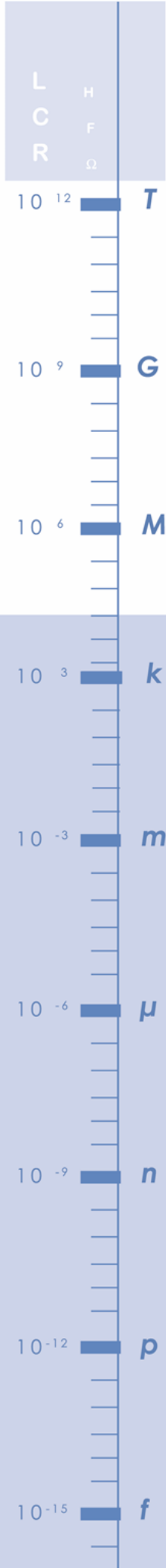




**MICROTEST**



# Total Solution

2022-01

分析材料的介電強度與介電損耗

# Key Point

- 接觸式與非接觸式的測量方法
- 介電常數與介電損耗
- 固體材料與液態材料測量介電常數

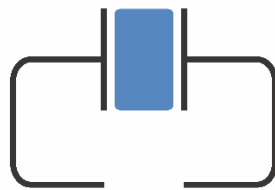
## 摘要

The Note

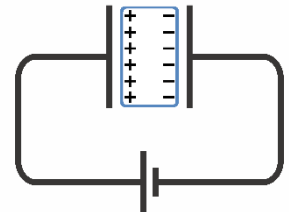
### 分析材料的介電強度與介電損耗

生活中許多材料都具備與介電特性相關聯的電氣特性，像是新能源汽車所用的直流母線電容，要求電容的電介質材料具有高介電常數。對於電動車而言最核心的動力電池直接決定了續航的能力，目前電動車電池主流採用的是鋰離子電池，具高密度能量、無記憶效應與循環壽命長，因此電極材料的介電特性是電池效能的關鍵。

因為介電特性攸關到許多電子應用上的重要資訊，像是存在於導熱墊片的電介質會改變高速/高頻傳輸線的阻抗，甚至會影響到EMI輻射，對工程師而言如何精準測量介電常數是一大課題，本文要帶您完整認識介電常數以及如何精準、簡單且更有效率的測量介電的方法。



絕緣體



介電材料

# 分析材料的介電強度與介電損耗

## 介電質是什麼？

當材料受到外部電場作用時能發揮儲能，即是介電質

## 認識介電常數

介電常數又稱之介質常數或是電容率，是一種表示絕緣能力特性的一個係數，介電常數並非是永恆不變的值，會因頻率、方向、溫度或壓力甚至是材料分子的結構而改變。

## 以電容為例，認識介電常數

當給平行板電容器施加一組DC電壓時，兩板之間的介電材料發揮存儲電荷的功能。介電常數可以說是在電的位移和電場強度之間存在的比例常量，這個常量在一個真空中 $8.85 \times 10^{-12}$ 次方法拉第/米 ( F/m )。因此介電材料的電容與介電常數相互關聯。

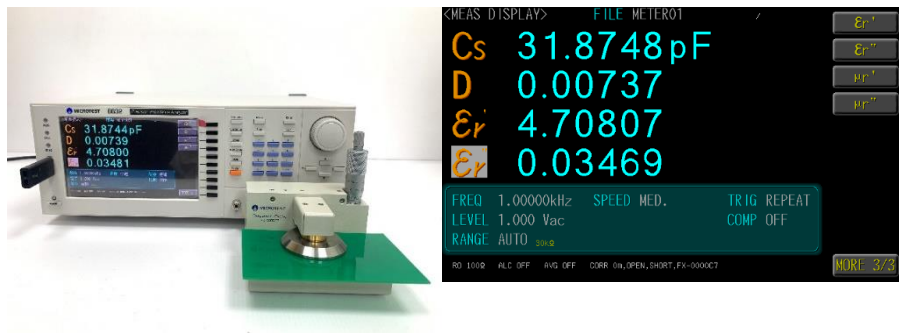
在實際的工程應用中

介電常數時常以『相對介電常數』的方式來表達，而不是絕對值

$$\text{相對介電常數的計算公式 } \epsilon_r = C_x / C_0$$

我們可以利用LCR Meter/阻抗分析儀測量相對介電常數

透過交流電源(AC)為材料提供激勵信號，同時監測材料上的實際電壓，藉由測量材料的尺寸與電容值+損耗因子D值，得到材料的相對介電常數 $\epsilon_r$ 。



About Permittivity  
 $\epsilon_r = C_x / C_0$

# 分析材料的介電強度與介電損耗

利用6632阻抗分析儀或6630 LCR測試儀測量相對介電常數

運用靜電場方式進行測量

- 1 在其兩塊極板之間為真空的時候測試電容器的電容 $C_0$
- 2 再利用同樣的電容及板間距離，但在極板間加入電介質以後，測得電容 $C_x$ 值
- 3 套用計算公式得到相對介電常數




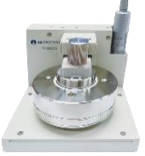
在標準大氣下

不含二氧化碳的乾燥空氣之相對  
電容率為  $\epsilon_r = 1.00053$

用此方式得到空氣中的電容 $C_a$ 來  
替代 $C_0$ ，進行測量相對介電常數  
 $\epsilon_r$ 也有足夠的準確度

MICROTEST提供高精準、高效率分析介電常數的測量解決方案  
提供給您有更高性價比的選擇 (對比同測量原理的美系品牌)

起步  
從  
10  
Hz  
開始

| 頻率：10Hz-30MHz   |    |   |
|---|----|---|
| 固體  | 基片 | 液體  |
| FX-0000C7   |    | FX-000C20   |
|  |    |  |



MICROTEST 6632



MICROTEST 6630

Frequency Range 10Hz~

50MHz

| 頻率：20Hz-2MHz  |    |
|---|----|
| 固體  | 基片 |
| 16451B  |    |
|  |    |



E4980A



E4990A

Frequency Range 20Hz~

2MHz

50MHz

120MHz

$10^1$

$10^2$

$10^3$

$10^4$

$10^5$

$10^6$

$10^7$

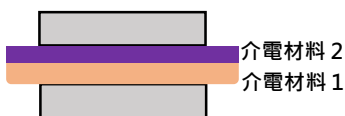
$10^8$

測量技術

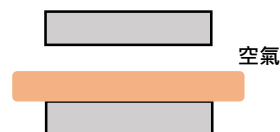
接觸式



接觸雙層式



非接觸式



硬的固體材料  
平滑的材料  
厚的材料

軟質、易變形的材料  
絕緣性較差的材料

材料上的塗層

精準測量

適合不好夾取的待測材料  
不易因待測材料的導電性而影響電容值的測量

適合測量PCB/ITO上的介電塗層

接觸電極法

當電極直接接觸MUT時，MUT與電極間會形成一空氣間隙，此空氣間隙會影響測量產生誤差。(測方法測量的電容值實際為介電材料與空氣間隙串聯成的電容)

$C_p$  MUT的等效平行電容 (F)

$D$  損耗係數值

$t_m$  MUT的平均厚度 (m)

$A$  被保護電極之表面積 (m<sup>2</sup>)

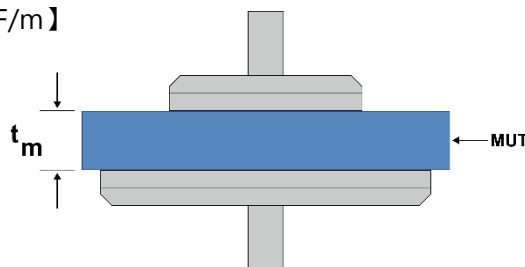
$\epsilon_0$  自由空間之介電常數 =  $8.854 \times 10^{-12}$  【F/m】

$d$  被保護電極之直徑 (m)

公式

$$\epsilon_r = \frac{t_m * C_p}{A * \epsilon_0} = \frac{t_m * C_p}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 * \epsilon_0}$$

$$\tan \delta = D$$



非接觸電極法

此方法可解決空氣間隙的效應，依據在有MUT與無MUT時得到的兩個電容測量結果推導出的介電常數。

$C_{s1}$  未插入MUT之電容

$C_{s2}$  插入MUT後之電容

$D_1$  未插入MUT之損耗係數

$D_2$  插入MUT後之損耗係數

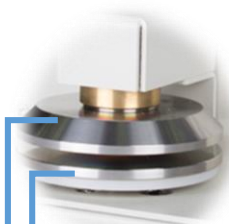
$t_g$  被保護/保護電極與未被保護電極間的空氣間隙

$t_m$  MUT平均厚度

公式

$$\epsilon_r' = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{C_{s1}}{C_{s2}}\right) * \frac{t_g}{t_m}}$$

$$\tan \delta = D_2 + \epsilon_r' * (D_2 - D_1) * \left(\frac{t_g}{t_m} - 1\right) \text{ 當 } \tan \delta < < 1$$



電極板面積為A

間隔距離 d

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} = \frac{C_d}{A \epsilon_0}$$



## MICROTTEST 內置介電參數·機上直接測量

- 省去人工需要額外計算公式得到介電常數值
- 不用再連線PC軟體·MICROTTEST機上測量
- 10Hz-50MHz寬頻域分析介電材料的頻率特性

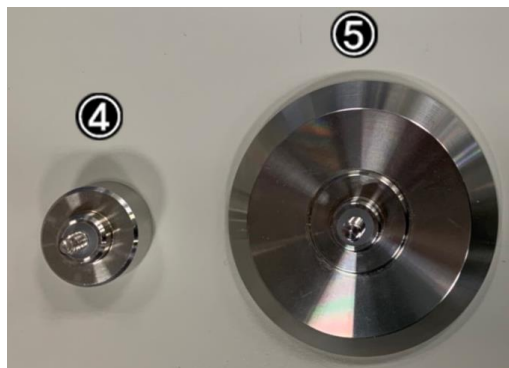
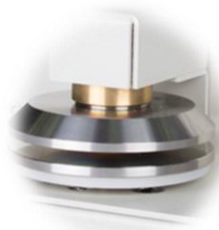
## 測量前的準備



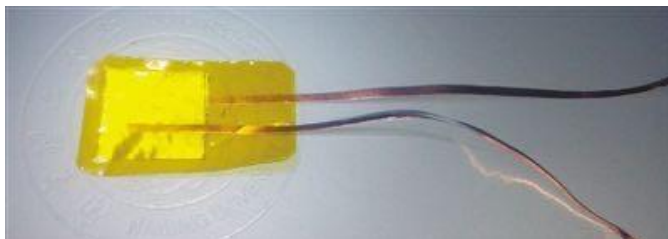
利用6632/6630測量介電常數之前  
請先準備適合的待測材料

1. 待測物面積尺寸須 > 5mm或3.8mm
2. 待測材料的測量頻率須先確認

MICROTTEST提供兩種電極尺寸  
5mm/3.8mm



當待測材料不適合放置於標準治具時  
需要額外製作電極面  
(可利用導體引線測量電容值與損耗值)  
如：薄膜材料



MICROTTEST測量不同形式的介電材料


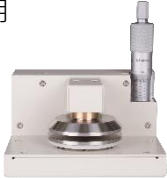

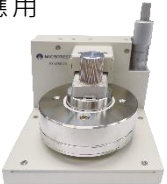
電力管-絕緣塗料  
電力管-切片狀態



# MICROTEST 介電常數測量方案選型



$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} = \frac{C_d}{A\epsilon_0}$$

| 儀器選型  | 測試頻率   | 治具選型   |
|---|--|--|
| <b>阻抗分析儀 6632</b><br>  | 10Hz-1MHz<br>10Hz-3MHz<br>10Hz-5MHz                  | FX-0000C7<br>固態/薄膜材料應用<br>  |
| <b>LCR測試儀 6630</b><br> | 10Hz-10MHz<br>10Hz-20MHz<br>10Hz-30MHz<br>10Hz-50MHz | FX-0000C7<br>電化學/液態材料應用<br> |

## MICROTEST 實測範例

|   |  |   |
|---|--|---|
| PC (Polycarbonate)<br>Dielectric Constant $\epsilon_r$ @1MHz:<br>2.9 (typical)<br>  | Fused Silica<br>Quartz<br>SiO <sub>2</sub> Glass<br>Dielectric Constant $\epsilon_r$ @1MHz:<br>3.82 (typical)<br> | ITO (Indium Tin Oxides) Glass<br> |
| Aluminum Oxide, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>Ceramic Substrate<br>Dielectric Constant $\epsilon_r$ @1MHz:<br>9 (typical, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 96%)<br> | Aluminum Oxide, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>Ceramic Substrate<br>   | 液態介電<br>                          |

Total Solution. in MICROTTEST



**MICROTTEST**

TEL 886-2-2698-3877

FAX 886-2-2698-4089

E-mail [sales@microtest.com.tw](mailto:sales@microtest.com.tw)

