

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Болгарская Академия наук
ООО «ЛИТТ»

ИННОВАТИКА-2017

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**XIII Международной школы-конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых
20–22 апреля 2017 г.
г. Томск, Россия**

Под ред. А.Н. Солдатов, С.Л. Минькова

Scientific & Technical Translations



ИЗДАТЕЛЬСТВО

Томск – 2017

ЛИДАРНАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ ПГС ДЛЯ ГАЗОАНАЛИЗА АТМОСФЕРЫ

О.А. Романовский^{1,2}, С.А. Садовников¹, О.В. Харченко¹,
С.В. Яковлев^{1,2}

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

²Национальный исследовательский Томский государственный университет
e-mail: roa@iao.ru

LIDAR BASED ON THE OPO FOR ATMOSPHERIC GAS ANALYSIS

O.A. Romanovskii^{1,2}, S.A. Sadovnikov¹, O.V. Kharchenko¹,
S.V. Yakovlev^{1,2}

¹V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS,

²National Research Tomsk State University

Differential absorption method and differential optical absorption spectroscopy are the efficient methods for laser sensing of minor gas constituents. DIAL-DOAS technique combining the advantages of both methods and the results of development of the mid-IR differential absorption lidar based on the OPO are presented.

Keywords: laser gas analysis, DIAL, DOAS, OPO..

Активное развитие бесконтактных оптических методов дистанционной диагностики состава окружающей среды обуславливает необходимость разработки и усовершенствования лазерных систем способных генерировать излучение в самых различных диапазонах длин волн с малым шагом перестройки по частоте. Традиционно используемые в лидарах дифференциального поглощения мощные газовые лазеры имеют ограниченное число спектральных совпадений линий излучения и линий поглощения атмосферных газов [1]. Для расширения функциональных возможностей лазеров указанного типа применяются преобразователи частот на основе нелинейных кристаллов, позволяющих путем генерации обертонов, гармоник, суммарных и разностных частот излучения лазеров перекрыть спектральный диапазон от 2 до 18 мкм. Для перекрытия ближней и средней ИК областей с малым шагом перестройки длины волны излучения используются параметрические генераторы света (ПГС) на основе нелинейно-оптических кристаллов [2].

В результате проведения работ разработана и предложена методика, сочетающая преимущества двух традиционных методов газоанализа атмосферы – МДП, позволяющего получать пространственно разрешенную информацию о концентрациях газов в атмосфере, и ДОАС, обеспечивающего многокомпонентный газоанализ [3]. Указанный подход предпо-

лагает использование широкополосного излучения и спектрометра с линейчатым фотодетектором, что обеспечивает измерение сигналов ратно рассеянного излучения с разрешением как по пространству оптической трассы, так и по длине волны одновременно.

Таким образом, для обеспечения практического функционирования систем указанного типа предлагается методика планирования и проведения лидарных МДП–ДОАС измерений (рис. 1), которую можно представить в виде трёх частей: 1) поисковая (белые блоки); 2) расчётная (серые); 3) блок обработки экспериментальных результатов лидарного зондирования.



Рис. 1. Схема методики планирования и проведения лидарных МДП–ДОАС измерений

Методика применима для реализации систем как с традиционным функционалом МДП и ДОАС подходов по отдельности, так и для перспективного объединённого МДП–ДОАС подхода с применением одной и той же аппаратуры.

Далее рассматриваются характеристики лазерной системы с ПГС на основе которого проводятся работы по разработке лидара дифференциального поглощения среднего ИК-диапазона. Система обеспечивает перестраиваемую генерацию наносекундных импульсов излучения в спектральном диапазоне 3–4 мкм и включает в себя:

- Nd:YAG импульсный лазер LQ529B;
- преобразователь излучения с перестройкой длины волны в диапазоне 3–4 мкм;
- контроллер управления длиной волны шаговыми двигателями;
- спектрометр S100;

Вместе с тем, лазер и преобразователь с системой заводки излучения накачки в блок преобразователя распложены на общем основании.

В таблице 1 представлены основные характеристики λ -преобразователя.

Т а б л и ц а 1

Спецификация преобразователя

Диапазон перестройки длины волны	3–4 мкм
Ширина линии излучения	1–5 см ⁻¹
Энергия в импульсе, в максимуме перестроечной кривой	6 мДж
Частота следования импульсов	10 Гц
Расходимость излучения	≤ 2 мрад
Управление перестройкой длины волны	от 3 ШД

На основе лазерной системы с ПГС разработан лидар дифференциального поглощения (рис. 2).

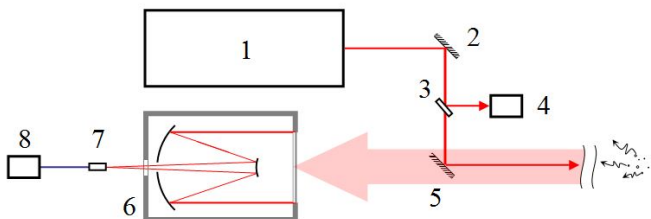


Рис. 2. Схема лидара дифференциального поглощения: 1 – ПГС лазер; 2, 5 – глухое зеркало; 3 – полупрозрачное зеркало; 4 – измеритель мощности; 6 – телескоп; 7 – лавинный фотодиод; 8 – АЦП

С использованием разработанного лидара экспериментально получены атмосферные эхо-сигналы в диапазоне длин волн 3–4 мкм. На рисунке 3 представлены результаты зондирования на длине волны 2,919 мкм.

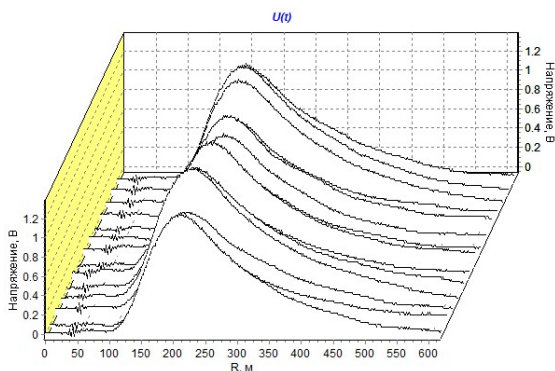


Рис. 3. Лидарные сигналы на длине волны 2.919 мкм

Вместе с тем, проводятся работы по полной автоматизации лидарного устройства – на сегодняшний день реализован программный модуль автоматического управления длиной волны лазерного излучения для функционирования системы в режиме МДП лидара.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Грант № 16-45-700722 в части проведения численного моделирования лидарных измерений МГС атмосферы), гранта Президента РФ для поддержки молодых российских учёных (Грант № МК-1367.2017.5 в части разработки методики планирования и проведения лидарных МДП–ДОАС измерений) и гранта Президента РФ по поддержке ведущих научных школ НШ-8199.2016.5.

Литература

1. Васильев Б.И., Маннун У.М. ИК лидары дифференциального поглощения для экологического мониторинга окружающей среды // Квант. электроника. – 2006. – Т. 36. – № 9. – С. 801–820.
2. Mitev V. Mid-IR DIAL for high-resolution mapping of explosive precursors / V. Mitev et al. // Proc. SPIE. – 2013. – Vol. 8894. – P. 88940S–88940S-13. – Doi:10.1117/12.2028374.
3. Platt U., Stutz J. Differential optical absorption spectroscopy. – Berlin : Springer-Verlag, 2008. – 593 p. – Doi: 10.1007/978-3-540-75776-4.