

實驗六 變壓器原理

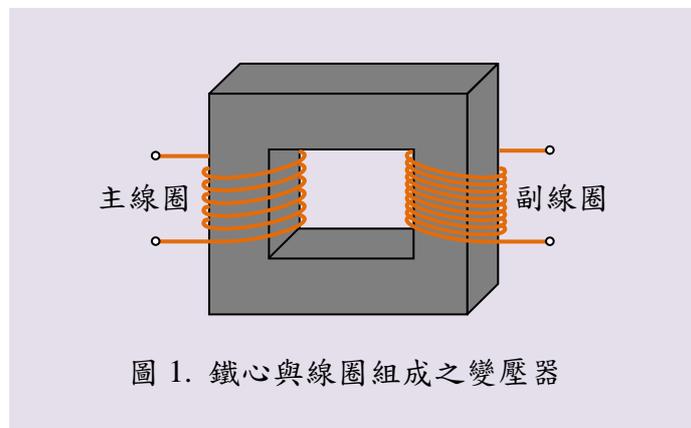
一、實驗內容

1. 變壓器之副線圈無負載及有負載時，變壓器的電壓轉換。
2. 變壓器之副線圈有負載時，變壓器電流轉換。
3. 磁化電流與磁通密度 B 之關係
4. Stray field 之觀察。

二、實驗儀器 (請參考附錄 I)

名稱	數量	名稱	數量	名稱	數量
變壓器組件	1	可變電阻	1	三用電表	4
電源供應器(LH)	1	鐵粉、鐵片		壓克力板	1

三、實驗理論



變壓器如圖 1 所示，其主線圈 (primary coil) 圈數為 N_1 ，副線圈 (secondary coil) 圈數為 N_2 ，分別繞在軟鐵心之兩側，今在主線圈上施以 Δv_1 之電壓且忽略軟鐵心的電阻 (理想變壓器)，由法拉第定律可知

$$\Delta v_1 = -N_1 \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Φ_B 為通過每單一線圈之磁通量。因為通過兩線圈之磁力線數相等，因此在副線圈上之感應電壓 Δv_2 為

$$\Delta v_2 = -N_2 \frac{d\Phi_B}{dt}$$

於是兩邊之電壓比為

$$\frac{\Delta v_2}{\Delta v_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

與線圈數成正比。

因為理想變壓器無能量損耗，當副線圈上無負載時，根據能量守恒可知主線圈功率 P_1 與副線圈功率 P_2 相等。若主線圈上之電流為 I_1 ，副線圈上之電流為 I_2 ，則

$$I_1 \Delta v_1 = I_2 \Delta v_2$$

故通過兩線圈的電流比

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{\Delta v_1}{\Delta v_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

若副線圈有負載時，由能量守恒知必須將負載功率一併計入

$$P_1 = P_2 + P_{load}$$

於是兩線圈上的電壓比，不再與線圈數成正比

四、實驗步驟

1. 注意事項

- (1) 高於 12 V 外加電壓突然加於主線圈時，主線圈上不能有電流計（安培計），若有安培計時，安培計要先短路。
- (2) 每一次實驗結束時，要關閉主線圈上的電源。
- (3) 每一次實驗時，電壓要由“零”慢慢增加，且要隨時注意量測儀表之讀數，以免超荷。

2. 副線圈無負載時，硬式(hard)，軟式(soft)，自動變壓器(auto-transformer)的電壓轉換

- (1) 圖 2 為各式變壓器無負載之電壓轉換之線路圖與儀器裝置圖，如圖 2 所示，將儀器架設完成。
- (2) 根據表 1 之各式變壓器之接法(注意主、副線圈之插孔)，控制輸入電壓為 10 V a.c.，

表 1：各式變壓器之迴路

硬式變壓器			
迴路代號	A ₁	A ₂	A ₃
迴路			
N_1 / N_2	300/150	300/300	150/300
$N_1 : N_2$	2 : 1	1 : 1	1 : 2
I_{\max}, U_{\max}	3A briefly, 40V	3A briefly, 20V	3A briefly, 20V

軟式變壓器			
迴路代號	B ₁	B ₂	B ₃
迴路			
N_1 / N_2	300/150	300/300	150/300
$N_1 : N_2$	2 : 1	1 : 1	1 : 2
I_{\max}, U_{\max}	3A briefly, 40V	3A briefly, 20V	3A briefly, 20V

自動變壓器		
迴路代號	C ₁	C ₂
迴路		
N_1 / N_2	300/150	150/300
$N_1 : N_2$	2 : 1	1 : 2
I_{\max}, U_{\max}	3A briefly, 40V	3A briefly, 20V

符號定義：

N_1 ：主線圈數

N_2 ：副線圈數

I_{\max} ：主線圈最大電流

U_{\max} ：主線圈最大電壓

“—”：主線圈

“—”：副線圈

“)”：導線

兩個伏特計設定檔皆為 AC 200 V，完成表 2。

(3) 改變輸入電壓為 6 V a.c.，重複步驟 (2)，完成表 3。

3. 變壓器的電流轉換

(1) 圖 3 為電流轉換之線路圖與儀器裝置圖，如圖 3 所示，將儀器架設完成。

(2) 根據表 1 之各式變壓器之接法(注意主、副線圈之插孔)，控制輸入電壓為 12 V a.c.，兩個安培計設定檔位皆為 AC 20 A，完成表 3。

(3) 控制輸入電壓為 8 V a.c.，重複步驟 (2)，完成表 4。

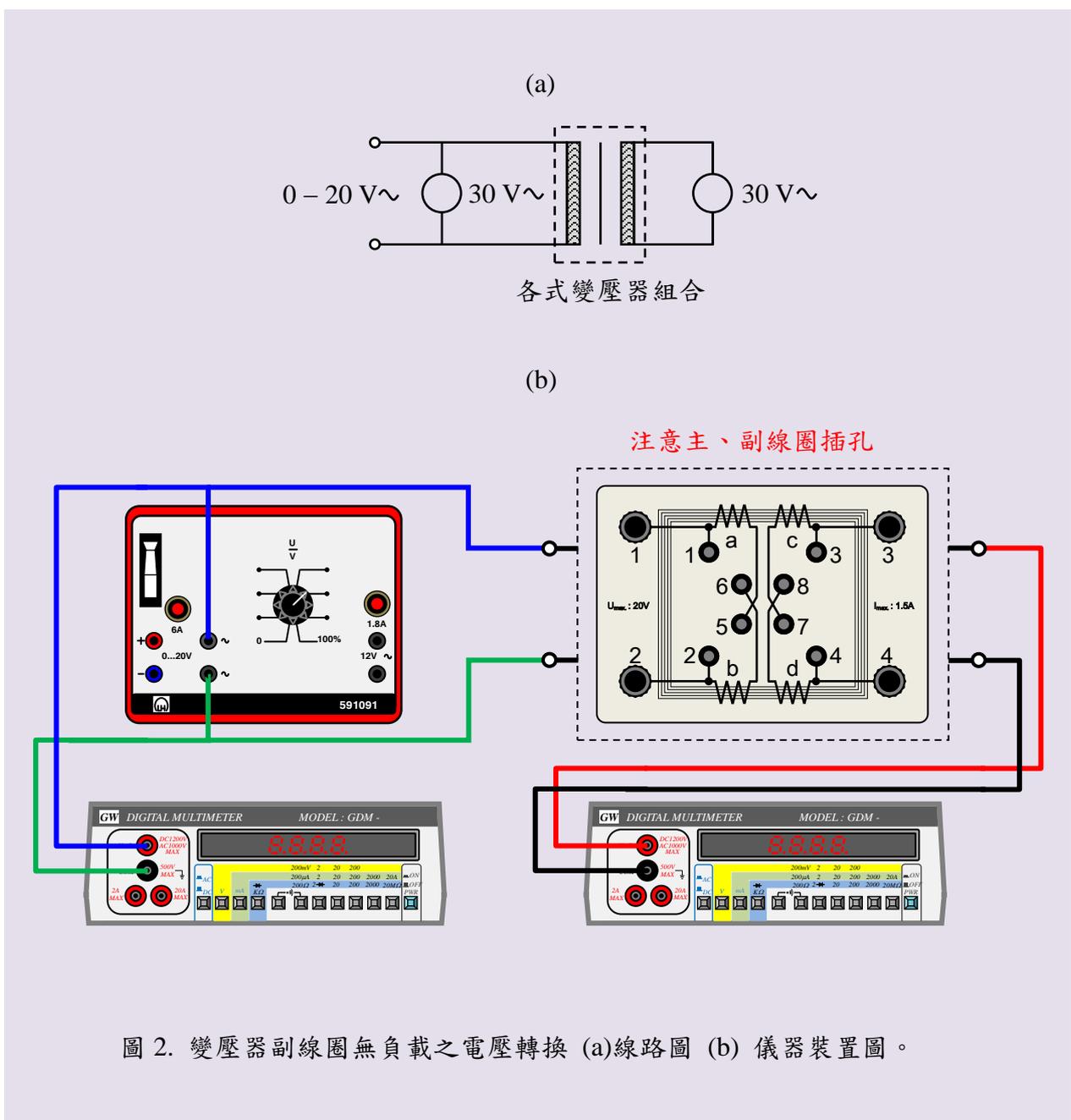
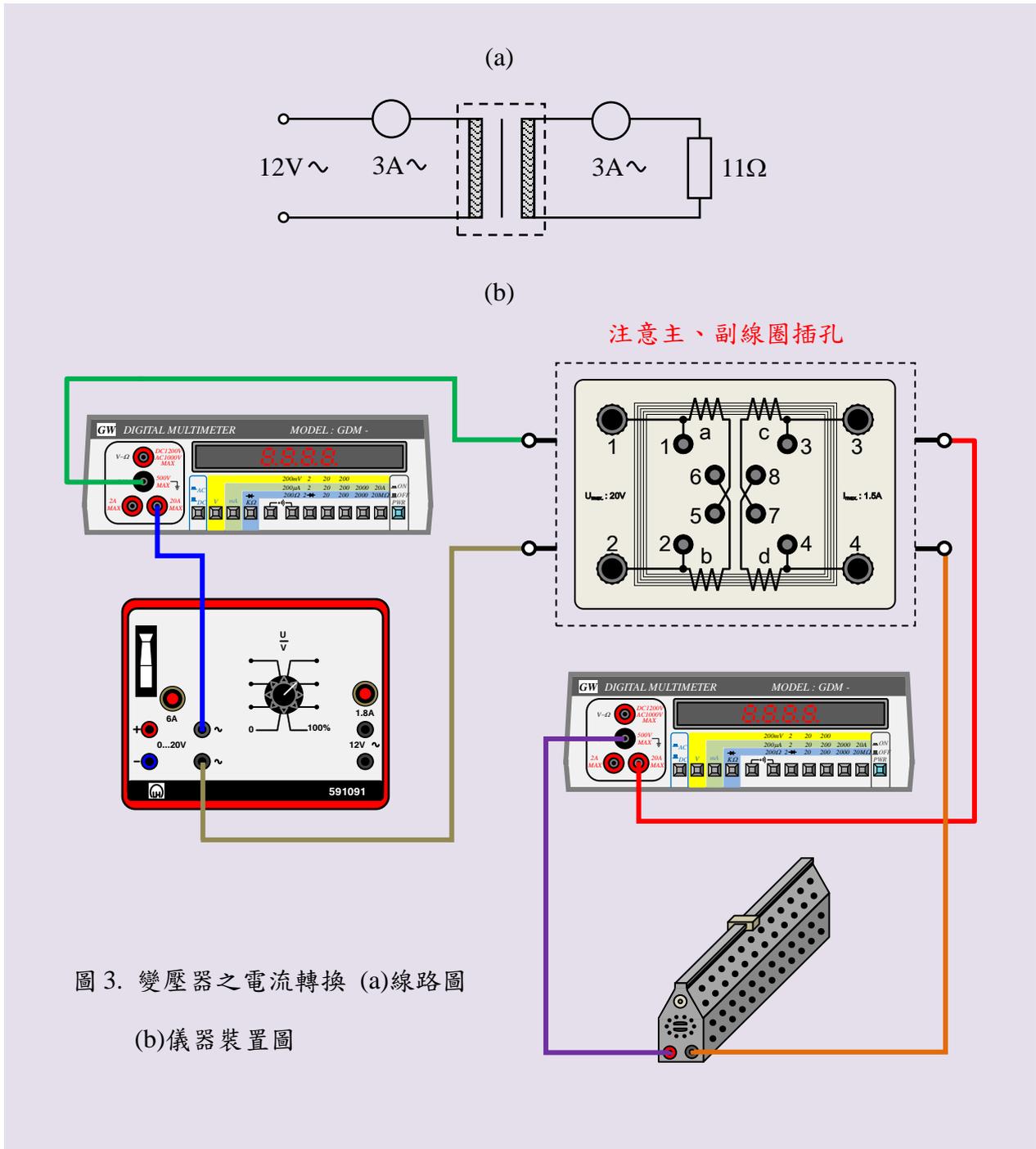
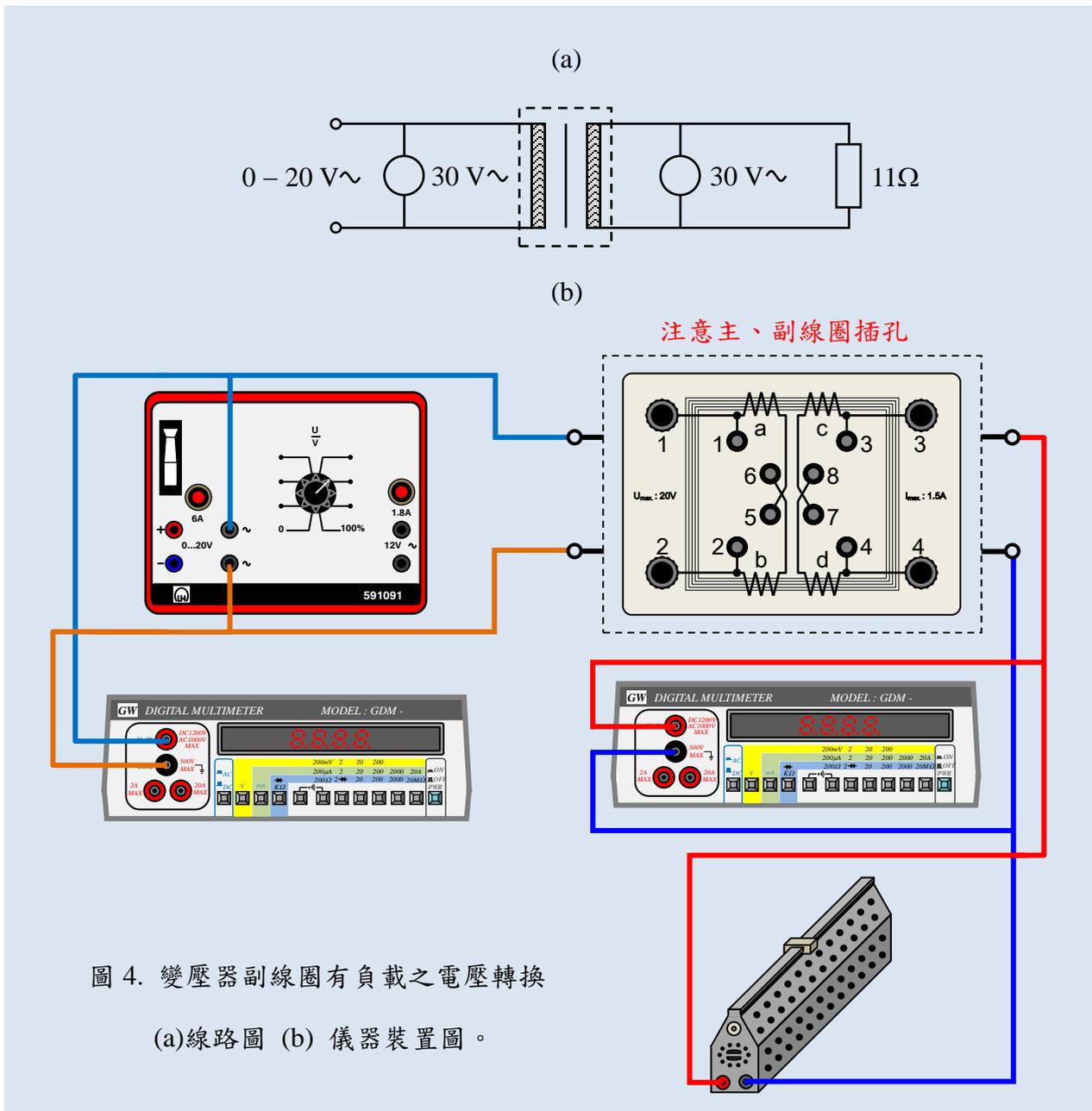


圖 2. 變壓器副線圈無負載之電壓轉換 (a)線路圖 (b) 儀器裝置圖。



4. 副線圈有負載時，各式變壓器的電壓轉換

- (1) 圖 4 為副線圈有負載時，各式變壓器電壓轉換之線路圖與儀器裝置圖，如圖 4 所示，將儀器架設完成。
- (2) 控制輸入電壓在 10 V a.c.及副線圈的負載為 11Ω。根據表 1，完成表 5。



(3) 改變輸入電壓為 6 V a.c.，副線圈的負載仍為 11Ω。根據表 1，完成表 6。

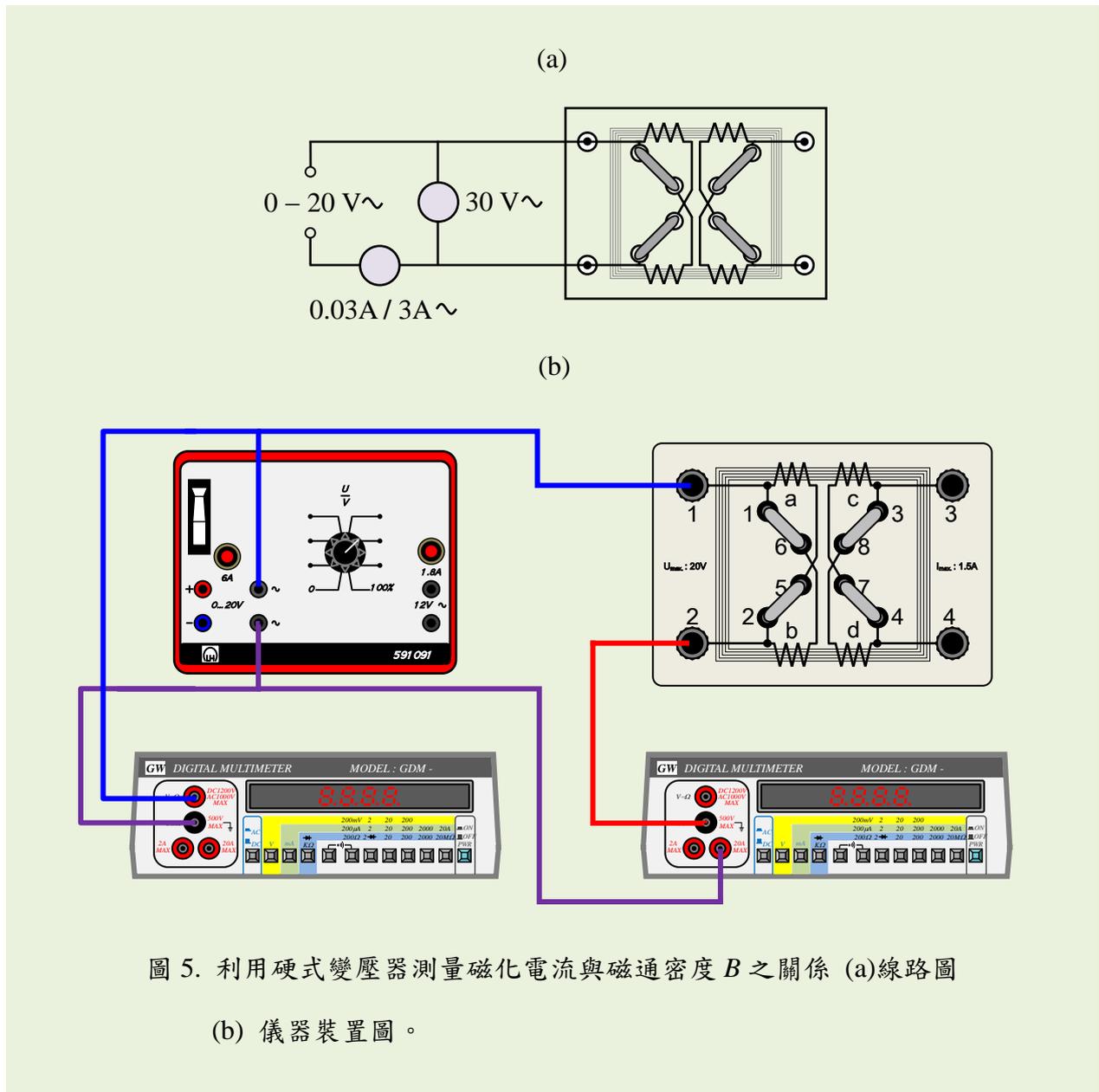
(註：若時間允許，可改變次級線圈負載大小，重覆上一測量步驟。)

5. 利用硬式變壓器測量磁化電流與磁通密度 B 之關係

當硬式變壓器聯結如圖 5 時，在主線圈上加上電壓後可以測量磁通密度 B ，其儀器設計之規格為 $1 \text{ V}_{\text{rms}} \cong 0.1 \text{ T}$ 。

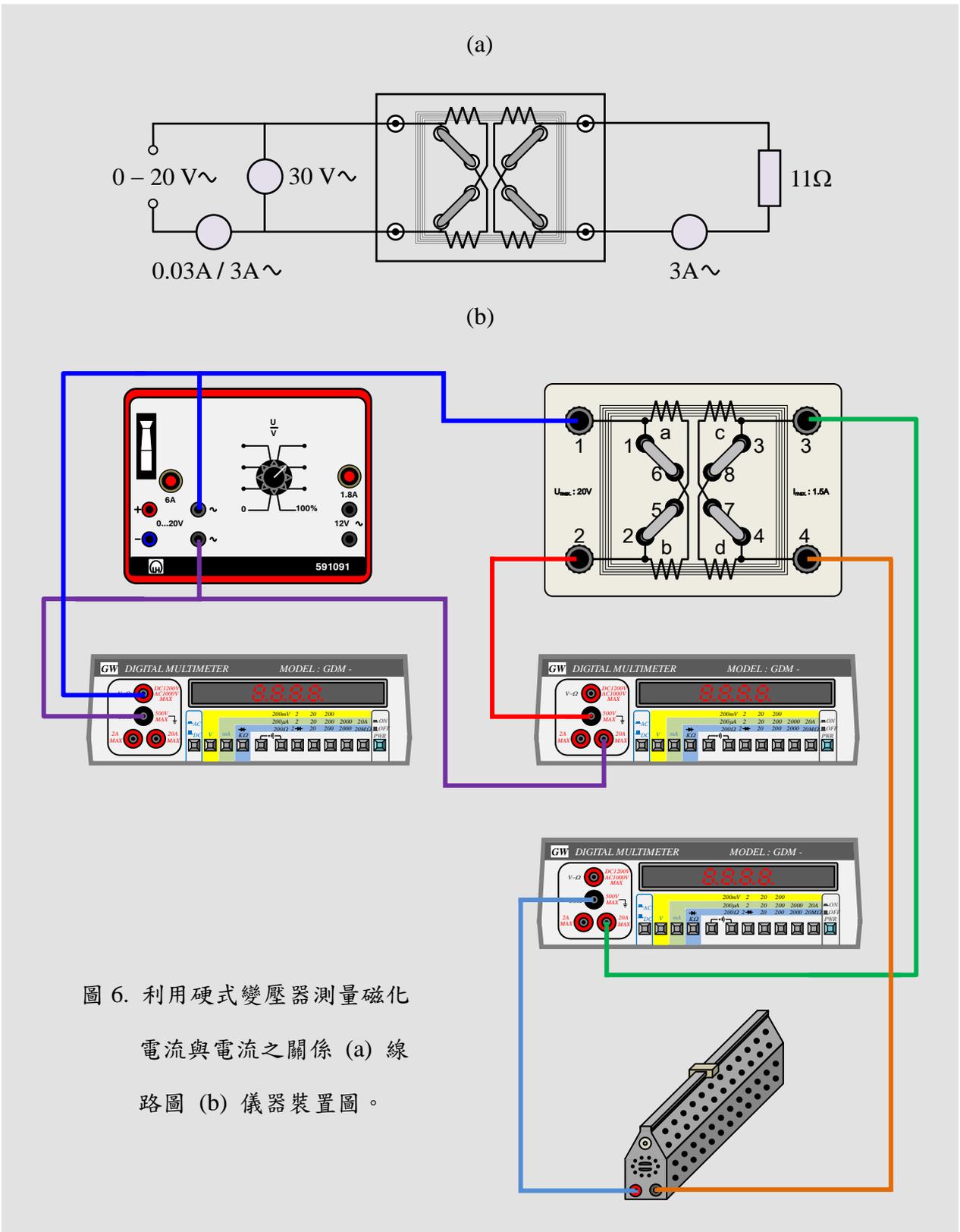
(1) 圖 5 為利用硬式變壓器測量磁化電流 I_M 與磁通密度 B 之線路圖與儀器裝置圖，如圖 5 所示，將儀器架設完成。

- (2) 逐步增加輸入電壓 $0 \sim 20 \text{ V a.c.}$ ($B: 0 \sim 2 \text{ T}$) 測量每一次的相對應的磁化電流 I_M ，記錄磁化電流，完成表 7。



6. 利用硬式變壓器，測量磁化電流對電流轉換之影響

- (1) 圖 6 為利用硬式變壓器測量磁化電流 I_M 與電流之線路圖與儀器裝置圖，如圖 6 所示，將儀器架設完成。
- (2) 逐步增加主線圈的外加電壓，測量主線圈與副線圈上的電流大小，完成表 8。



7. Stray field 之觀察

- (1) 參考圖 4 變壓器副線圈有負載之電壓轉換之線路圖與儀器裝置圖，變壓器之組合取 A_2 迴路。
- (2) 將鐵釘或鐵片置於變壓器下方，逐步增加主線圈之電壓，觀察鐵片在 _____ V a.c. 開始振動。
- (3) 變壓器之組合取 B_2 迴路，重複步驟 2，鐵片在 _____ V a.c. 開始振動。
- (4) 將變壓器倒置，上置透明壓克力板，在壓克力板上墊一張白紙，輕灑鐵粉於白紙上，並將電壓調至約 20 V a.c.，觀察鐵粉之分佈情形。

實驗六 變壓器原理

組別：_____ 姓名：_____ 同組同學姓名：_____

日期：_____ 教師簽署：_____

實驗記錄

1. 副線圈無負載時之電壓轉換

表 2. 10 V a.c.

迴路	$N_1 : N_2$	$\Delta v_1 : \Delta v_2$
A ₁		
A ₂		
A ₃		
B ₁		
B ₂		
B ₃		
C ₁		
C ₂		

表 3. 6 V a.c.

迴路	$N_1 : N_2$	$\Delta v_1 : \Delta v_2$
A ₁		
A ₂		
A ₃		
B ₁		
B ₂		
B ₃		
C ₁		
C ₂		

2. 變壓器的電流轉換

表 3. 12 V a.c.

迴路	$N_1 : N_2$	$I_1 : I_2$
A ₁		
A ₂		
A ₃		
B ₁		
B ₂		
B ₃		
C ₁		
C ₂		

表 4. 8 V a.c.

迴路	$N_1 : N_2$	$I_1 : I_2$
A ₁		
A ₂		
A ₃		
B ₁		
B ₂		
B ₃		
C ₁		
C ₂		

3. 副線圈有負載時之電壓轉換

表 5. 10 V a.c.

迴路	$N_1 : N_2$	$\Delta v_1 : \Delta v_2$
A ₁		
A ₂		
A ₃		
B ₁		
B ₂		
B ₃		
C ₁		
C ₂		

表 6. 6 V a.c.

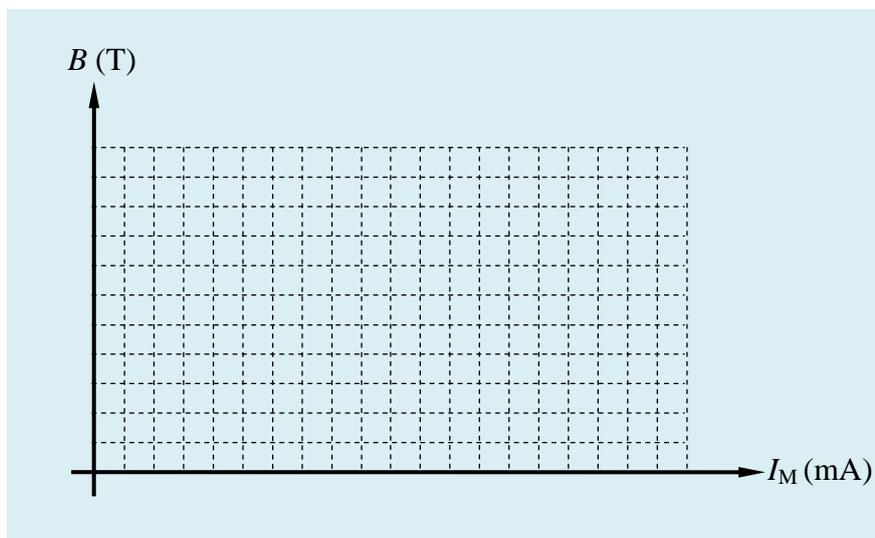
迴路	$N_1 : N_2$	$\Delta v_1 : \Delta v_2$
A ₁		
A ₂		
A ₃		
B ₁		
B ₂		
B ₃		
C ₁		
C ₂		

4. 利用硬式變壓器測量磁化電流與磁通密度 B 之關係

表 7. 磁化電流與磁通密度 B 之關係

V.a.c.	1	2	3	5	8	10	11	12	15	16	18	19	20
$B(T)$													
$I_M(mA)$													

繪出磁化電流與磁通密度之關係圖：

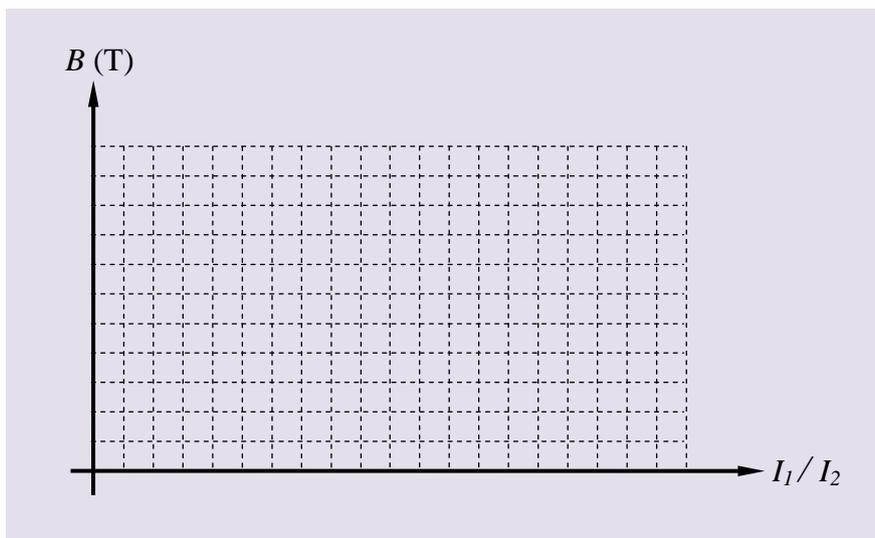


5. 利用硬式變壓器，測量磁化電流對電流轉換之影響

表 8. 磁化電流對電流轉換之影響

Va.c.	1	2	3	5	8	10	11	12	15	16	18	19	20
$B(T)$													
$I_M(mA)$													
$I_{primary}$													
$I_{secondary}(I_2)$													
$I_1 = I_{primary} - I_M$													
I_1 / I_2													

請繪出 I_1 / I_2 與磁通密度之關係圖



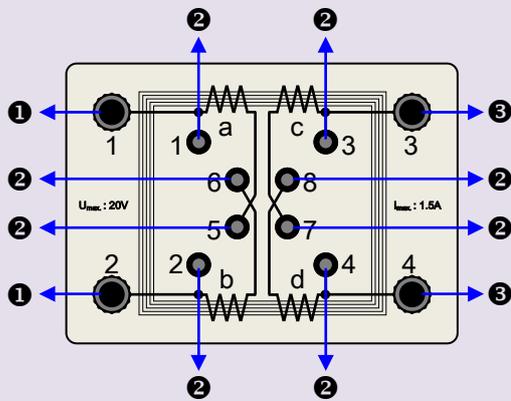
6. Stray field 之觀察結果：

- (1) 變壓器 A_2 迴路，鐵片在 _____ V a.c.， B_2 迴路在 _____ V a.c. 開始振動。
- (2) 繪出鐵粉之分佈情形。

問題

1. 為何變壓器鐵心是片狀組織，而非整體塊狀？
2. 何謂「磁化電流」？它對變壓器的影響為何？
3. 解釋磁化電流與磁通密度之關係圖中曲線之行為。
4. 解釋 I_1/I_2 與磁通密度之關係圖中曲線之行為。
5. 請由Stray field 之觀察，比較A₂、B₂兩種變壓器。
6. 變壓器可否通上直流電？為什麼？(但請勿嘗試！)

附錄 I



變壓器組件

- ① 輸入端插孔
- ② 線圈變化組合插孔
- ③ 輸出端插孔

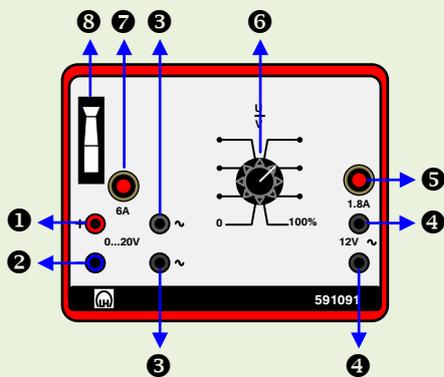
本組件共有 4 個變壓線圈，每一線圈由 42 片厚為 0.5 mm 鐵片，片與片之間絕緣組成蕊心，再繞以為 150 匝導線而成變壓線圈，分布於變壓器組件的兩端，透過線圈變化組合插孔使線圈並聯或串聯。

U 型導電插銷

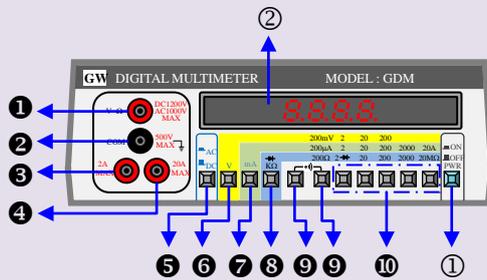


- ① 金屬導體
- ② 塑膠護套

LH 電源供應器

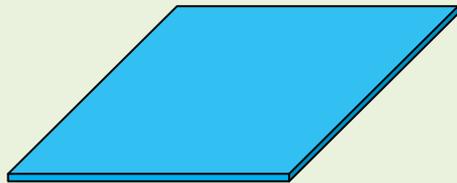


- ① 0~20V DC "+" 輸出端插孔
- ② 0~20V DC "-" 輸出端插孔
- ③ 0~20V AC 輸出端插孔
- ④ AC 12V 1.8A 輸出端插孔
- ⑤ AC 12V 1.8A 過電流重置鈕
- ⑥ 輸出調整鈕
- ⑦ 過電流重置鈕
- ⑧ 電源開關

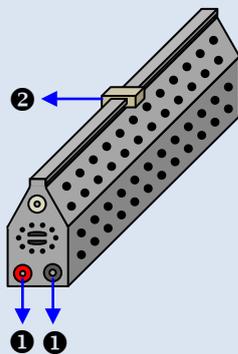


數位式三用電表

- | | | |
|----------------|---------------|---------------------------------|
| ① 電壓/電阻量測輸入插孔 | ⑤ AC/DC 量測選擇鈕 | ⑨ 警示聲($\sigma < 1\text{moh}$) |
| ② 接地輸入插孔 | ⑥ 電壓量測選擇鈕 | ⑩ 量測範圍選擇鈕 |
| ③ 2A 電流量測輸入插孔 | ⑦ 電流量測選擇鈕 | ⑪ 電源開關 |
| ④ 20A 電流量測輸入插孔 | ⑧ 電阻量測選擇鈕 | ⑫ 顯示幕 |



壓克力板



可變電阻

- ① 導線插孔
- ② 電阻變化滑扭