

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-2019

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**XV Международной школы-конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых
25–27 апреля 2019 г.
г. Томск, Россия**

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

Scientific & Technical Translations



ИЗДАТЕЛЬСТВО

Томск – 2019

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОВОЛНОВЫХ ЛАЗЕРОВ НА ПАРАХ МЕТАЛЛОВ В ЛИДАРАХ

А.Н. Солдатов, П.В. Брославский

*Национальный исследовательский Томский государственный университет
PavelBroslavskiy@yandex.ru*

APPLICATION OF MULTI-WAVE METAL VAPOR LASERS IN LIDARS

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

This review article tells you about environmental pollution problems and about the way to control pollution through the use of LIDARs. It tells about advantages of using LIDARs with multi-wave metal vapor laser to probe aerosol in atmosphere.

Keywords: LIDAR, aerosol, laser

С каждым годом Росприроднадзор проявляет всё большее внимание к состоянию окружающей среды, а также к экологичности многих производств. Для производств это становится настоящей головной болью, решать которую предстоит ученым: находить новые, более совершенные методы контроля выбросов, их фиксации и утилизации. 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 2019 же году список веществ, которые необходимо постоянно контролировать, только возрос [1].

Уже после первых экспериментов по применению лидаров, использующих лазерный источник, для исследования атмосферы стало ясно, что определение расстояния до непрозрачных отражающих целей – это лишь одна функция из большого арсенала возможностей лидаров. Лазерное излучение позволило проводить бесконтактную диагностику прозрачной среды, рассеивающей свет, анализировать ее свойства, определять направление и скорость перемещения воздушных потоков, фиксировать и идентифицировать наличие посторонних примесей в воздушной массе в различных слоях атмосферы, измерять их концентрацию. Эти возможности лидаров обусловлены тем, что, в отличие от зондирующего излучения радиочастотного диапазона, эффективно отражающегося только от довольно крупных металлических целей, оптическое излучение, вследствие малости длины волны, отражается, поглощается и рассеивается час-

тицами сверхмалых и малых размеров, в том числе и содержащимися в воздухе молекулами. Поэтому в данном случае появляется возможность не только определять расстояние до непрозрачных отражающих свет дискретных целей, но и с высоким пространственным разрешением фиксировать интенсивность света, поглощенного и рассеянного частицами в разных областях практически прозрачных сред [2].

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.

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 [4].

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. Область излучения лазера на парах стронция совпадает с окном прозрачности атмосферы, а также полосами поглощения большого количества за-

грязнений, а чувствительность приемников на основе InSb имеют в этой области максимальное значение.

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% [5].

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 [и др.]// Фотоника №3 / 33 / 2012 – с28-30.
2. Лазеры и экологический мониторинг атмосферы: учеб. для вузов/ Привалов В. Е., Фотиади А. Э., Шеманин В. Г.- Издательство "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/ Солдатов А.Н. [и др.]// Оптика атмосферы и океана-26-№10-2013- с.829-837