой пластине, расположенной под углом Брюстера к оси одного из пучков (перед сведением оба пучка пропускаются через модулятор, обеспечивающий поочередное прерывание пучков). Пластина обеспечивает отражение более 80% мощности пучка s-поляризации в нужном направлении. Этот вариант смешивания пучков обеспечивает широкополосность, необходимую для работы во всем диапазоне линий CO<sub>2</sub>-лазера и трудно достижимую с помощью многослойных светоделителей. В результате лазерная система генерирует импульсы с частотой 100 Гц на двух различных длинах волн, что делает ее пригодной к использованию в автодинном лидаре.

Система имеет встроенный охлаждаемый приемник на основе GeAu, регистрирующий мощность генерации обоих лазеров.

Настоящая работа была поддержана грантом INTAS-ESA номер INTAS-99-822.

1. King P.G.R., Steward G.J. // New Sci. 1963. V. 17. N 2. P. 180–185.
2. Churnside J. // Appl. Opt. 1984. V. 23. P. 61.
3. Godlevskii A.P., Gordov E.P., Fazliev A.Z., Ponurovskii Ya.Ya., Sharin P.P. Parametric laser-reception lidar // Appl. Opt. 1987. V. 26. N 8. P. 1607–1611.
4. Harris M., Loudon R., Mander G.L., Vaughan J.M. // Phys. Rev. Lett. 1991. V. 67. P. 1743.
5. Шарин П.П. Исследование возможностей зондирования характеристик атмосферы на основе внутррезонаторных эффектов в CO<sub>2</sub>-лазере: Дис... канд. физ.-мат. наук. Томск, 1992. 191 с.
6. Gordov E.P., Khmel'nitskii G.S., Fazliev A.Z. // Laser Optics'95: Gas Lasers / I.M. Belousova, Editor: Proc. SPIE. 1995. V. 2773. P. 160–163.
7. Годлевский А.П., Гордов Е.П., Жилиба А.И., Шарин П.П. Доплеровский лидар с внутррезонаторным приемом на CO<sub>2</sub>-лазере // Оптика атмосф. 1990. Т. 3. № 1. С. 25–30.
8. Гордов Е.П., Каганов Г., Макогон М.М. Потенциальные возможности непрерывного параметрического автодинного CO<sub>2</sub>-лидара для оценки источников углеродородов // Тр. конференции «Измерение, моделирование и информационные системы как средства реабилитации окружающей среды», 24–28 октября 2000 г. Томск. С. 21–23.
9. Gordov E.P., Makogon M.M., Kaganov G., Fazliev A.Z., Matvienko G.G. Modeling of Autodyne Lidar Potential for DIAL Applications // 11<sup>th</sup> Coherent Laser Radar Conference, 1–6<sup>th</sup> July 2001: Proc. Malvern, Worcestershire, UK. P. 60–63.

V.G. Goldort, E.P. Gordov, V.N. Ishchenko, A.A. Kovalev, M.M. Makogon. **Double-wavelength CO<sub>2</sub>-laser system for parametric autodyne lidar.**

The new version of double wavelength cw CO<sub>2</sub>-laser for autodyne DIAL-lidar is considered.