

Физическая аппаратура

УДК 551.501.5

Возможности применения многоволнового стронциевого лазера для дистанционного газоанализа атмосферы

Д. А. Бочковский, А. В. Васильева, С. И. Долгий, Г. Г. Матвиенко, Ю. П. Полунин, О. А. Романовский, А. Н. Солдатов, О. В. Харченко, Н. А. Юдин, С. В. Яковлев

Проанализированы возможности применения многоволнового лазера на самоограниченных переходах Sr I и Sr II для лазерного дистанционного зондирования методом дифференциального поглощения газовых компонент атмосферы. Создан отпаянный стронциевый лазер для решения задач лидарного зондирования на основе проведенных исследований. Определены информативные длины волн зондирования малых газовых составляющих, и измерено ослабление газовых компонент атмосферы. Проведены тестовые эксперименты по лидарному зондированию водяного пара.

PACS: 42.55.Lt, 42.62.Fi, 42.68.Wt

Ключевые слова: газовый анализ, поглощение, многоволновой Sr-лазер, атмосфера.

Введение

Спектральная область излучения многоволнового лазера на самоограниченных переходах стронция весьма привлекательна для дистанционного газоанализа, поскольку она совпадает, во-первых, с окном прозрачности атмосферы в диапазоне длин волн 1—5 мкм, во-вторых, с полосами поглощения целого ряда естественных и загрязняющих компонент атмосферы и, в-третьих, чувствительность фотоприемников на основе InSb имеет в этой области спектра рекордные значения. Стронциевый лазер, таким образом, является перспективным устройством для различных применений в дистанционном лазерном зондировании,

спектроскопическом газоанализе, медицине и т. д., где он способен конкурировать с известными химическими HF/DF-лазерами [1] и преобразованными и обертовыми частотами CO- и CO₂-лазеров [2—4].

Исследования последних лет продемонстрировали, что Sr-лазер является весьма эффективным источником когерентного излучения в важном для молекулярной спектроскопии среднем ИК-диапазоне длин волн 1—6,5 мкм, по эффективности сравнимый с лазером на парах меди. В частности, экспериментально была получена суммарная средняя мощность на всех линиях генерации ~ 22 Вт, и продемонстрирована возможность повышения частоты следования импульсов генерации до сотен кГц [5].

О возможности использования в трассовом анализаторе влажности одной из линий стронциевого лазера ($\lambda = 6,456$ мкм) сообщалось в работе [6]. Измеренный коэффициент ослабления оказался слишком большим для исследования атмосферного водяного пара на трассах порядка сотен метров (при прохождении трассы ~100 м остается всего лишь $2 \cdot 10^{-4}$ % посланной мощности). Однако была показана возможность осуществления контроля влажности атмосферы на коротких (1—10 м) трассах.

Цель работы — исследование возможностей применения многоволнового лазера на самоограниченных переходах Sr I и Sr II для лазерного дистанционного зондирования методом дифференциального поглощения газовых составляющих и метеорологических параметров атмосферы.

Бочковский Дмитрий Андреевич, аспирант.
Долгий Сергей Иванович, старший научный сотрудник.
Матвиенко Геннадий Григорьевич, директор.
Романовский Олег Анатольевич, зав. научным центром^{1,2}.
Харченко Ольга Викторовна, старший научный сотрудник.
Яковлев Семен Владимирович, аспирант^{1,2}.
¹Институт оптики атмосферы СО РАН им. В. Е. Зуева.
Россия, 634021, г. Томск, пр. Академический, 1.
Тел. (3822) 49-04-62. E-mail: goa@iao.ru
Васильева Анна Викторовна, младший научный сотрудник.
Полунин Юрий Петрович, старший научный сотрудник.
Солдатов Анатолий Николаевич, декан.
Юдин Николай Александрович, старший научный сотрудник.
²Национальный исследовательский Томский государственный университет.
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.
E-mail: yudin@tic.tsu.ru

Статья поступила в редакцию 15 октября 2011 г.

© Бочковский Д. А., Васильева А. В., Долгий С. И., Матвиенко Г. Г., Полунин Ю. П., Романовский О. А., Солдатов А. Н., Харченко О. В., Юдин Н. А., Яковлев С. В., 2012

Исследование режимов работы Sr-лазера в области спектра 1 и 3 мкм

Таблица 2

Кроме самой мощной линии излучения с длиной волны $\lambda = 6,45$ мкм, в области длин волн ~ 3 мкм лазер на парах стронция (ЛПС) имеет 5 атомных линий генерации с длиной волны $\lambda = 2,60; 2,69; 2,92; 3,01; 3,06$ мкм и 2 ионные линии с $\lambda = 1,03; 1,09$ мкм в области 1 мкм. В данной работе проводилось исследование режимов работы лазера на парах стронция с активным объемом газоразрядных трубок (ГРТ) $200\text{--}650\text{ см}^3$ при различных давлениях буферных газов (гелий, неон) от 10 до 450 Торр в областях 1 и 3 мкм, являющихся перспективными для лидарного газоанализа атмосферы [7].

Параметры лазера в зависимости от давления и рода буферного газа

При одинаковых условиях возбуждения средняя мощность генерации на линии 6,45 мкм и на линиях в области 3 мкм при использовании в качестве буферного газа гелия выше, чем в неоне. Как отмечалось выше, в лазере на парах атома и иона стронция генерация идет одновременно на восьми линиях. В зависимости от параметров активной среды соотношение мощностей генерации этих линий меняется. При суммарной мощности генерации 1,5 Вт в оптимальных условиях имеет место следующее распределение мощности генерации: на линии 6,456 мкм — 57 %, на линиях ~ 3 мкм — 31 % и на линиях ~ 1 мкм — 12 %. При использовании буферного газа неона имеются условия возбуждения, когда наблюдается сильное перераспределение мощности по линиям генерации (табл. 1).

Таблица 1

Распределение мощности излучения по спектру генерации с буферным газом гелием и неоном при $V_1 = 200\text{ см}^3$

Длина волны	~ 1 мкм	~ 3 мкм	6,456 мкм	Буферный газ
Мощность, %	32	42	26	Ne — 40 Торр
Мощность, %	9	23	68	He — 40 Торр

Линии генерации в области 3 мкм также вносят существенный вклад в суммарную мощность генерации. Исследования проводились с ГРТ объемом 200 и 450 см^3 .

В ЛПС с активным объемом 200 см^3 результаты получены с неустойчивым резонатором в смеси буферных газов гелия и неона, давление которых варьировалось в широких пределах, частота следования импульсов (ЧСИ) составляла 15 кГц (табл. 2).

Распределение мощности генерации по спектральным линиям от рода и давления буферного газа

Буферный газ, Торр	Суммарная мощность генерации, Вт	Доля 3 мкм линий генерации, %	Доля 1 мкм линии генерации, %	Доля 6,45 мкм линии генерации, %
$P_{\text{He}} 150$	3,8	18	13	69
$P_{\text{Ne}} 150$	2,0	5	25	70
$P_{\text{He}}: P_{\text{Ne}} 10:1$ 165	5,7	26	19	65

В проведенных экспериментах была получена рекордная средняя мощность генерации по всем генерационным линиям, а именно, $5,7\text{ Вт}$ ($V_1 = 200\text{ см}^3$) и $13,5\text{ Вт}$ ($V_2 = 450\text{ см}^3$).

Мощность генерации на ионных линиях $\lambda = 1,09$ и $1,06$ мкм достигала $1,1$ и $1,9\text{ Вт}$, соответственно, а также в области 3 мкм — $1,5$ и $4,5\text{ Вт}$.

Эти рекордные результаты были получены в смеси буферных газов гелия и неона. Малая добавка Ne, который является более тяжелым газом, стабилизирует электрические процессы в разряде и процессы обмена энергией элементарных частиц.

Параметры лазера в зависимости от частоты следования импульсов

Для исследования частотных характеристик лазера на парах стронция в широком диапазоне условий (активный объем $5,8\text{--}650\text{ см}^3$, ЧСИ $25\text{--}100\text{ кГц}$) была использована экспериментальная установка, схема которой приведена на рис. 1.

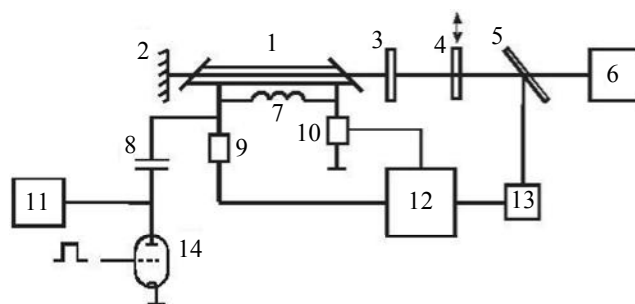


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

- 1 — ГРТ; 2, 3 — зеркала резонатора; 4 — фильтр;
- 5 — светоделительная пластина; 6 — измеритель мощности;
- 7 — шунтирующая индуктивность; 8 — рабочая емкость;
- 9 — делитель напряжения; 10 — низкоомный шунт;
- 11 — источник высокого напряжения; 12 — осциллограф;
- 13 — фотоприемник; 14 — коммутатор

В качестве буферного газа использовался неон при давлении 100 мм рт. ст. (100 Торр). Резонатор состоял из глухого зеркала 2 и выходной плоско-

параллельной пластины 3. Окна ГРТ и выходное зеркало резонатора Фабри—Перо выполнены из кристалла CaF_2 . Фильтр 4 позволял выделять спектральные составляющие генерации. Светоделительная пластина 5 обеспечивала одновременное измерение мощности генерации с помощью прибора ИМО-2 (6) и регистрацию формы импульса генерации фотоприемником ФСГ-22 (13) на осциллографе С1-75 (12). Осуществлялся прямой разряд рабочей емкости 8 через ГРТ и коммутатор 14. Импульс напряжения подавался на осциллограф с помощью делителя 9, а импульс тока снимался с помощью низкоомного шунта 10 с расчетной мощностью 0,7 кВт. Высокое напряжение подавалось от высоковольтного источника питания 11. В качестве коммутатора использовался таситрон ТГУ1-5/12.

Для сравнения частотных характеристик малого и большого объемов была снята частотная зависимость мощности генерации для ГРТ с рабочим объемом 200 и 650 см^3 . В этом случае применялся в качестве коммутатора водородный тиратрон ТГИ1-1000/25.

В табл. 3 приведены данные исследования ГРТ объемом 200 см^3 в диапазоне частот от 1 до 4 кГц. При накачке лазера в электрической цепи зарядки—разрядки была использована схема Блюмляйна.

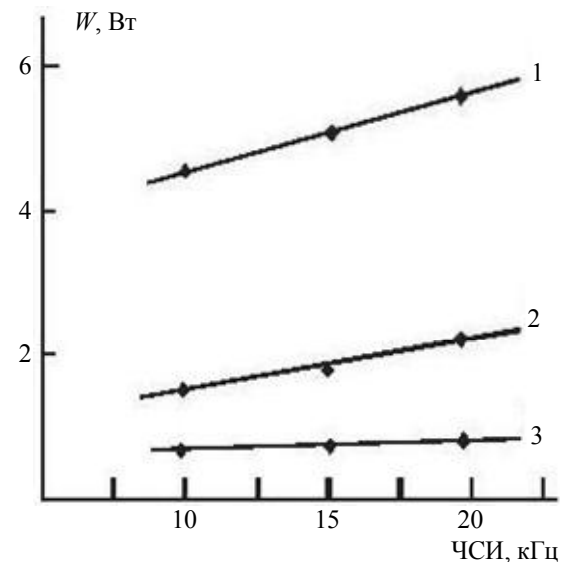


Рис. 2. Зависимость от ЧСИ средней мощности W генерации на линиях 6,456 мкм (1), 3 мкм (2) и 1 мкм (3) для ГРТ с активным объемом 650 см^3

Результаты, отраженные на рис. 2, показывают, что наблюдается рост средней мощности на линиях генерации с повышением ЧСИ, т. е. это один из путей существенного увеличения энергетических характеристик лазерного излучения.

Таблица 3

Распределение энергии в импульсе по спектральным линиям в зависимости от частоты следования импульсов

ЧСИ, кГц	Суммарная мощность генерации, Вт	Род и давление буферного газа, Торр	Энергия в импульсе суммарной мощности генерации, мДж	Энергия в импульсе 6,45 мкм, мДж	Энергия в импульсе 3 мкм, мДж	Энергия в импульсе 1 мкм, мДж
2	1,56	P_{He} 70	0,78	0,64	0,09	0,05
3	1,46	P_{He} 50	0,49	0,40	0,06	0,03
4	1,15	P_{He} 30	0,29	0,27	0,01	0,01

Результаты исследования работы лазера на парах стронция с трубками больших активных объемов с коммутатором в виде тиратрона ТГИ1-1000/25, как и при работе с ГРТ малого объема, показывают, что оптимальная частота следования импульсов лежит выше 20 кГц. На рис. 2 (кривая 2) показана зависимость мощности генерации от ЧСИ на линиях $\sim 3 \text{ мкм}$. В данном случае диаметр разрядного канала (30 мм) достаточно велик, пристеночный механизм разрушения метастабильных уровней выражен существенно слабее и, соответственно, генерация на линиях $\sim 3 \text{ мкм}$ происходит достаточно эффективно.

С учетом задач лидарного зондирования и на основе проведенных исследований был создан оптический стронциевый лазер со следующими характеристиками:

Максимальная частота следования импульсов генерации, кГц.....	15
Длина волны излучения, мкм.....	1,03; 1,09; 2,6; 2,69; 2,92; 3,066; 3,011 и 6,465
Максимальное значение суммарной средней мощности, Вт.....	5,0
Максимальное значение средней мощности для $\lambda = 6,456$, Вт.....	4,0
Расходимость лазерного излучения, мрад.....	0,75

Длительность импульса излучения на полувысоте, нс.....	50
Апертура излучения, мм.....	20
Охлаждение принудительное.....	воздушное
Потребляемая мощность от однофазной сети ~ 220 В, 50 Гц, кВт, не более	2,5
Гарантийная наработка на отказ, ч, не менее.....	500
Длина активной зоны, мм.....	500
Давление буферного газа He + Ne, Торр.....	90
Габаритные размеры установки, мм...	355×185×1260

Активный элемент разработан с диаметром разрядного канала 20 мм и рабочим объемом 157 см³. Активный объем лазера ограничивался стенками керамической трубки из ВеО, а по торцам трубки — электродами, выполненными из ниобия. Вакуумная оболочка выполнена из плавящего кварца, окна — из кристалла ВаF₂.

В качестве буферного газа использовалась смесь гелия и неона при давлении 90 Торр. Частота следования импульсов возбуждения составляла ~ 15 кГц. Для формирования импульсов возбуждения использовалась схема Блумляйна. Емкость накопительных конденсаторов тиратронно-магнитного накопителя импульсов С₁ и С₂ равна 1053 и 1000 пФ, соответственно. Напряжение на аноде тиратрона 6 кВ. Излучение в лазерном активном элементе формировалось неустойчивым резонатором телескопического типа с увеличением М = 200. Поскольку апертура в нашем случае составляла 20 мм, то дифракционная расходимость луча была на уровне $\theta_d = 0,75$ мрад.

Распределение энергии излучения по спектру генерации зависит от температуры стенки рабочего канала. На рис. 3 отображено распределение мощности генерации в спектральных линиях по мере разогрева ГРТ. Сначала начинается генерация блока линий 3 мкм, далее, по мере увеличения давления паров Sr, появляется генерация на ионных линиях 1,03 и 1,06 мкм, а затем на $\lambda = 6,45$ мкм. Дальнейшее увеличение температуры рабочего канала приводит к снижению мощности генерации на 3 мкм и ионной линии генерации 1 мкм с последующим обеспечением генерации преимущественно на линии 6,456 мкм. Из рис. 3 следует, что при данных условиях накачки время выхода от начала генерации на рабочий квазистационарный режим составляет ~15 мин.

Таким образом, был создан отпаянный образец лазера на парах стронция средней мощностью 5 Вт с максимальной ЧСИ 15 кГц, работающий на 8 длинах волн 1,03; 1,09; 2,6; 2,69; 2,92; 3,06; 3,01 и 6,46 мкм, и предназначенный для использования в лидарном зондировании газовых составляющих атмосферы.

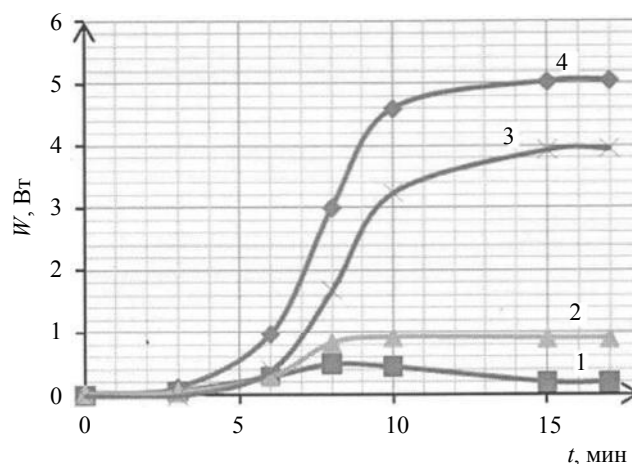


Рис. 3. Распределение мощности генерации W в спектральных линиях по мере разогрева ГРТ: 1 — мощность в области 1 мкм; 2 — мощность в области 3 мкм; 3 — мощность на длине волны 6,45 мкм; 4 — суммарная мощность излучения

Результаты поиска информативных длин волн зондирования МГС атмосферы

Излучение стронциевого лазера перекрывает спектральный диапазон 1—6,2 мкм, являющийся информативным с точки зрения лазерного газоанализа атмосферы.

Чтобы определить возможность применения излучения многоволнового Sr-лазера для дистанционного лазерного зондирования малых газовых составляющих (МГС) атмосферы, были рассчитаны спектры пропускания атмосферы. Расчет проводился по методу "line by line" с использованием данных о спектральных параметрах линий поглощения основных атмосферных газов [8] для приземной трассы зондирования длиной 1 км и стандартной модели атмосферы (лето, средние широты [9]).

Для поиска информативных длин волн зондирования МГС атмосферы по методу дифференциального поглощения (МДП) в диапазоне генерации излучения стронциевого лазера была применена методика [10], разработанная на базе обоснованных критериев отбора линий и ускоренного алгоритма расчета.

Результаты этих расчетов представлены в табл. 4. Анализ результатов показал, что часть линий излучения стронциевого лазера весьма сложно использовать при трассовом газоанализе атмосферы из-за сильного мешающего поглощения излучения водяным паром. Но наряду с линиями, которые полностью поглощаются на трассе длиной 1 км, в спектре Sr-лазера имеются линии, которые попадают в "микроокна" прозрачности атмосферы и могут быть использованы при дистанционном зондировании по методу дифференциального поглощения.

Таблица 4

Длина волны, волновое число, интенсивность линий излучения Sr-лазера и пропускание на них для 1 км приземной трассы зондирования

Атом	Длина волны в воздухе, мкм	Волновое число в воздухе, см ⁻¹	Интенсивность излучения лазера, отн. ед.	Пропускание на 1 км трассе (водяной пар)
Sr II	1,0330	9680,542	12000	0,99988
Sr II	1,0914	9162,543	10000	0,99964
Sr II	2,6915	3715,400	100000	0
Sr II	2,9225	3421,728	125000	0
Sr II	3,0110	3321,156	140000	0,64634

Сильные линии поглощения водяного пара с центрами 2,692 и 2,923 мкм перспективны для измерения профилей концентраций влажности атмосферы на атмосферных трассах длиной до 100 м. При этом линии излучения с центрами 1,033 и 1,091 мкм можно использовать в качестве референтной частоты (см. табл. 4). Расчеты спектров пропускания атмосферы на трассах длиной 1—10—100 м в области линий излучения Sr-лазера спектра 2,692 и 2,923 мкм показали, что использование сильных линий водяного пара и совпадающих с ними линий генерации стронциевого лазера дает возможность определять фоновые концентрации водяного пара на трассах длиной до 100 м. Использование линии излучения стронциевого лазера с центром 3,011 мкм возможно на трассах длиной до 1 км.

Результаты измерения поглощения излучения стронциевого лазера

Для найденных информативных длин волн зондирования было проведено модельное (лабораторное) исследование поглощения парами воды излучения лазера на парах стронция в температурном диапазоне от 20 до 70 °С.

Для измерения коэффициента поглощения парами воды излучения лазера на отдельных зондирующих длинах волн в области 1—3 мкм было предложено использовать селектор длин волн на основе дифракционной решетки (ДР) с числом штрихов на мм, равным 300. Расчет углов дифракции производился в программной среде Maple, а геометрические построения (в соответствующем масштабе и с требуемой точностью) осуществлялись с помощью редактора Microsoft Visio, что позволило значительно упростить в дальнейшем процедуру сборки и юстировки оптической схемы установки в целом.

Оптическая схема селектора на основе ДР рассчитывалась таким образом, чтобы была возможность полного пространственного разрешения наиболее близких длин волн (3,011 и 3,066 мкм) в

соответствии с выбранной геометрией схемы экспериментальной установки. Поэтому базовым углом падения для $\lambda = 3,06$ мкм был выбран угол $\alpha = 35^\circ$. Это полностью фиксирует углы дифракции для остальных генерационных компонент. Для заданной геометрии оптической схемы были рассчитаны необходимые углы падения луча на дифракционную решетку (табл. 5), т. е. углы установки ДР для селекции нужной длины волны.

Таблица 5

Расчетные углы установки ДР для заданных длин волн

λ , мкм	1,033	1,091	2,601	2,692	2,923	3,011	3,066
α , град	16,4	16,9	30,6	31,4	3,6	34,5	35

Излучение лазера под заданным углом падает на дифракционную решетку, от которой в выбранном направлении (1-й порядок дифракции) дифрагирует набор монохроматических пучков, один из которых (выбранный) после отражения от поворотного зеркала проходит через аналитическую кювету с парами воды. Температура внутри кюветы регулируется нагревателем и контролируется датчиком температуры. Далее излучение направляется на входную щель монохроматора, который использовался для контроля настройки углового положения дифракционной решетки. Средняя мощность излучения до и после кюветы контролировалась измерителем мощности РМ. Аналитическая кювета длиной 40 см состоит из кварцевой трубки и нагревательного элемента, заключенных в теплоизолирующий кожух. Сверху в отверстие трубки помещен зонд датчика температуры, служащий для контроля температуры, которая изменялась в пределах от 20 до 70 °С.

Результаты исследования поглощения излучения в сравнении с расчетными значениями пропускания для перспективных для измерения профилей концентраций влажности атмосферы на атмосферных трассах длин волн зондирования 2,692 и 2,923 мкм приведены на рис. 4.

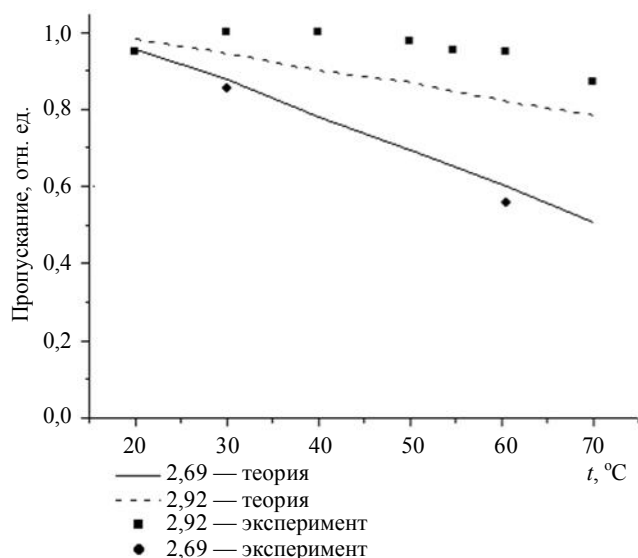


Рис. 4. Рассчитанное и измеренное пропускание (длина кюветы 40 см) для длин волн 2,692 и 2,923 мкм

Из рисунка видно, что измеренные и рассчитанные значения пропускания достаточно хорошо согласуются во всем диапазоне изменения температуры воздуха.

Тестовые эксперименты по лидарному зондированию газового состава атмосферы

Проведены тестовые эксперименты по зондированию газового состава атмосферы с помощью созданного лидара дифференциального поглощения на основе отпаянного стронциевого лазера. С его помощью на выбранных длинах волн проведены измерения в природных условиях профилей влажности атмосферы.

В лидаре излучение Sr-лазера через диафрагму с помощью выходного зеркала посылается на трассу последовательно во времени на линии поглощения λ_{on} и вне линии поглощения λ_{off} . В качестве длины волны с сильным поглощением выбрана линия излучения $\lambda_{on} = 3,0110$ мкм, а в качестве референтной — $\lambda_{off} = 1,0914$ мкм. Требуемая длина волны выбирается дифракционной решеткой. Длина трассы составляет 11 м (в один конец). Место расположения установки не позволило выбрать измерительную трассу большей длины. На конце трассы расположен зеркальный отражатель. Отраженное излучение собирается телескопом, собранным по схеме Кассегрена с приемным зеркалом диаметром 0,25 см. В качестве фотодетектора используется фотодиод ФД-38. Часть излучения с помощью пластин из CaF_2 отводится на пироприемник для контроля мощности излучения, посылаемого в атмосферу, а также на монохроматор МДР 206 для контроля длины волны выходного излучения.

Для проверки результатов измерений влажности использовались два психрометра, расположенные на разных концах измерительной трассы. Были проведены несколько сеансов измерения влажности в разные дни. Для примера на рис. 5 представлены результаты тестовых измерений влажности за 19.04.2011 г. Видно, что данные измерений двумя методами (психрометр и лидар) находятся в хорошем согласии (расхождения не превышают 10 %).

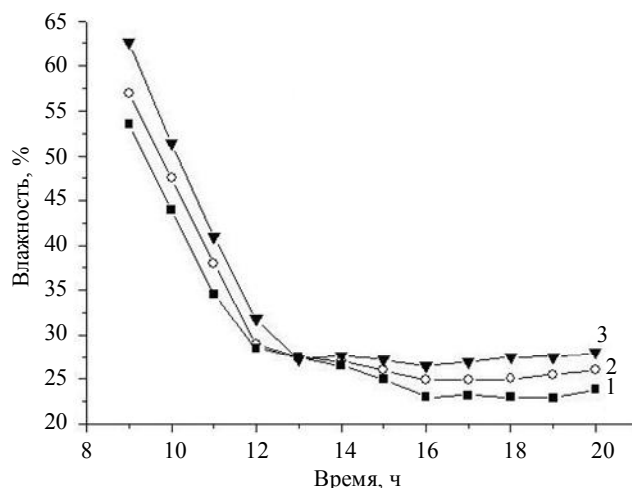


Рис. 5. Результаты тестовых измерений изменения влажности во времени двумя методами с помощью двух психрометров и лидара (психрометры — кривые 1 и 2, лидар — кривая 3)

Заключение

В работе проведено исследование возможностей применения многоволнового лазера для лазерного дистанционного зондирования методом дифференциального поглощения газовых компонент атмосферы. На основе проведенных исследований разработан и создан отпаянный стронциевый лазер для решения задач лидарного зондирования методом дифференциального поглощения. В проведенных экспериментах была получена рекордная средняя мощность генерации по всем генерационным линиям, а именно, 5,7 Вт ($V_1 = 200$ см³) и 13,5 Вт ($V_2 = 450$ см³). Мощность генерации на ионных линиях $\lambda = 1,09$ и 1,06 мкм достигала 1,1 Вт и 1,9 Вт, соответственно, а в области 3 мкм — 1,5 и 4,5 Вт.

Определены информативные длины волн зондирования малых газовых составляющих, и измерено ослабление газовых компонент атмосферы парами воды с помощью созданной лабораторной экспериментальной установки в температурном диапазоне от 20 до 70 °C. Измеренные значения ослабления хорошо согласуются с расчетными значениями.

С помощью созданного лидара проведены тестовые эксперименты по дистанционному зондированию водяного пара. Результаты проведенного численного моделирования и экспериментальных исследований подтверждают перспективность применения стронциевого лазера для дистанционного газоанализа атмосферы.

Работа выполнена при поддержке
Министерства образования и науки РФ
(Гос. контракты № 02.740.11.0674,
14.740.11.0204, 02.740.11.0444 и 16.518.11.7067).

Л и т е р а т у р а

1. Матвиенко Г. Г., Пташник И. В., Романовский О. А., Харченко О. В., Шаманаев В. С. // Прикладная физика. 2002. № 1. С. 129.
2. Ионин А. А., Климачев Ю. М., Козлов А. Ю., Котков А. А., Романовский О. А., Селезнев Л. В., Синицын Д. В., Харченко О. В.,

Яковлев С. В. // Известия вузов. Серия Физика. 2008. № 8. С. 80.

3. Karapuzikov A. I., Ptashnik I. V., Sherstov I. V., Romanovskii O. A., Matvienko G. G., Ponomarev Y. N. // Infrared Physics and Technology. 2000. V. 41. No. 2. P. 87.

4. Romanovskii O. A. // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). 2008. V. 17. No. 2. P. 131.

5. Солдатов А. Н., Филонов А. Г., Полунин Ю. П., Васильева А. В. // Оптика атмосферы и океана. 2008. Т. 21. № 8. С. 666.

6. Маричев В. Н., Платонов А. В., Солдатов А. Н., Соснин А. В., Филонов А. Г., Филонова Н. А. Измерительные приборы для исследования параметров приземных слоев атмосферы. — Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО АН СССР, 1977.

7. Vasiljeva A. V., Polunin Yu. P., Soldatov A. N., Romanovskii O. A., Kharchenko O. V., Yudin N. A. // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). 2009. V. 18. No. 2. P. 108.

8. Rothman L. S. et al. // Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. 2005. V. 96. P. 139—204.

9. Зуев В. Е., Комаров В. С. Статистические модели температуры и газовых компонент атмосферы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1986.

10. Романовский О. А. // Прикладная физика. 2009. № 1. С. 24.

Possibilities of using the multiwave strontium laser for atmospheric gas remote analysis

*D. A. Bochkovsky¹, A. V. Vasiljeva², S. I. Dolgy¹, G. G. Matvienko¹, Yu. P. Polunin²,
O. A. Romanovskii^{1,2}, A. N. Soldatov², O. V. Kharchenko¹, N. A. Yudin², S. V. Yakovlev^{1,2}*

¹V. E. Zuev Institute of Atmospheric Optics, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
1 Academicheskoy av., Tomsk, 634021, Russia
E-mail: roa@iao.ru

²National Research Tomsk State University
36 Lenin av., Tomsk, 634050, Russia
E-mail: general@tic.tsu.ru

*Analyzed are possibilities of the multiwave strontium laser for atmospheric gas remote analysis.
The unsoldered Sr-laser has been created for water vapor lidar sensing.*

PACS: 42.55.Lt, 42.62.Fi, 42.68.Wt

Keywords: gas analysis, absorption, multiwave strontium laser, atmosphere.

Bibliography — 10 references.

Received October 15, 2011