

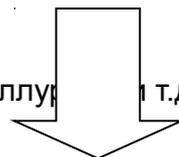
SF6- Обнаружение утечки

- SF6 в электрооборудовании и выбросы SF6
- Основной принцип Инфракрасной спектроскопии
- Принцип работы недисперсионного инфракрасного сенсора (NDIR), использованный в IR-течеикателе SF6, IR-мониторе элегаза
- Преимущества сенсора (Влажность, Стабильность, Обслуживание)
- Работа IR-течеискателя SF6 и результаты измерений
- Вычисление скорости утечки (Основная информация, Формула Вычисления, Пример)
- SF6- Tracer и основы используемого принципа фотоакустики

SF6 в электрооборудовании и выбросы элегаза

- используется с 1960-ых гг в электрическом оборудовании
- изоляционные характеристики (в 2,5 раза лучше N2) и гашение дуги (в 100 раз лучше N2)
- искусственный, инертный, в 5 раз тяжелее, чем воздух, не ядовит (см. МЭК 60376 и 61634)
- ряд положительных аспектов, касающихся безопасности, эффективности
- и т.д. и т.д., но
- потенциал глобального потепления (GWP) в 22200 раз выше, чем у CO2
- старое оборудование не удовлетворяет сегодняшним нормам скорости утечки <0.5%/в год
- продолжительность пребывания в атмосфере 3200 лет

- включен в Киотский протокол
- открытое применение (обувь, шины, металлургические печи и т.д.) запрещено в ЕЭС



SF6 в электрооборудовании и выбросы элегаза

- Учет SF6 (производство, использование, “конец жизни”, Издание 3 директивы МГЭИК)
- Добровольное обязательство (0,5% / год используемого количества SF6 в оборудовании высокого напряжения)



Фокус на: профессиональное обращение с SF6

Общие методики, внедренные, чтобы уменьшить выбросы элегаза

- Систематическое отслеживание производственных операций и ресурсов, включая контроль баллонов и использование SF6 газовых тележек
- Обнаружение утечек в оборудовании и ремонт
- Модернизация оборудования и замена старого оборудования
- Обучение сотрудников на лучших курсах обращению, работе с элегазом и контролю SF6
- Изучение новых стратегий на основе опыта других Партнеров!
Обмен информацией о новых стратегиях уменьшения и эффективных способах реализации существующих стратегий уменьшения выбросов элегаза.

Выполнение программы в США

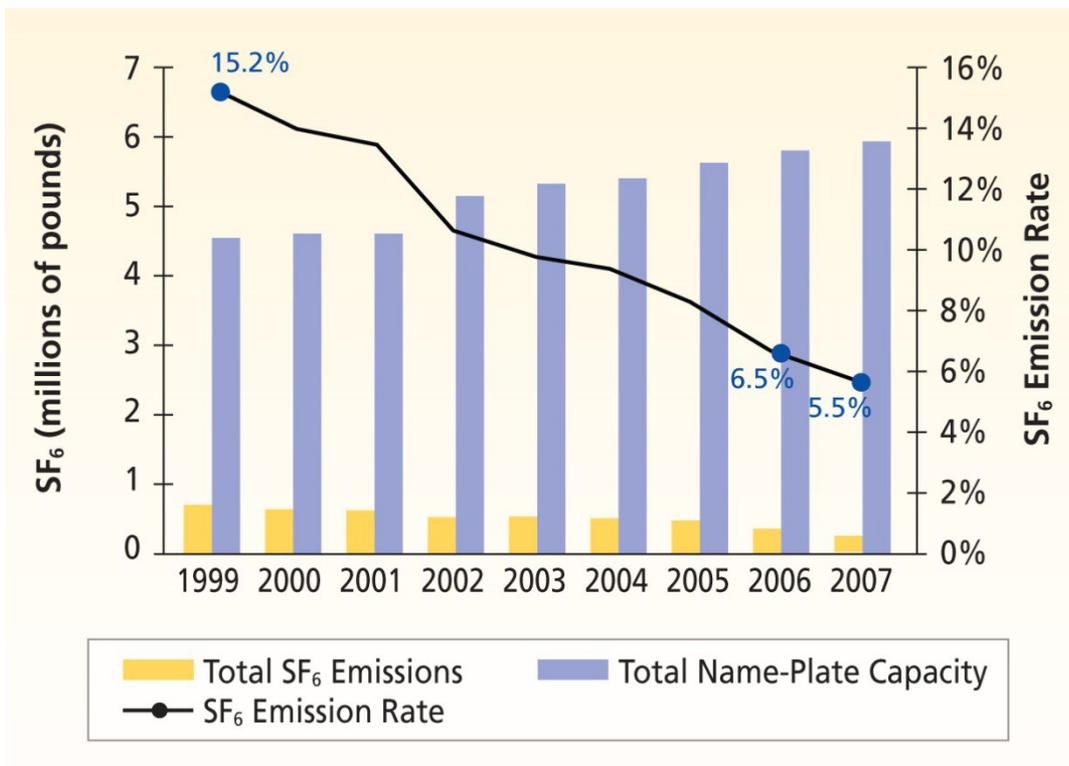
- Среднегодовой показатель товарищества уровень эмиссии SF6:

В 1999: **15.2%**

В 2007: **5.5%**

- Общее совокупное сокращение выбросов SF6 относительно 1999 года:

1,554,279 фунтов



Все еще далеко от цели <0.5% для оборудования HV

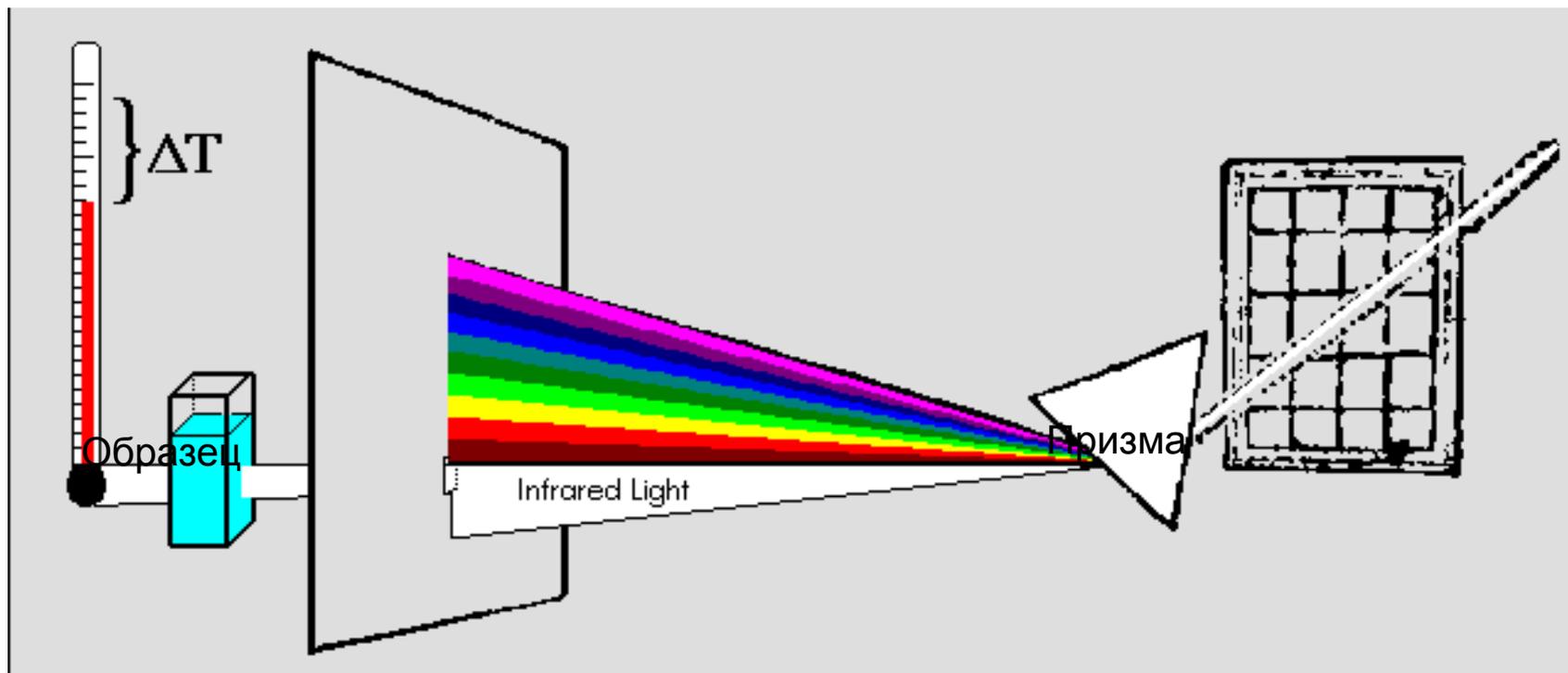
Основной принцип инфракрасной спектроскопии

Прикладная технология: инфракрасная спектроскопия

Датчик

Диафрагма

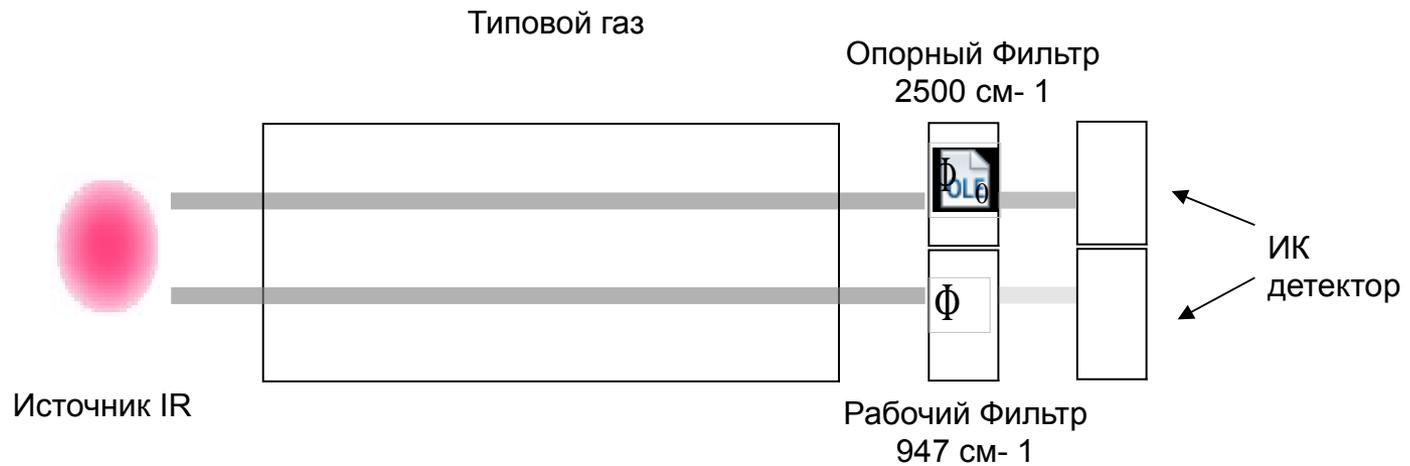
Дневной
СВЕТ



Инфракрасный Спектроскопия для измерений SF6

- Большинство молекул могут поглощать инфракрасный свет, заставляя их отклоняться, растягиваться или вращаться (например, SF6, H2O, CO2)
- Молекулы поглощают инфракрасный свет длины волны, характерной для определенного газа.
- Инфракрасный анализ использует «Средний инфракрасный диапазон» между 4,000 и 400 см⁻¹ волновыми числами.
- Поглощающая способность- предпочтительный вывод для количественного анализа, так как она прямо пропорциональна концентрации поглощающих групп.

Принцип работы недисперсионного инфракрасного датчика (NDIR), используемый в SF6-ИК-течеискателе и SF6-ИК-мониторе

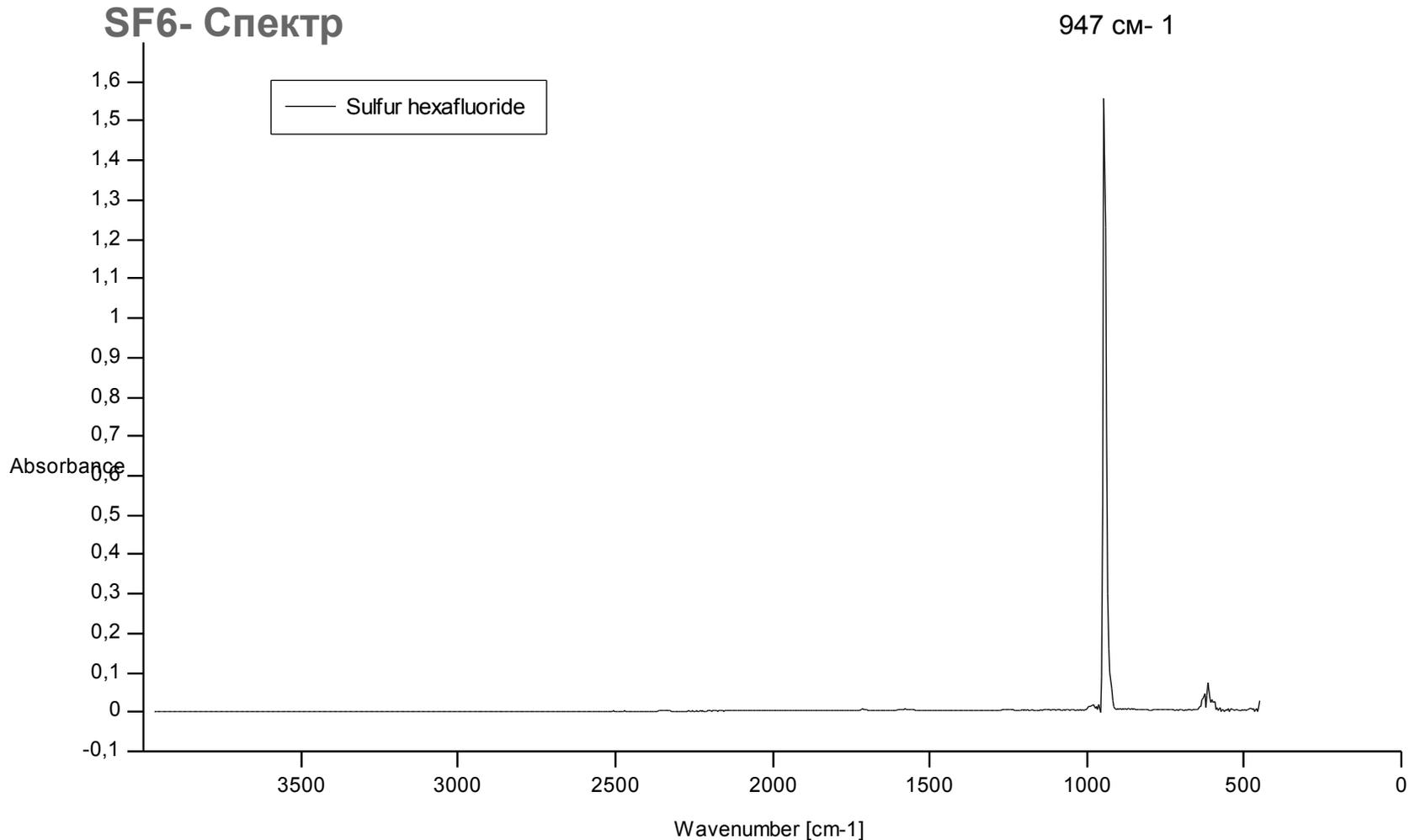


Закон Ламберта-Бера

$$A = - \lg \frac{\Phi}{\Phi_0} = \varepsilon \cdot c \cdot l$$

- A : поглощение
- Φ : интенсивность прошедшего света
- Φ_0 : интенсивность света до прохождения
- ε : коэффициент затухания
- c : концентрация
- l : оптическая длина пути

Принцип работы недисперсионного инфракрасного датчика (NDIR), используемый в SF6- ИК-течеискателе и SF6- ИК-мониторе



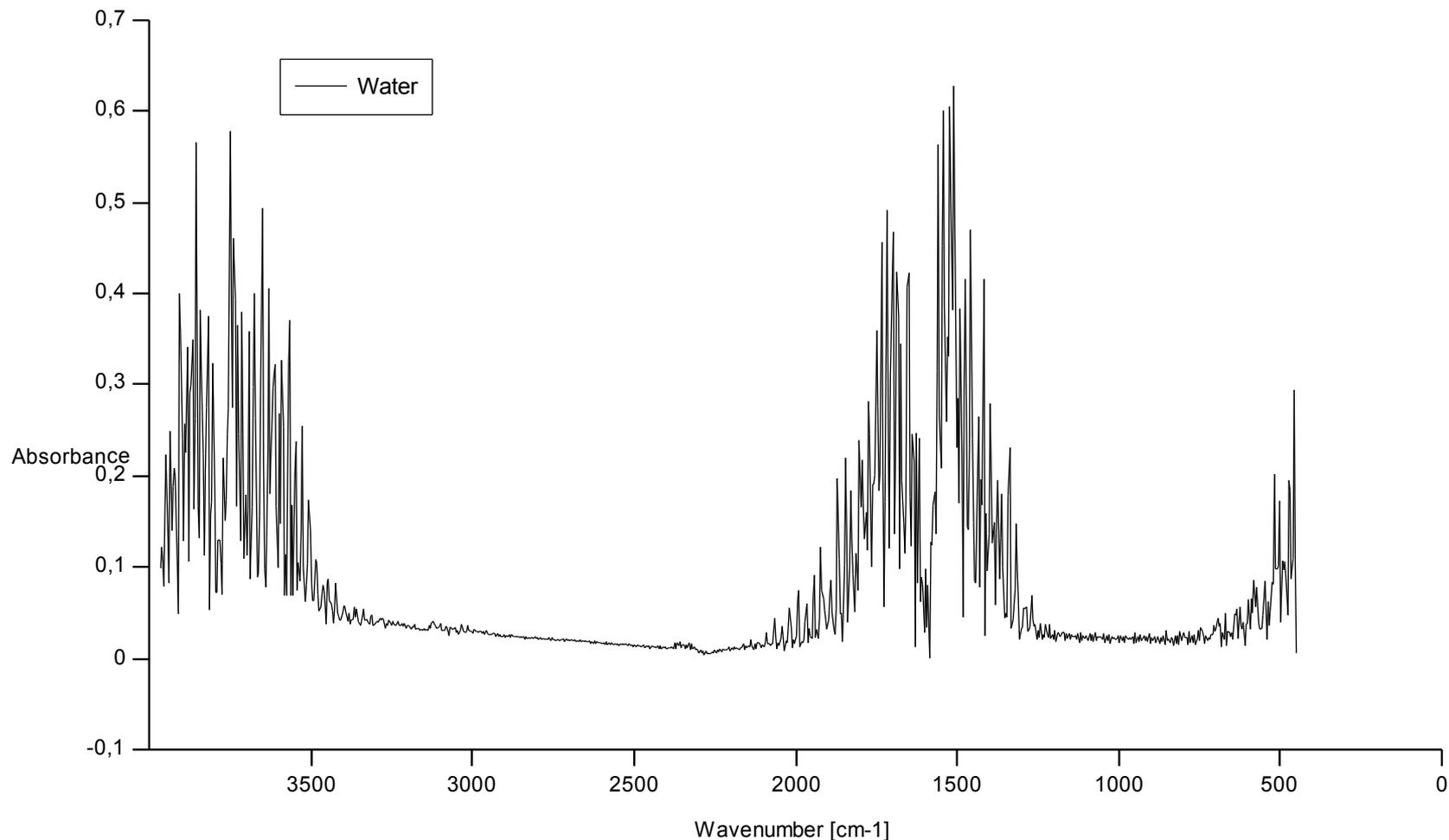
SF6 имеет сильную спектральную поглощательную способность в 10.7 мкм (947 см-1)

Принцип работы недисперсионного инфракрасного датчика (NDIR), используемый в SF6- IR-течеискателе и SF6- IR-мониторе

WIKAL

Part of your business

H2O-спектр



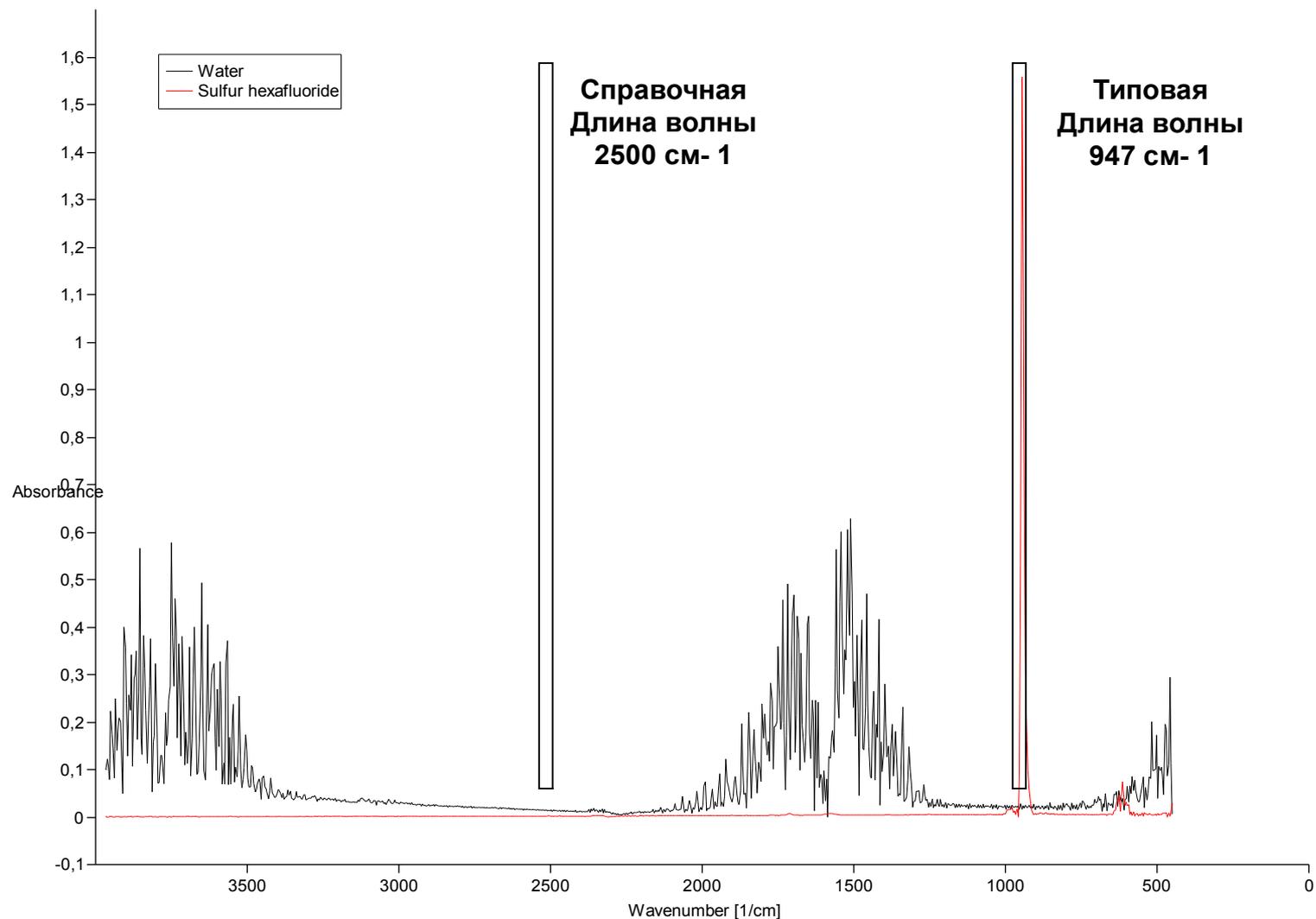
H2O поглощают в диапазоне 5-8 мкм (2000-1250 см- 1) и ниже 3 мкм (3300 см- 1)

Принцип работы недисперсионного инфракрасного датчика (NDIR), используемый в SF6- IR-течеискателе и SF6- IR-мониторе

WIKAI

Part of your business

Выбор длины волны для ссылки и SF6



Калибровка оборудования WIKAI

Сертифицированные газы SF6 в синтетическом воздухе от Air Liquide проверяют точность инструментов :

SF6- ИК-течеискатель



Концентрация:

10 ppmv, 50 ppmv и 1,000 ppmv



SF6- ИК-монитор



Сертифицированные газы заполнены в полиэтиленовые пакеты для заключительного тестирования

Преимущества сенсора (Влажность, Стабильность, Обслуживание)

Интерференции с ЛОС других течеискателей



**Проблема: точное определение локальной утечки SF6
становится очень трудной задачей!**

Свидетельство SF₆-ИК-течеискатель и SF₆-ИК-монитор



ISAS - Postfach 10 13 52 / 44013 Dortmund - Germany

To

G.A.S. – Gesellschaft für

Analytische Sensorsysteme mbH

D-44227 Dortmund, Germany

Dr. H.M. Heise
Senior Research Scientist

ISAS - Institute for Analytical Sciences
Bunsen-Kirchhoff-Str. 11
44139 Dortmund / Germany

phone: +49 231 1392-0
extension: +49 231 1392-215
fax: +49 231 1392-120
e-mail: heise@isas.de
http://www.isas.de

Dortmund, den 30.10.2006

To whom it may concern,

In the past, my working group has been much involved in trace gas analysis of complex gas mixtures and the atmosphere using infrared spectroscopy, which led to many publications in highly esteemed journals, a contribution on gas analysis by infrared spectroscopy to the famous Analytiker Taschenbuch and a monography on infrared spectroscopy.

During September 2006, measurements were carried out at ISAS - Institute of Analytical Sciences to assess the performance of the SF₆-IR-Leak and the SF₆-IR-Monitor fabricated by G.A.S. Gesellschaft für analytische Sensorsysteme, Germany. Substantial tests with regard to the influence of moisture and a multitude of volatile organic compounds (VOCs) proved that both instruments do not show cross-sensitivities that might change the measurement readings for the list of compounds given in the annex. For other compounds an estimate for the cross-sensitivities is provided. The performance of the SF₆-IR-Leak and that of the SF₆-IR-Monitor are in line with the typical characteristics based on the physical principle of infrared absorption spectroscopy.

Dr. H.M. Heise

Annex

Cross-Sensitivities for the SF₆-IR-Leak und SF₆-IR-Monitor

Detection limit for Sulfurhexafluoride @ 10.7 µm: 1 ppm,

The following substances have zero cross-sensitivity with the sensor exposed to a 100 % saturated gas atmosphere with the pure organic compounds in air:

Volatile organic compound	Vapour pressure* [hPa] (Temperature)
o-Xylene	10 (27 °C)
p-Xylene	10 (22.4 °C)
Acetone	100 (1.3 °C)
2-Propanol	100 (33.6 °C)
n-Hexane	100 (9.8 °C)
Butyl methyl ether	100 (12 °C)
Benzyl alcohol	0.01 (28 °C)
n-Decane	1 (16.7 °C)
2,6-Dimethyl-4-heptanon	0.1 (14 °C)
2,4-Dimethyl-3-pentanon	10 (14 °C)
Bromobenzene	10 (34.9 °C)
Ethylbromide	1000 (38.0 °C)
4-Ethyltoluene	10 (41 °C)
Acetonitrile	100 (21.4 °C)
Cyclohexane	100 (19.3 °C)
Diesel fuel	

* CRC Handbook of Chemistry and Physics, 79th Edition (1998)

Результат тестирования: не срабатывает на влажность и наиболее распространенные летучие органические соединения

Преимущества сенсора (Влажность, Стабильность, Обслуживание)

Немецкий Федеральный Институт Исследований и Тестирования (BAM)



Testing the Measurement Accuracy of SF₆-IR-Leak Detectors

BAM reference	I.4/0989
Copy	1 st copy of 2 copies
Customer	G. A. S. Gesellschaft für analytische Sensorsysteme mbH Otto-Hahn-Straße 15 D-44227 Dortmund
Order date	April 17, 2008
Reference	Project No. 8000 / Order No. RKB0804060
Receipt of order	April 18, 2008
Test samples	SF ₆ -IR-Leak (Version 1.2), Device-ID. 27295 and SF ₆ -IR-Leak (Version 1.2), Device-ID. 27300
Receipt of samples	July 22, 2008
Test date	July 23, 2008
Test location	Federal Institute for Materials' Research and Testing (BAM), Unter den Eichen 87, D-12205 Berlin, Germany

Test procedure and Test results

For verification of the measured reading the two test units (Device-ID. 27295 and Device-ID. 27300) were operated according to the manual (Chap. 6.2 Operation of the SF₆-IR-Leak).

The reference gas mixture to test the self-priming devices was supplied by an unpressurized flow rate overrun of > 10%. To exclude back diffusion of air components a bubbler was installed.

Primary gas standard (F222029, produced by BAM) in accordance to DIN EN ISO 6142:2006 "Gasanalyse – Herstellung von Prüfgasen – Wägevverfahren (ISO 6142:2001)" was used as a reference gas mixture.

Composition of the primary standard F222029: (10,168 ± 0,006) µmol/mol SF₆ in nitrogen.

SF₆-free ambient air served as zero gas.

This test report consists of page 1 to 2 and one enclosure

Сертификация SF₆-ИК-течеискателя (портативный) и SF₆-ИК-Монитора (стационарный)

Главные преимущества SF6-ИК-течеискателя



- **Нерадиоактивный**
- **Малообслуживаемый (каждые 2 года) и нет изнашивающихся частей**
- **Нет перекрестной чувствительности к влажности**
- **Нечувствителен к фоновым загрязнениям**
- **Нет расходных материалов**
- **Высокая чувствительность для обнаружения утечек до 1 ppmv**
- **Быстрое время отклика до 1 секунды**
- **Обнаруживает как значительные утечки, так и 100% SF6 концентрации**
- **Легкий и простой в использовании**
- **Сертифицирован Немецким фед. Институтом (BAM)**

Главные преимущества SF6-ИК-монитора



- **Нерадиоактивный**
- **Малообслуживаемый (каждые 2 года) и нет изнашивающихся частей**
- **Нет перекрестной чувствительности к влажности**
- **Нет расходных материалов (физический принцип работы)**
- **Область покрытия до 250 кв.м.**
- **Расстояние до 30 м от контролируемого оборудования**
- **Высокая чувствительность для обнаружение утечки до 5 ppmv**
- **2 настраиваемых порога срабатывания**
- **Аналоговый выход и 2 безпотенциальных реле (8 А)**
- **Сертифицирован Немецким фед. Институтом (BAM)**

Работа SF6- ИК-течеискателя и результаты измерений

SF6- ИК-течеискатель использование на месте



Легкий в использовании прибор для надежного обнаружения утечки SF6

Обнаружение Утечки Brasil, Montes Claros 2

GasFindIR LW (SF6) - licença 2007 - 2008 (Brasil)



Обнаружение Утечки Brasil, Montes Claros 2

20/05/2008 – Ремонт на идентифицированной утечке в марте 2008

Ситуация после ремонта:

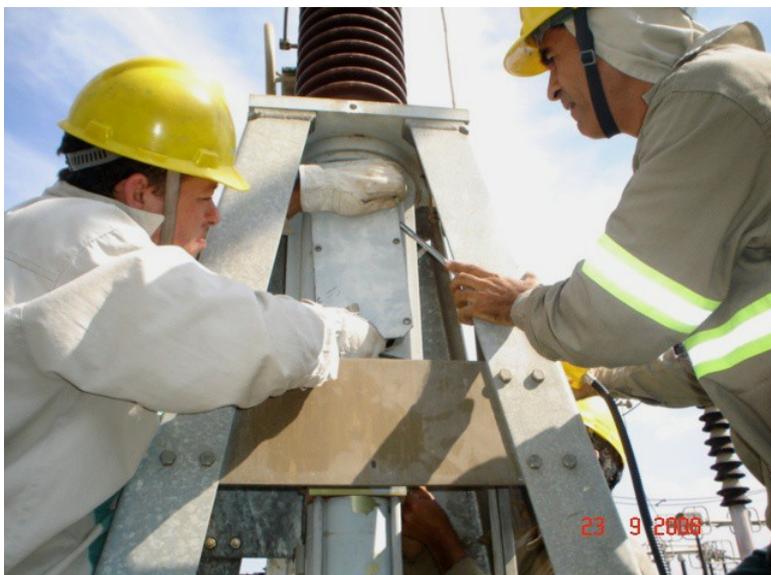
- Выключатель, все еще пропускает SF6
- Действительно ли ремонт был успешен?
- Была ли только одна утечка?



Работа SF6-ИК-течеискателя и результаты измерений

Обнаружение Утечки Brasil, Montes Claros 2

Обнаружение утечки с портативным SF6-ИК-течеискателем WIKAI



Работа SF6- ИК-течеискателя и результаты измерений

Обнаружение Утечки Brasil, Montes Claros 2

Обнаружение утечки с SF6- ИК-течеискателем



Работа SF₆-ИК-течеискателя и результаты измерений

Обнаружение Утечки Brasil, Montes Claros 2

Обнаружение утечки с SF₆-ИК-течеискателем

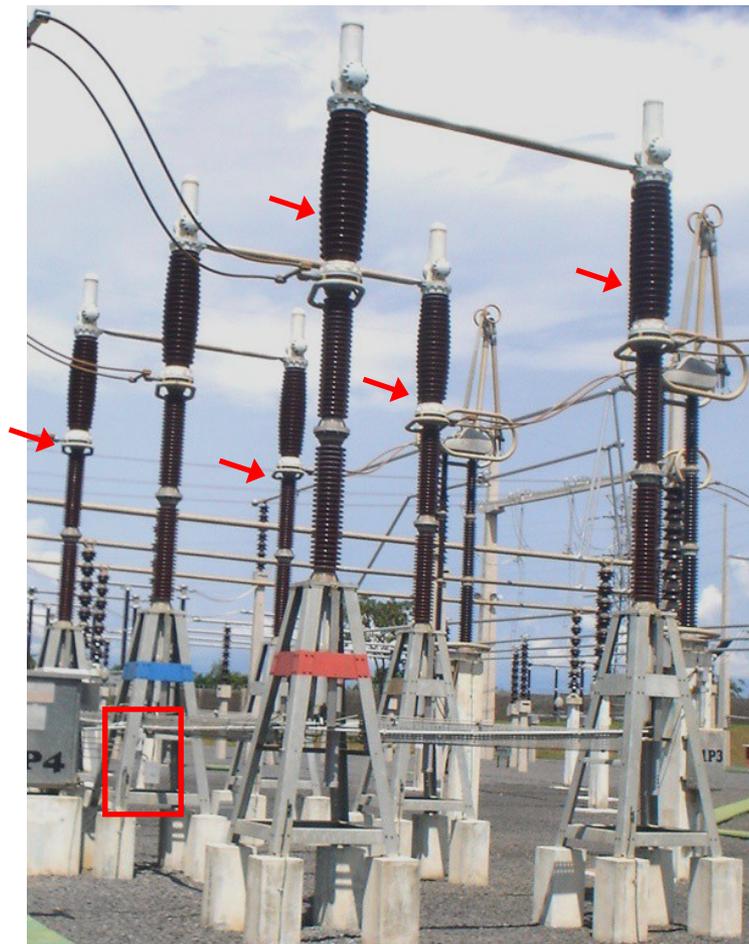


Обнаружение Утечки Brasil, Montes Claros 2

Обнаружение утечки с SF6- ИК-течеискателем

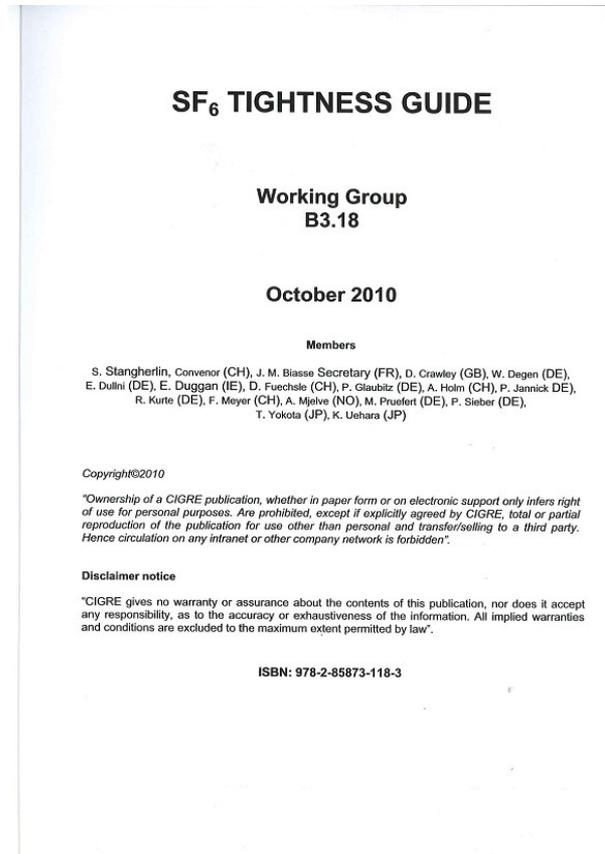
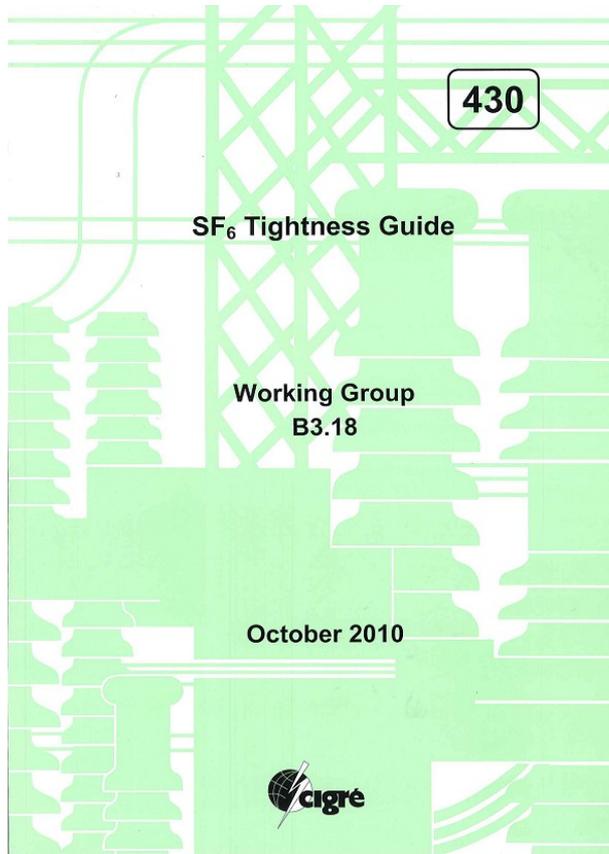
Результаты:

- Ремонт, сделанный CEMIG в Мае 2008, был неэффективен
- Помимо утечки, идентифицированной GasFindIR LW в выключателях были найдены еще 6 других утечек



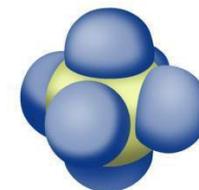
Вычисление скорости утечки (Основная информация, формула вычисления, пример)

Руководство по плотности



Вычисление скорости утечки (Основная информация, формула вычисления, пример)

Пригодность методов испытаний плотности



Метод испытаний	Тест плотности		Обнаружение главных утечек
	Оборудование высокое напряжение	оборудование среднее напряжение	
Тест увеличения вакуума/ давления		Не подходящий	Неотъемлемый тест
Инфракрасная камера, использующая BAGI (воспр.поглощения газа при обратном рассеивании)		Не подходящий	Локализация утечки
Пузырьковый с мылом или специальными жидкостями		Не подходящий	Локализация утечки
Контроль плотности (снижение давления)		Не подходящий	Неотъемлемый тест
ИК абсорбционная спектроскопия	Неотъемлемый тест Незначит локализация утечки	Мало подходящий	Неотъемлемый тест Локализация утечки
Метод отрицательн. ионов (исп. коронный разряд)	Незначит локализация утечки	Неотъемлемый тест Мало подходящий	Локализация утечки
датчик утечки захвата электронов (исп. радиоакт. излучатель)	Незначит локализация утечки	Неотъемлемый тест Мало подходящий	Локализация утечки
Гелиевый масс спектрометр	Составной тест на компонентах		Неотъемлемый тест
Фотоакустическая ИК спектроскопия		Неотъемлемый тест	

Вычисление скорости утечки (Основная информация, формула вычисления, пример)

Формула вычисления / темп утечки и массовый поток

Полный темп утечки **L** в [**Pa.m3/s**] может быть вычислен, используя следующее уравнение:

$$L = \frac{10^{-6} (c_1 - c_0) \cdot p_{ATM} \cdot (V_s - V_o)}{\Delta t}$$

Соответствующий массовый поток в [**g/s**] получен из:

$$\dot{m} = L \cdot \rho_{gas}$$

Вычисление скорости утечки (Основная информация, формула вычисления, пример)

Формула вычисления / Параметр ...

- c_0 и c_1 [ppmv] - концентрации индикаторного газа в пределах объема накопления в начале и в конце теста, соответственно;
- V_s и V_0 [m³] грубый объем накопления и внешний объем испытательного объекта, соответственно;
- p_{ATM} [kPa] - давление в пределах объема накопления, которое является условно атмосферным давлением 100 kPa;
- Δt [s] продолжительность времени теста, например, 24 ч = 86 400 с;
- $\rho_{газ}$ [g / (Pa.m³)] плотность индикаторного газа при давлении 1 Па, то есть 6.07×10^{-2} g/(Pa.m³) для SF₆ и 1.64×10^{-3} g/(Pa.m³) для гелия.

Вычисление скорости утечки (Основная информация, формула вычисления, пример)

Формула вычисления / объем Накопления ...

Если объем накопления трудно определить, он может быть оценен, добавлением в него определенного количества газа и измерением концентрации индикаторного газа прежде и сразу после. Следующее уравнение может быть использовано:

$$V_s - V_o = \frac{V_{gas}}{C_1 - C_0}$$

Где:

- V_s и V_o [м³] полный объем накопления и внешний объем испытательного объекта, соответственно;
- $V_{газ}$ [см³] определенное количество индикаторного газа, введенного в объем накопления
- c_0 и c_1 [ppmv] - концентрации индикаторного газа в пределах объема накопления до и после впрыскивания индикаторного газа, соответственно;

Вычисление скорости утечки (Основная информация, формула вычисления, пример)

Пример /Вычисление темпа утечки в Изоляторах HV






A Division of WIKAL SF₆ Center of Excellence

Determination of the Leak rate of 3 SF₆ filled high voltage equipment by measuring the exhaust SF₆-Concentration

Measuring task
Measuring of the SF₆-concentration in a known the device infolding volume with a time lag in order to determine the leak rate.

Preparation of Measurement
Before the measurement is carried out the following steps have to be conducted:

1.	Evacuation of the 3 devices down to < 100mbar using the self sealing coupling on the top of the device.	
2.	Filling up of the 3 devices with pure SF ₆ at Y bar overpressure using the same coupling. The exact values for the 3 devices are: SNXX1 = X.XX bar absolute SNXX2 = X.XX bar absolute SNXX3 = X.XX bar absolute With a filling volume of Z L the following amount of SF ₆ has been filled in: SNXX1 = Y1 L = Z1 g SNXX2 = Y2 L = Z2 g SNXX3 = Y3 L = Z3 g	

WIKAL Austria (Hauptort): Kommerzialgericht Wien (Hilfsort: Amtsgericht Innsbruck) WKA 1819	Gesellschaft Austria: B.Z. 195 401 48	Geschäftsbereich: B.Z. 195 401 48
WIKAL GmbH: Kommerzialgericht Wien (Hilfsort: Amtsgericht Innsbruck) WKA 4065	Branch: B.Z. 195 401 48	Geschäftsbereich: B.Z. 195 401 48
WIKAL Germany: Amtsgericht München (Hilfsort: Amtsgericht Augsburg) WIK 10005	Branch: B.Z. 195 401 48	Geschäftsbereich: B.Z. 195 401 48
WIKAL France: Tribunal de Commerce de Paris (Hilfsort: Tribunal de Commerce de Nanterre) WIK 10005	Branch: B.Z. 195 401 48	Geschäftsbereich: B.Z. 195 401 48

SF6- Индикатор и основной принцип используемого принципа фотоакустики



Принцип измерения Фотоакустическая инфракрасная спектроскопия

Предел обнаружения / динамический диапазон 0,006 ppmv или 6×10^{-9} ml/sec. (при расходе 60 мл/минута)

6... 60,000 ppbv

Резолюция 1 ppbv

Особенности датчика Авто компенсация по температуре и давлению

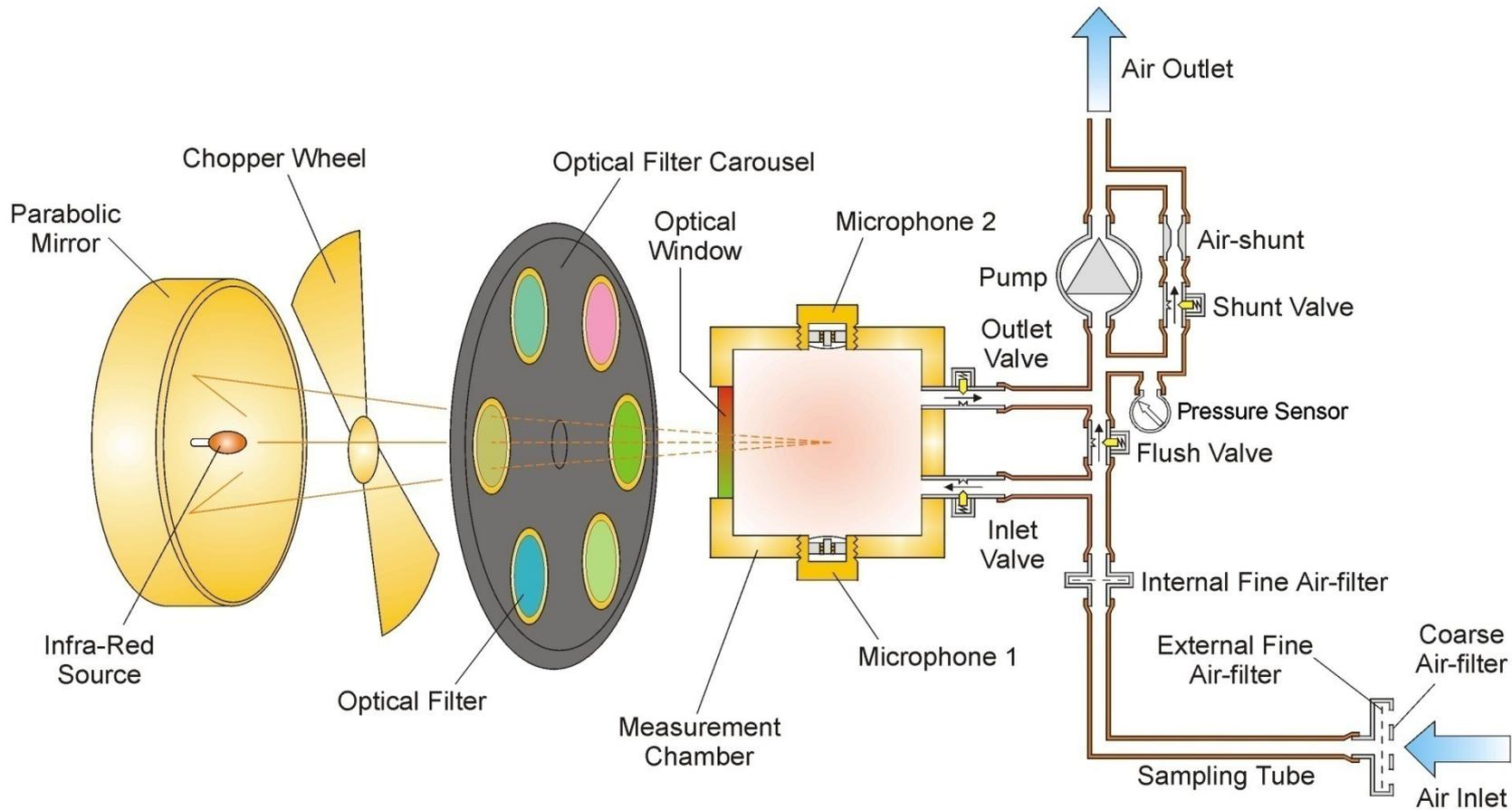
Влажность: перекрестная компенсация до 80% и 31°C

Воспроизводимость 1% измеренного значения

Время отклика T90 Приблизительно 15 секунд.

Температура рабочая: 5 °C ... 40 °C

SF6- Индикатор и основной принцип используемого принципа фотоакустики



00084-01-980921