

Chroma 19501 局部放電測試指南 – 光耦合器

August 2021
Chroma ATE Inc.

目 錄

一、	目的	3
二、	法規要求	3
三、	設備操作	7
四、	測試方法	15
五、	參考資料	16

一、 目的

光耦合器元件以光為媒介傳輸訊號提供訊號傳輸與隔離，其元件特性於輸入與輸出端之間具有良好電氣隔離狀態，因此常使用於跨接高壓電路與低壓訊號電路之間的場合，為安規管制元件須通過所銷售區域之安全標準認證才能於該區域販售。

於法規中要求光耦合器元件生產時 100%執行耐壓測試與局部放電檢測來確保光耦合器元件在最大工作電壓內不會發生局部放電而導致長時間工作所引發的材質變異危害人員操作安全。本文將針對安全法規要求內容與生產檢驗上所須注意事項進行說明。

二、 法規要求

與光耦合器高壓安全相關法規及其要求

- (1) IEC 60747-5-5 為全球光耦合器件的安全標準
- (2) UL 1577 為美國 UL 對光耦合器件的安全標準
- (3) VDE 0884-5 為德國電氣工程師協會對光耦合器件的安全標準(同歐洲標準 EN)
- (4) 法規條文中對於高壓檢測項目要求對照整理如表(1)

表(1) 光耦合器法規測試要求

法規與範疇	IEC 60747-5-5 VDE 0884-5	UL 1577
Isolation test (Withstand voltage test)	Yes	Yes
Partial discharge test	Yes	No

1 法規標準 - IEC 60747-5-5 (VDE 0884-5)

1.1 名稱: Semiconductor devices – Discrete devices – Part 5-5 : Optoelectronic devices – Photocouplers

1.2 高壓測試條文要求

1.2.1 條文 8.3 Isolation resistance between input and output R_{IO}

1.2.1.1 測試方法 – 以 DC 電壓量測輸入端(input)與輸出端(output)之間的絕緣電阻

1.2.1.2 測試電壓(V_{IO}) – 500Vdc

1.2.1.3 測試時間 – 60 秒

1.2.1.4 判定條件 – 於不同試驗階段有不同規格要求，最小的絕緣電阻要求 $R_{IO} \geq 10^{12} \Omega$

1.2.1.5 執行階段 Sample test

1.2.2 條文 8.4 Isolation test

1.2.2.1 測試方法 – 以 AC 電壓或 DC 電壓對輸入端(input)與輸出端(output)之間做絕緣耐壓測試

1.2.2.2 測試電壓 – 以元件規格標示的 Isolation voltage 做測試

1.2.2.3 測試時間

- Sample test : 60 秒
- Routine test : 測試電壓提高至 120% · 1 秒或 2 秒

1.2.2.4 判定條件

- 測試期間不能發生 Flashover 於元件內部或外部
- 測試期間不能發生絕緣崩潰

1.2.2.5 執行階段 Sample test 與 Routine test

1.2.3 條文 8.5 Partial discharges of photocouplers

1.2.3.1 測試方法 – 以 AC 電壓對輸入端(input)與輸出端(output)之間做局部放電測試

1.2.3.2 測試電壓定義

- $V_{pd} = F \times V_{IOWM}$ if $V_{IOWM} \geq V_{IORM}$
- 備註

(1) F: Multiplying factor 放大倍率

測試階段	F
生產測試 Routine test	1.875
樣品測試 Sample test and After life test	1.6
耐久性測試後 After endurance tests	1.2

(2) V_{IOWM} : 最大絕緣工作電壓 Maximum working isolation voltage

(3) V_{IORM} : 最大重複峰值電壓 Maximum repetitive peak isolation voltage

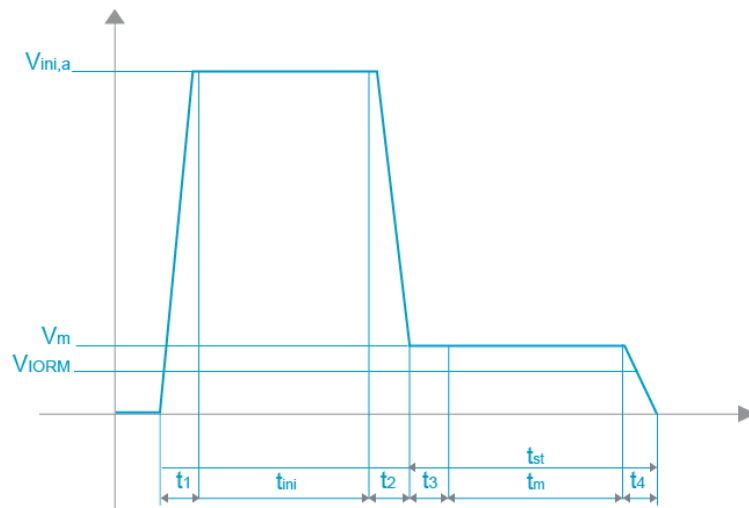
1.2.3.3 測試時間

- 測試方法(a)與測試方法(b)參考如下表(2) 測試條件

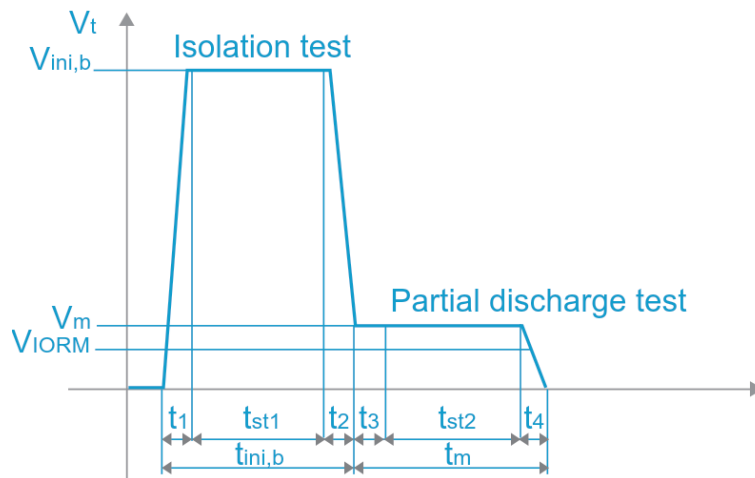
表(2) 測試條件

條件	方法(a)	方法(b)
t_{ini}	60sec	1sec
$t_{st\ typ.}$	12sec	1.2sec
t_m	10sec	1sec
$t_{st2\ typ.}$	--	1.2sec
t_1, t_2	100V/sec or 1000V/sec	--
t_3, t_4	1sec	--
Vpd	$F \times V_{IOWM}$ or V_{IORM}	$1.875 \times V_{IOWM}$ or V_{IORM}

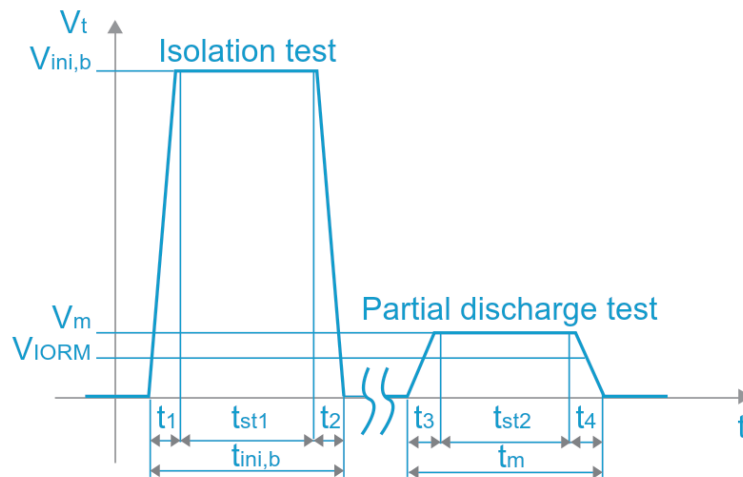
■ 測試方法(a)



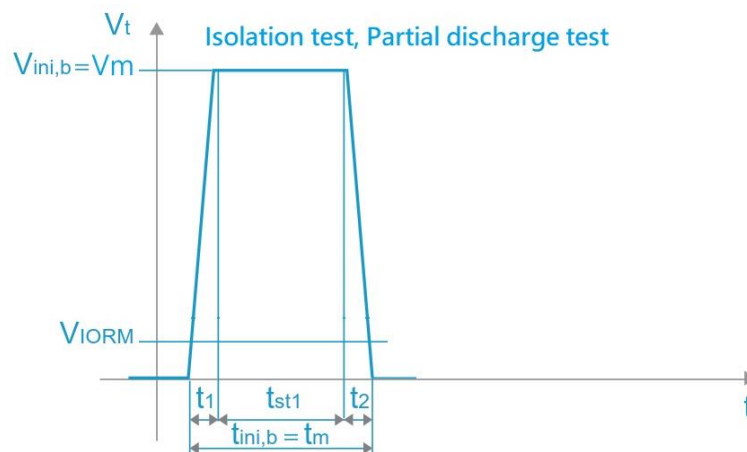
■ 測試方法(b)



Method b1



Method b2



Method b3

■ 備註

(1) 測試方法(b) 執行可以選擇

- i. B1：絕緣耐壓與局部放電為接續性測試
- ii. B2：絕緣耐壓與局部放電允許分段式測試
- iii. B3：絕緣耐壓與局部放電為同時測試

1.2.3.4 判定條件 – $\leq 5\text{pC}$

1.2.3.5 執行階段 – Sample test 與 Routine test

1.3 測試設備要求(PD)

1.3.1 輸出電壓 – 要求 $< 5\%$ 誤差

1.3.2 濾波器中心頻率(f_0)範圍 – 150 kHz ~ 2 MHz

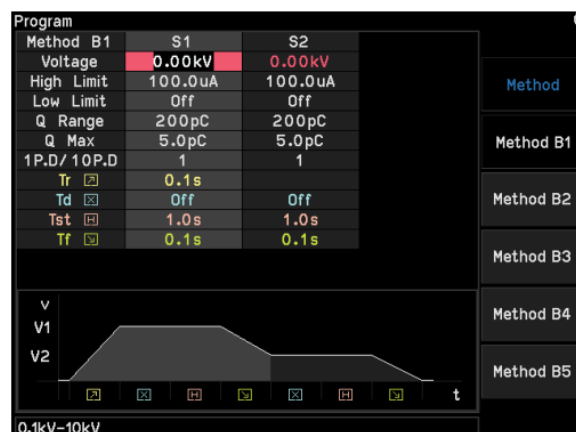
- 1.3.3 濾波器頻寬(Δf) – 要求 $<15\text{KHz}$
- 1.3.4 耦合電容 Coupling capacitor – $\geq 1\text{ nF}$
- 1.3.5 對校正器要求
 - 1.3.5.1 執行時間 – 每天執行與更換不同待測物之間
 - 1.3.5.2 最小解析 – 1pC
 - 1.3.5.3 校正器輸出 – 5pC
 - 1.3.5.4 Rise time – $< 50\text{nS}$
 - 1.3.5.5 Delay time – $100\mu\text{S} \sim 1000\mu\text{S}$

2 法規標準 – UL 1577

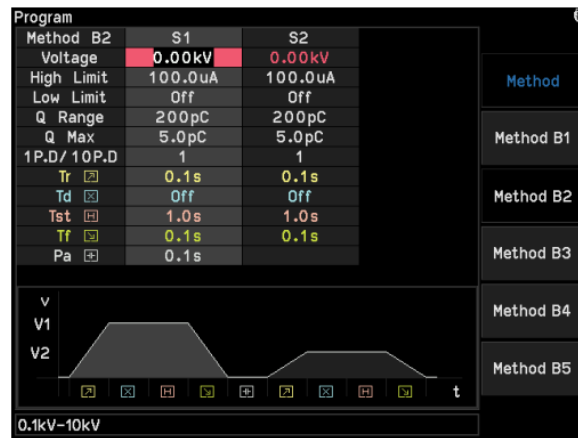
- 2.1 名稱 : Electrically Isolated Semiconductor Devices
- 2.2 高壓測試條文要求
 - 2.2.1 條文 – 14 Dielectric Voltage-Withstand Test
 - 2.2.2 測試方式 – 以 AC 電壓對輸入端(input)與輸出端(output)之間做絕緣耐壓測試
 - 2.2.3 測試電壓 – 以元件規格標示的 Isolation voltage 做測試
 - 2.2.4 測試時間 – 60 秒或測試電壓提高至 120% · 測試時間可縮短為 1 秒
 - 2.2.5 測試要求 – 測試期間不能發生絕緣崩潰
 - 2.2.6 執行階段 – Sample test 與 Routine test

三、 設備操作

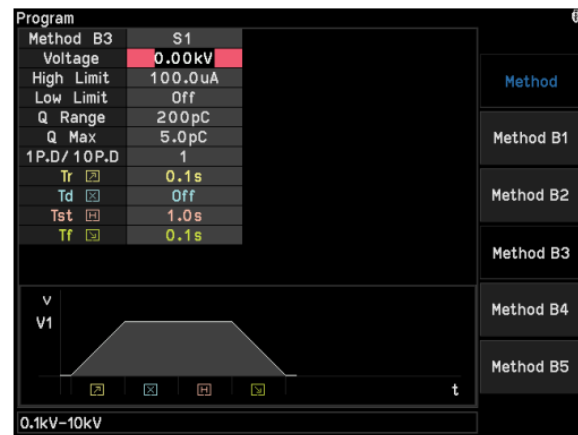
- 1. 依使用者欲執行模式或工廠生產配置進行測試模式選擇
 - 1.1. b1 : 絕緣耐壓與局部放電為接續性測試



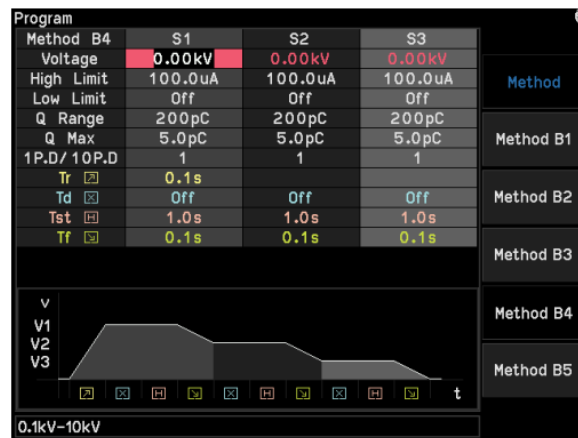
1.2. b2: 絕緣耐壓與局部放電允許分段式測試



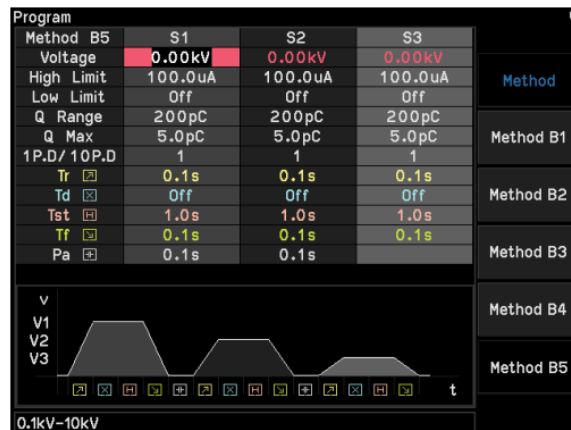
1.3. b3: 絕緣耐壓與局部放電為同時測試



1.4. b4: 除了法規要求絕緣耐壓與局部放電之外，增加第三段品質檢測要求，其輸出方式採接續性測試。

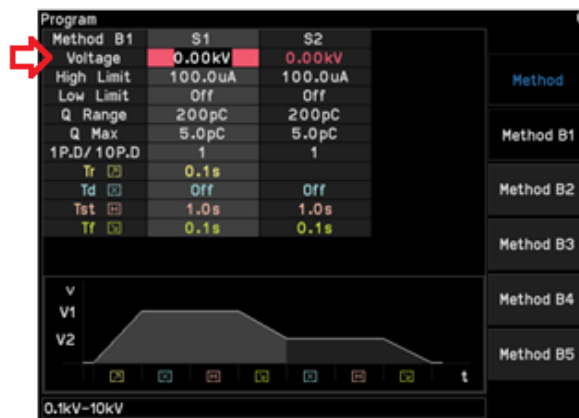


1.5. b5 除了法規要求絕緣耐壓與局部放電之外，增加第三段品質檢測要求，其輸出方式採分段式測試。



2. 各參數設定說明

2.1. 電壓設定(Voltage)：產品(DUT)依據法規要求進行測試電壓設定，以 b1 測試方法為例。



2.1.1. S1 設定絕緣耐壓測試電壓

以圖(1) 材料規格表為例，Viso 測試電壓為 5000 Vrms 或者可以提高測試電壓至 6000 Vrms 將測試時間縮短為 1sec，兩者取一條件做生產測試規格。

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions	Figures	Notes
Input-Output Momentary Withstand Voltage*	V _{ISO}	5000			V _{RMS}	RH ≤ 50%, t = 1 minute, T _A = 25 °C	1, 2	

* The Input-Output Momentary Withstand Voltage is a dielectric voltage rating that should not be interpreted as an input-output continuous voltage rating.

Notes:

1. Device considered a two-terminal device: pins 1, 2, 3 and 4 shorted together, and pins 5, 6, 7 and 8 shorted together.
2. In accordance with UL 1577, each optocoupler is proof-tested by applying an insulation test voltage > 6000 V_{RMS} for 1 second.

圖(1)

2.1.2. S2 設定局部放電測試電壓

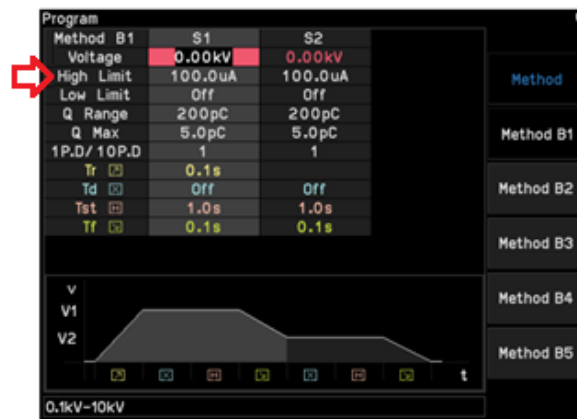
以圖(2) 樣品規格表為例，V_{pd} 測試電壓為 2137 V_{peak} (1512 Vrms) 做生產測試規格。

IEC/EN/DIN EN 60747-5-5 Insulation Related Characteristic (Option 060 and 560 only)

Description	Symbol	Option 060 and 560	Units
Pollution Degree (DIN VDE 0110/1.89)		2	
Maximum Working Insulation Voltage	V_{IORM}	1140	V_{PEAK}
Input to Output Test Voltage, Method b $V_{IORM} \times 1.875 = V_{PR}$, 100% Production Test with $t_m = 1$ sec Partial Discharge < 5 pC	V_{PR}	2137	V_{PEAK}
Input to Output Test Voltage, Method a $V_{IORM} \times 1.6 = V_{PR}$, Type and sample test, $t_m = 10$ sec, Partial Discharge < 5 pC	V_{PR}	1824	V_{PEAK}
Highest Allowable Overvoltage (Transient Overvoltage, $t_{ini} = 60$ sec)	V_{IOTM}	8000	V_{PEAK}
Insulation Resistance at T_S , $V_{IO} = 500$ V	R_S	>10 ⁹	Ω

圖(2) 樣品規格表

2.2. 漏電流上限設定(High limit)：根據待測物 (DUT) 的雜散電容大小不同，會有一個持續電流流過這些雜散電容，漏電流上限設定上會建議以正常品的漏電流 3~5 倍電流值做為漏電流上限設定值。



範例說明：一顆光耦合器雜散電容量約 1pF；容抗計算 $X_c = 1/2\pi fc$ ($f=50\text{Hz}$)

於 6000Vrms 電壓條件下，其漏電流(I)約等於 2uA；

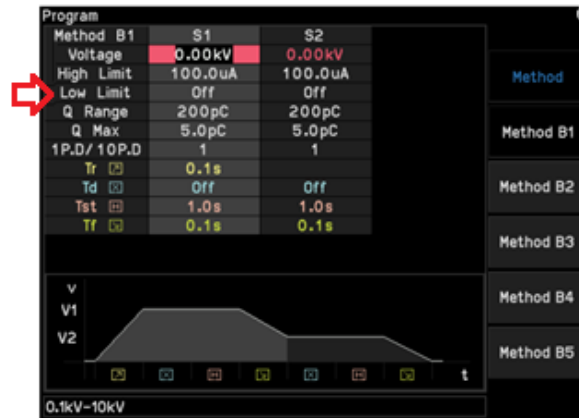
因此漏電流上限建議可設定為 10uA max.。

- 備註：建議漏電流上限值設定為 10uA

(不包含測試迴路經過自動化配線及測試治具所額外產生之漏電流值)

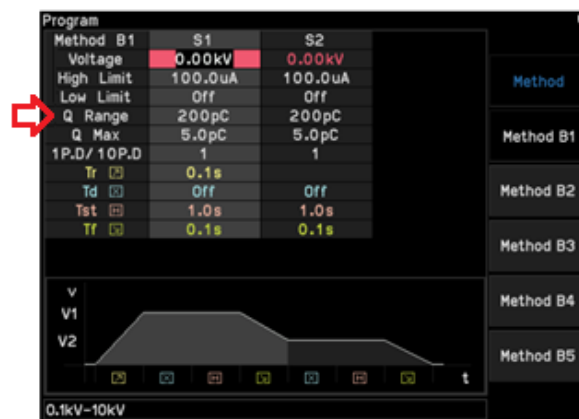
2.3. 漏電流下限設定(Low limit)

2.3.1. 漏電流下限一般用於判斷待測物與測試儀器之間是否有良好接觸，同項目 2.2 為例，光耦合器於 6000Vrms 條件下，其漏電流大小約 2uA，因此可以設定漏電流下限 1uA 來檢查測試接線連接是否正常，但因雜散電容很小，有時會受測試線材或測試治具的影響而導致漏電流下限無法正常判斷接線連接正常與否。



2.3.2. 因 19501-K 測試設備具有 HVCC (High voltage contact check) 高壓接觸檢查功能，因此用於測試接線的檢查可直接開啟 HVCC 功能即可。

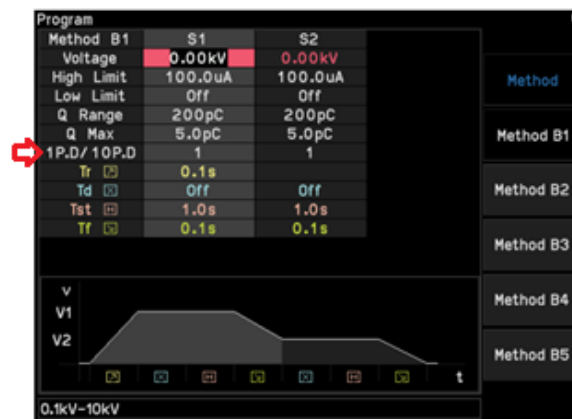
2.4. 檔位設定(Q Range)：設定 PD 測量檔位，檔位設定至 200pC. (量測範圍 1.0pC~200pC)。



2.5. 最大放電量設定(Q max.)：設定局部放電發生允許最大放電量(pC)，參考 IEC 60747-5-5 法規要求，將 Q max. 設定為 5pC。

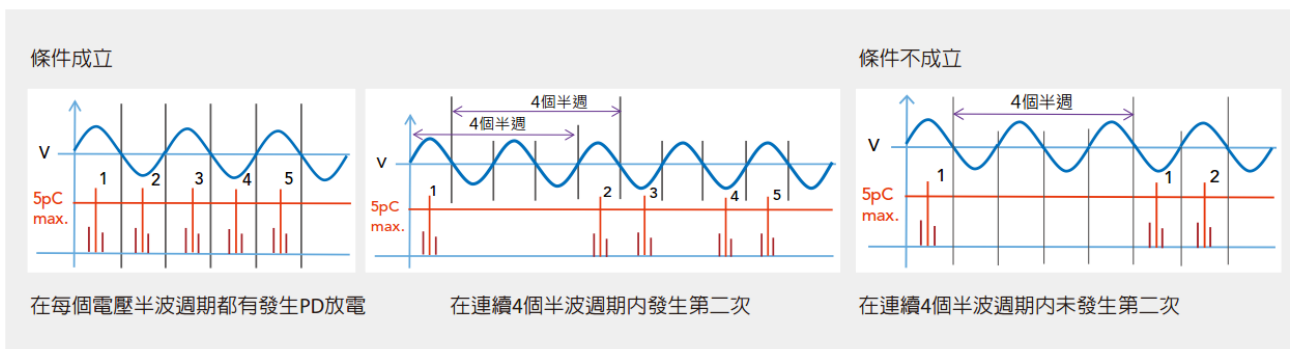


2.6. 局部放電次數設定(1P.D/10P.D)：局部放電發生且超過 Q_{max} 值之發生次數設定，通常建議設定為 1P.D。



2.6.1. 設定為 1P.D 表示當 PD 偵測超過 5pC 上限時，測試設備即會停止輸出。

2.6.2. 設定為 5P.D 表示在連續 4 個半波電壓週期內至少發生過一次大於 5pC，連續計數發生次數大於 5 次時設備才會停止輸出，如下圖(3)放電次數說明。



範例說明 - PD不良發生次數設定為5 P.D

圖(3) 放電次數說明

2.7. 緩升時間設定(T_r)：

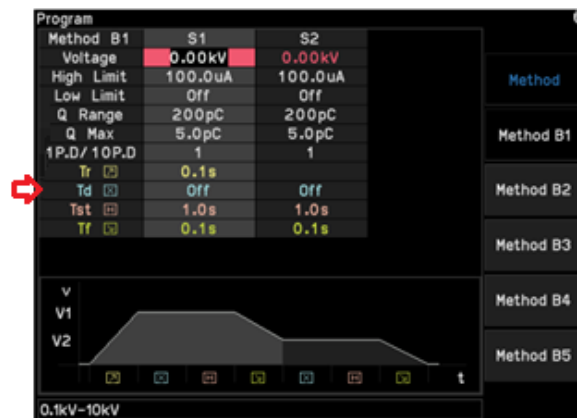
2.7.1. 因為交流電壓輸出測試，通常不需要太長的緩升時間設定，以設備預設值 0.1sec 做測試或額外增加緩升時間來降低光耦合器瞬間絕緣不良所造成的破壞損傷。

- 2.7.2. 如果使用者採用 IEC 60747-5-5 法規中測試方法(a) · 其電壓爬升率必須滿足 100V/sec 或 1000V/sec 之要求進行緩升時間設定。

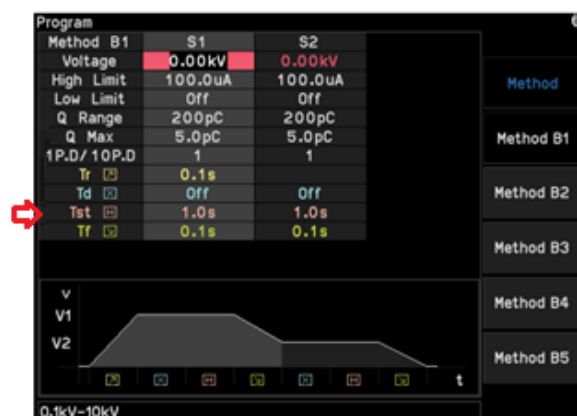


2.8. 等待時間設定(Td) :

- 2.8.1. 為了使 PD 偵測能在電壓穩定狀態做判斷，可以適時加入等待時間設定，讓電壓到達設定電壓後，等待時間才開啟 PD 判斷，一般建議可以設定 0.3sec.。
- 2.8.2. 如果使用者採用 IEC 60747-5-5 法規中測試方法(a) · 其等待時間(td)必須設定為 1sec.。



- 2.9. 測試時間設定(Tst)：測試時間設定，根據 IEC 60747-5-5 法規要求，根據測試方法(a)與方法(b)測試時間有所不同，參考如下表(3) 測試時間。



表(3) 測試時間

條件	方法(a)	方法(b)
S1 Tst	60sec	1sec
S2 Tst	10sec	1sec

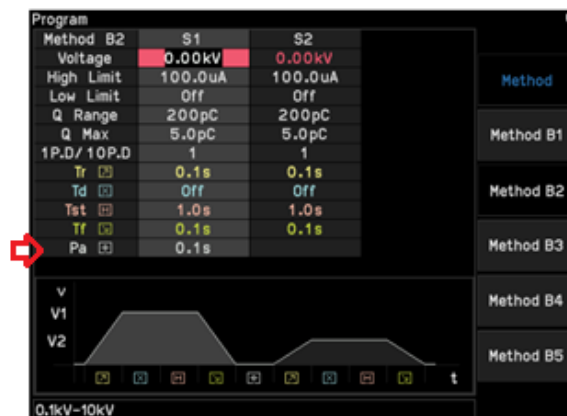
2.10. 緩降時間設定(Tf)

2.10.1. 因為交流電壓輸出測試，通常不需要緩降時間設定，以設備預設值 0.1sec 做測試即可。

2.10.2. 如果使用者採用 IEC 60747-5-5 法規中測試方法(a)，其電壓下降率必須滿足 100V/sec 或 1000V/sec 之要求進行緩降時間設定。



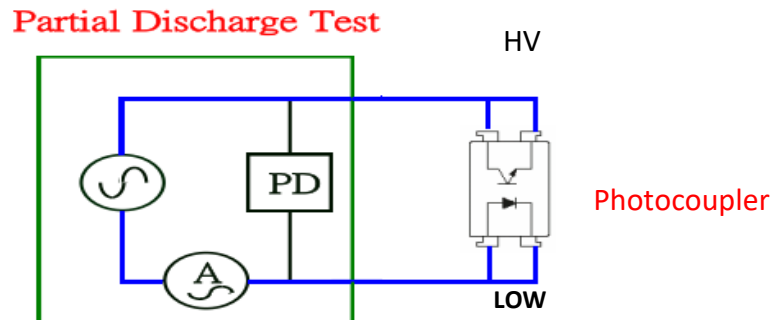
2.11. 等待時間設定(Pa)：為測試方法 b2 與 b5 模式狀態下才有的設定項目，電壓從 S1 階段轉換至 S2 階段過程中停留等待時間，於此時間內測試設備不會有電壓輸出，可以讓使用者進行外部測試治具切換使用。



四、 測試方法

1 測試接線方式

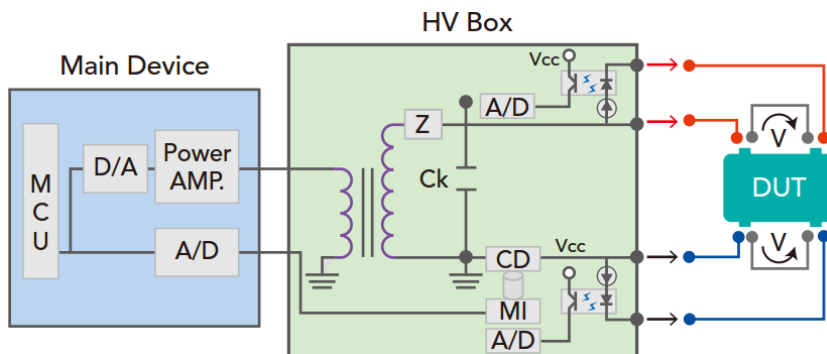
1.1 將光耦合器 Input 與 Output 引腳分別短路與連接至測試設備高壓端(HV)與低壓端(LOW)·測試接線方式如下圖(4)。



圖(4) 測試接線示意圖

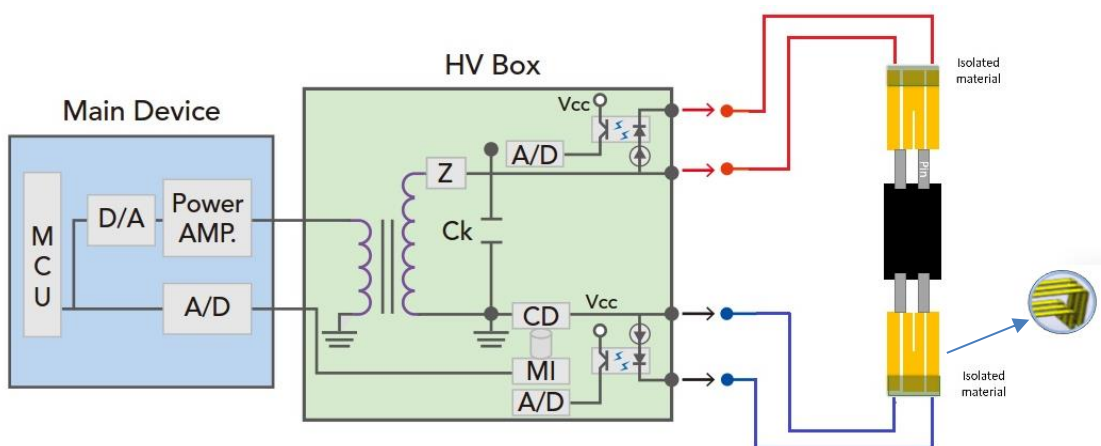
2 四線式接觸檢查(HVCC)接線方式

2.1 如果有開啟高壓接觸檢查功能(HVCC)使用者·其接線方式會由兩線式改為四線式接線·須搭配外部短路治具來實現接觸檢查功能·測試接線方式如下圖(5)。



圖(5) 四線式測試接線示意圖

2.2 開啟 HVCC 功能的使用者·外部測試治具-四線式接線 Finger 的設計建議如下圖(6)。



圖(6) 四線式接觸檢查 Finger 設計參考

3 其它測試建議

- 3.1 單次測試數量以 1pcs 為佳，光耦合器 PIN 數越多或單次測試數量顆數增加其相對金屬(PIN 腳)裸露面積變大，會加大 PD 測試受環境干擾影響程度。
- 3.2 與自動化設備測座連接
 - 3.2.1 將 HV BOX 探針直接與自動機台測試座做接觸為佳。
 - 3.2.2 如需使用外部測試引線，則其線材越短越好(<50cm)。
- 3.3 降低測試環境干擾
 - 3.3.1 於 LOW 端加裝金屬隔離罩並且進行接地。
 - 3.3.2 測試治具 LOW 端之金屬裸露面積越小越好。
- 3.4 治具材料選用上，使用高強度絕緣材料以避免治具自體產生 PD 放電。
- 3.5 自動化機構與治具設計人員
 - 3.5.1 設計者須具備高壓測試應用相關知識，於設計之初即考量到絕緣距離的要求。
 - 3.5.2 測試治具應明確標示所適用之待測物尺寸與腳距，當待測物更換時，利於評估其適用性。
 - 3.5.3 任何設計變更都需要考量治具的絕緣耐壓要求。
 - 3.5.4 與測試座相關部件盡可能的降低使用導電性金屬材料，避免增加環境噪音干擾。

五、 參考資料

- [1] IEC 60747-5-5 : 2013
- [2] UL1577:2009
- [3] IEC 60270:2000
- [4] Chroma 19501-K 局部放電測試器使用說明手冊