

- **Електронни схеми за измерване и управление**
- **Измерване влажност (състав на газови смеси)**

Разглежда се отделно поради важността на влажността;

Измерва се и в твърди материали, пясък, чай, някои храни и т.н.;

Както и при другите газови смеси методите са косвени;

Основните методи се основават на:

- промяна на размерите, класически с косъм или друга материя;
- промяна на теглото;
- промяна на цвета, контрол на гранични стойности (10%, 30%, 60%...), транспорт;
- промяна на температурата вследствие на изпарение или други свойства на

водата;

- **Измерване на влажност**

- топлопроводност, както други газове. Абсолютна влажност;
- съпротивление или проводимост;
- диелектрична проницаемост;
- скорост на ултразвук;
- поглъщане на микровълни (микровълнова печка);
- спектрален анализ (оптически);
- радиоактивни, поглъщане;

Калибриране на уредите за измерване на влажност;

Измерването на влажност става с точност не повече от 2-3% – добър резултат.

• Измерване на влажност

Влажност, същност, видове.

- абсолютна и относителна, дефиниции;
- във въздуха и други газове;
- в храни и други стоки;
- дърво, строителни материали и други;

Поддържането на относителната влажност

е задължително условие при много технологични процеси както и за добро здраве. Мухъл.

100% относителна влажност при 60°C съответства на абсолютна 130g/m³, а при 100°C – 600g/m³.

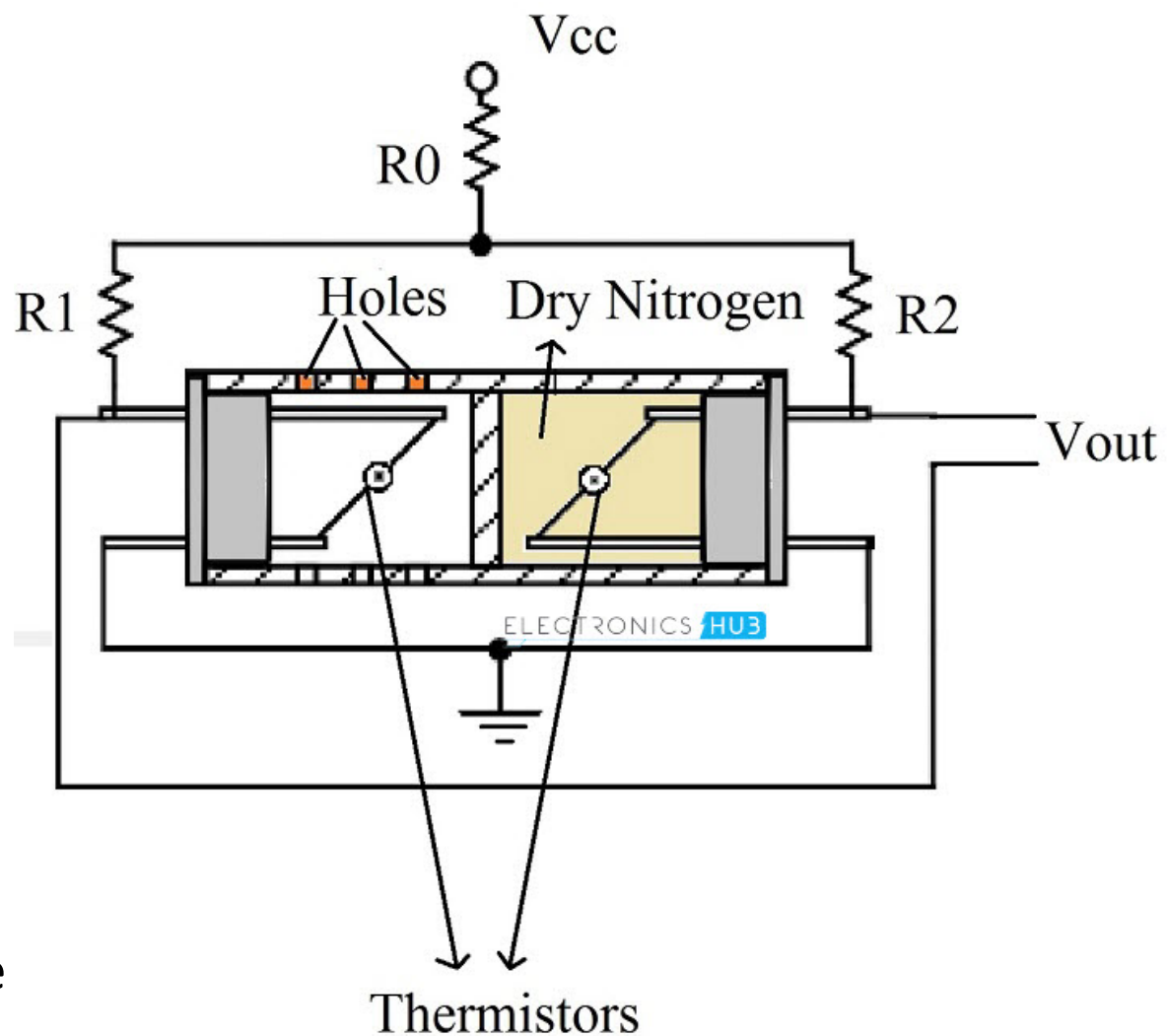
Gas temperature (°C)	Absolute humidity (mg/L)
0	4.85
5	6.8
10	9.4
15	12.8
20	17.3
25	23.0
30	30.4
32	33.8
34	37.6
36	41.7
37	43.9
38	46.2
40	51.1
42	56.5
44	62.5

- Измерване на влажност, примери.

Топлопроводност, подобно на измерването на други газове. Методът е добър за въздух или за газове с подобна топлопроводност.

Устойчив е на замърсявания и на корозионни съставки.

Принципът се основава на мостова схема която се разбалансира при различна топлопроводност на газа в двете камери. Измерва **абсолютна влажност!**



- Измерване на влажност, примери.

Психрометричен метод или

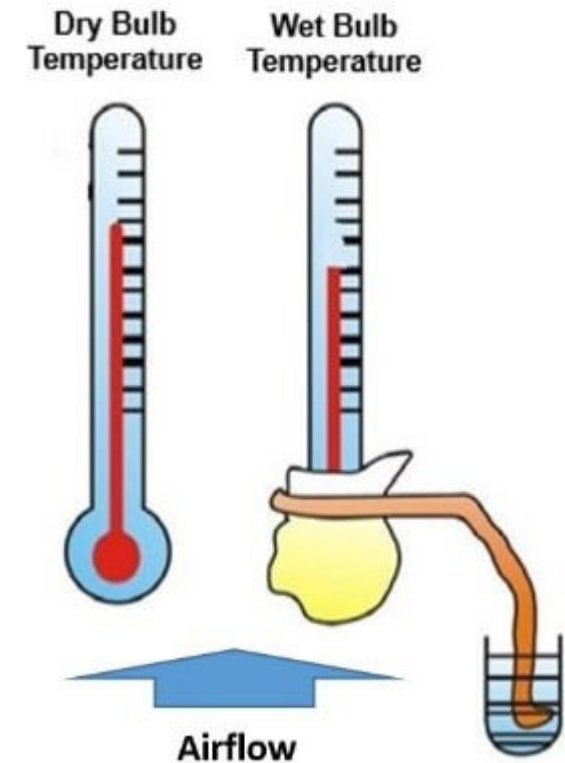
„метод на мокрия и сухия термометър“

Нелинейна но известна зависимост;

Влияние от атмосферното налягане;

Неточни резултати при ниски температури;

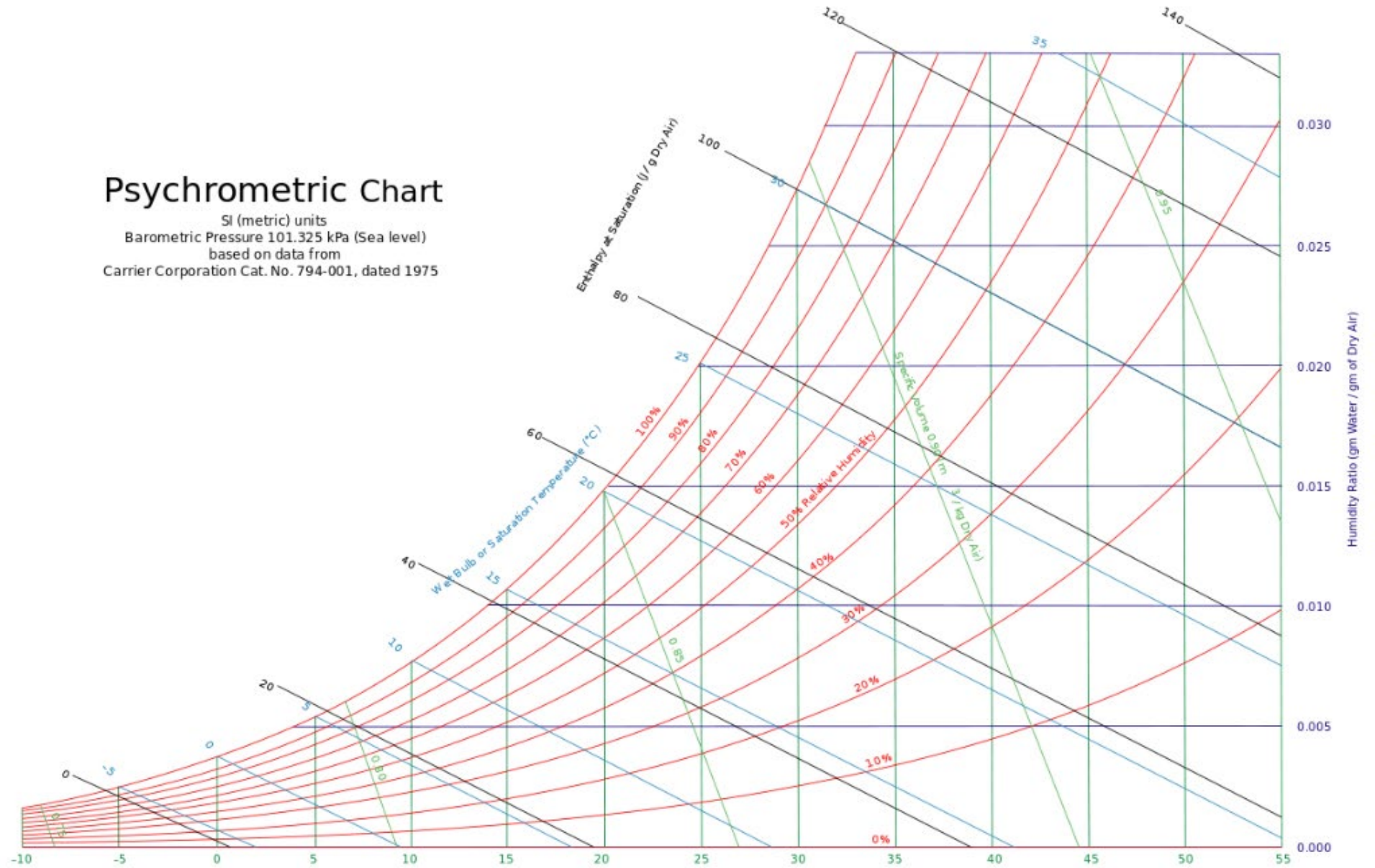
<http://www.sugartech.co.za/psychro/index.php>



- Влажност

Psychrometric Chart

SI (metric) units
Barometric Pressure 101.325 kPa (Sea level)
based on data from
Carrier Corporation Cat. No. 794-001, dated 1975



- Измерване на влажност, примери.

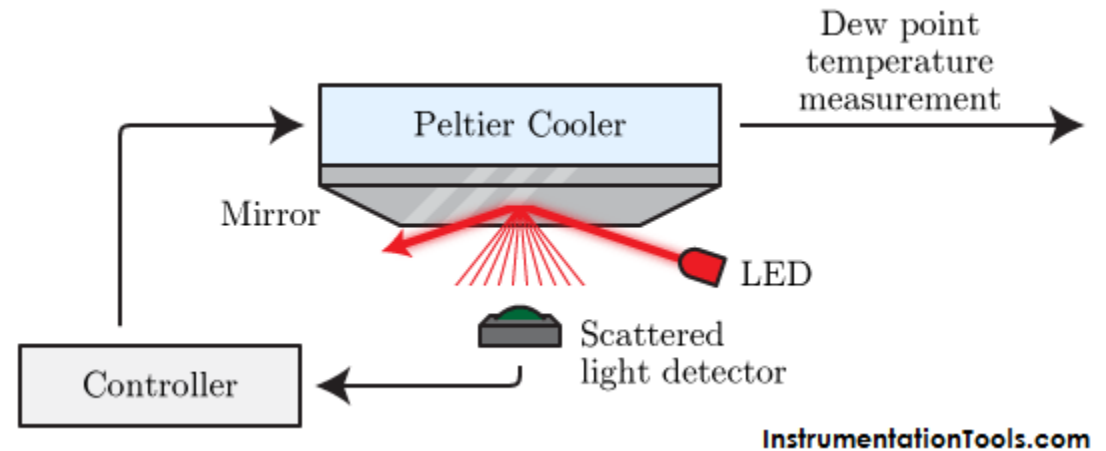
Температура на точката на оросяване.

Също се измерват две температури но тук, допълнително, едната се управлява.

Температурата на точката на оросяване (100% относителна влажност) еднозначно определя абсолютната влажност.

От нея може да се изчисли относителната влажност при всяка друга температура.

Електронните уреди поддържат температурата на точката на оросяване с нагряване или охлаждане в зависимост от конкретното приложение. Нагряване се използва при определяне на съдържанието на вода в сгъстени газове (в бутилки).

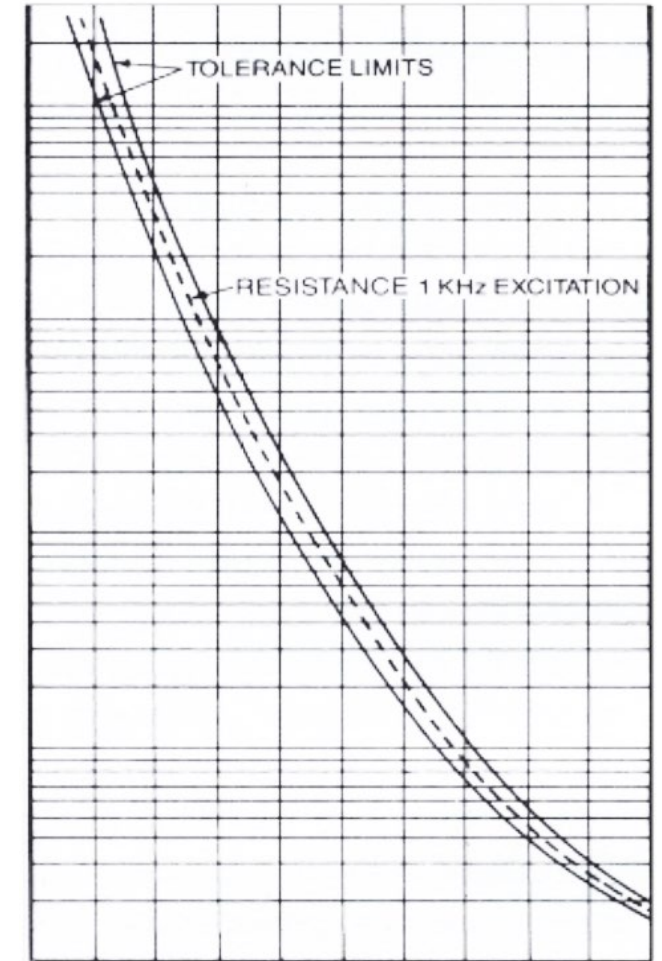
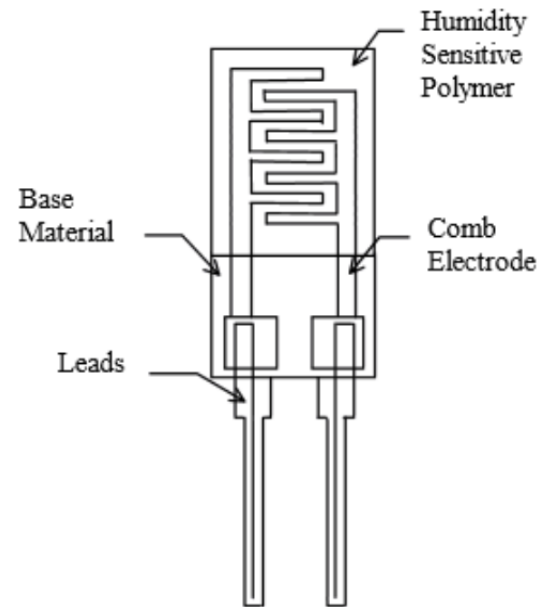


- Измерване на влажност, резистивен пример.

Промяна на съпротивлението от влажността. На графиката е показано съпротивлението на сензора по Y в **логаритмичен** мащаб от влажността (по X – линейно). Промяната е от няколко килоома до няколко мегаома. Логаритмичната зависимост означава голяма **нелинейност**.

Поради замърсяване на полимерното покритие се влошава точността при ниска влажност.

Как се мери съпротивление?

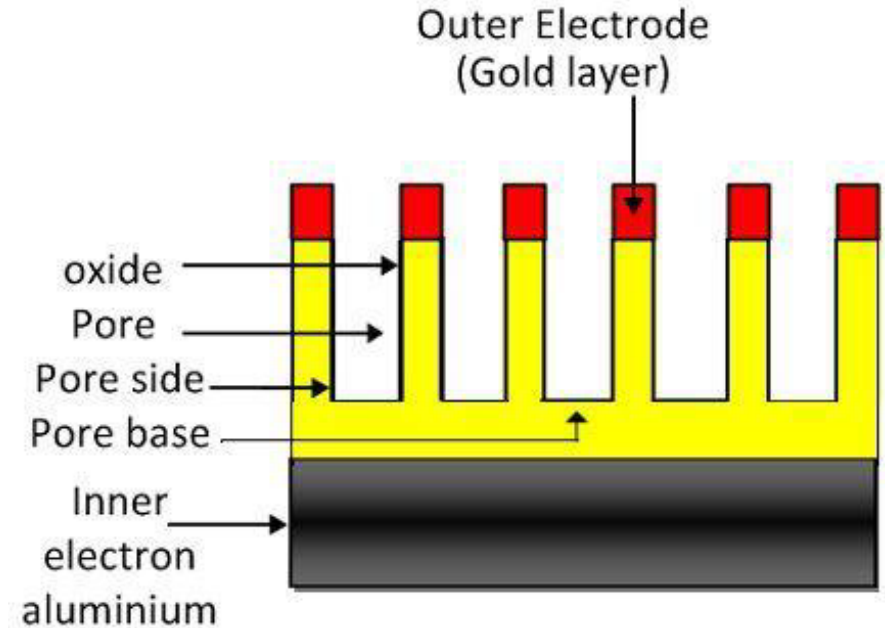


- Измерване на влажност, капацитивен метод.

Използва се порест диелектрик – керамика, пластмаса които като поемат влагата от въздуха променят диелектричната проникваемост и от там капацитета.

При някои има ясно изразена температурна зависимост, която лесно се компенсира като се измерва температурата. В зависимост от схемата на измерване това може да стане и хардуерно.

Как се мери капацитет? Коментар.



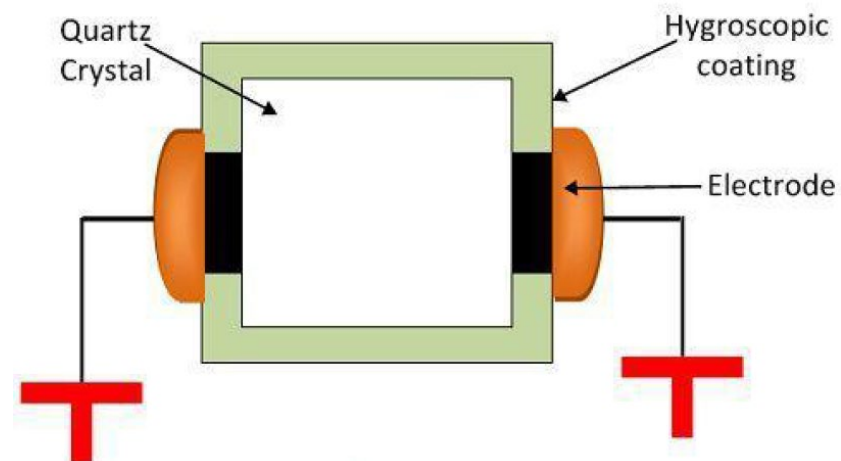
- Измерване на влажност, кварцов резонатор.

Кварцовата пластинка е покрита с материал който поглъща влагата от въздуха. Така се променя теглото и оттам резонансната честота на пластинката.

Замърсяването чрез водните пари слабо влияе на точността.

Честотата се мери точно и с голяма разрешаваща способност.

Резонансната честота на кварцовата пластинка има ясно изразена температурна зависимост, която може да се компенсира, ако предварително е известна (записана) и при измерване на честотата се измерва и температурата.



Електронни устройства за измерване и управление

- Измерване на влажност, сензор на базата на LiCl.

LiCl (литиев хлорид) е сол подобна на готварската, силно хигроскопична.

Когато е суха е с голямо съпротивление и обратно.

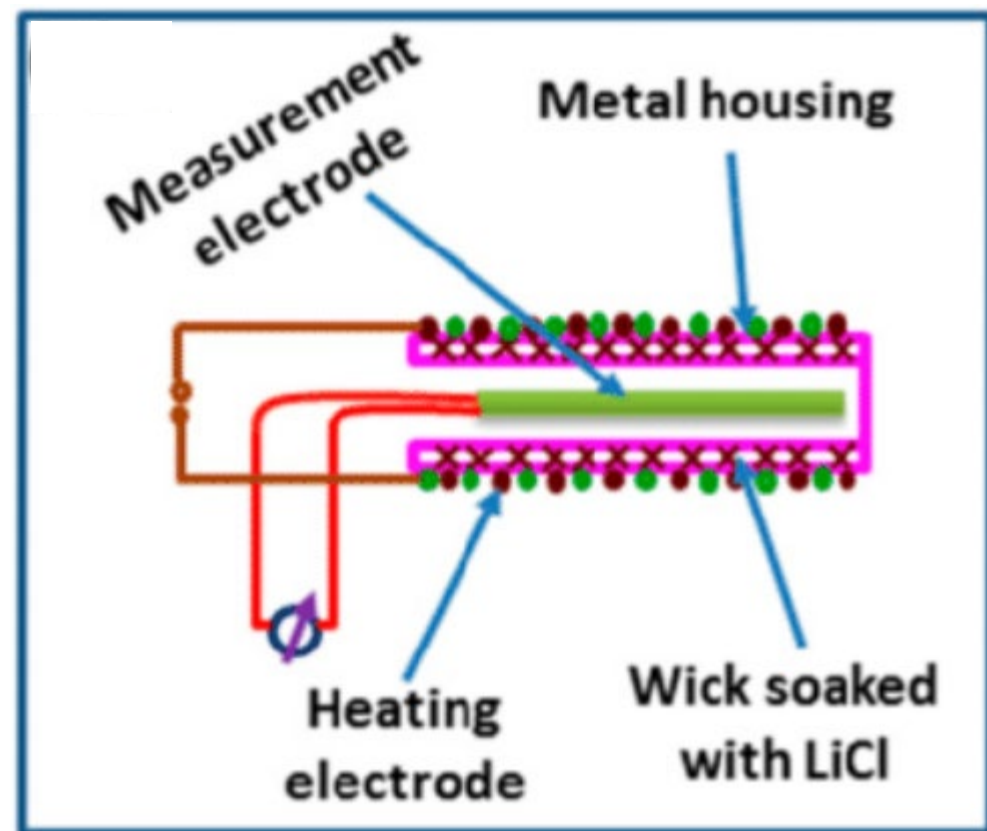
Използват се различни конструкции но всички се свеждат до промяна на проводимостта и до измерване на температура. При захранване със стабилно напрежение (AC или DC) температурата се установява в зависимост от влажността:

65°C - 22%; 85°C - 35%;

70°C - 25%; 90°C - 38%;

75°C - 28%; 100°C - 45%

80°C - 32%;



- **Измерване на влажност, интегрални, интелигентни сензори, примери**

- АНТ20, капацитивен;
- HDC1080, капацитивен;
- BME280 (680), ?;
- HTU21D, ?;
- DTH11, резистивен; DTH22, капацитивен;
- HR202, резистивен;

При избора на сензор да се отчита точност, дълговременна стабилност, хистерезис, повторяемост, време за стабилизиране на резултата, влияние на смущаващи фактори, хранващо напрежение, консумация, интерфейс;

Винаги се вземат най-лошите параметри!

Електронни устройства за измерване и управление

- Измерване на влажност, калибриране на сензорите.

Създава се среда с достатъчен обем и контролирана влажност. За целта се използват наситени разтвори на соли, които имат свойството, в непосредствена близост, да поддържат постоянна и известна влажност, при това със слаба зависимост от околната температура.

Salt	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C
Lithium Bromide	6.86	6.61	6.37	6.16	5.97
Lithium Chloride	11.3	11.31	11.3	11.28	11.25
Potassium Acetate	23.4	23.11	22.51	21.61	–
Magnesium Chloride	33.3	33.07	32.78	32.44	32.05
Potassium Carbonate	43.15	43.16	43.16	43.17	–
Magnesium Nitrate	55.87	54.38	52.89	51.4	49.91
Potassium Iodide	70.98	69.9	68.86	67.89	66.96
Sodium Chloride	75.61	75.47	75.29	75.09	74.87
Ammonium Sulfate	81.7	81.34	80.99	80.63	80.27
Potassium Chloride	85.92	85.11	84.34	83.62	82.95
Potassium Nitrate	95.41	94.62	93.58	92.31	90.79

Процесът е изключително бавен,
необходими са 6-8 часа за стабилизиране на влажността, а понякога и **денонощие!**

- Измерване на влажността на други вещества, продукти.

Много важни измервания, особено в търговията, когато се работи с тегло.

- прилагат се при измерване на чай, кафе, захар, сол, зърно, месни изделия и много други;

- използват се и в индустрията според изискванията на технологията – пясък, дървесина и други;

Методите се основават на измерване

- на тегло преди и след изсушаване;

- на капацитет (различна диелектрична проникваемост);

- на съпротивление (проводимост);

- загуби от вихрови токове;

- микровълново.

Електронни устройства за измерване и управление

- Измерване на влажността на зърно, примери.

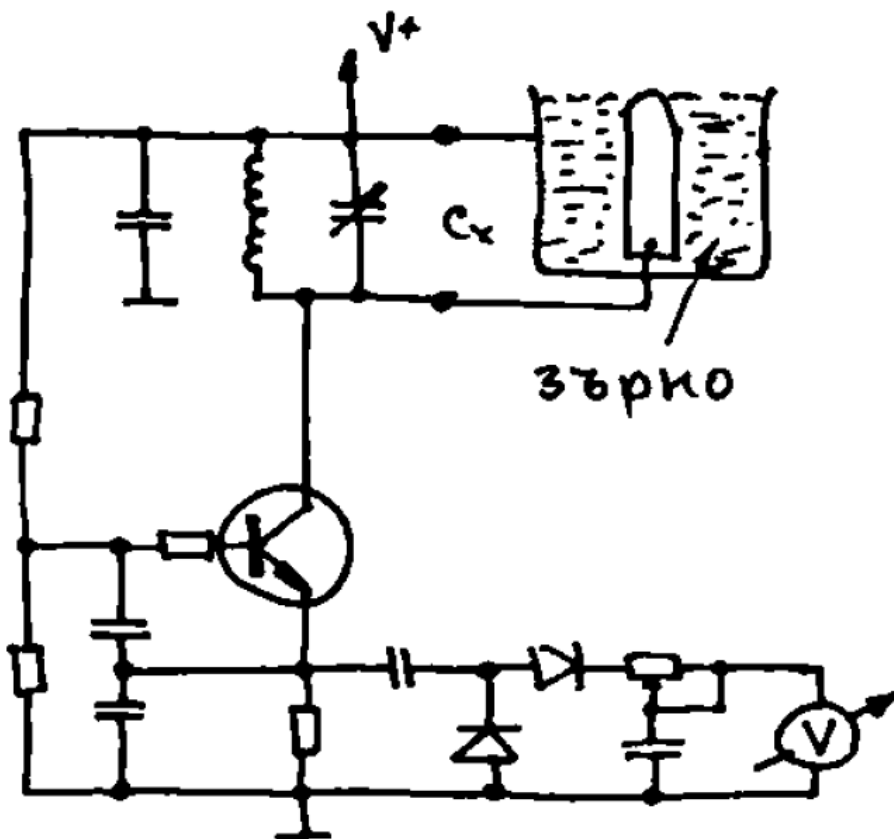
Всички уреди се препоръчва да се калибрират, в началото на сезона, със зърно в района в който ще се ползват. Калибровката става по тегловен метод с изсушаване на зърното. Изисква 4-6 часа, понякога и повече.

Експресното мерене става с преносими уреди измерващи капацитет, загуби в диелектрик или съпротивление;



- Измерване на влажността на зърно, примери.

Уредите са специфични за конкретния зърнен материал (пшеница, царевица ...) от сорта и дори от реколтата и района;



Амплитудата на генератора зависи и от качествения фактор на трептящия кръг. В този случай, тъй като останалите елементи не се променят, диелектриктът на кондензатора определя капацитета и загубите, а диелектриктът е зърното. Съвременните решения са на същия принцип но са добавени обработки.

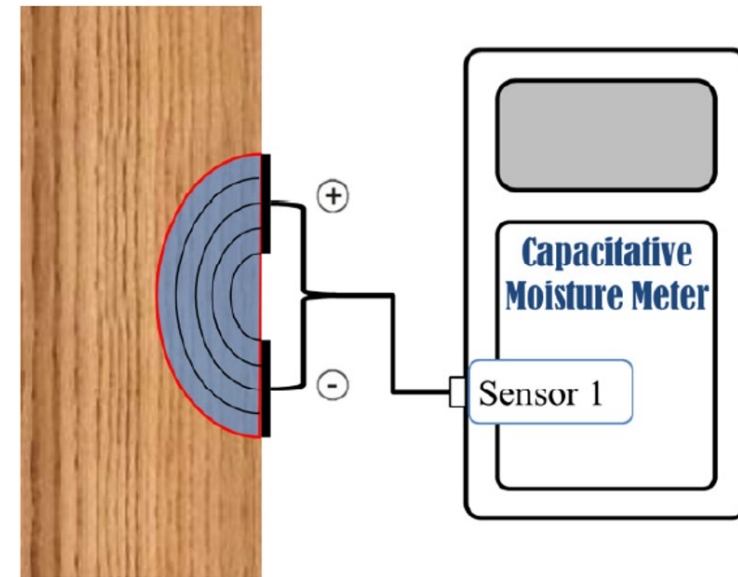
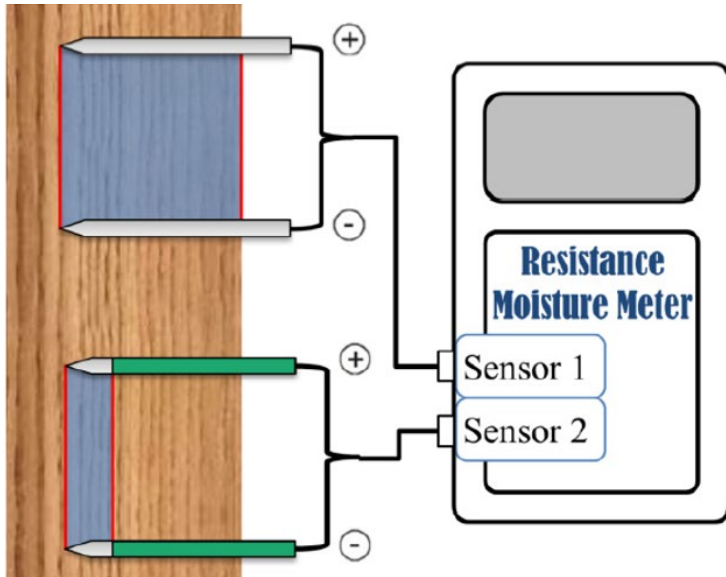
Електронни устройства за измерване и управление

- Измерване на влажността на дървесина, примери.

Използват се, освен тегловният, съпротивителен, капацитивен и с вихрови токове.

В повечето случаи се измерва влажността в близост до повърхността.

Препоръчва се уредите да се калибрират периодично.



- Измерване на влажност, примери.

При измерване по съпротивителния метод обхватът на изменение на стойността е много широк – от $1\text{k}\Omega$ до $20\text{M}\Omega$ (аналогично на измерването на влажност на въздуха). Налага се (защо) схемна линеаризация. За целта често се ползва зависимостта между тока и напрежението на p-n преход.

Методите за измерване на влажността на дървесина се ползват и при измерване на мазилка (не само) в строителството. Разликата е в калибровката. Част от уредите са предназначени да измерват както дървесина, така и мазилка.

Задачи пред електрониката:

Периодична, текуща калибровка. Запомнени скали в зависимост от материала (зърно, дърво, мазилка). Линеаризация. Преносими с батерийно захранване.

- Измерване на влажност, обобщение.

При подбор на сензорите които да се влагат в електронни уреди се анализират:

- изискванията за качествата на измерването – точност, линейност и др.

- условия за работа. Много от сензорите не могат да работят при наличието на

органични разтворители. Има температурни ограничения;

- готовите сензори нямат пълно описание на условията на работа и параметрите;

- обработка на резултата;

- захранване и консумация;

- възможност за удобна проверка и калибровка (настройка);

- решение за закупуване на готов уред или самостоятелна разработка;

- **Електронни схеми за измерване и управление**
- **Измерване вакуум**

Измерваме пак газова смес но не качествено, а количествено. За вакуум се говори когато налягането е по-малко от атмосферното.

Когато се измерва налягане до 0,1% от атмосферното се ползват същите методи както и при налягане по-голямо от атмосферното – деформация на мембрана. Има усъвършенствани капацитивни сензори за налягане които мерят и до 10^{-6} от атмосферното.

При по-малко налягане (по-висок вакуум) се ползват други принципи. Има голямо разнообразие от методи, разглеждат се два – на **Pirani** и на **Bayard-Alpert**.

- **Електронни схеми за измерване и управление**

- Измерване вакуум

Мерните единици са както за налягане, като по СИ това е Pa (Паскал). Освен това, в някои области се ползват и атмосфера, Bar, Torr и английските PSI.

При измерване на вакуум често се ползва mbar, като 1 mbar „изобщо не е вакуум“, според физиците вакуумът започва от 10^{-2} mbar.

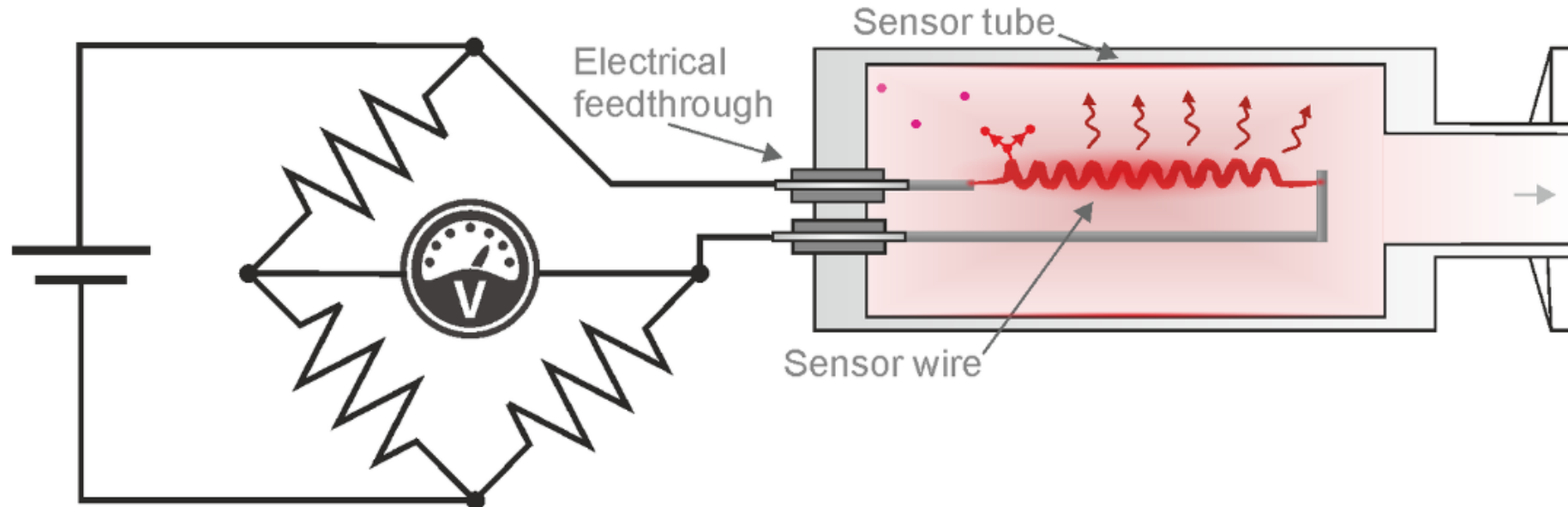
Методът на Pirani се основава на топлопроводността на газови смеси. Колкото молекулите са по-малко толкова и топлопроводността е по-малка. Естествено има **зависимост и от състава на газовата смес** – прави се корекция на показанието.

Методът на Bayard-Alpert използва йонизацията на газовете в обема, като резултат от бомбардировка с електрони и измерване на йонен ток.

- **Електронни схеми за измерване и управление**

- Измерване вакуум, метод на **Pirani**

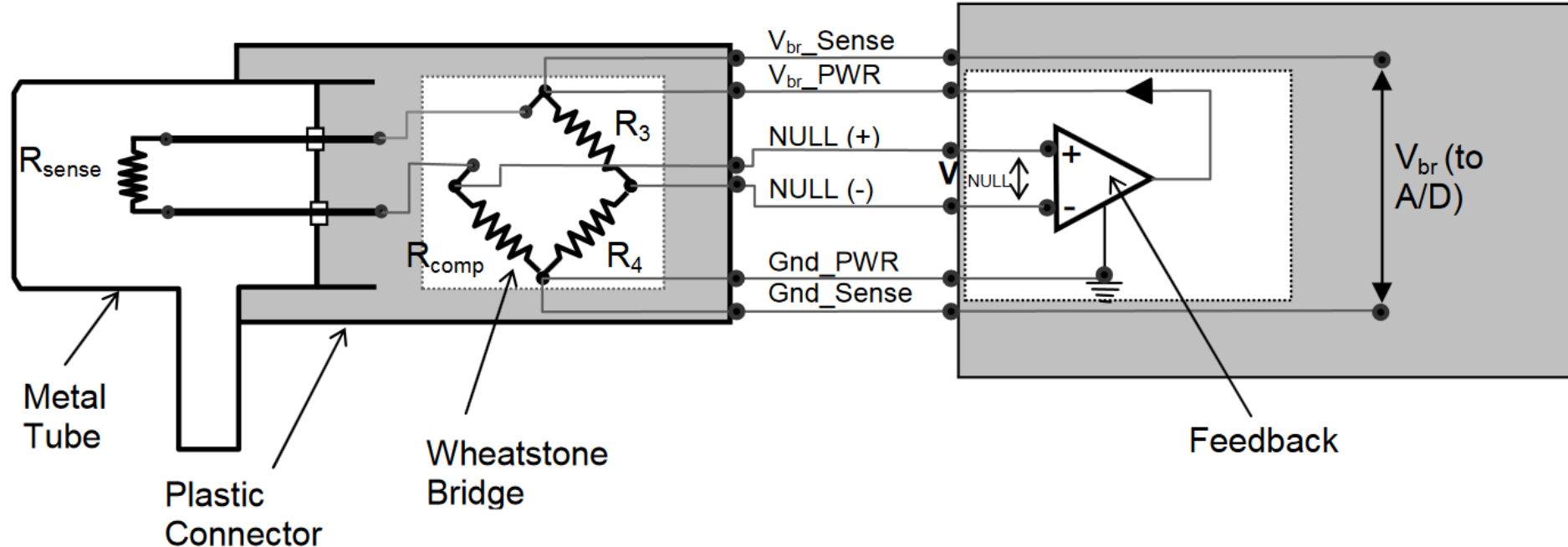
Сензорът, обикновено, е платина или волфрам. Изходният сигнал е захранващото напрежение което се променя докато се уравни мостът. Обхватът на измерване е от 100 (1000) mbar до 10^{-4} mbar. **Точността е 10-15%. Корекции от състава на газа.**



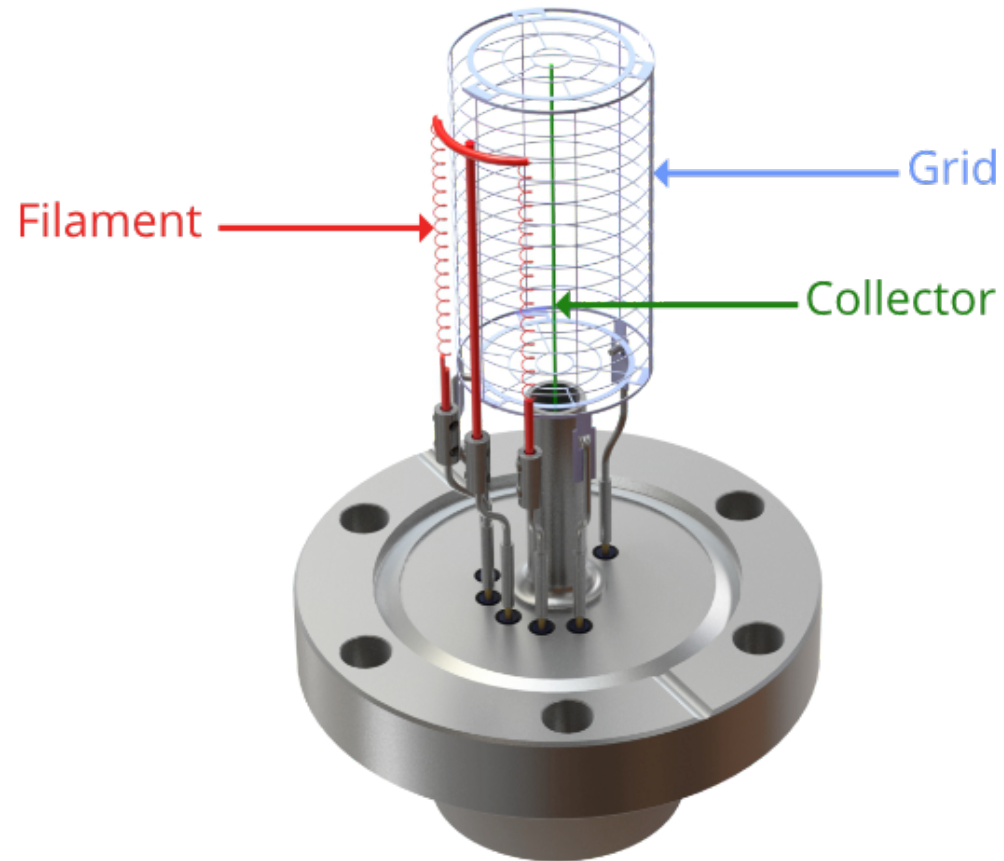
- **Електронни схеми за измерване и управление**

- Измерване вакуум, метод на Pirani, схема на PG105.

В някои случаи във вакуумната камера, освен сензора се поставя и компенсационният резистор R_{comp} . Зависимостта между вакуума и V_{br} (изходно напрежение) е близка до логаритмична което е голямо удобство.



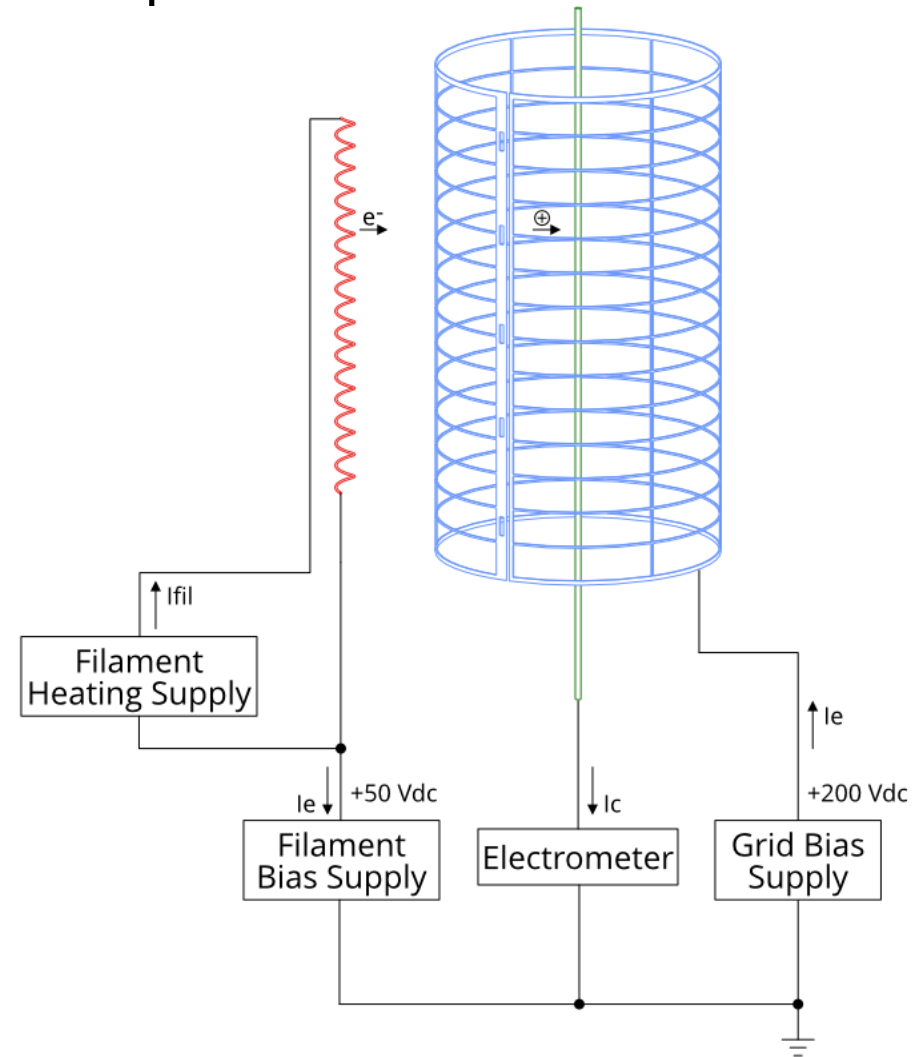
- Електронни схеми за измерване и управление
- Измерване вакуум, метод на **Bayard-Alpert**. Конструкция.



- **Електронни схеми за измерване и управление**
- Измерване вакуум, метод на **Bayard-Alpert**. Измерване.

Между катодата и решетката се подава напрежение $100 \div 200\text{V}$ което ускорява електроните и те йонизират газовите молекули. Получените положителни йони през измервателния електрод се отчитат като ток пропорционален на налягането.

Колкото е по-ниско налягането толкова токът е по-малък. Чувствителността може да се увеличи с по-голям електронен поток.



- **Електронни схеми за измерване и управление**
- Измерване вакуум, метод на **Bayard-Alpert**. Подобна схема.

Електронният поток се поддържа с нагряване на катода. При висок вакуум свети.

