

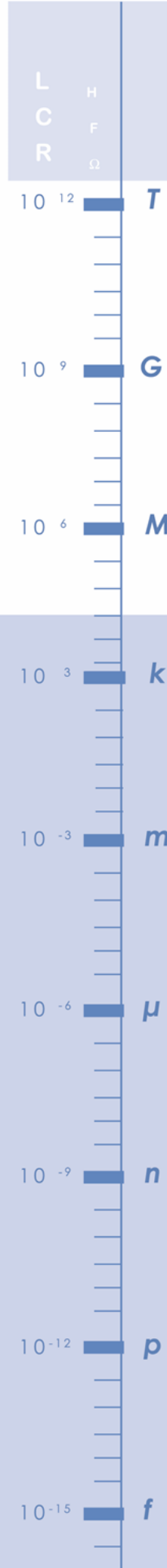


MICROTEST

Total Solution

2022-01

分析材料的介電強度與介電損耗



Key Point

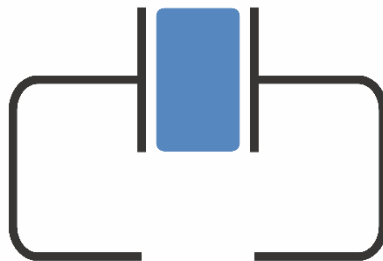
- 接觸式與非接觸式的測量方法
- 介電常數與介電損耗
- 固體材料與液態材料測量介電常數

摘要 The Note

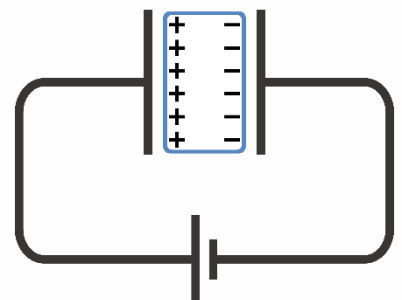
分析材料的介電強度與介電損耗

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 8.85×10^{-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。

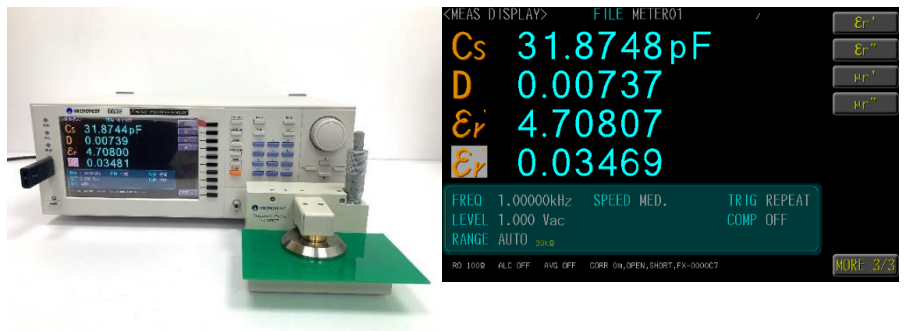
在實際的工程應用中

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

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

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 ϵ_r 。



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 $\epsilon_r = C_x / C_0$



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
 ϵ_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
		

Frequency Range 10Hz~

頻率：20Hz-2MHz	
固體	基片
16451B	
	

Frequency Range 20Hz~



MICROTEST 6632



MICROTEST 6630

50MHz



E4980A



E4990A

2MHz

50MHz

120MHz

10^1

10^2

10^3

10^4

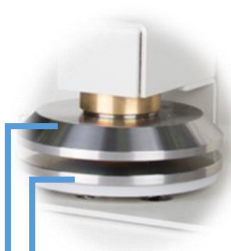
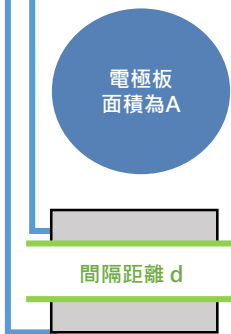
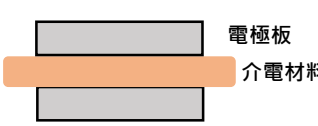
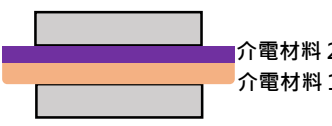
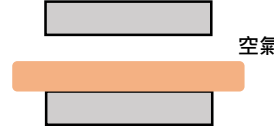
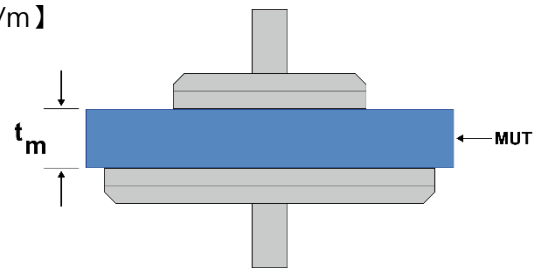
10^5

10^6

10^7

$10^{7.5}$

10^8

測量技術			
  $\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} = \frac{C_d}{A\epsilon_0}$	接觸式	接觸雙層式	非接觸式
	 電極板 介電材料	 介電材料 2 介電材料 1	 空氣
	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
		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 (m²) ϵ_0 自由空間之介電常數 = 8.854×10^{-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 $\epsilon_r' = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{C_{s1}}{C_{s2}}\right) * \frac{t_g}{t_m}}$ $\tan \delta = D_2 + \epsilon_r' * (D_2 - D_1) * \left(\frac{t_g}{t_m} - 1\right)$ 當 $\tan \delta < <1$			



MICROTEST 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·MICROTEST機上測量
- 10Hz-50MHz寬頻域分析介電材料的頻率特性

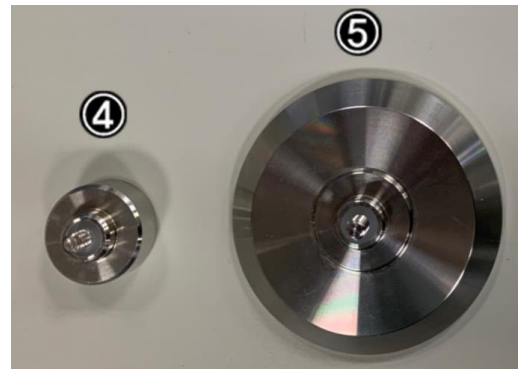
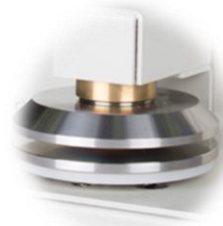
測量前的準備



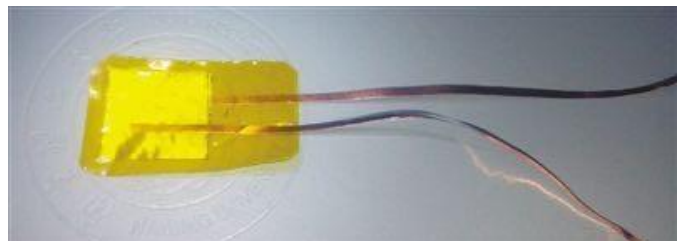
利用6632/6630測量介電常數之前
請先準備適合的待測材料

- 1.待測物面積尺寸須 >5mm或3mm
- 2.待測材料的測量頻率須先確認

MICROTEST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



MICROTEST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





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

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

MICROTEST 實測範例

PC (Polycarbonate) Dielectric Constant ϵ_r @1MHz: 2.9 (typical) 	Fused Silica Quartz SiO ₂ Glass Dielectric Constant ϵ_r @1MHz: 3.82 (typical) 	ITO (Indium Tin Oxides) Glass 
Aluminum Oxide, Al ₂ O ₃ Ceramic Substrate Dielectric Constant ϵ_r @1MHz: 9 (typical, Al ₂ O ₃ 96%) 	Aluminum Oxide, Al ₂ O ₃ Ceramic Substrate 	液態介電 

Total Solution. in MICROTTEST



MICROTTEST

TEL 886-2-2698-3877

FAX 886-2-2698-4089

E-mail sales@microtest.com.tw

