



MICROTEST

L	H
C	F
R	Ω

10^{12} T

10^9 G

10^6 M

10^3 k

10^0 m

10^{-6} μ

10^{-9} n

10^{-12} p

10^{-15} f

Total Solution

2022-01

測量磁性材料的導磁係數

Key Point

- 認識導磁係數
- 測量相對導磁率 μ_r

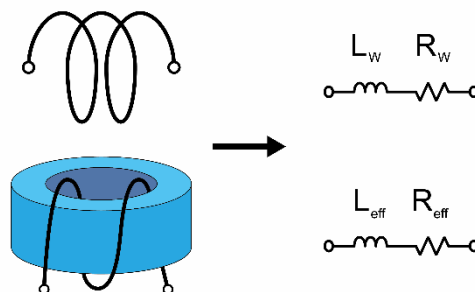
摘要

The Note

測量磁性材料的導磁係數

手機支援無線充電功能已逐漸成為各家手機廠中高階手機的標準配備，近年來隨著電動車的普及，無線充電技術將帶給電動車有更多可能的便捷性，有望解決電動車續航里程的問題，無線充電技術中主要的核心關鍵之一是磁性材料，其中軟磁材料歷經了金屬-鐵氧體-非晶-納米晶的發展歷程，在無線充電架構中軟磁材料是發送端/接收端與線圈相貼合的磁性片狀輔助材料，也稱為『導磁片』具備隔磁屏蔽、導磁降阻與防止發熱的功能。

磁性材料的厚度與傳輸功率為正相關，為了無線充電模組輕薄兼具高傳輸功率，則關鍵的磁性材料需提高導磁率與飽和度，但實際上磁性材料的導磁率與飽和特性是相反的，對工程師而言如何取捨導磁率與飽和特性，評估磁性材料的性能是一大課題，本文帶您如何分析磁性材料的特性與測量關鍵參數-相對導磁率 μ_r 。



測量磁性材料的導磁係數

什麼是導磁係數(magnetic permeability)

又稱為導磁率 (μ)，用來表示磁場與材料的相互作用，是導磁通性能好壞程度的一個物理量。

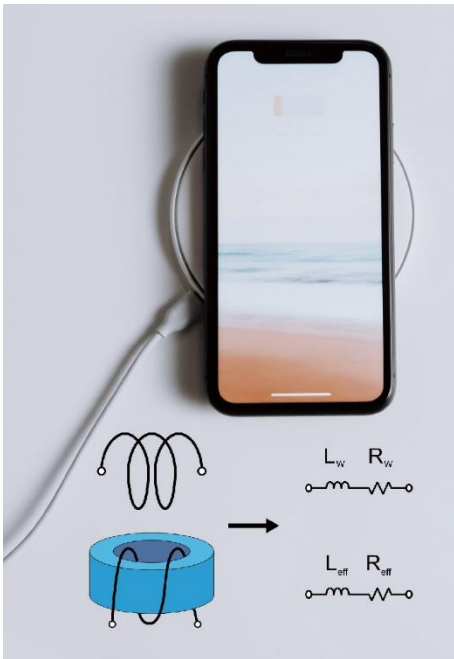
- 導磁係數的數值越大，代表磁性材料的導磁性能越好
- 導磁係數通常用希臘字母 μ 來表示

為了分析與測量導磁率可用一組電感加電阻來進行類比

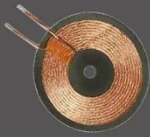
→ 電阻表示磁性材料中的磁芯損耗

如果在電感上並聯DC電流源

→ 磁芯材料中的電感與導磁率有關



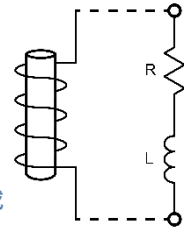
Magnetic Permeability



$$L = \frac{L_0}{\mu'}$$

$$\mu' = \frac{L}{L_0}$$

材料的電感
線圈的自由空間電感
實際導磁率



上述公式

L_0 代表線圈的自由空間電感

L 代表材料的電感

μ_r' 代表實際導磁率

如在同一電感器上並聯一組AC正弦電流源

得到的電壓將包含感應電壓與導磁率有關的損耗電壓

電感器(L)並聯的電阻(R)代表磁芯損耗

複數導磁率 μ_r 由實部(μ_r') + 虛部(μ_r'')

實部(μ_r')代表電能的儲存項

虛部(μ_r'')代表電能的損耗項

鐵 (鐵氧體)/鈷/鎳與其合金等材料具有較大的磁性
但許多材料沒有磁性，其導磁率與真空導磁率 ($\mu_r = 1$) 非常接近
材料的導磁係數 μ 與真空導磁率 μ_0 的比值為該材料的相對導磁率

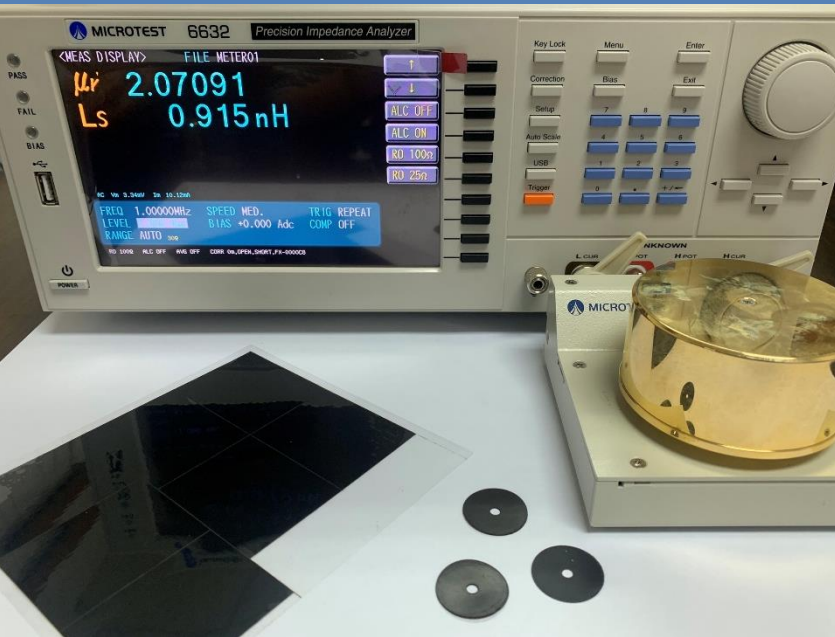
相對導磁率 μ_r 是一個無單位的物理量
其大小代表該材料的導磁性能之高低

相對導磁率

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

真空導磁率 (自由空間導磁率)

$$\mu_0 = 4\pi * 10^{-7} \text{ H/m}$$



MICROTEST採用電感法測量技術

磁性材料的相對導磁率通常又稱為有效導磁率

磁環(環形的磁芯-含有閉合環路)

利用磁環方式之磁芯電感器，它的自感推導出相對導磁率

1. 在磁芯上的纏繞導線
2. 測量導線兩端的電感值
3. 利用下列公式，計算得到有效導磁率

R_{eff}	磁芯損耗之等效電阻 (含線路的電阻)
L_{eff}	環形線圈的電感
R_w	線路之電阻
L_w	空心線圈之電感
ℓ	磁芯之平均磁路長度[m]
N	匝數
A	環形磁芯之橫截面積[m ²]
μ_0	$4\pi * 10^{-7}$ [H/m]
ω	$\omega = 2\pi f$

$$\mu'_e = \frac{\ell L_{eff}}{\mu_0 N^2 A}$$

$$\mu''_e = \frac{\ell (R_{eff} - R_w)}{\mu_0 N^2 \omega A}$$

Equivalent Circuit

L_w R_w

L_{eff} R_{eff}

測量前，請準備環狀形態的磁性材料

若原磁性材料狀態如下



切成環狀形態進行測量

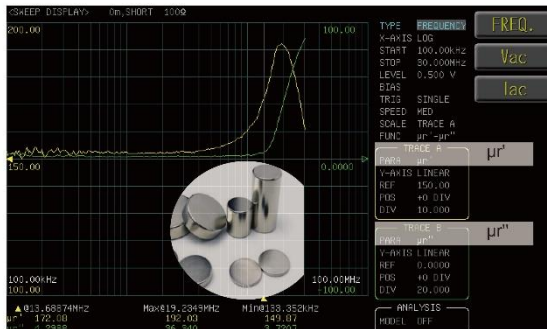




MICROTTEST 內置相對導磁係數·機上直接測量

- 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寬頻域分析磁性材料的導磁特性
- 另可選購搭載DC偏流源測試電感器之磁飽和性能

精準測量



6632 阻抗分析儀 / 6630 LCR 測試儀
搭載導磁係數測試治具 FX-0000C8

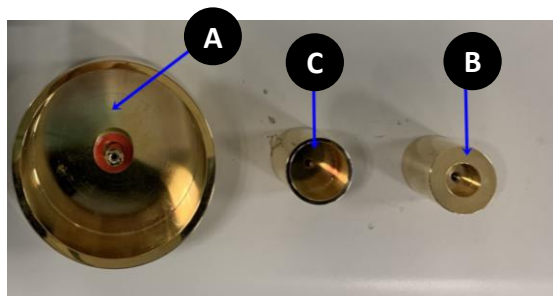
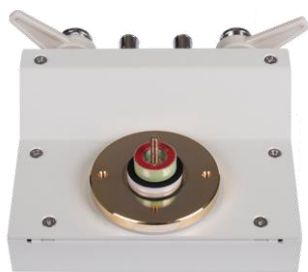
6632 阻抗分析儀 進行磁性材料特性分析

- 在儀器上輸入
1. 材料的高度
 2. 材料的內徑
 3. 材料的外徑

TRACE A 曲線： μ_r' (實部)
TRACE B 曲線： μ_r'' (虛部)



將環形磁性材料放置 FX-0000C8 治具上



FX-0000C8 提供三種測量尺寸與待測物尺寸

A	外徑 73mm
	內徑 66mm
	待測物尺寸 OD < 65.5 ID > 7.1 H < 28
B	外徑 24.5mm
	內徑 21.0mm
	待測物尺寸 OD < 20.5 ID > 4.8 H < 11
C	外徑 24.5mm
	內徑 12.0mm
	待測物尺寸 OD < 8 ID > 3.1 H < 3 mm

Total Solution. in MICROTTEST



MICROTTEST

TEL 886-2-2698-3877

FAX 886-2-2698-4089

E-mail sales@microtest.com.tw

