

感測器  
量測原理 & 應用

濕度

# 一、濕度感測

「濕度」感測,屬於化學性感測,用以測定出大氣中的水蒸氣含量,而其表示方式包含相對濕度、絕對濕度及露點。

一般環境最常使用”相對濕度”來表示空間或狀態下的濕度,並為人體感受舒適程度的指標之一。而要求高精確度的場合如工業用途或是研究上,則使用”絕對濕度”來作為濕度的衡量。

## 二、濕度的定義(1/3)

相對濕度計算：

$$U = \frac{e}{e_s} \times 100\% \quad (\% RH)$$

$e$ : 實際水蒸氣壓( $P_a$ )

$e_s$ : 飽和水蒸氣壓( $P_a$ )

## 二、濕度的定義(2/3)

絕對濕度計算：

$$D = \frac{804}{1 + 0.00366T} \times \frac{e}{P_0} \quad (\text{Kg}/\text{m}^3)$$

$T$ : 溫度( $^{\circ}\text{C}$ )

$e$ : 實際水蒸氣壓( $P_a$ )

$P_0$ : 大氣壓力( $P_0$ )

## 二、濕度的定義(3/3)

相對濕度轉換計算：

$$U = \frac{e}{e_s} \times 100\% = \frac{D}{D_s} \times 100\%$$

$D$ : 所量測到的絕對濕度

$D_s$ : 飽和絕對溼度

### 三、檢測方法

針對不同場合，有各別的濕度檢測方式，一般可分為下列四種，即當水氣變化時，

- 影響阻抗值或電容值的變化
- 產生氣體而改變熱傳導率
- 影響晶體震動子的共振頻率
- $\alpha$  射線穿越水滴而造成的衰減、光的吸收及反射

## 四、濕度感測器的總類

濕度感測器，依材質及構造可分為七類，分別為：

- 石英晶體振盪濕度感測器
- 高分子濕度感測器
- 電解質濕度感測器
- 陶瓷濕度感測器
- 半導體濕度感測器
- 厚膜濕度感測器
- 結露濕度感測器

# 五-一、石英晶體振盪濕度感測器 (1/3)

石英晶體本身的振盪頻率係數受其切面影響，當石英片吸附水分時會影響石英片的密度來改變頻率，藉由頻率變化轉換出濕度值。

頻率變化量：

$$\Delta f = -\frac{N}{\rho^2 t} \Delta \rho = -\frac{f}{\rho} \Delta \rho$$

$N$ : 切面的頻率常數

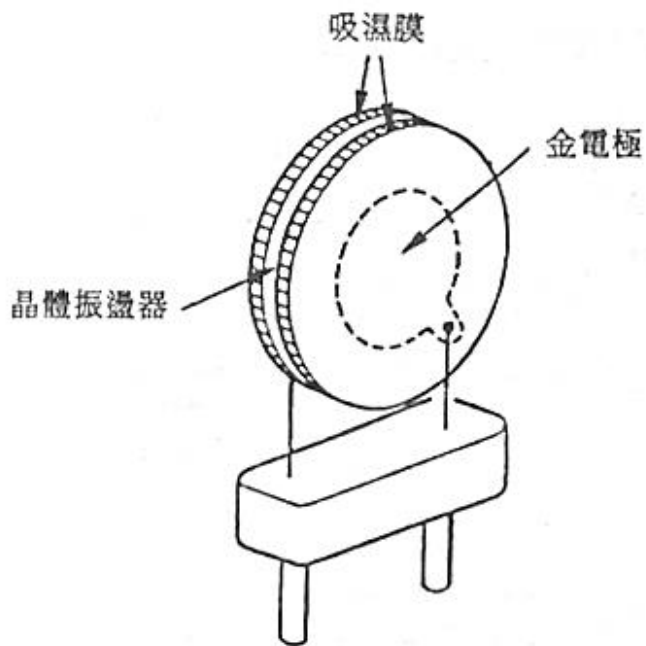
$\rho$ : 石英片密度

$t$ : 厚度

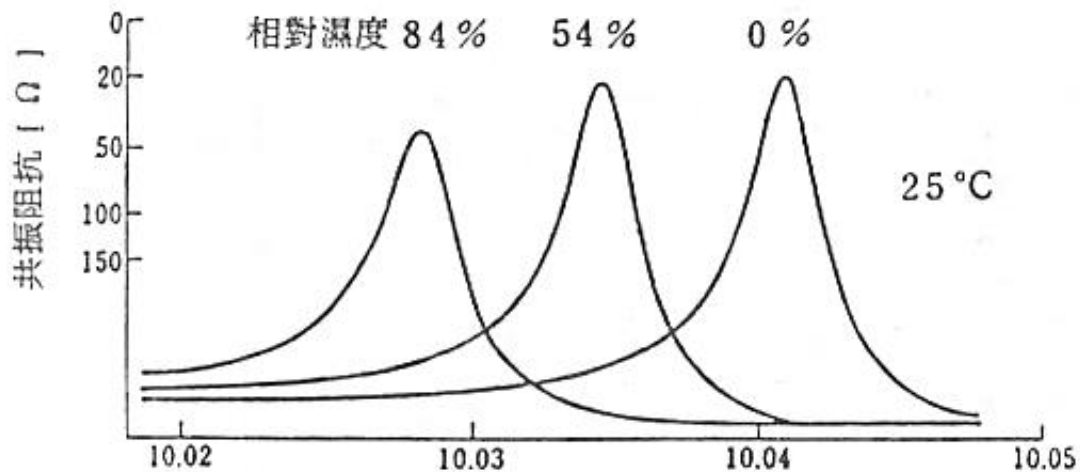


# 五-一、石英晶體振盪濕度感測器 (2/3)

## ● 晶體振盪型 構造圖



## ● 阻抗特性曲線



# 五-一、石英晶體振盪濕度感測器 (3/3)

## ➤ 特性

此類型之感測器適用溫度範圍在於0-50 °C，適用濕度範圍在於0 - 100 % RH，測定精密程度約± 5 %，而常使用的頻率為10MHz。

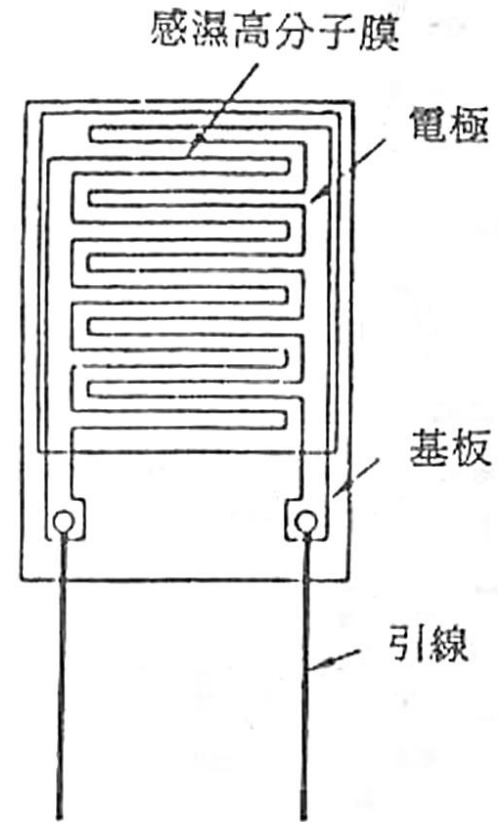
## 五-二、高分子濕度感測器(1/4)

高分子濕度感測器具有兩種不同類型，分別為電阻變化型及電容變化型。顧名思義，兩者間是依照感測器上之阻抗值或電容量的變化來轉換出濕度值。

## 五-二、高分子濕度感測器(2/4)

電阻變化型：

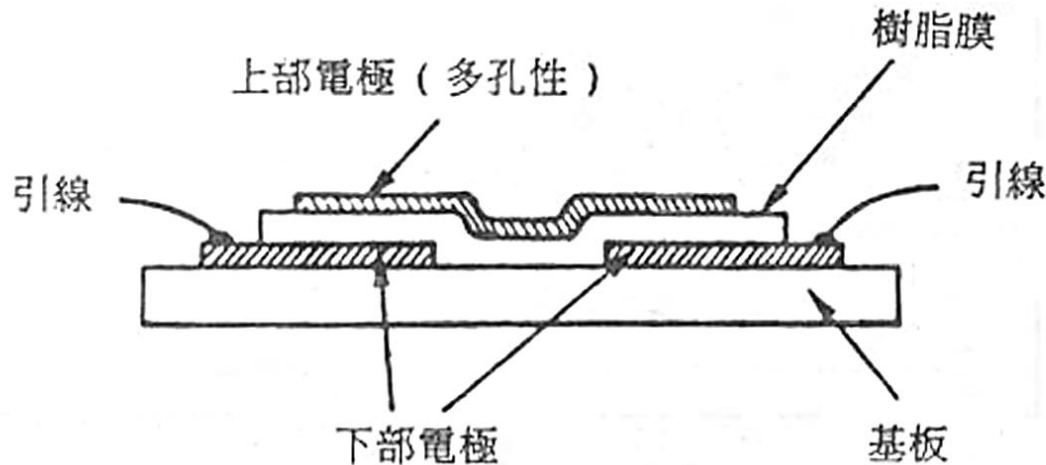
其構造是於高分子膜上方鍍上一對齒狀之電極，當高分子膜吸收水分時，會使電極間的電阻值改變，並藉此轉換出濕度值。



## 五-二、高分子濕度感測器(3/4)

電容變化型：

其構造是於高分子膜上下方各鍍上一電極膜片，而上方為多孔性電極，透過多孔性電極使高分子膜吸收水分後，而改變其電容值，並轉換出濕度值。



## 五-二、高分子濕度感測器(4/4)

### ▶ 特性

電阻型之精密度較差，約於2%以內，但其體積較小，使用較為方便。

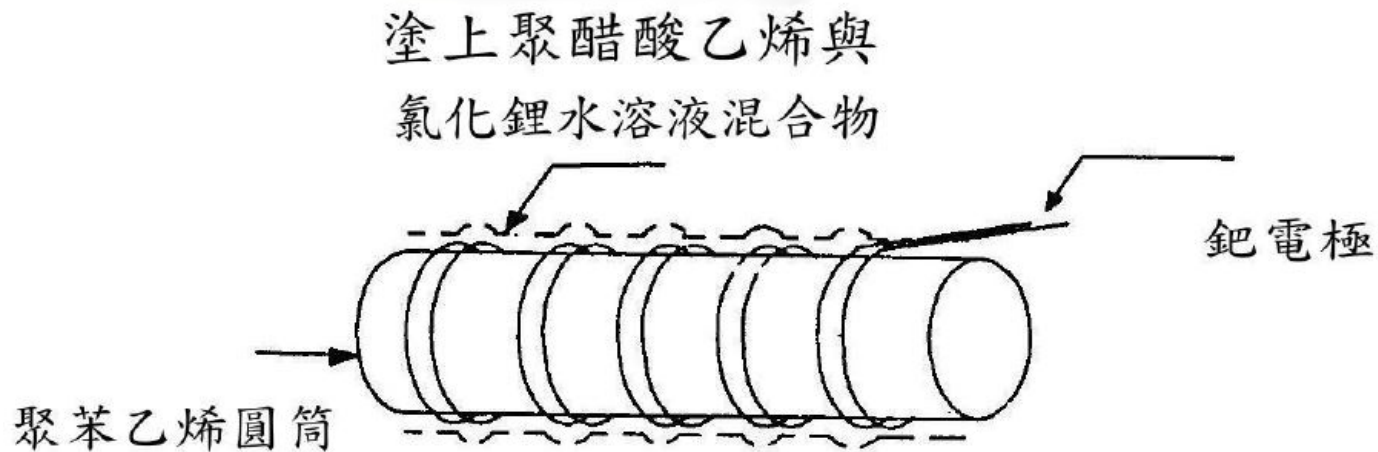
電容型之容量變化小，靈敏度較低，但重現率高，隨時間變化小，但與其配合之振盪電路複雜，使用上較為困難。

## 五-三、電解質濕度感測器(1/4)

電解質之基本構造是於兩金屬電極間置入電解質材料，當有水分子通過時，會產生化學變化，使兩金屬電極間之電阻值改變，並藉此轉換出濕度值。

# 五-三、電解質濕度感測器(2/4)

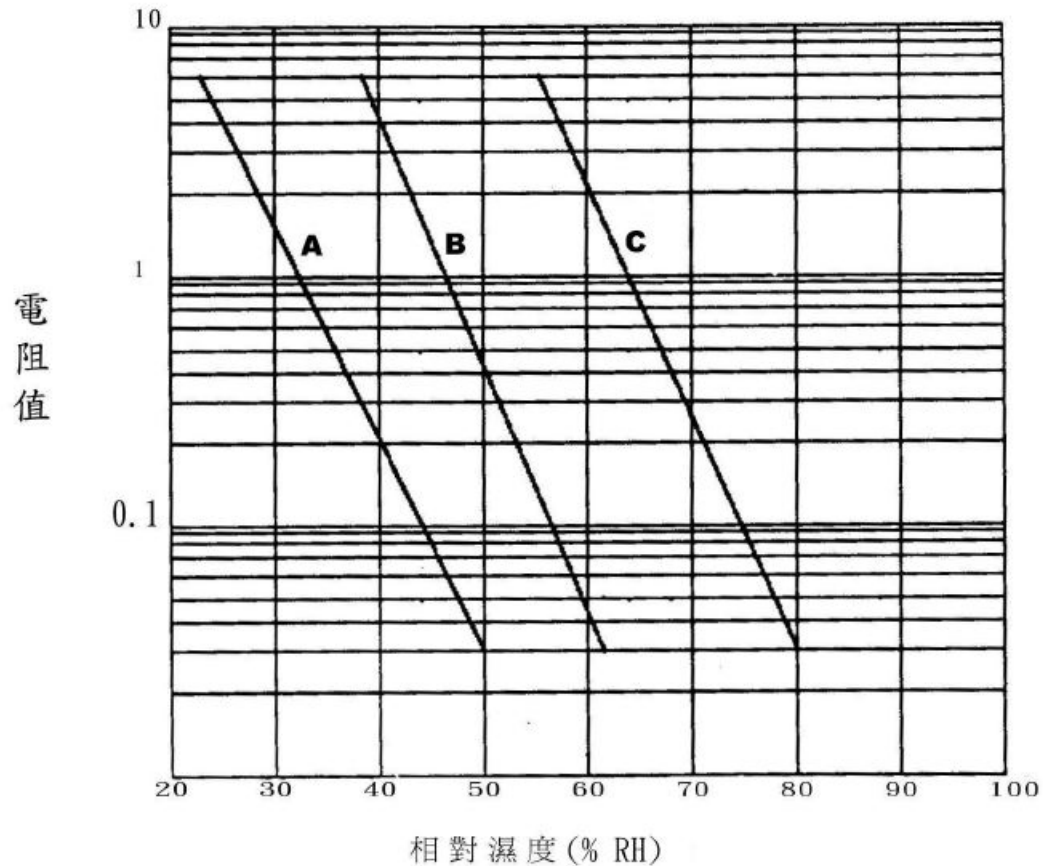
## ● 電解質型 構造圖





# 五-三、電解質濕度感測器(3/4)

## ● 電解質型 特性曲線



## 五-三、電解質濕度感測器(4/4)

### ▶ 特性

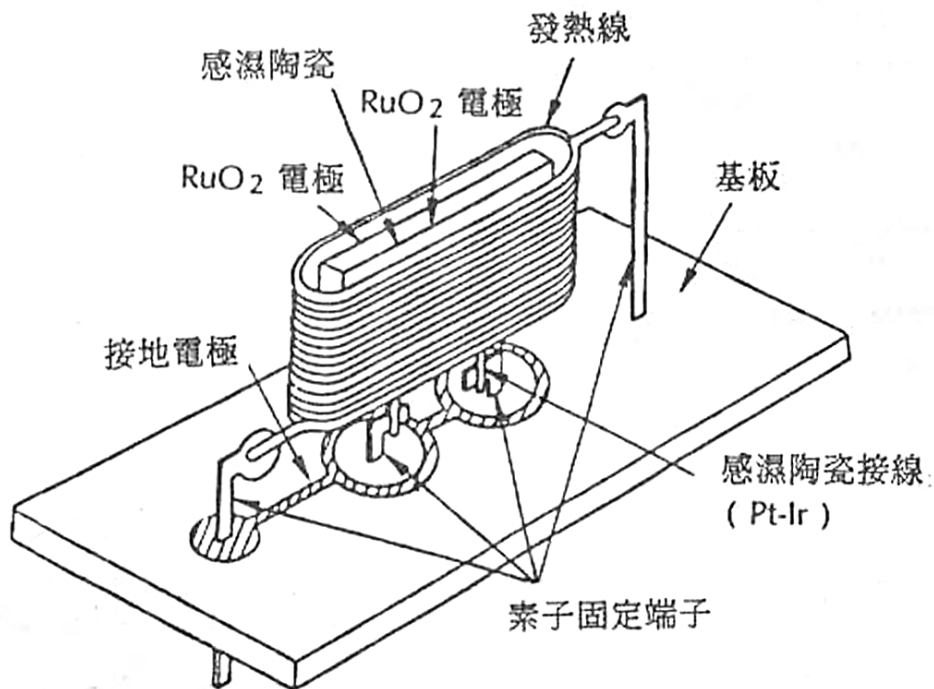
此類型之感測器體積極小，因此一般可用來測定狹小的空間，且不受到風速影響，故可連續測定，其精密度約於±3%內。

## 五-四、陶瓷濕度感測器(1/3)

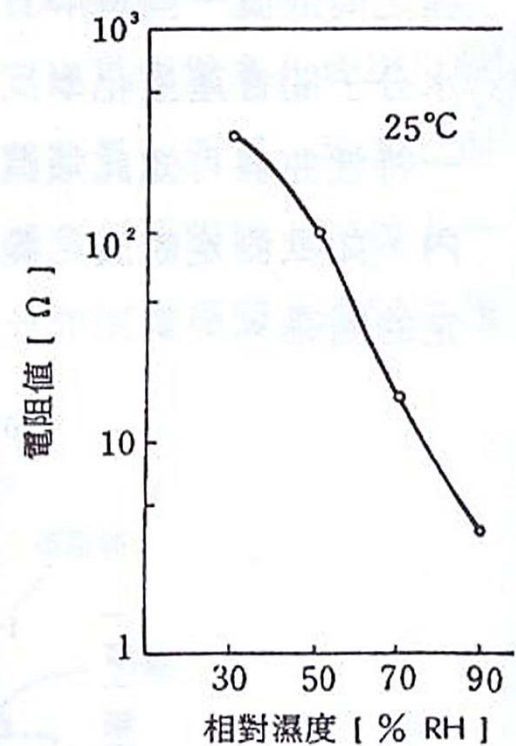
陶瓷濕度感測器，是由金屬氧化物粉末燒製成陶瓷物，在燒製的過程使其本體呈現多孔狀。當陶瓷體表面吸附水氣時，會改變材料之阻抗值，並藉此轉換出濕度值。

# 五-四、陶瓷濕度感測器(2/3)

## ● 陶瓷型 構造圖



## ● 阻抗特性曲線



## 五-四、陶瓷濕度感測器(3/3)

### ➤ 特性

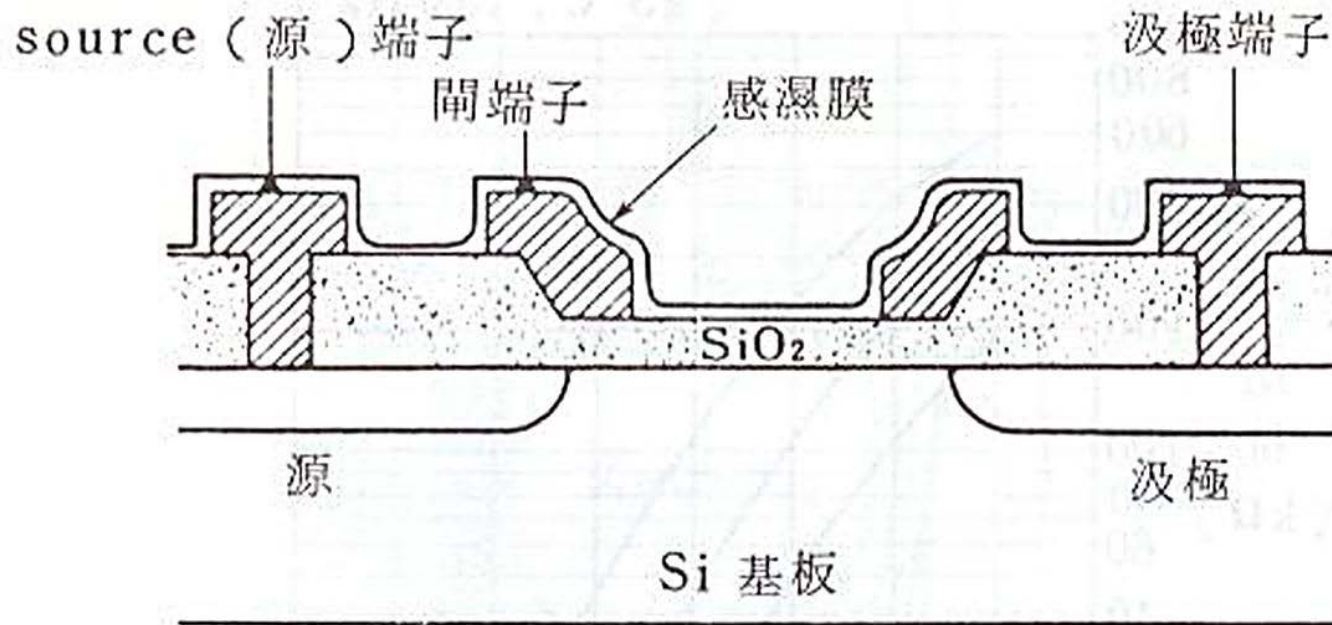
此類型之特性為電阻變化率大，滯後特性小，且感濕範圍涵蓋1%RH - 100%RH。缺點是反應速度慢。

## 五-五、半導體濕度感測器(1/6)

半導體濕度感測器多由強化型MOS-FET與具有感濕性樹脂膜構成，此感濕膜會因水氣而使阻抗值由高阻值降至低阻值，並運用此特性來設計轉換濕度值之電路。

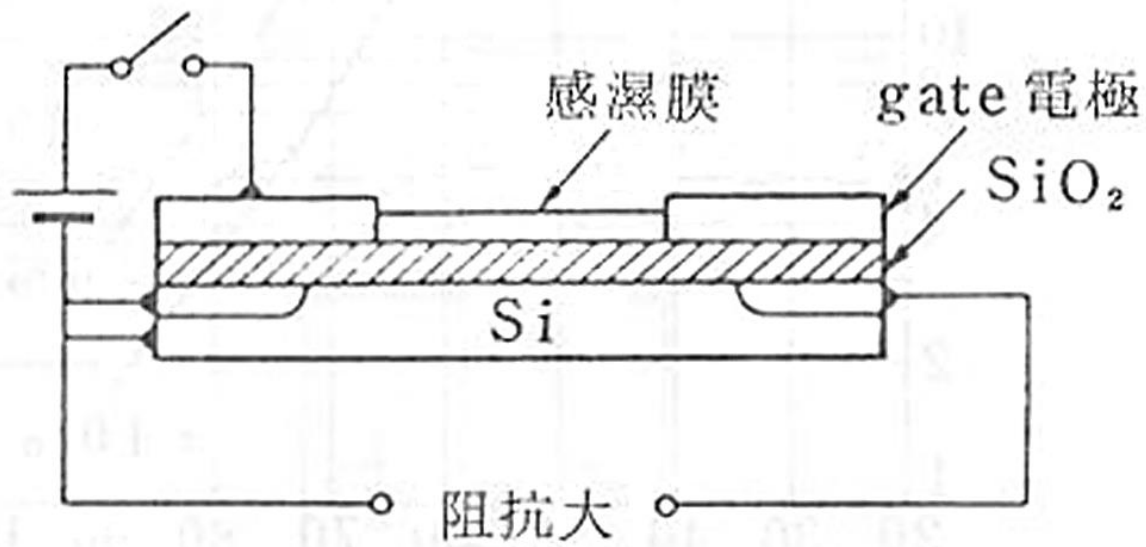
# 五-五、半導體濕度感測器(2/6)

## ● 半導體型 構造圖



## 五-五、半導體濕度感測器(3/6)

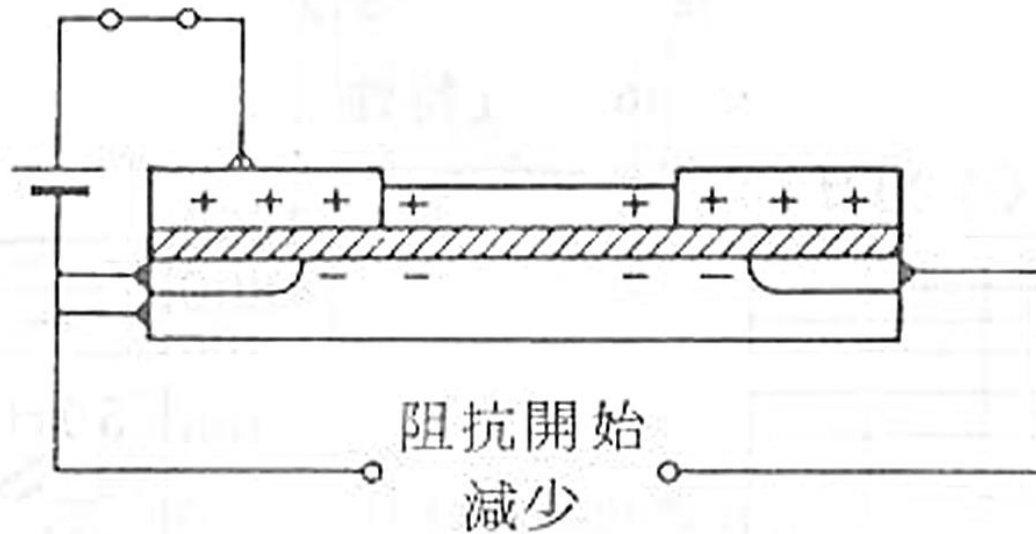
其動作原理如下，當閘極不外加電源時，汲、源極間成高阻抗值。





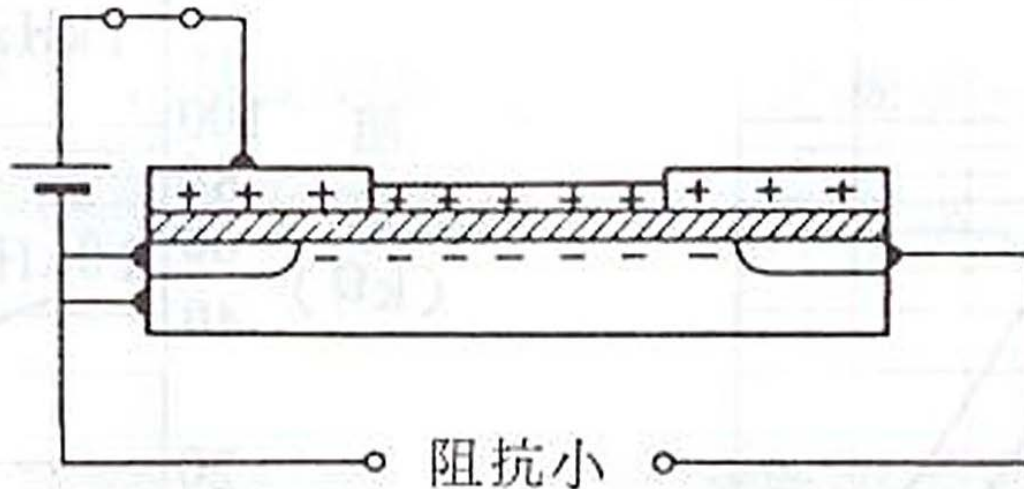
## 五-五、半導體濕度感測器(4/6)

當閘極外加電源時，正電荷逐步於感濕樹脂膜擴散並吸收水氣，此時汲、源極間阻抗值慢慢下降。



## 五-五、半導體濕度感測器(5/6)

當正電荷完整擴散至感濕樹脂膜時，汲、源極間之阻抗值小至一定程度並導通。由於感濕樹脂膜的電荷擴散能力與吸收水分有關，藉此換算出相對應之濕度值。



# 五-五、半導體濕度感測器(6/6)

## ▶ 特性

一般半導體濕度型感測器均製成兩反向器以構成振盪器來將相對濕度轉換成量化頻率，且由於其體積小，故可與溫度感測器裝置於同一間板上。

## 五-六、厚膜濕度感測器(1/4)

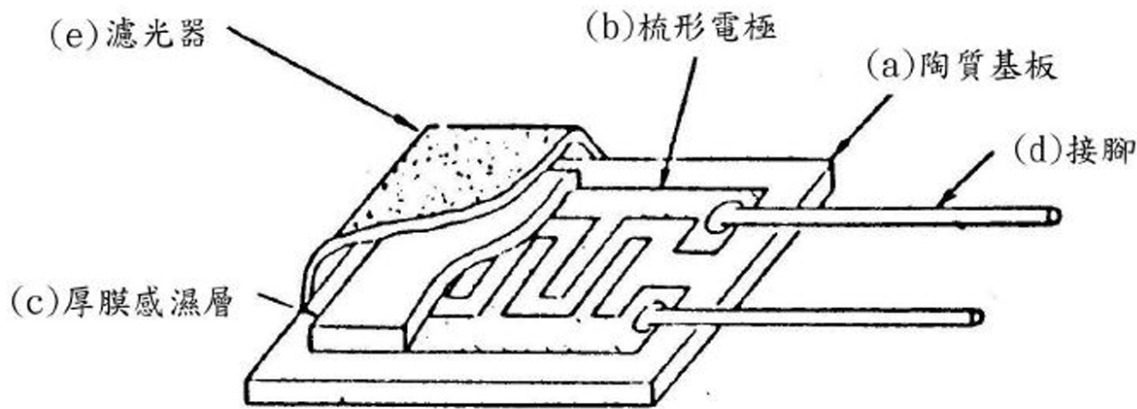
厚膜濕度感測器，於陶質基板附上兩金屬厚膜的對齒狀電極，並在電極上形成厚達 $10\ \mu\text{m}$ 之厚膜感濕層，之後再覆蓋一層保護感濕層之過濾器於上方，形成多孔性高分子膜，而此感測器是採用電器阻抗轉換方式來換取得濕度值。

## 五-六、厚膜濕度感測器(2/4)

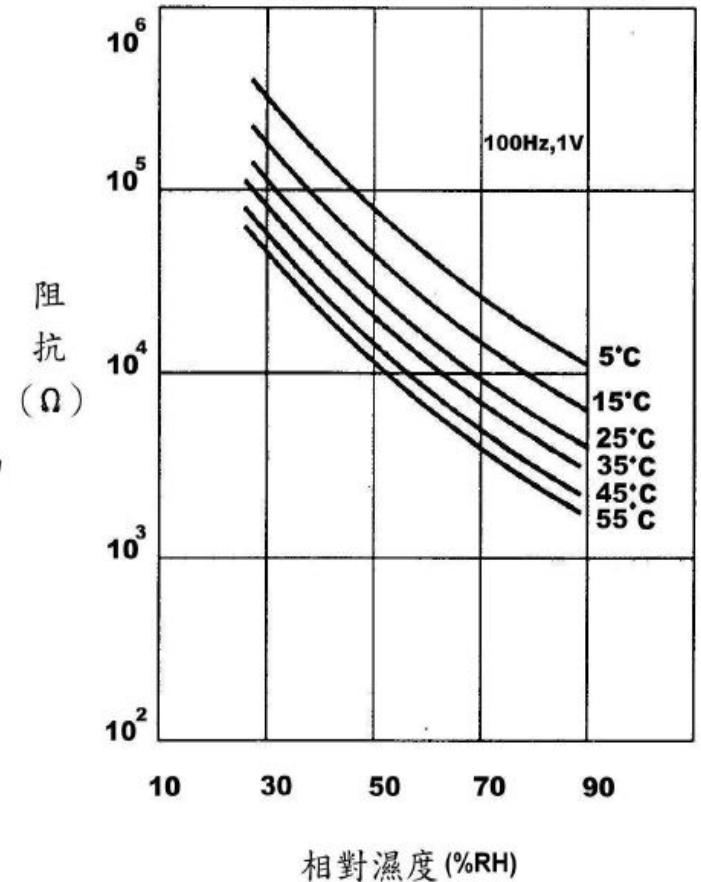
其動作原理為，當感濕層吸收水氣後，表面解離生成氫離子，而感測器之阻抗值會隨氫離子增加而降低阻值，藉此轉換出濕度值。

# 五-六、厚膜濕度感測器(3/4)

## ● 厚膜型 構造圖



## ● 阻抗特性曲線



# 五-六、厚膜濕度感測器(4/4)

## ➤ 特性

此類型之感測器的阻抗值是隨著濕度提升而成指數減少，其濕度範圍介於30%RH - 90%RH之間，而外加電壓超過AC 5V時，阻抗變化呈非線性變化，因此外加電壓多採AC 1V。

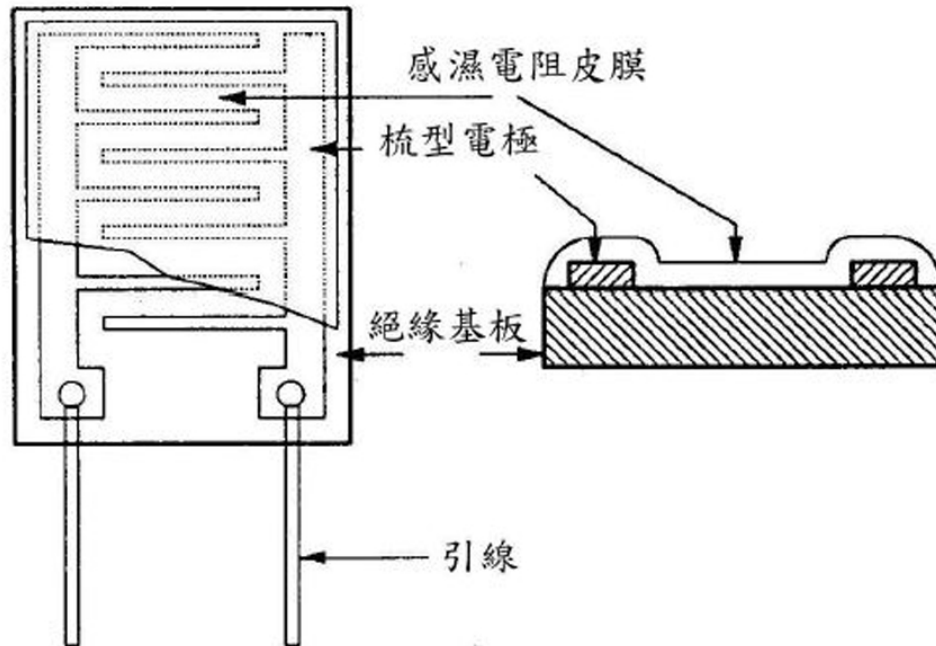
## 五-七、結露濕度感測器(1/3)

結露感測器是由樹脂與導電粒子形成感濕膜，其構造同於厚膜濕度感測器，而覆蓋的濕度感測層是以親水性的丙烯酸樹脂與碳素粉取代之。當遇到水氣時，導電粒子間隔會使阻抗值上升，並運用此特性來測得濕度值。

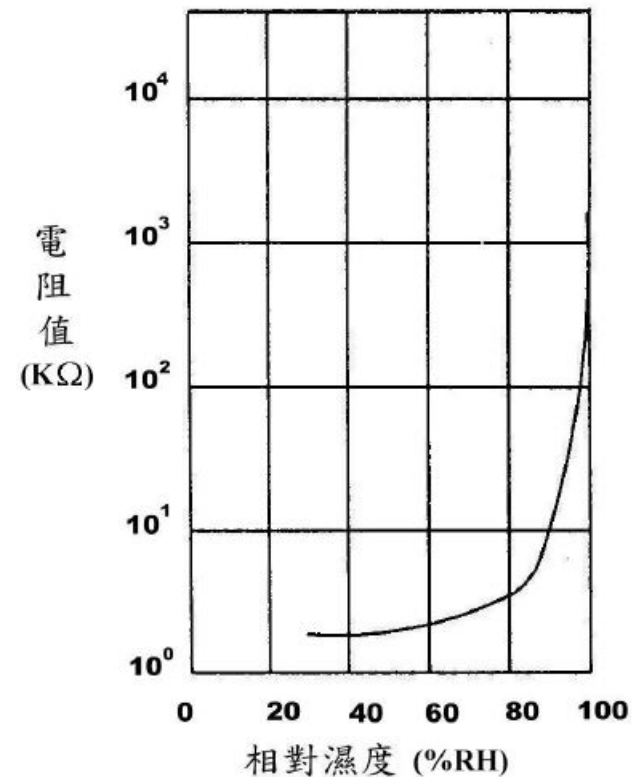


# 五-七、結露濕度感測器(2/3)

## ● 結露型 構造圖



## ● 阻抗特性曲線



# 五-七、結露濕度感測器(3/3)

## ➤ 特性

此類型之濕度感測器，僅對於高濕度才有明顯變化，介於94%RH - 100%RH，甚至於100%RH時阻抗值趨近無限大，因此，適用於偵測結露之場合。

## 六、參考資料

- 感測器應用與線路分析 - 盧明智、盧鵬任 編著
- 感測與轉換(原理、元件與應用) - 吳朗 編著
- 感測器 - 陳瑞和 編著
- 濕度感測實驗 - 掌宇股份有限公司