МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Болгарская Академия наук
ООО «Научно исследовательское предприятие «Лазерные технологии»

ИННОВАТИКА-2018

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

XIV Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых
26–27 апреля 2018 г.
г. Томск, Россия

Под редакцией А.Н. Солдатова, С.Л. Минькова

Scientific & Technical Translations
STT
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Томск – 2018

МНОГОВОЛНОВЫЕ ЛАЗЕРЫ НА ПАРАХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ЛИДАРОВ

А.Н. Солдатов, П.В. Брославский, А.С. Шумейко
Национальный исследовательский Томский государственный университет
yatror@yandex.ru

MULTI-WAVE METAL VAPOUR LASER FOR LIDARS

A.N. Soldatov, P.V. Broslavskiy, A.S. Shumeiko
National Research Tomsk State University

This review article tells you aboutproblems associated with environmental pollution and about wonderful solutionsuch as using LIDARs. It tells about advantages of using LIDARs with multi-wave metal vapour laser to probe aerosol in atmosphere.

Keywords: LIDAR, aerosol, laser.

Загрязнение окружающей среды, а в частности, атмосферы – одна из постоянных проблем, решение которым ежедневно ищут ученые ведущих стран. Повышение количества аэрозольных выбросов в атмосферу оказывает отрицательное влияние на экологическое состояние, и вопрос их контроля без деструктивного воздействия на среду по-прежнему тревожит головы исследователей. Дополнение к санитарно-гигиеническим требованиям, введенное в 2010 году, по содержанию в атмосфере мелкодисперсных взвешенных частиц поставило перед учеными задачу по отслеживанию концентраций частиц с аэродинамическими диаметрами менее 2,5 мкм. К 2018 же году список веществ, которые необходимо постоянно контролировать, только возрос.

Использование лазерного излучения имеет ряд преимуществ перед традиционными аэрологическими возмущающими методами диагностики. Прежде всего, диагностика с помощью лазерного излучения не оказывает разрушающего воздействия на среду, а скорость диагностики очень высока. Диагностика может осуществляться на достаточно больших расстояниях от исследуемого объекта, а также не требует анализа химических проб. Многоволновые лазерные системы позволяют получать информацию о различных макрофизических параметрах: концентрации частиц, их размер, а также комплексного показателя преломления.

Метод диагностики лазерным излучением реализуется с помощью лидаров. Лидары основаны на принципе облучения окружающего пространства электромагнитными импульсами и регистрации характеристик откликов. Выбор источника излучения и реализация самой детектирующей системы – трудоемкая задача, требующая учета многих факторов и

параметров. В настоящее время чаще всего используется лидар на основе Nd-YAG лазера с излучением на третьей и четвертой гармониках с длинами волн в 355 нм и 265 нм. Успешное использование этого лазера в лидарах определяется тем, что достаточно большая часть примесей имеет полосы электронного поглощения именно в УФ области. Кроме того, в лидарах, работающих одновременно на нескольких длинах волн зондирования, можно реализовать методику дифференциального поглощения излучения, которая обладает более высокой чувствительностью и селективностью.

Применение в качестве источника излучения лазеров на парах металлов, а в частности, на парах стронция может качественно расширить возможности зондирования аэрозолей в атмосфере. Лазер на парах стронция имеет 6 длин волн: 1.03 мкм, 1.09 мкм, 2.69 мкм, 2.92 мкм, 3.011 мкм и 6.456 мкм. В настоящее время лидары, использующиеся при зондировании аэрозолей, практически не затрагивают ИК диапазон, в то время как частицы, чьи полосы электронного поглощения находятся в этом диапазоне, требуют качественных методов контроля. Близко расположенные гармоники позволяют реализовать методику дифференциального поглощения, тем самым, еще больше увеличить чувствительность лидара.

Группой томских исследователей были проведены тестовые эксперименты по лазерному зондированию газового состава атмосферы с помощью лидарной установки на базе лазера на парах стронция. Исследования проводились на длинах волн 3.011 мкм и 1.09 мкм, в ходе которых ставилась задача определить концентрации метана и окиси азота в атмосфере. Погрешность при определении окиси азота составила всего 5%, определение концентрации метана же оказалось менее успешным – погрешность достигла величины в 28%. Помимо этого, были проведены эксперименты по зондированию влажности атмосферы с помощью лидара, использующего лазер на парах стронция. Данные, полученные с помощью психрометров и лидара, имели расхождения менее 10%.

Таким образом, лидары, использующие в качестве источника излучения лазер на парах стронция, могут помочь решить ряд проблем, связанных с контролем аэрозольных выбросов в атмосферу различными предприятиями.

Литература

1. Твердотельные перестраиваемые лазеры УФ-диапазона для лидарных систем / В. Семашко, А. Наумов, В. Ефимов [и др.] // Фотоника. – 2012. – № 3. – С. 28–30.

2. Привалов В.Е., Фотиади А.Э., Шеманин В.Г. Лазеры и экологический мониторинг атмосферы : учеб. для вузов. – СПб. : Лань, 2013. – С. 148–160.
3. Импульсно-периодические лазеры на парах стронция кальция : учеб. для вузов / под редакцией А.Н. Солдатова, Е.Л. Латуша. – Томск : ТМЛ-Пресс, 2012. – 526 с.
4. Волков Н.Н. Выбор параметров многоволнового аэрозольного лидара для дистанционного зондирования атмосферы // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 1. – С. 7–9.
5. Лидарные технологии дистанционного зондирования параметров атмосферы / В.Д. Бурлаков, С.И. Долгий, А.И. Макеев, Г.Г. Матвиенко, А.В. Невзоров, А.Н. Солдатов, О.А. Романовский, О.В. Харченко, С.В. Яковлев // Оптика атмосферы и океана. – 2013. – Т. 26, № 10. – С. 829–837.