

- **Електронни схеми за измерване и управление**

- **Измерване на състава на газови смеси**

Някои методи се прилагат и за течни и твърди среди;

Повечето от методите са универсални но има и строго специфични;

Обикновено методите са косвени, рядко има сензори за конкретен газ. По-интересни за нас са методите при които електрониката е съставна част от метода.

Основните методи се основават на:

- поглъщане, пропускане или пречупване на светлината;
- специфична топлопроводност (Transient hot wire method);
- електрохимични свойства, галванични елементи, генератори на ток и на

напрежение;

•Измерване на състава на газови смеси

- различни ефекти, например парамагнитни свойства, луминесценция;
- горене с помощта на катализатори;
- съпротивление или проводимост;
- диелектрична проницаемост;
- скорост на ултразвук;

<https://www.analog.com/en/applications/technology/precision-sensor-interface/chemical-sensing.html>

<https://www.digikey.in/en/product-highlight/a/analog-devices/chemical-analysis-and-environmental-monitoring>

<https://www.versaperm.com/sensors.php>

•Измерване на състава на газови смеси

Топлопроводност, същност. Условия (изисквания):

- различна топлопроводност на съставните газове;
- бинарни (псевдо) газови смеси;
- силна зависимост и от **температурата и налягането**;
- постоянна околна температура;
- постоянен газов поток;
- сензорите да са в режим на самонагриване;
- консумация;

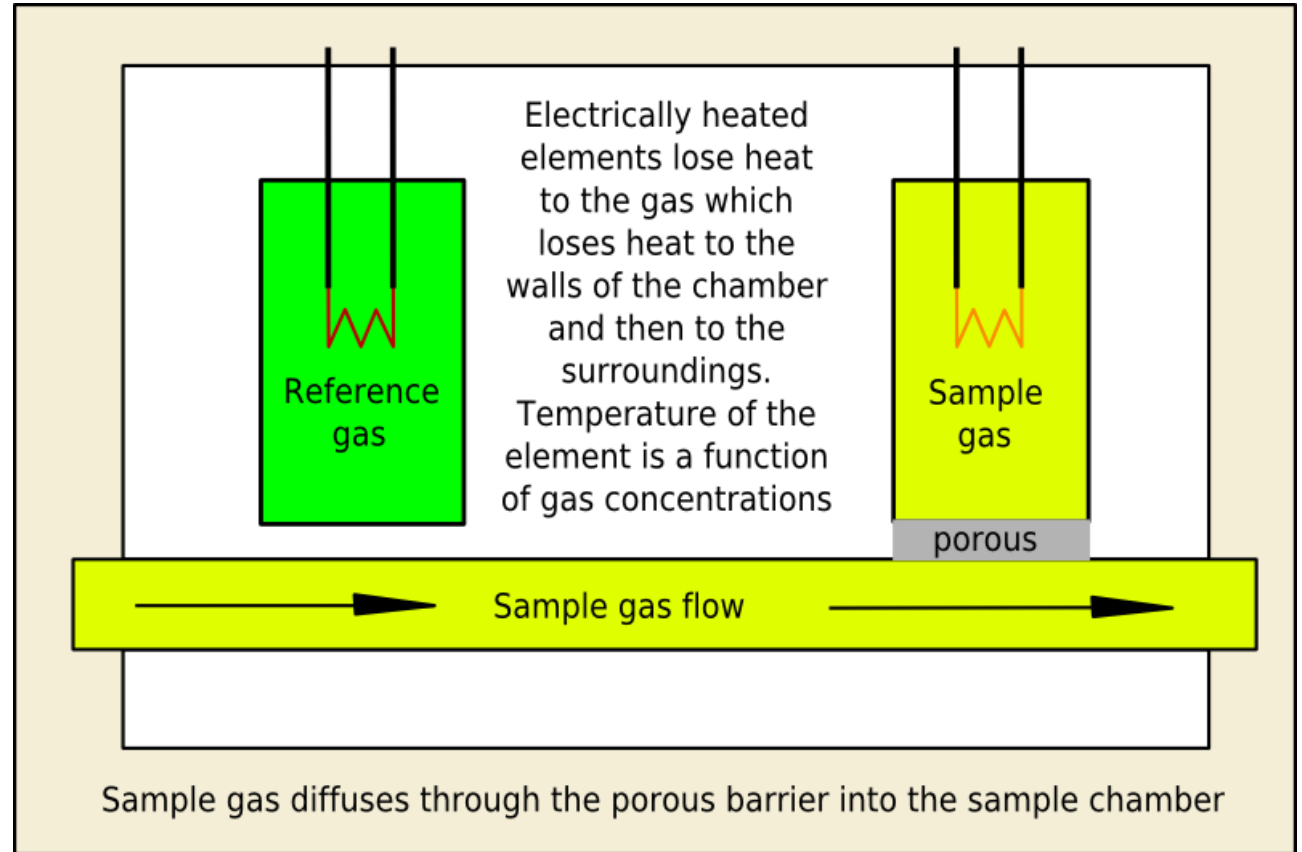
	Thermal Conductivity at 300 K (W/mK)
Air	0.026
Ar	0.018
CO	0.025
CO ₂	0.017
H	0.182
He	0.151
N ₂	0.026
Ne	0.049
O ₂	0.027

•Измерване на състава на газови смеси

Топлопроводност, основен принцип.

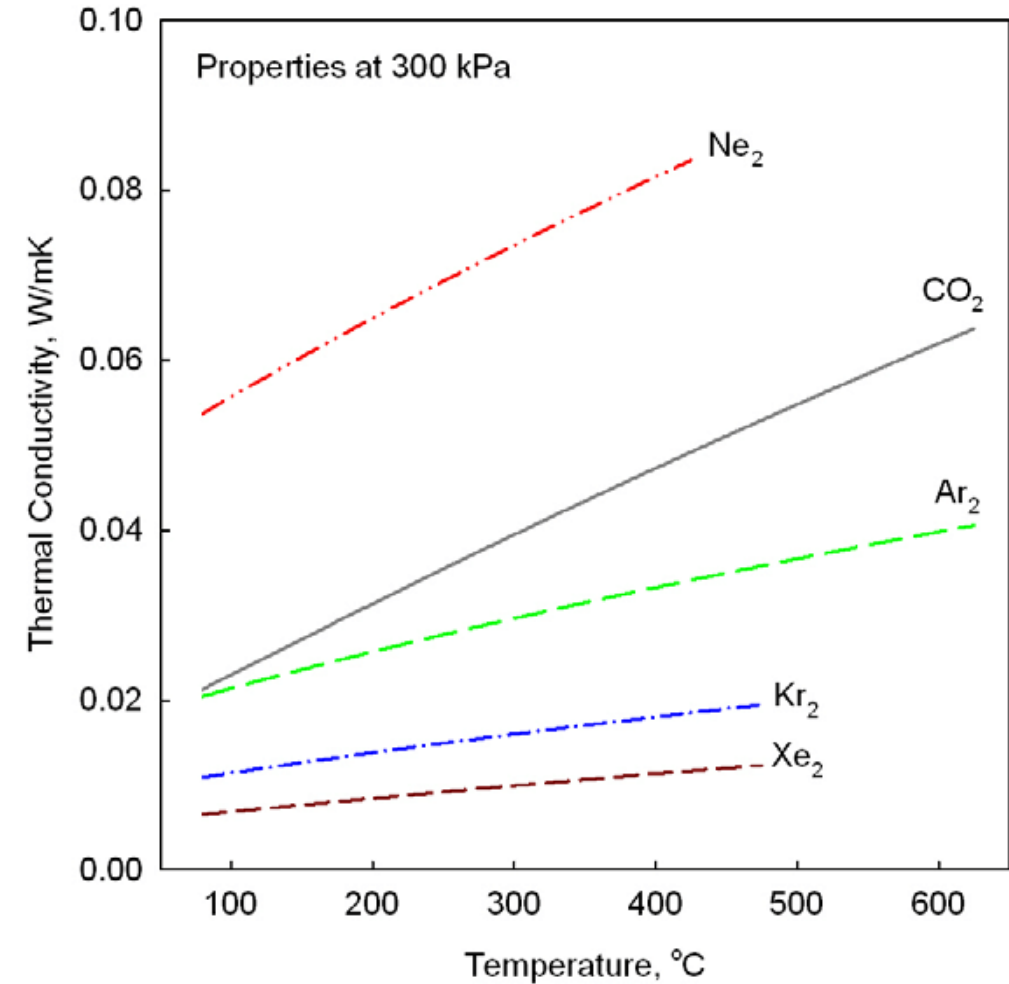
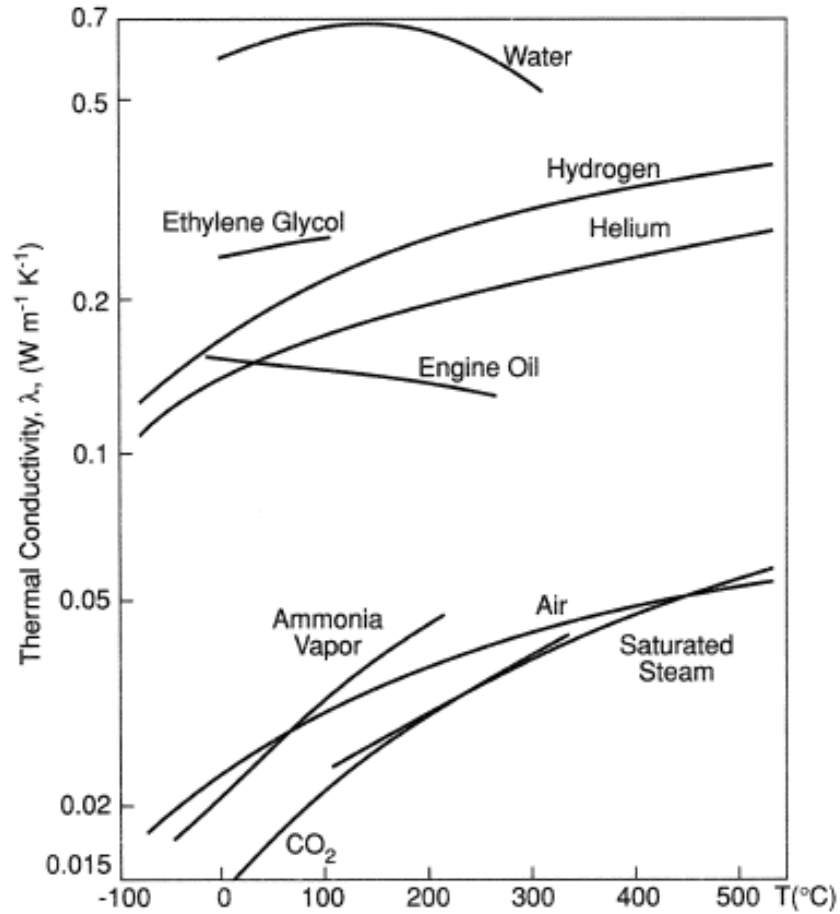
В повечето случаи се измерва топлоотдаването и се сравнява с това на еталонна смес.

Обикновено нагревателят и термометърът са един и същ резистор, Pt или термистор.



•Измерване на състава на газови смеси

Топлопроводност от околната температура

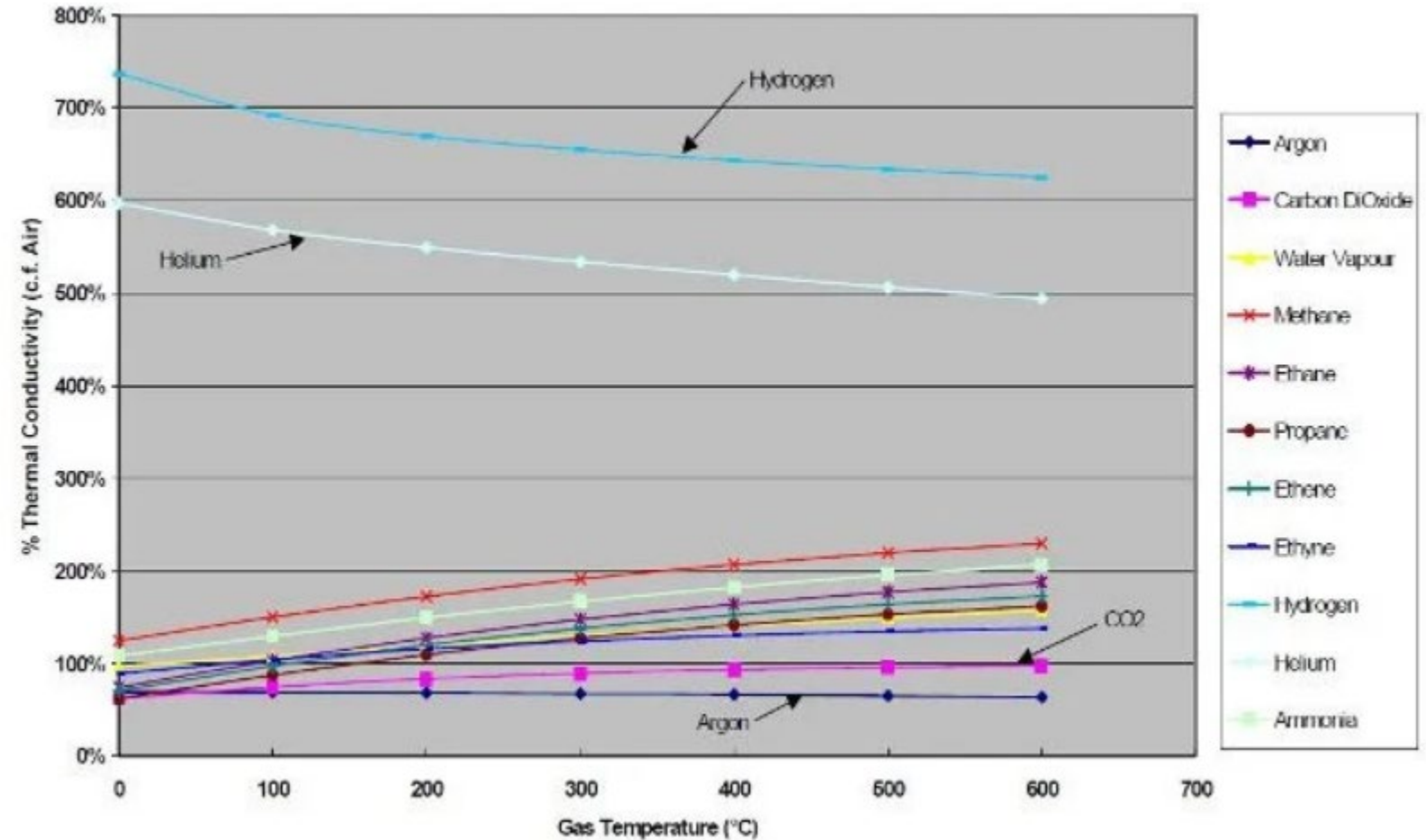


•Измерване на състава на газови смеси

Топлопроводност от околната температура

Показана е промяната от околната температура спрямо въздуха.

Силната зависимост изисква решения за компенсация или термостатиране.



•Измерване на състава на газови смеси

Топлопроводност. Примери на решения.

Почти всички уреди за измерване използват еталонен газ за сравнение - синфазните смущение намаляват.

Това е характерно за мостовите измервателни схеми.

Използват се два или четири терморезистора. При 4

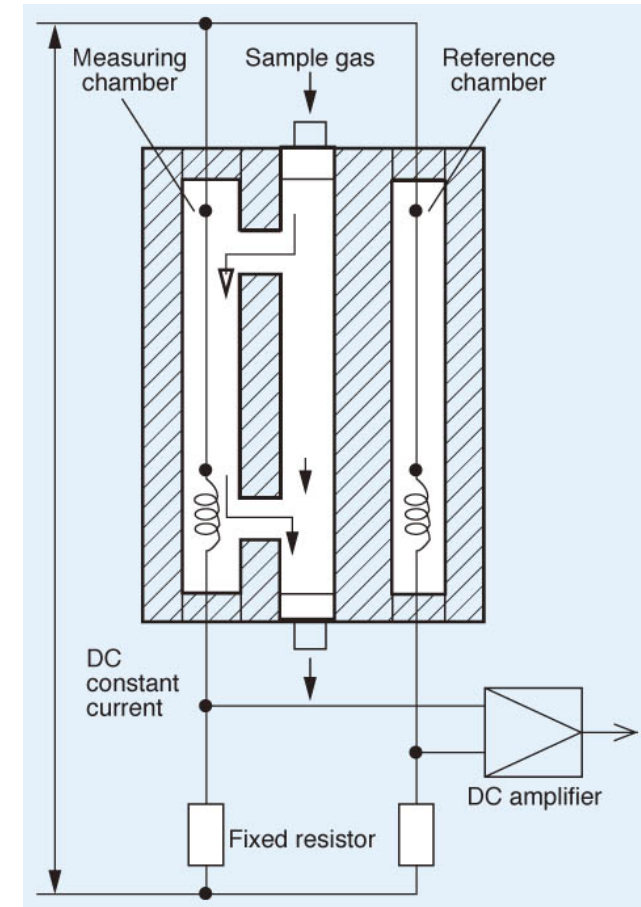
резистора чувствителността е по-голяма. За вярно

измерване **потокът на измервания газ трябва да е**

постоянен. Това се реализира с конструкцията на

измервателната камера. Методът е силно зависим от

околната температура. Трябва **термостатиране**.



•Измерване на състава на газови смеси

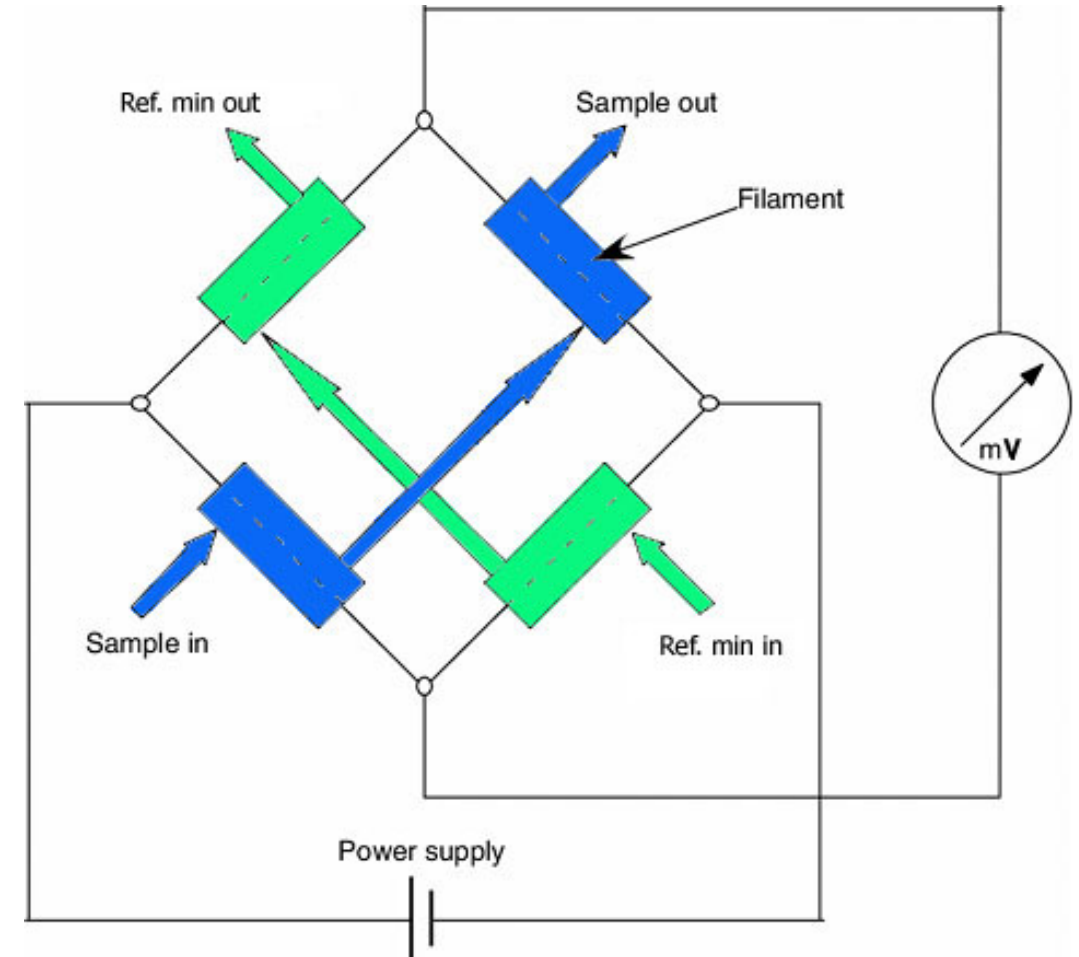
Топлопроводност. Примери на решения.

Мостът е съставен от 4 терморезистора.

Срещуположните резистори, които са в режим на самонагряване, се пропуска еталонен газ (смес) и изследван газ.

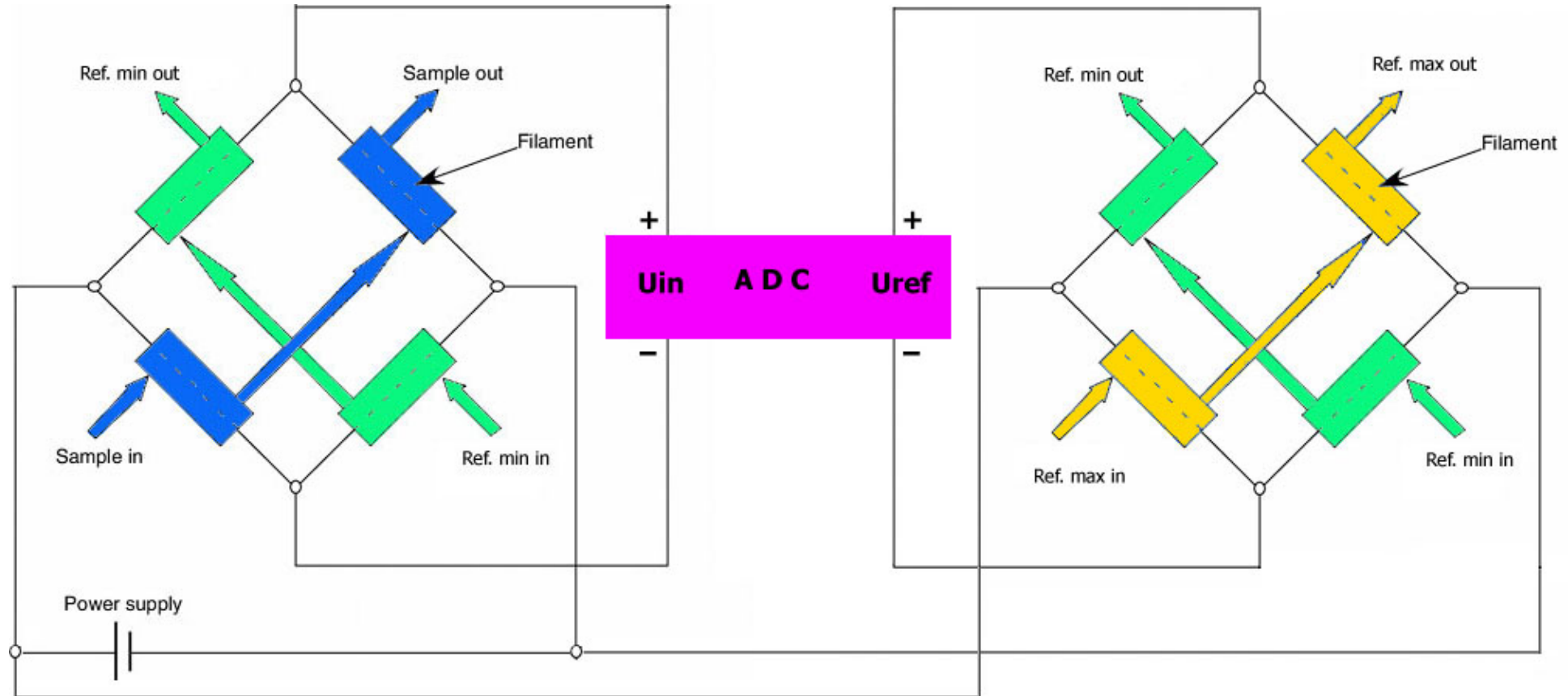
Различната топлопроводност води до различна температура на резисторите.

Еталонният газ отговаря на единия край на обхвата. **Може да не е 0 или 100%.**



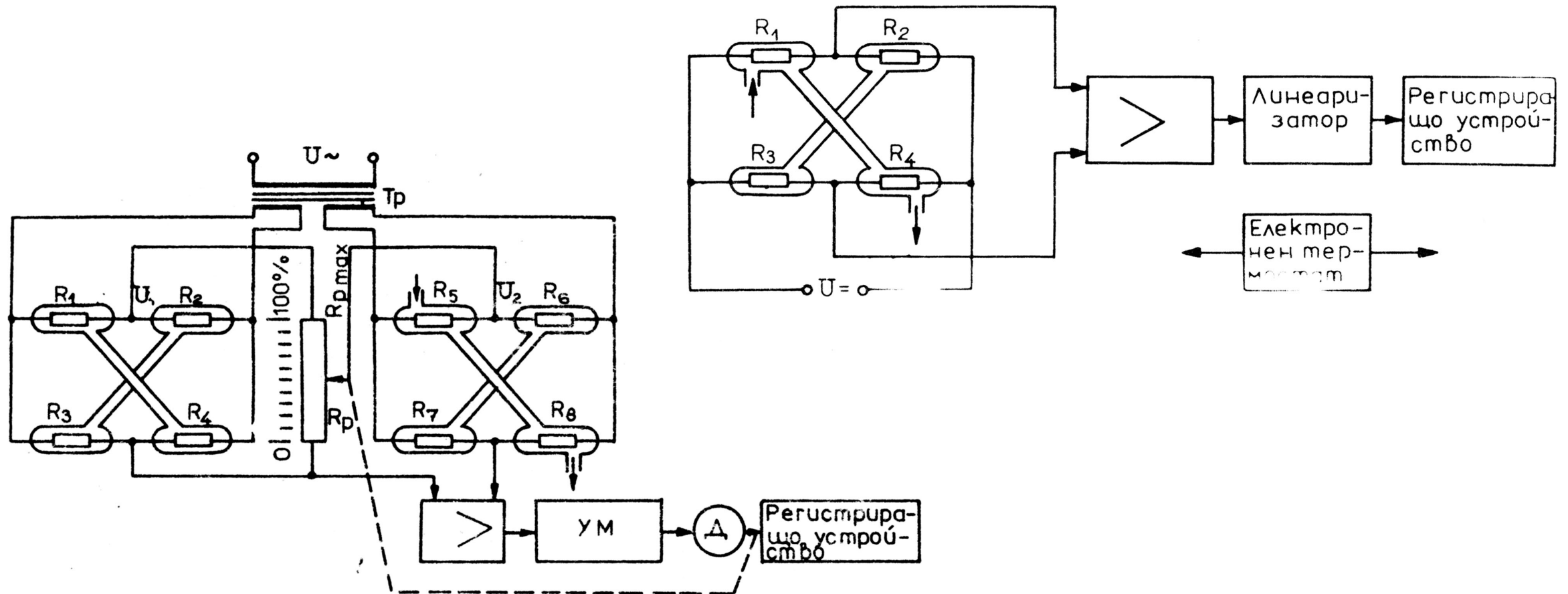
•Измерване на състава на газови смеси

Топлопроводност. Отстраняване на влиянието на околната температура.



•Измерване на състава на газови смеси

Топлопроводност. Отстраняване на влиянието на околната температура.



•Измерване на състава на газови смеси

Топлопроводност. Обобщение.

- методът е силно зависим от условията при които се измерва - околна среда:
 - от температурата;
 - от налягането, **същият метод се използва за измерване на налягане;**
- винаги при измерването се сравнява с еталонен газ (смес);
- работният температурен обхват определя дали да се ползват термистори;
- има варианти с използване на термодвойки и отделен нагревател;
- съвременните интегрални сензори ползват класическите принципи:

<https://xensor.nl/products/thermal-conductivity-gauge>

•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, същност. Условия (изисквания).

Основават се на пречупване, поглъщане, затихване, отражение на светлината;

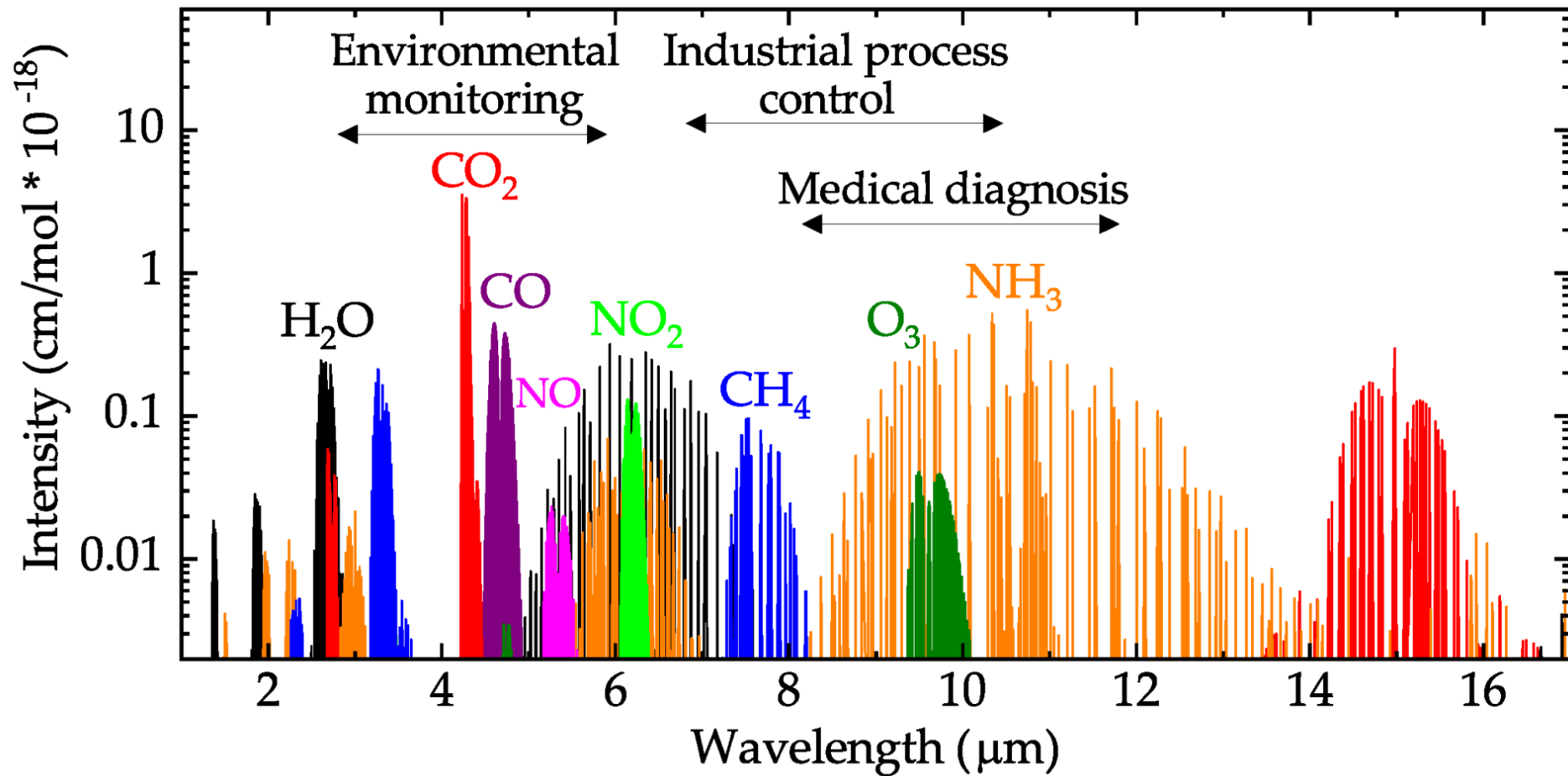
- дисперсна спектро-фотометрия;
- недисперсна абсорбция в инфрачервения спектър (**NDIR**);
- недисперсна абсорбция в ултравиолетовия спектър (**NDUV**);

Методите се свеждат до измерване на това, каква част от светлината се поглъща от изследваната газова смес.

- избирателност;
- чувствителност;
- стабилност;

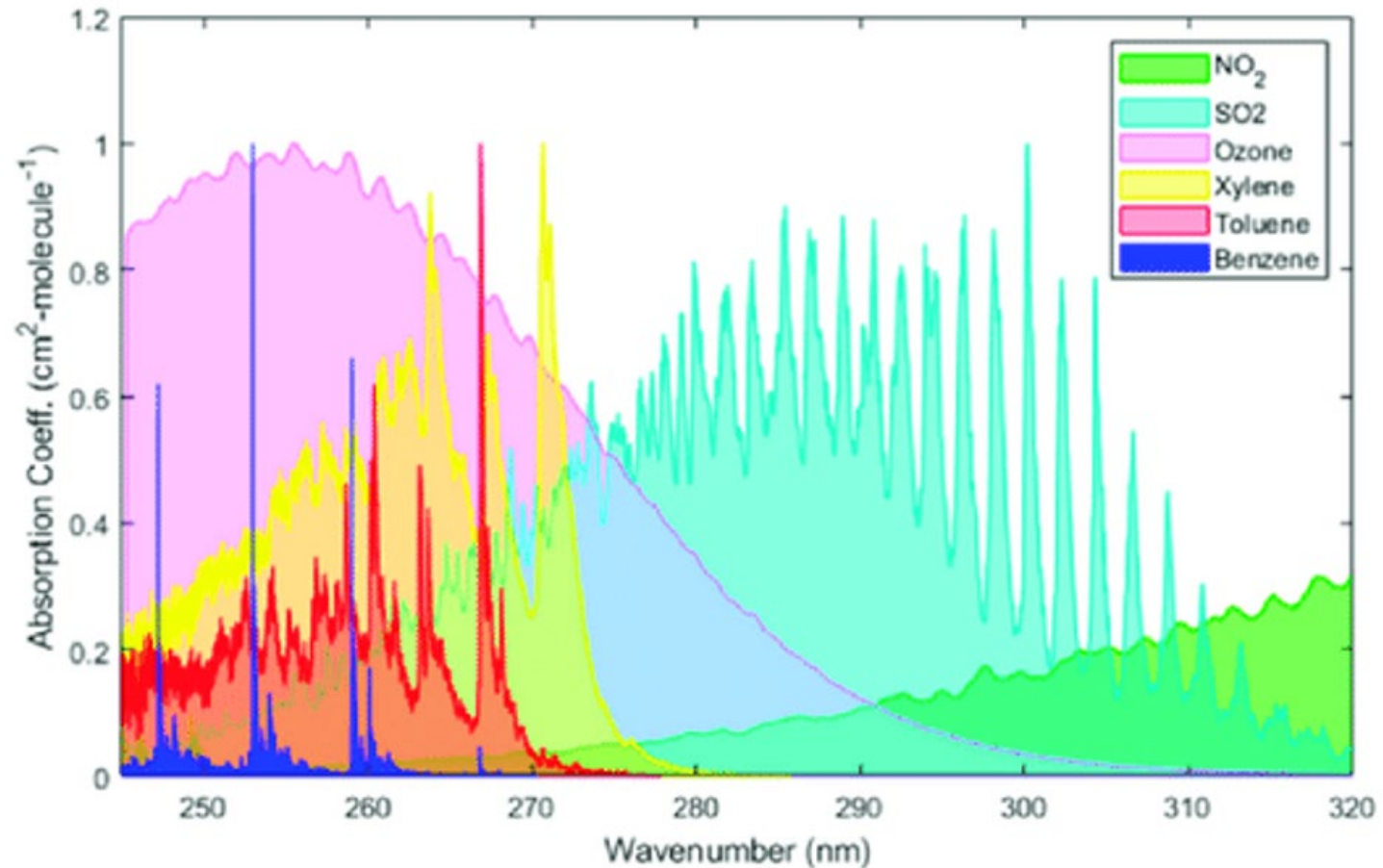
•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, IR спектър.



•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, **UV** спектър.

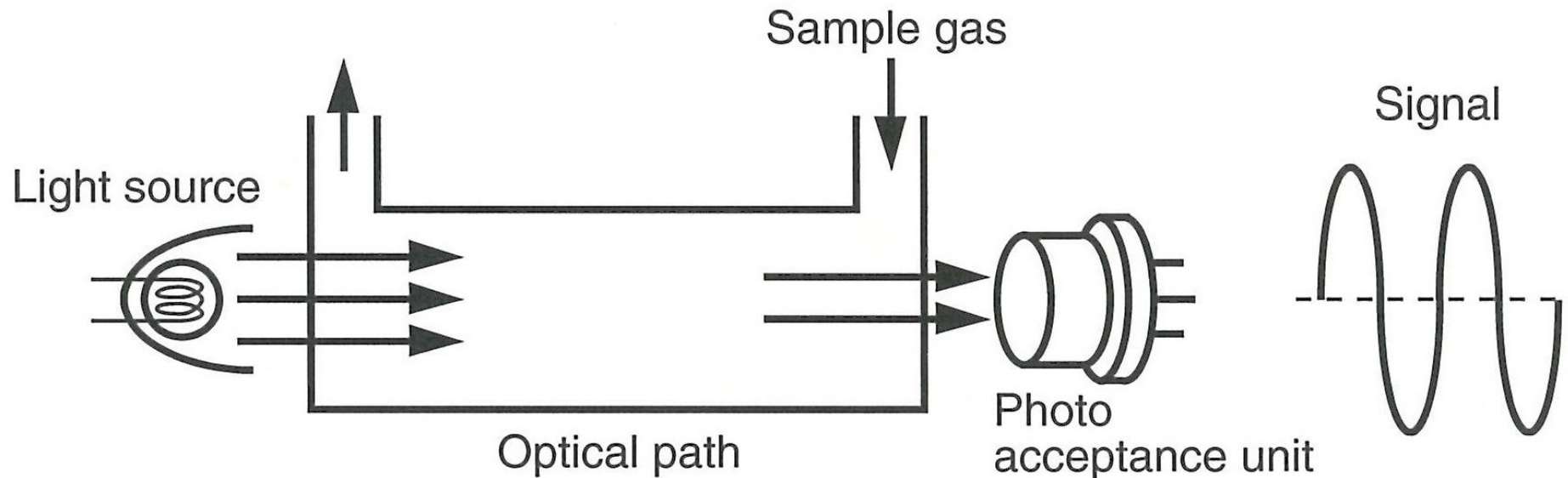


•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, примери.

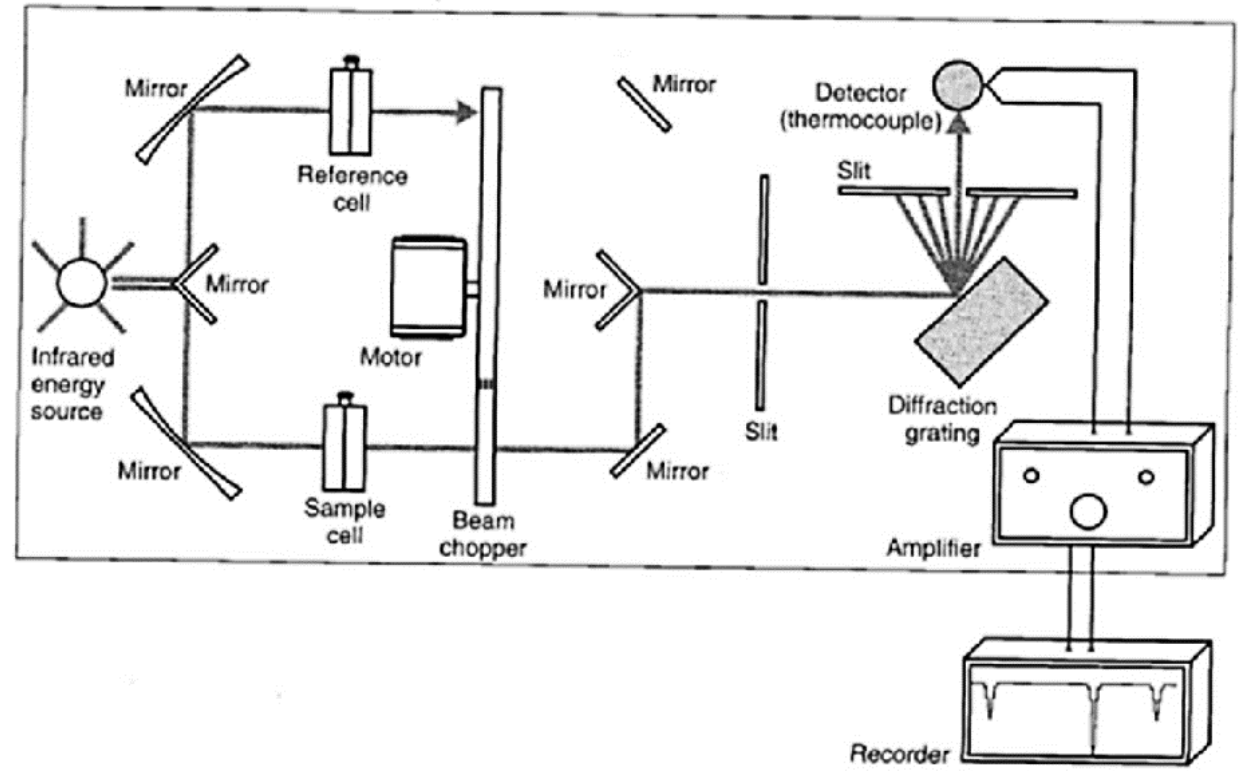
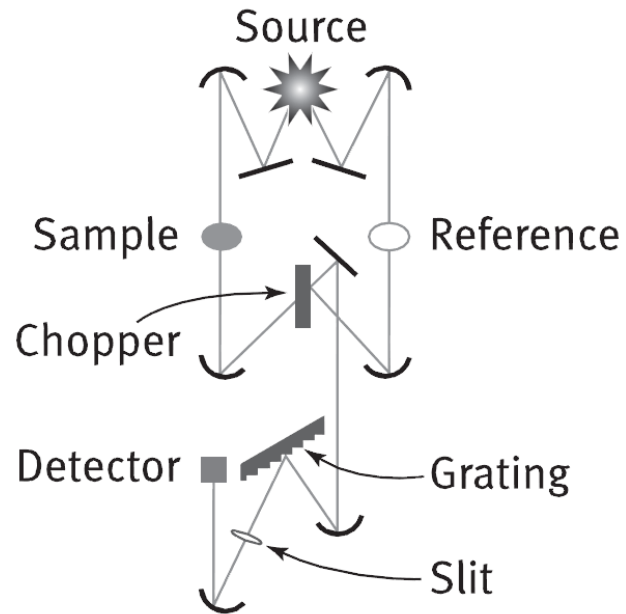
За компенсиране на нестабилността на източника на светлина и околната среда почти винаги се ползва контролен канал с известен състав на газовата смес;

Structure of Non-Dispersive Infrared Absorption Sensor



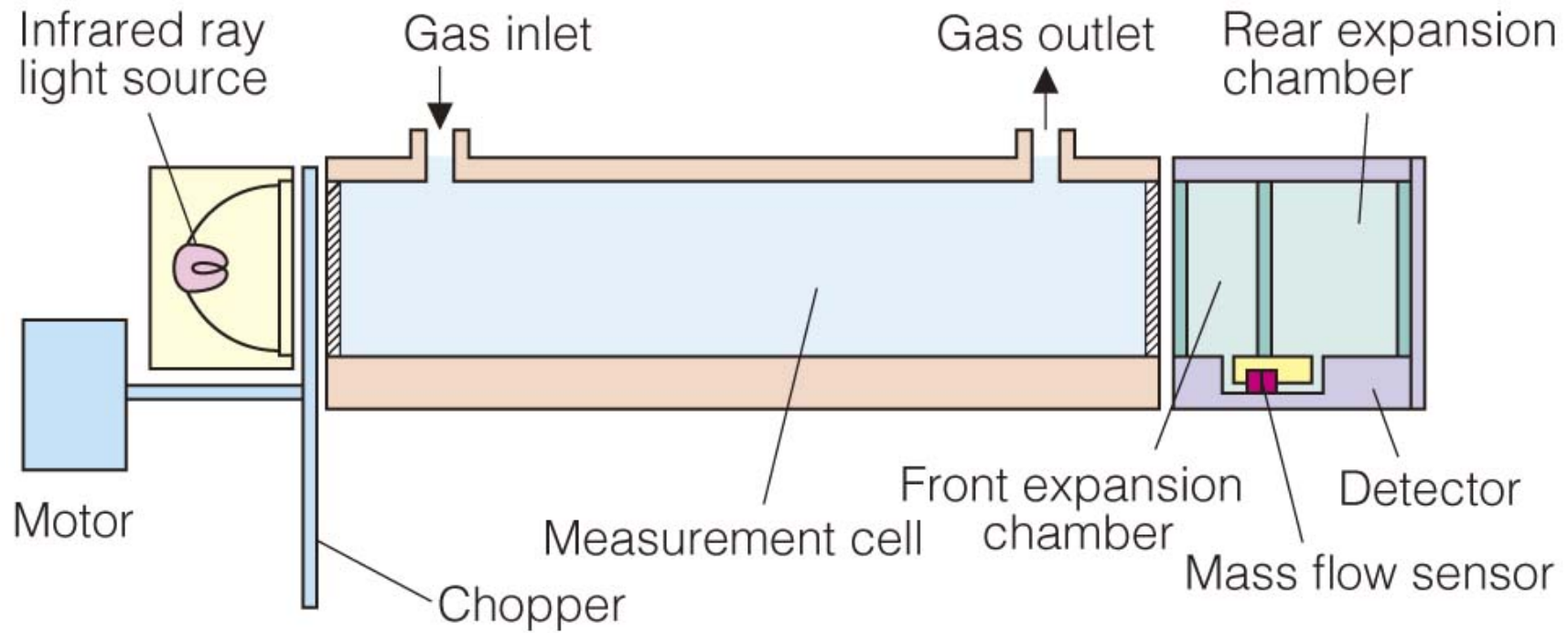
•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, дисперсен IR спектрометър.



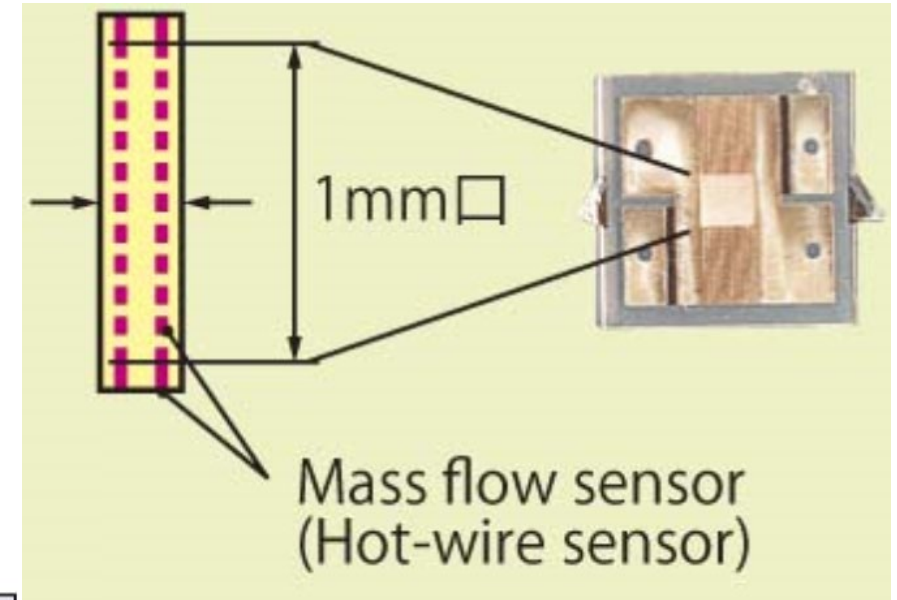
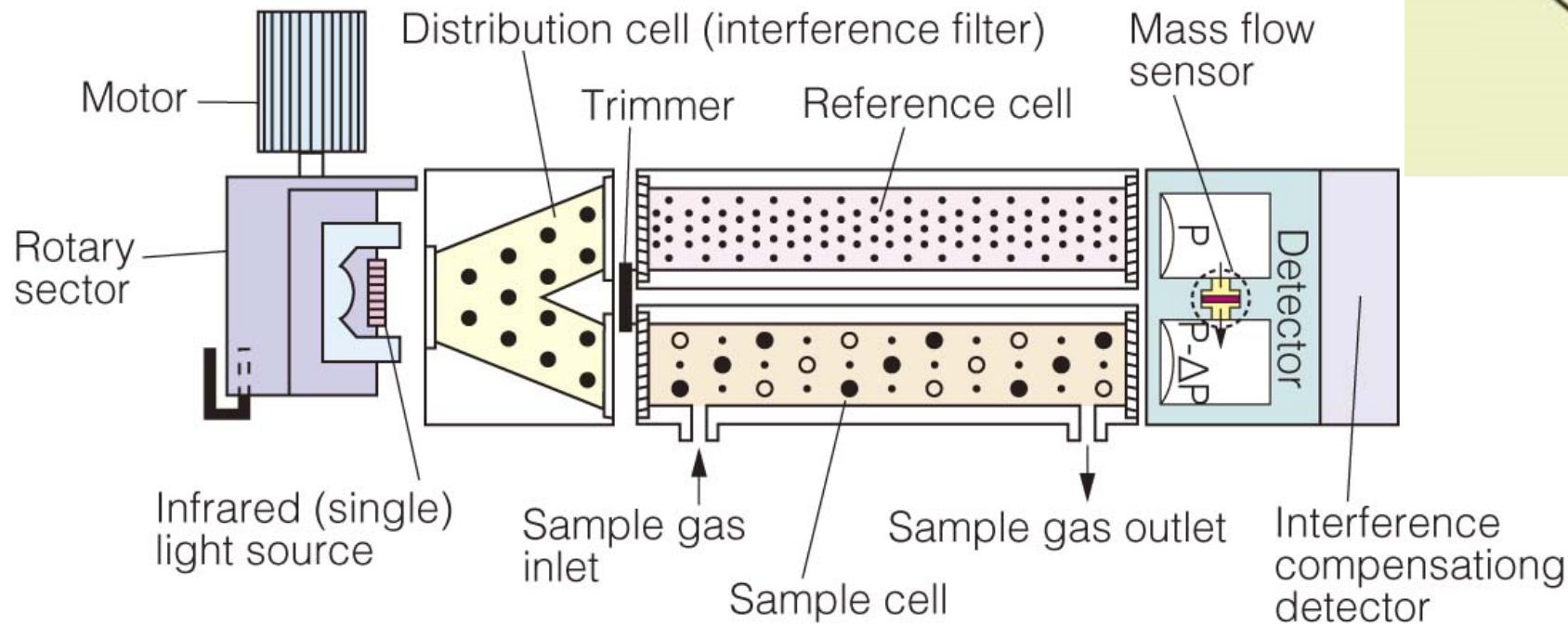
•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, недисперсен IR газоанализатор, $P.V = k.T$;



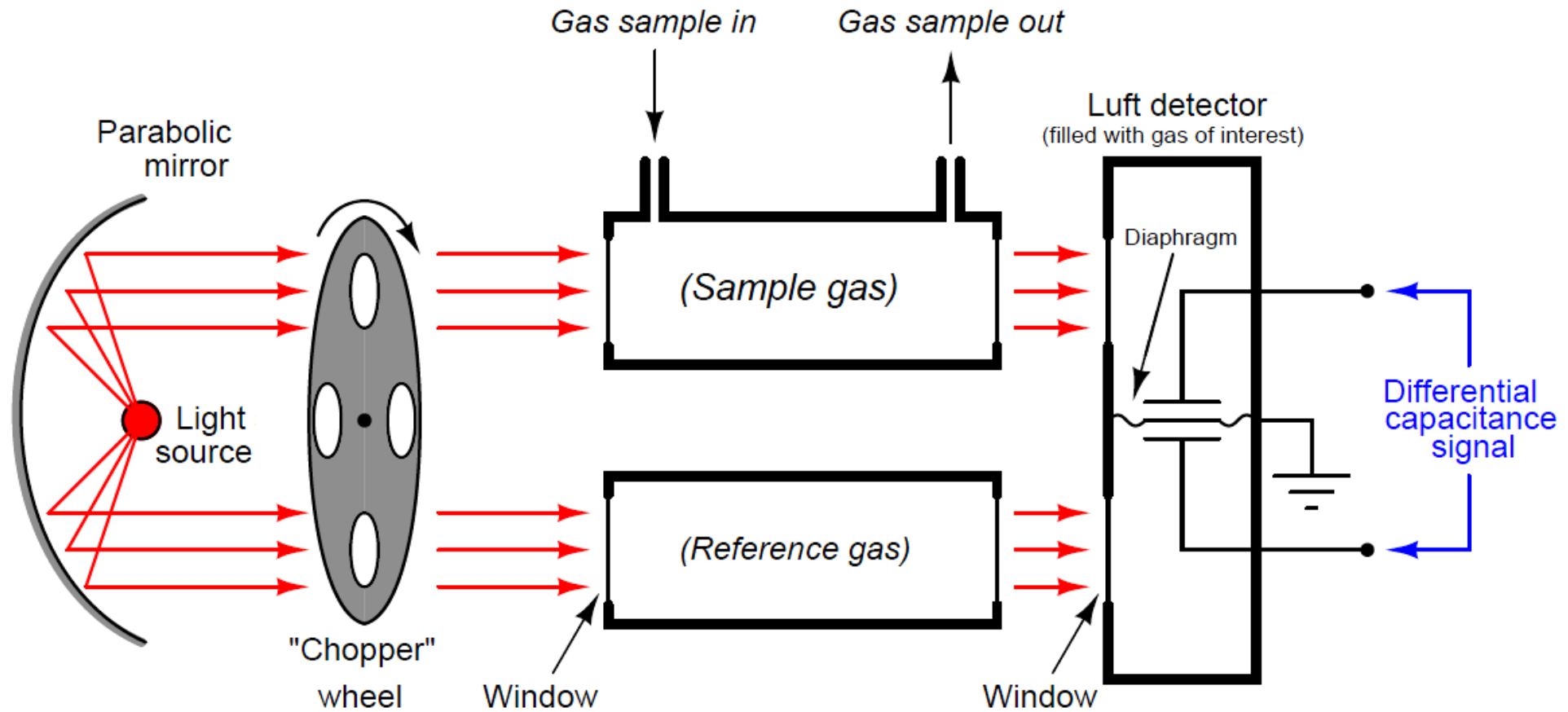
•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, недисперсен IR газоанализатор.



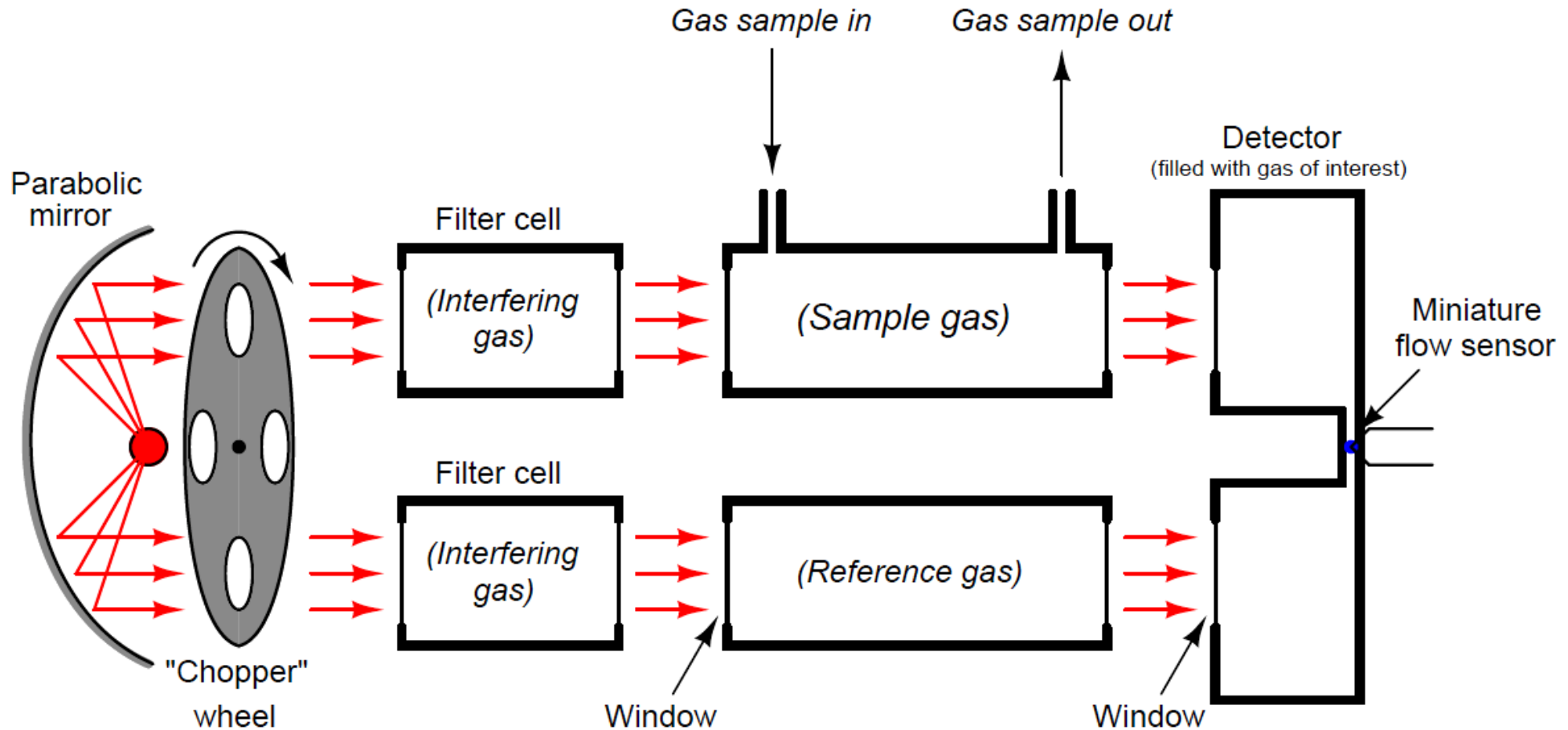
•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, недисперсен IR газоанализатор.



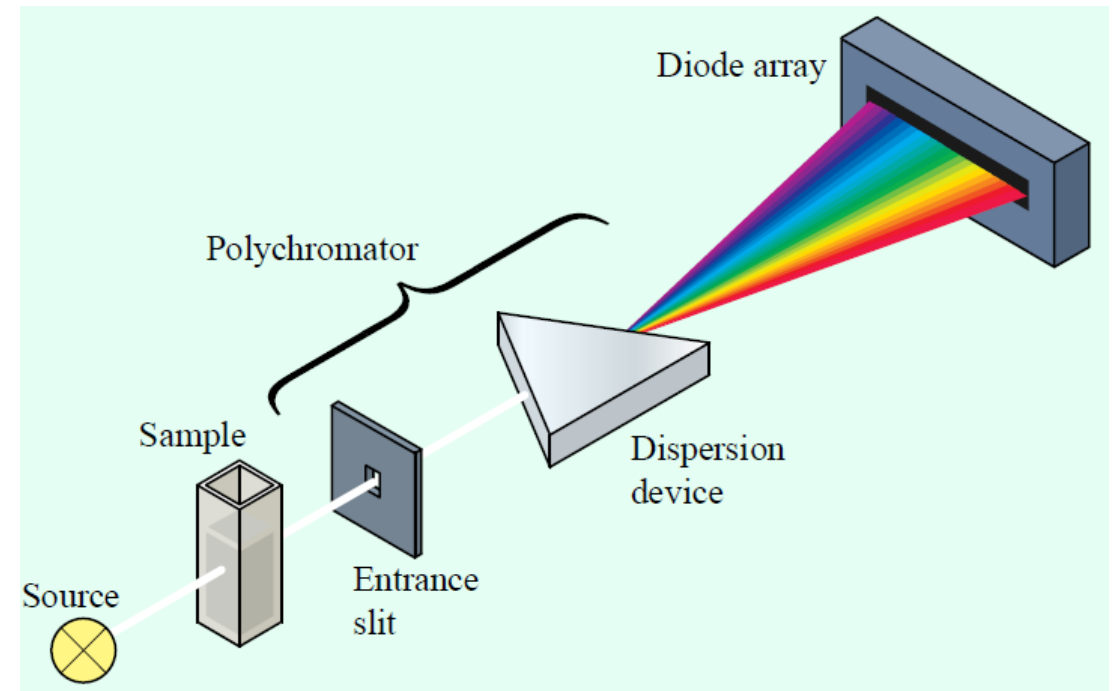
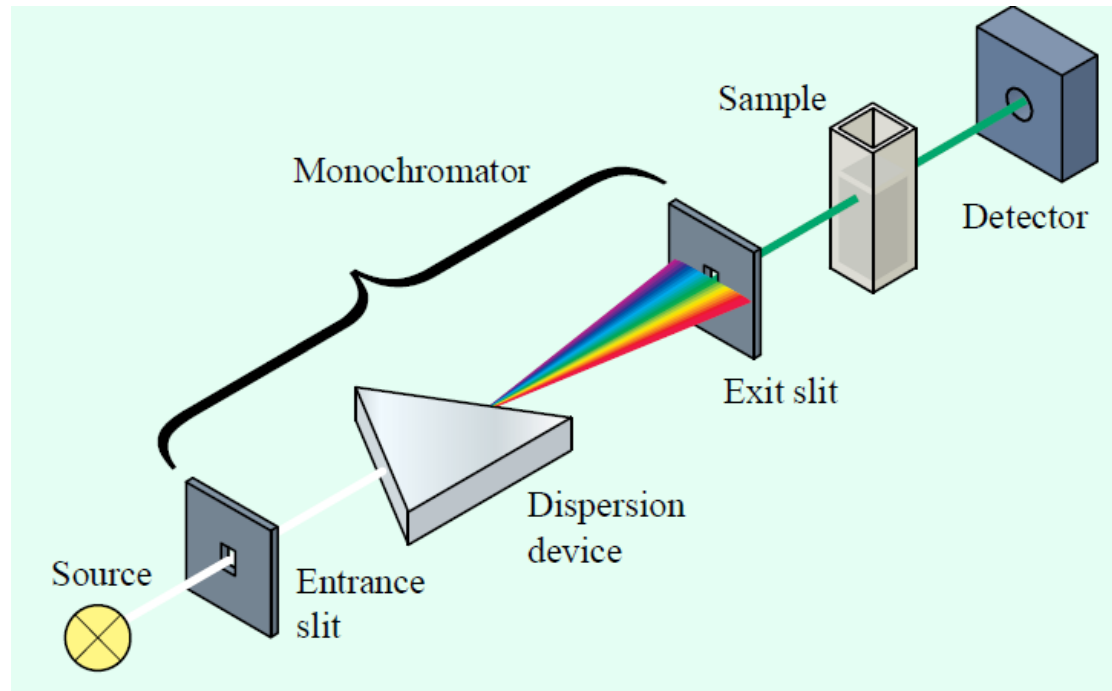
•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, недисперсен IR газоанализатор.



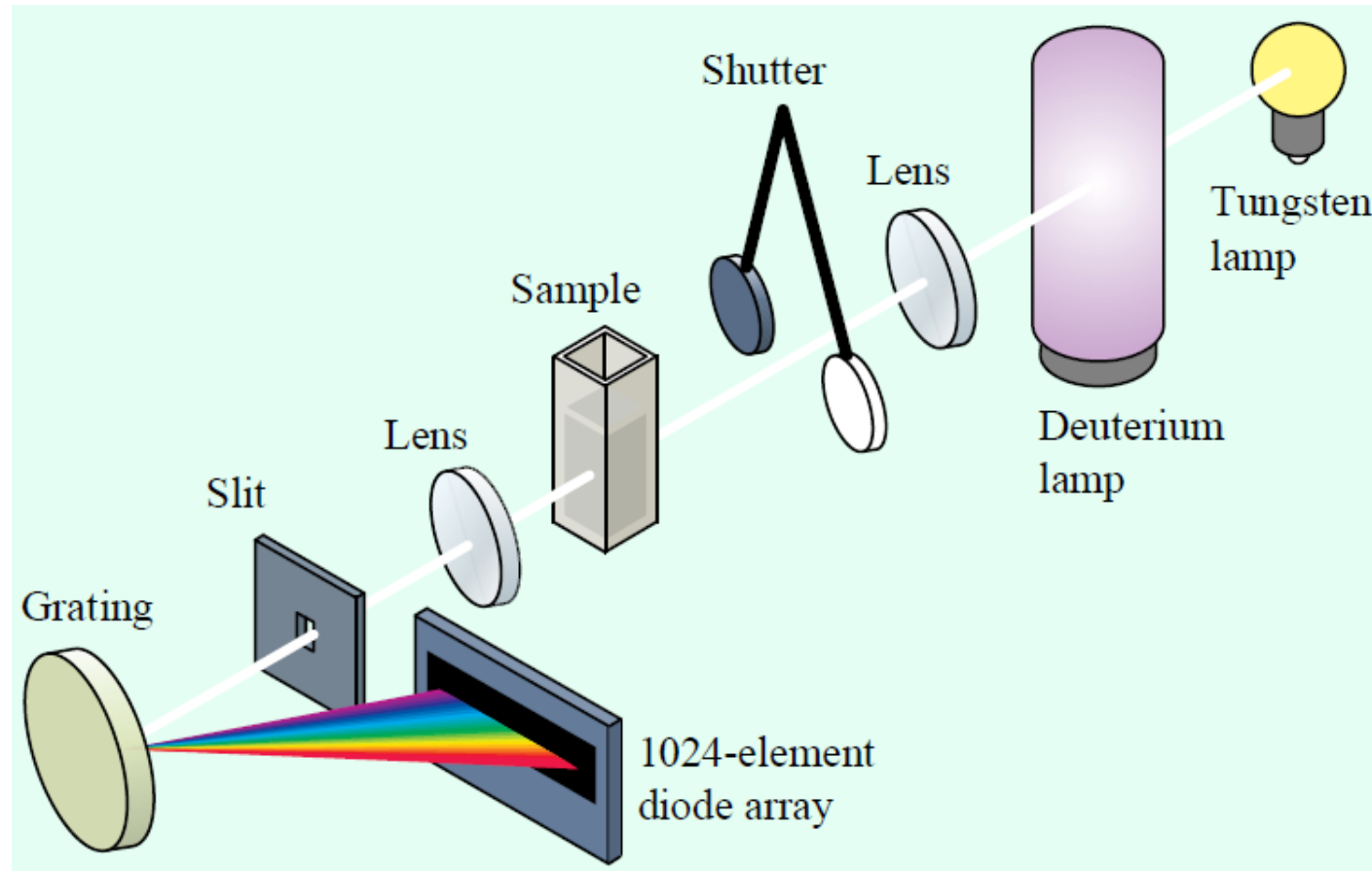
•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, спектрален газоанализатор.



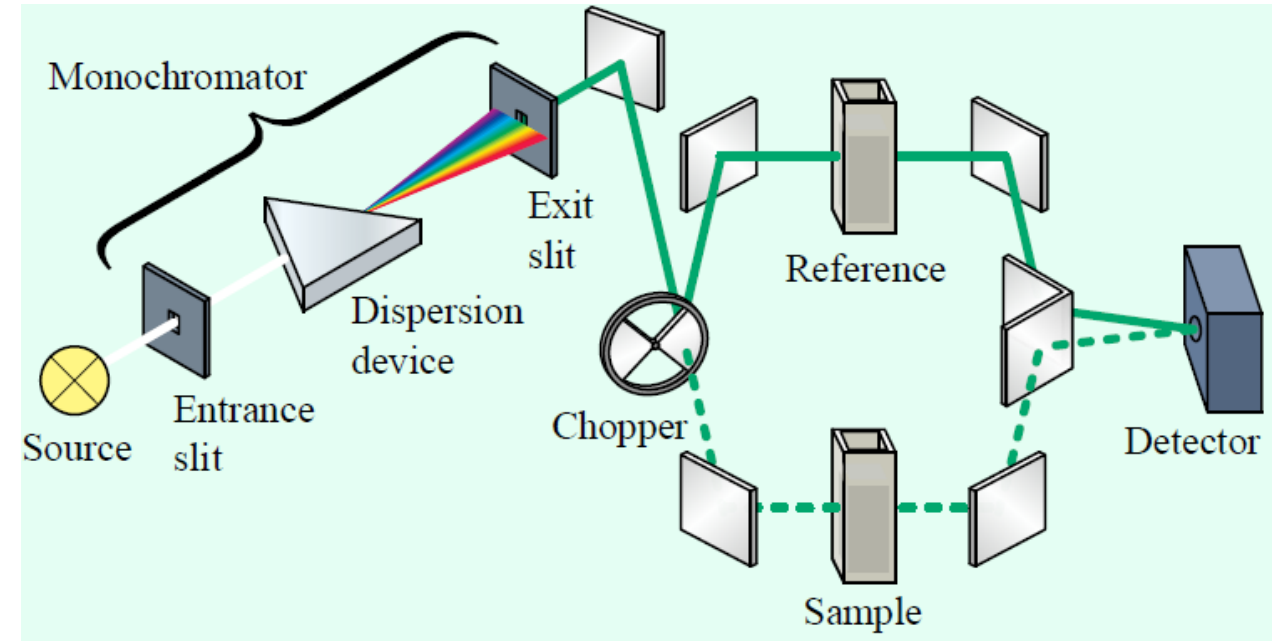
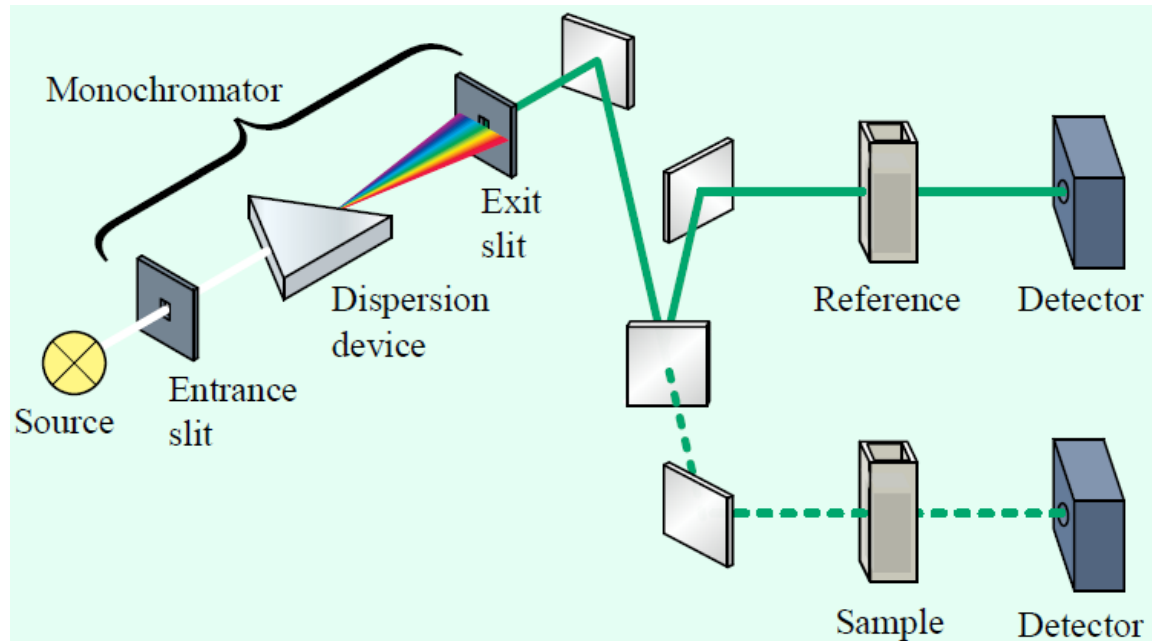
•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, спектрален газоанализатор.



•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, спектрален газоанализатор.



•Измерване на състава на газови смеси

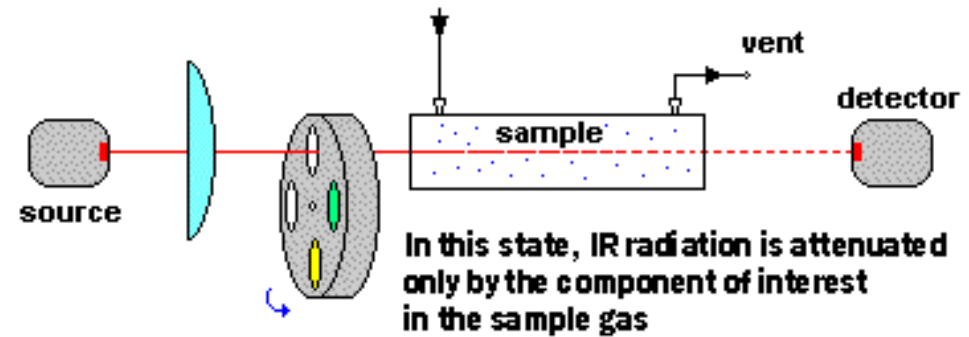
Оптически методи, газоанализатор

за няколко газа.

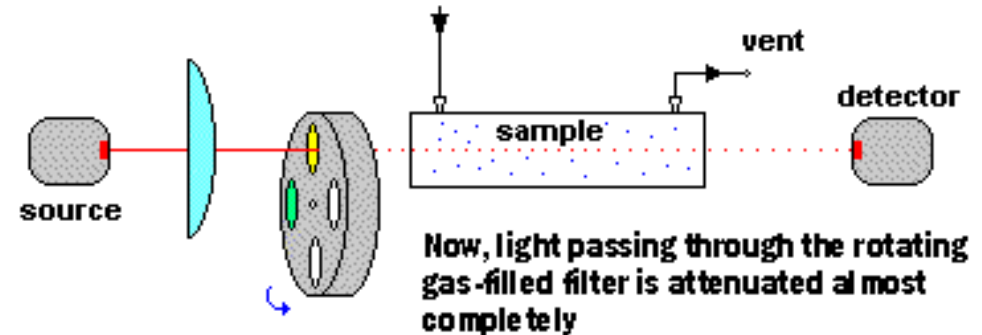
Използват се филтри които пропускат различен спектър.

Измерването се свежда до определяне на отношението между изходните сигнали на детектора при преминаване на светлината през различните филтри. **Синхронизация.**

Gas Filter Correlation Infrared Photometer



Gas filled rotating filters can be used to detect multiple components or correct for high levels of interference gases.



•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, обобщение.

- универсални и специфични. Универсалните са за изследователски лаборатории;
- за текуща работа, сервиси, химични производства (технологии) и др.
- обикновено са за един или 2 ÷ 4 газа;
- рядко са без еталонен канал;
- почти винаги има модулация (механична);
- в по-прецизните UV се ползват две спектрални линии едната се поглъща, а другата – не. Колкото са по-близки по цвят (дължина на вълната) толкова по-добре.
- поглъщането се измерва или с фотоприемник (с филтър), или като промяна на налягането с кондензатор, или с измерител на поток на газ;

•Измерване на състава на газови смеси

Оптически методи, задачи пред електронните устройства.

- да измерва светлината, директно или косвено. При директно измерване се ползва фотодиод или линийка от фотодиоди. При косвени се измерва модулация на капацитет или на поток който охлажда нагорещен проводник;
- да модулира светлината – механично или електрически;
- да синхронизира модулацията с измерването;
- да осигури останалите части на всеки уред – захранване, индикация, запомняне на резултатите, интерфейси и т.н.
- калибриране и периодична проверка на точността на уреда. В случаи когато се измерват параметри на околната среда, газове на автомобили **контролът е по-строг.**

•Измерване на състава на газови смеси

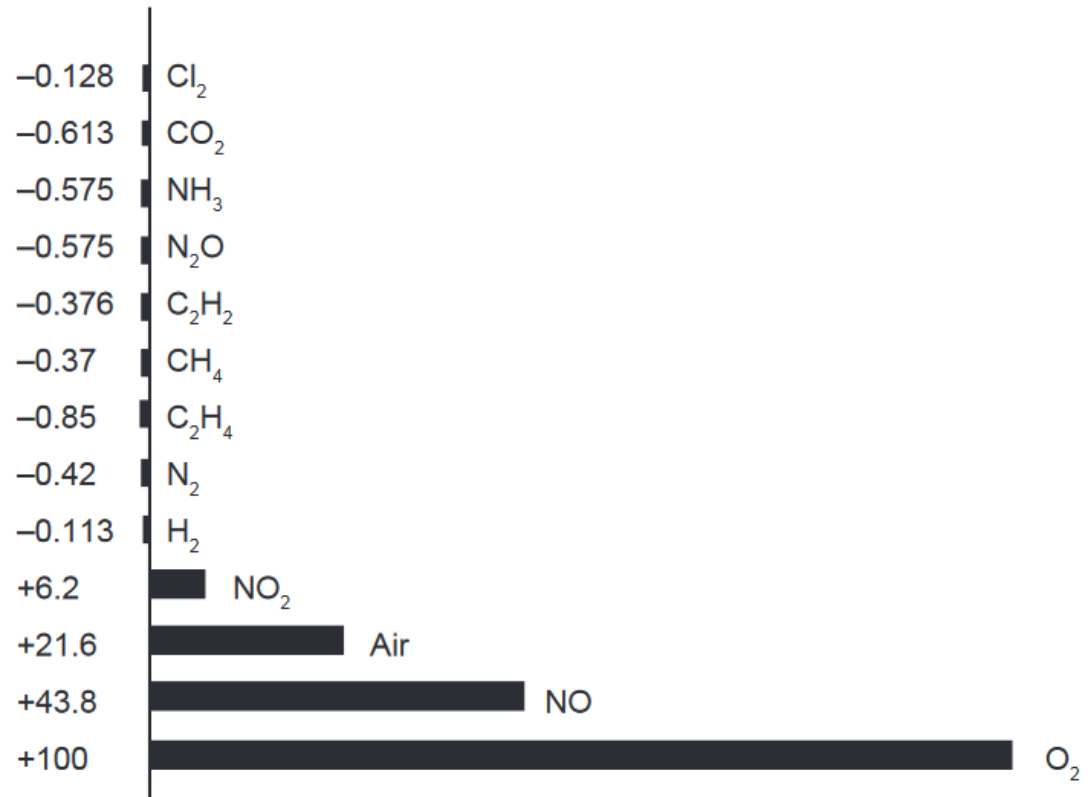
Парамагнитни свойства, същност. Условия (изисквания).

Основава се на парамагнитните свойства

на някои газове (кислород, NO и др.);

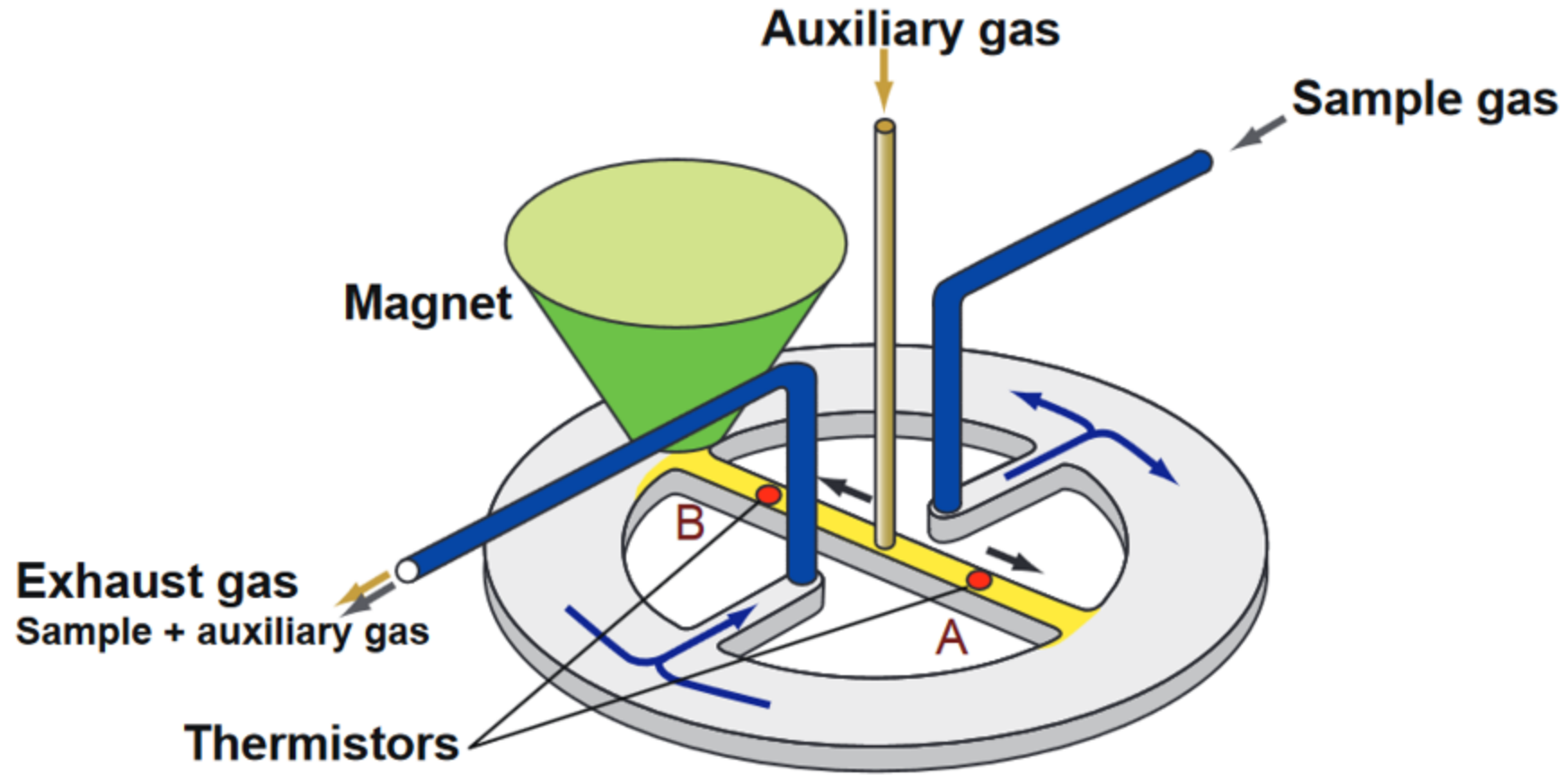
Ако в изследваната газова смес има някой от другите парамагнитни газове измерването няма да е прецизно;

И в този случай може да се ползва еталонна газова смес. Във всички случаи съставките на изследваната смес трябва да са известни.



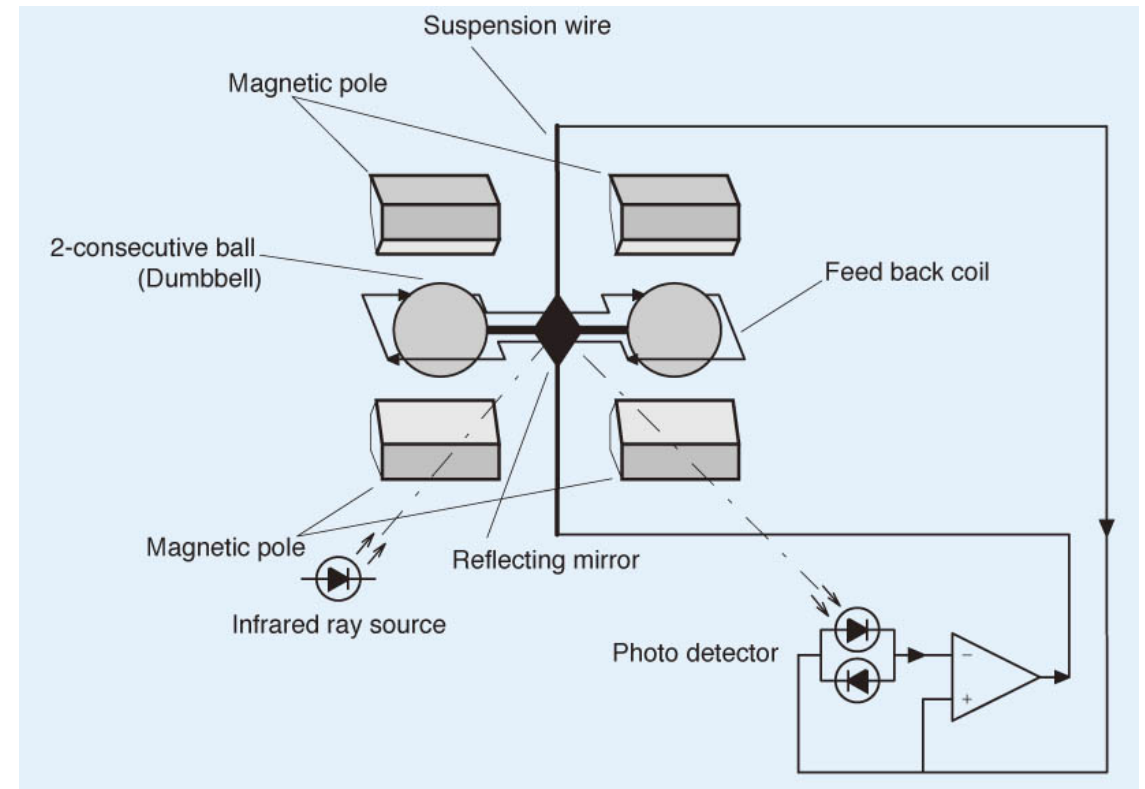
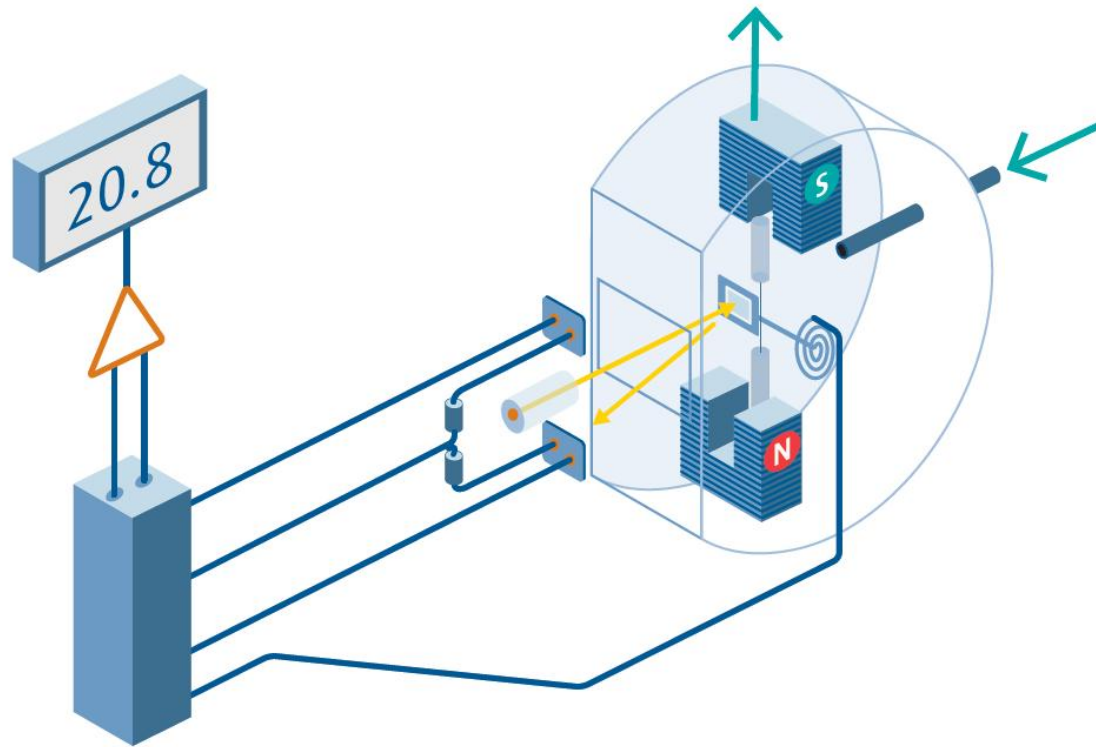
•Измерване на състава на газови смеси

Парамагнитни свойства, примери. Измерва се температурна разлика.



•Измерване на състава на газови смеси

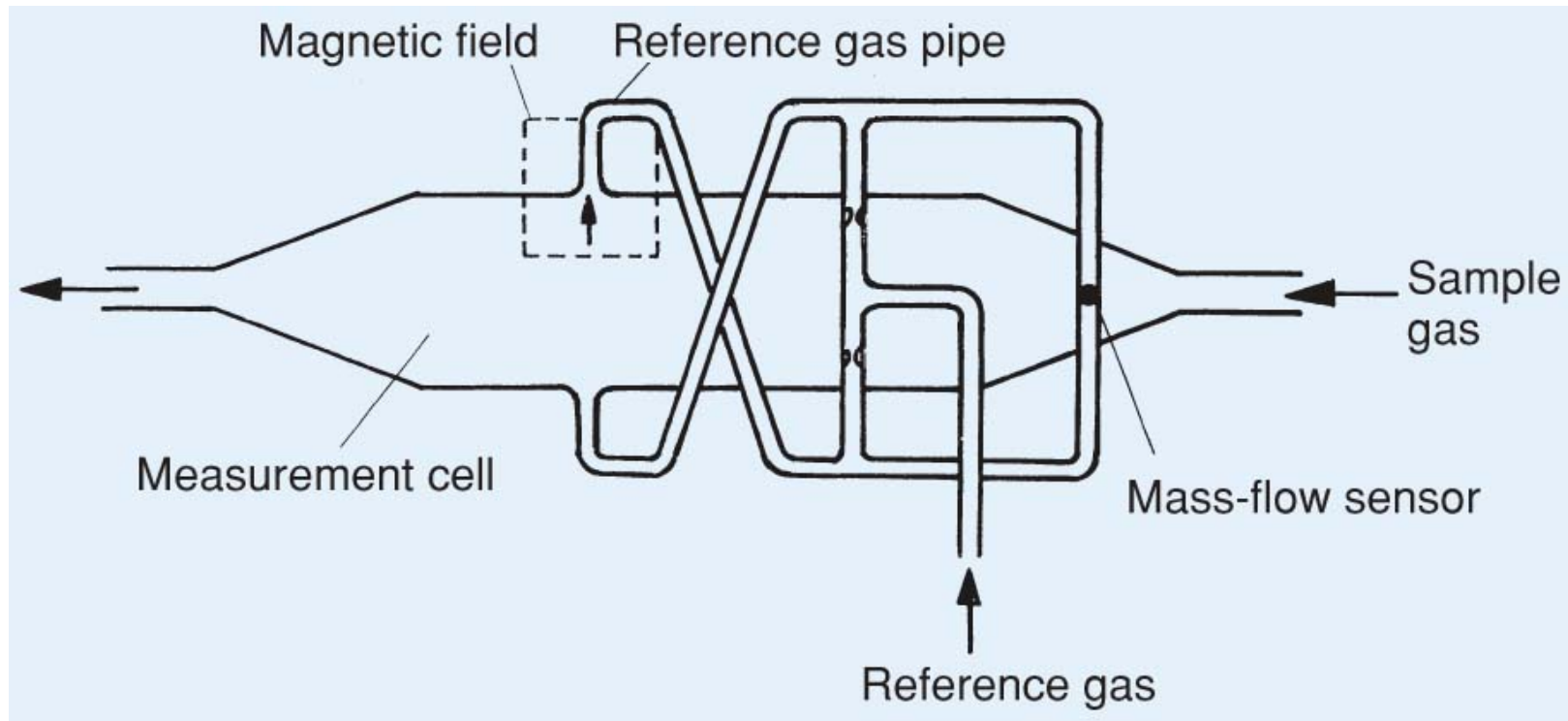
Парамагнитни свойства, примери. Измерва се ток който компенсира завъртане.



•Измерване на състава на газови смеси

Парамагнитни свойства, примери.

Измерва се газов поток (температура).



•Измерване на състава на газови смеси

Парамагнитни свойства, обобщение.

- най-често се използва за измерване на кислород O_2 ;
- съставките трябва да са известни, например O_2 във въздуха;
- неизвестните съставки трябва да са малко (като %), пример с въздуха;
- силна зависимост на ефекта от температурата и налягането;
- периодична калибровка, апаратурата да е проектирана така;
- измерването се свежда до измерване на поток или температурна разлика:
 - постоянна околна температура или компенсация;
 - постоянен газов поток;

•Измерване на състава на газови смеси

Каталитично горене, същност. Условия (изисквания).

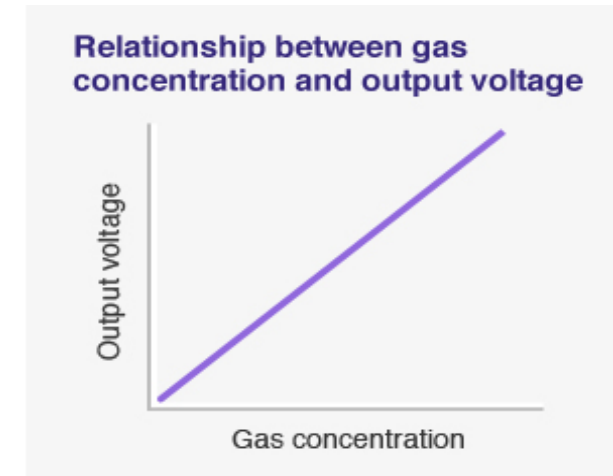
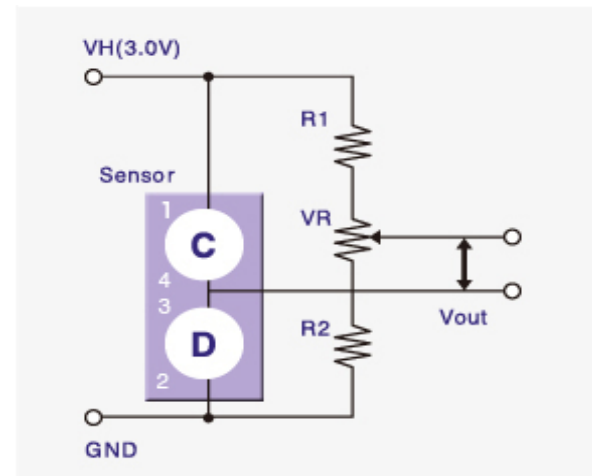
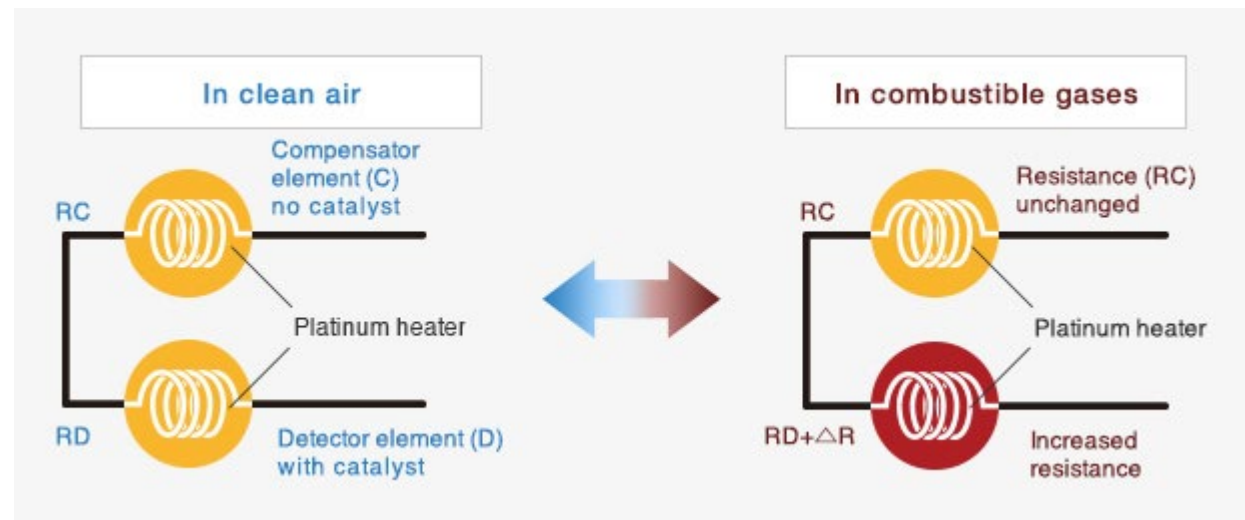
Използват се два елемента от

Pt – измервателен и компенсиращ.

Измервателният елемент е така обработен, че става катализатор.

От захранващото напрежение на моста се загряват до температура при която протича каталитично горене.

Когато има горим газ за който е катализаторът той гори и така се повишава температурата.



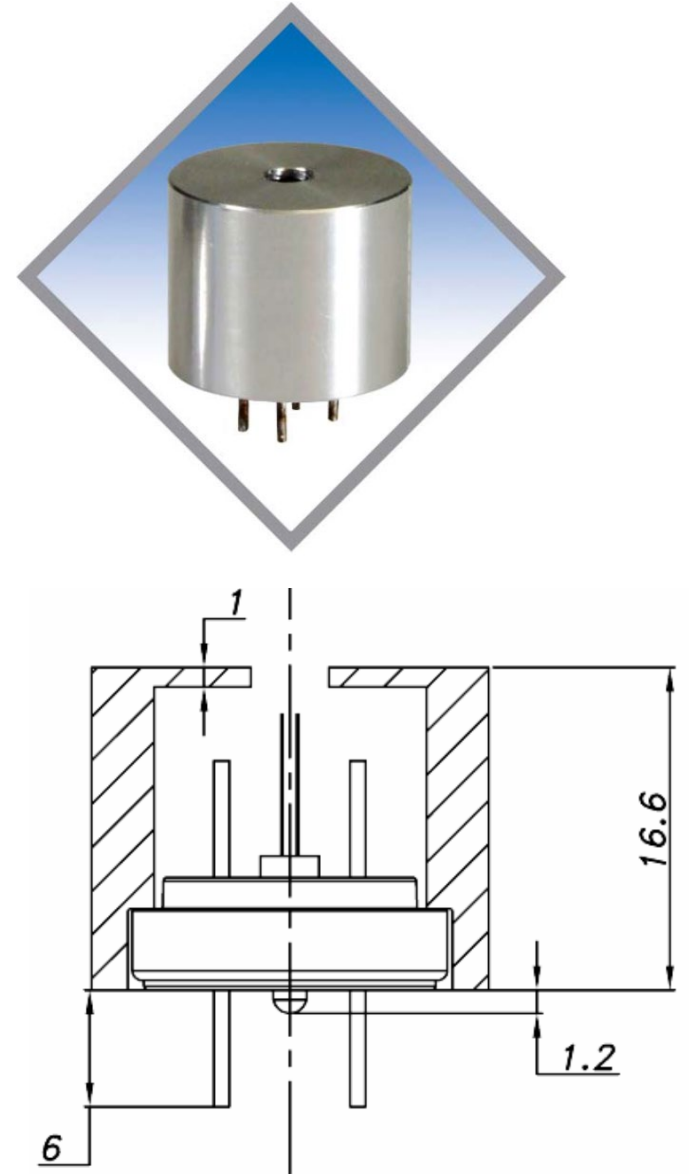
•Измерване на състава на газови смеси

Каталитично горене, пример.

Принципът е един и същ. Различна е конструкцията и начинът на измерване и отчитане. Катализаторът също е различен за различните газове.

Използва се за определяне на съдържанието на CO в състава на изгорелите газове. Съвременните сензори имат време на измерване от 10 до 20s за достигане на 50% от крайното показание, а работната температура е от 60 до 130°C за разлика от традиционните (250–400°C).

Уредите с микроконтролери позволяват да се прогнозира крайната стойност 5-10 пъти по-бързо.



•Измерване на състава на газови смеси

Електрохимични газови сензори, принцип.

https://wiki.seeedstudio.com/Sensor_gas/

Основават се на галванични елементи (може със сух електролит) с изход ток, напрежение или които променят изходното си съпротивление.

Работната им температура, в повечето случаи, е значително по-висока от околната.

Чувствителните елементи, по състав, са различни за различните газове, по-често група от газове. Например повечето от сензорите за алкохол са чувствителни и към други газове, но те няма как да се намират в изследваната среда – издишван въздух.

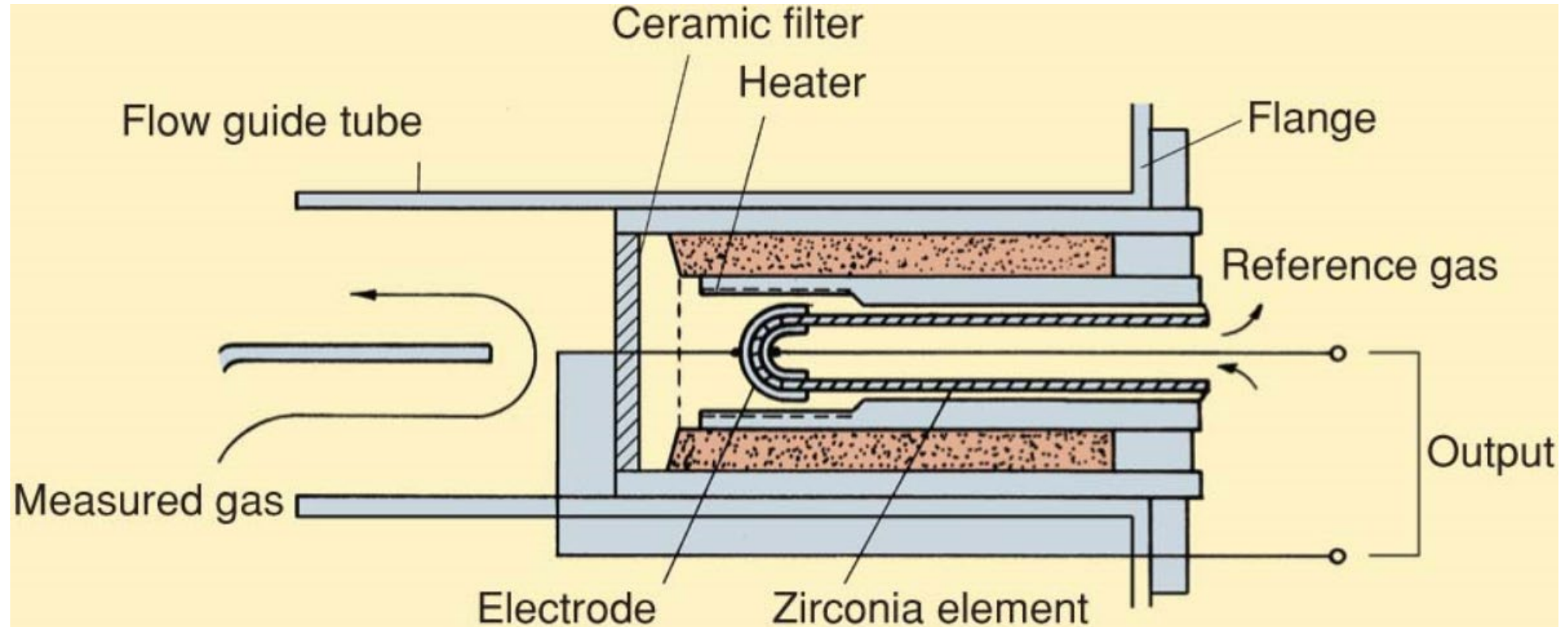
В BME680 чувствителният елемент е слой от калаен двуокис (SnO_2). Той се загрява до над 300°C и вследствие на взаимодействие с VOC съпротивлението му спада.

VOC (Volatile Organic Compounds) – летливи органични съединения, разтворители, могат да горят

- **Измерване на състава на газови смеси**

Електрохимични газови сензори, примери.

Кислороден сензор на базата на ZrO_2 (Zirconium Dioxide) – галваничен елемент;



• Измерване на състава на газови смеси

ZrO₂ е електролитът на галваничния елемент, а кислородните молекули определят напрежението и тока. Работната температура е висока, обикновено е необходимо допълнително нагряване. Показаният сензор се използва за определяне на кислородното съдържание в изгорелите газове на автомобила.

Ламбда (λ) сонда, параметри при работна температура 300÷350°C

- при $\lambda = 0,9$ напрежението в изхода $\geq 0,65V$;
- при $\lambda = 1,1$ напрежението в изхода $\leq 0,25V$;
- време за сработване при обеднена горивна смес ≤ 250 ms;
- време за сработване при обогатена горивна смес ≤ 450 ms;
- изходно съпротивление при 300÷350°C ≤ 10 k Ω .

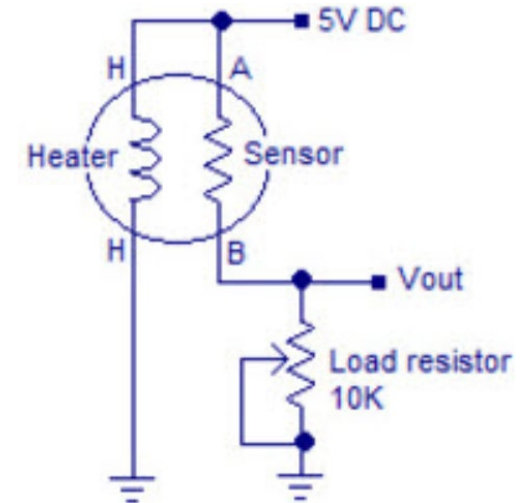
- **Измерване на състава на газови смеси**

Електрохимични газови сензори, примери.

Това е основната схема на свързване на серия сензори за измерване на газосъдържание – MQ-2 ÷ MQ-9, MQ131, MQ135 ÷ MQ138, MQ214, . . .

Повечето от тях се влияят (смущаващи фактори) от околната температура и влажност. Чувствителни са и към други газове освен основния.

<https://www.mysensors.org/build/gas>

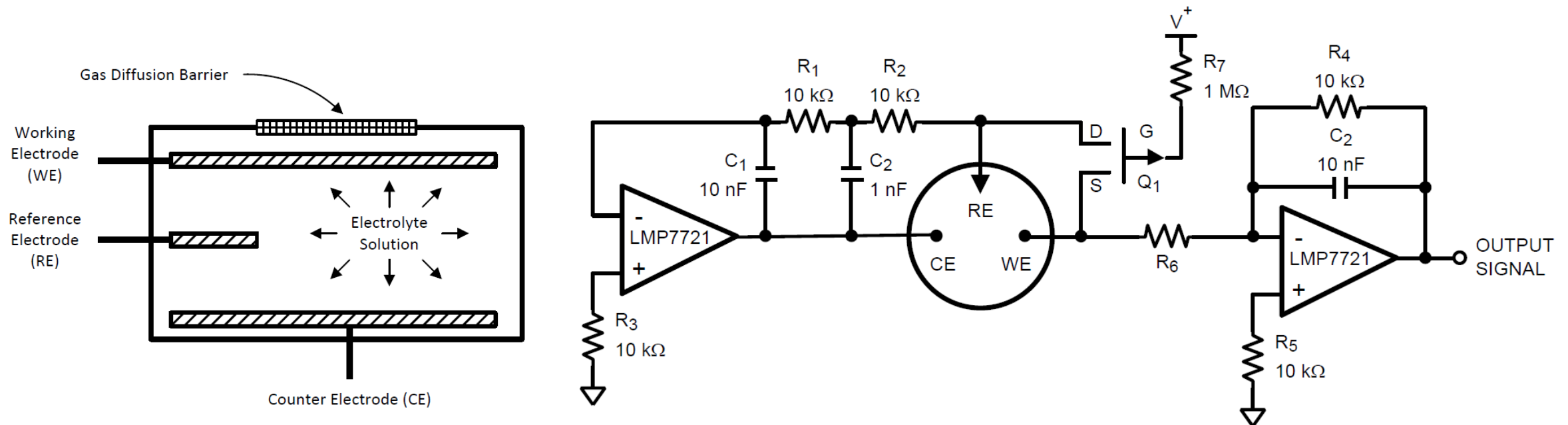


- **Измерване на състава на газови смеси**

Схема на **Potentiostat** от Texas Instruments за електрохимични сензори. Измерва O_2 .

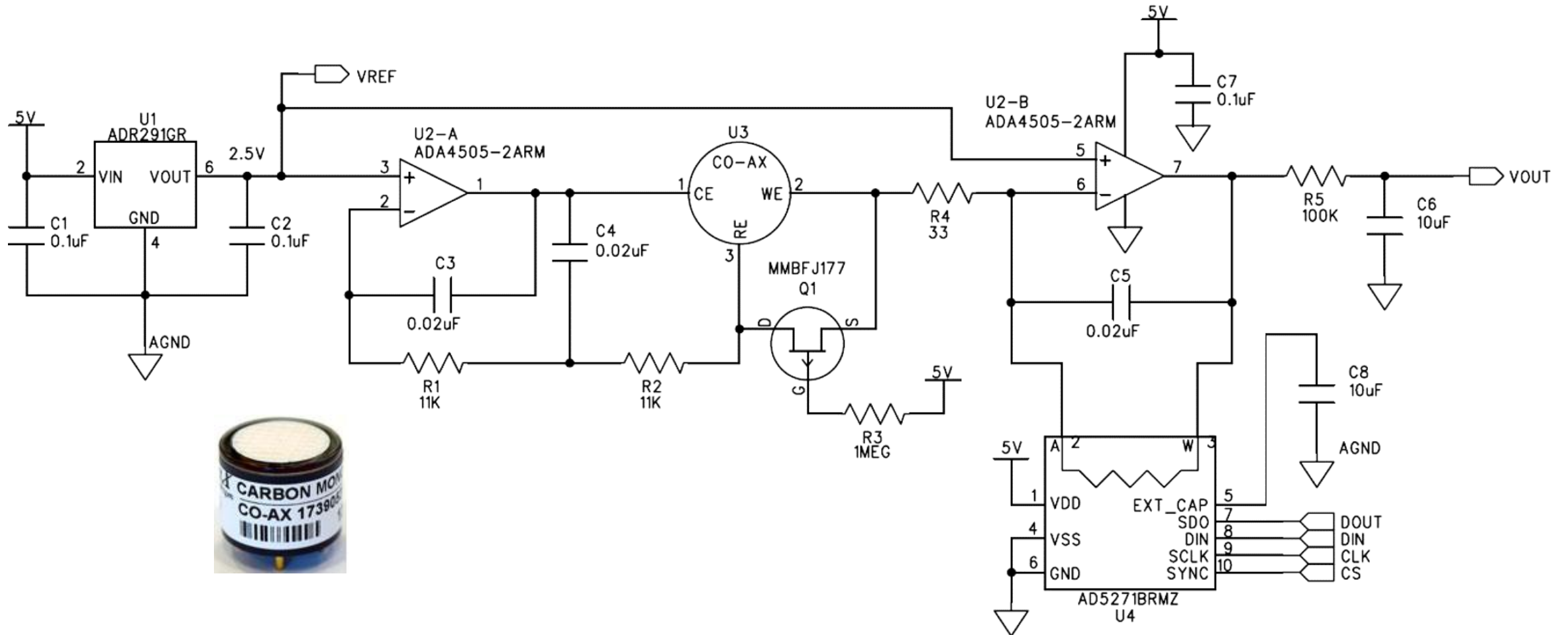
Потенциостатът е електронна схема която поддържа постоянно напрежение между WE работен и RE опорен електроди, в случая 0V. Използва се при електро-химични измервания.

Изходният ток на сензора е много малък, изисквания към ОУ. $I_{in} \text{ LMP7721} < 1\text{pA}$ при 85°C .



• Измерване на състава на газови смеси

Схема на Potentiostat от Analog Devices. Измерва CO .



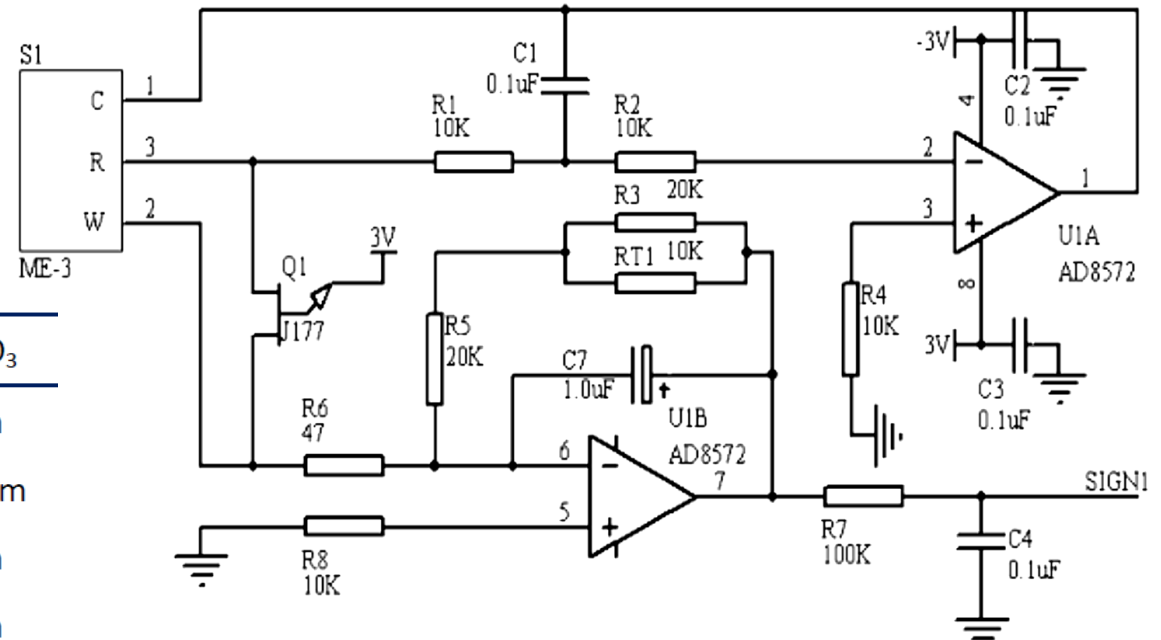
• Измерване на състава на газови смеси

Сензор за измерване на **озон** ME3-O₃. Схемата е подобна на предишните две.

Влиянието на други газове е относително слабо.



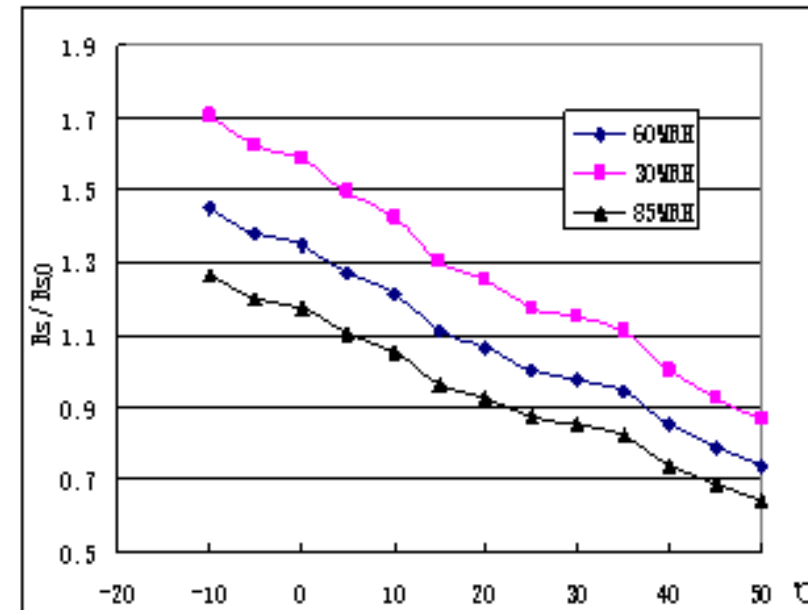
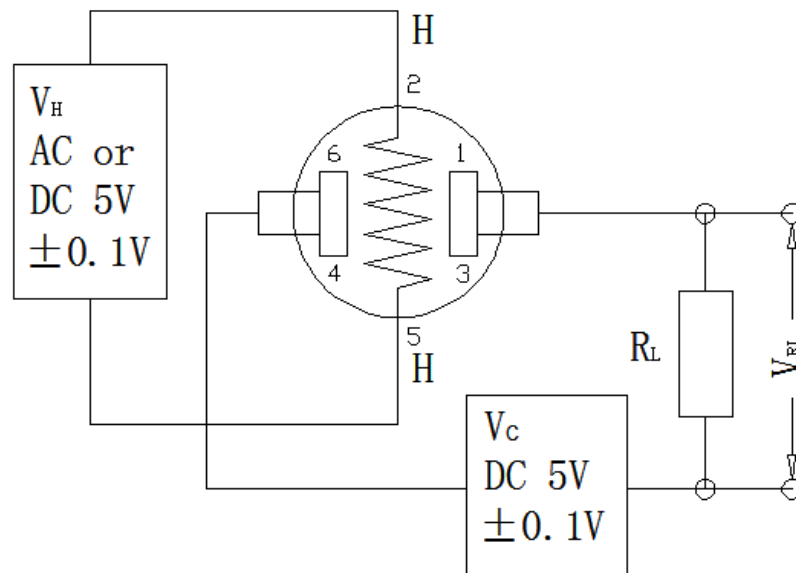
Gas	Concentration	ME3-O ₃
CL2	3ppm	1ppm
H2S	15ppm	<-1ppm
CO	300ppm	0ppm
SO2	5ppm	0ppm
HCN	10ppm	0ppm
HCL	5ppm	0ppm
NO	35ppm	0ppm



- **Измерване на състава на газови смеси**

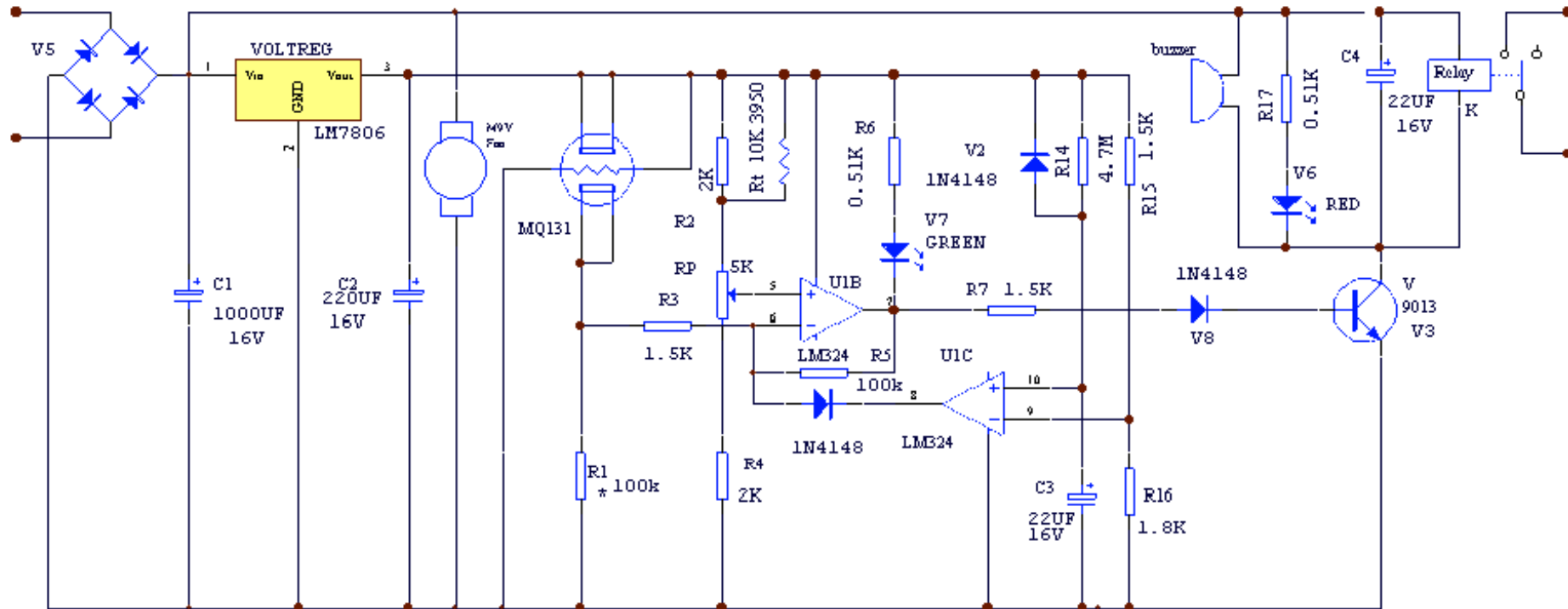
MQ131 за **озон**. Използва се подобно на другите MQ сензори – има нагревател и променя съпротивлението си от изследвания газ. Консумацията е значителна.

Влиянието на температурата и влажността е значително.



- **Измерване на състава на газови смеси**

MQ - 131 за **озон** (различен от MQ131). Сензорът не може да се използва за (точни) количествени измервания без компенсации и периодични калибровки. Удобен е за контрол на средата (аларма) когато се надвишат допустими норми – примерна схема:



- **Измерване на състава на газови смеси**

Съвременни сензори и уреди за измерване на газови смеси, обобщение:

- принцип на работа, основава се на известни физически и физико-химически явления;
- миниатюризация и съвместяване на няколко сензора в един корпус (кристал);
- по-малките размери водят до измерване с по-малко енергия;
- обикновено са интелигентни сензори с обработка на резултата;
- програмно компенсирани на влиянието на смущаващите фактори – влажност, температура, налягане и т.н.