

Диодная лазерная система для дистанционного зондирования углекислого газа в атмосфере*

М.П. Герасимова¹, С.А. Садовников¹, С.В. Яковлев¹,
А.В. Крючков¹, В.В. Филатов¹, Н.С. Кравцова¹,
А.А. Маркова¹, Ю.В. Кистенев², О.А. Романовский¹

¹ Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Необходимость мониторинга антропогенного загрязнения атмосферы обуславливает разработку технических средств дистанционного зондирования в городских агломерациях, вблизи частных промышленных предприятий и автомагистралей. Углекислый газ (CO_2) при текущих значениях относят к одному из основных газовых компонентов атмосферы, оказывающих вклад в парниковый эффект и экологическую обстановку в местах проживания населения. Для решения задачи зондирования CO_2 в концентрациях от фоновых (440 ppm) до предельно допустимых (ПДК – 4917 ppm) разработана диодная лазерная система, перестраиваемая в полосе поглощения $\text{CO}_2 \sim 1572$ нм. Проведено численное моделирование спектров поглощения атмосферы в исследуемом спектральном диапазоне, которое позволило оценить влияние и вклад мешающего поглощения сторонними газами в зондирование CO_2 . Калибровка положения длины волны лазерного диода с применением высокоточного измерителя при различных значениях температуры и тока потребления позволила настроить диапазон генерации лазера с перекрытием изолированной линии поглощения CO_2 . На основе полученных результатов сформирован вариант технического исполнения системы, проведены эксперименты по регистрации спектров пропускания с применением газовой кюветы и зарегистрированы лазарные сигналы.

Ключевые слова: перестраиваемая диодная лазерная абсорбционная спектроскопия, углекислый газ, линия поглощения, дистанционное зондирование.

Введение

Увеличение концентрации парниковых газов за счет естественного и антропогенного происхождения является определяющим фактором изменения климата и глобального потепления.

Углекислый газ (CO_2) является сильнейшим парниковым газом после водяного пара (H_2O). Вклад CO_2 в парниковый эффект достигает 25%. Парниковые газы в концентрациях выше предельно допустимых концентраций (ПДК) считаются загрязняющими веществами. Основными источниками антропогенного CO_2 являются сжигание ископаемого топлива (уголь, нефть, газ) и попутного газа, производство цемента, выхлопные газы бензиновых и дизельных двигателей. Поэтому разработка новых методов и средств дистанционного измерения частных случаев выбросов CO_2 в атмосферу является актуальной.

Важными особенностями систем дистанционного лазерного зондирования являются их работоспособность как в дневное, так и в ночное время суток, а также возможность измерения исследуемого газа в разных направлениях. Этот фактор является важным для мониторинга выбросов с небольших территорий, поскольку концентрация и динамика распространения этих выбросов сильно изменчивы в малых временных и пространственных масштабах.

Спектроскопические методы обнаружения газов, в частности лазерная абсорбционная спектроскопия (ЛАС) [1, 2], хорошо зарекомендовали себя в решении задач дистанционного зондирования атмосферы. В ЛАС используются лазеры, излучение которых настроено на информативные диапазоны (длины волн) зондирования и ослабляется за счет поглощения целевыми молекулами (газами) при распространении через исследуемую среду. ЛАС обладает высокой спектральной селективностью и является одним из самых чувствительных методов бесконтактного (дистанционного) газоанализа. Перечисленные свойства являются основными преимуществами по сравнению с другими контактными (нелазерными) методами и средствами зондирования.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение № 075-15-2024-557 от 25.04.2024).