



會管理LIB堆疊捲繞品質的電池芯絕緣測試器

Chroma 11210

Product Marketing VP, 曾漢仁

T&M BU, Chroma ATE

2025/7/09

1. 鋰離子電池芯(LIB)的絕緣測試需求

- 鋰離子電池為什麼大多數都在充電時起火
- 現在的電池製造者為什麼檢測不出
- 建議的做法
- 透過C測量管控電芯堆疊/捲繞的品質
- Chroma 11210 +Flash Test 功能的應用

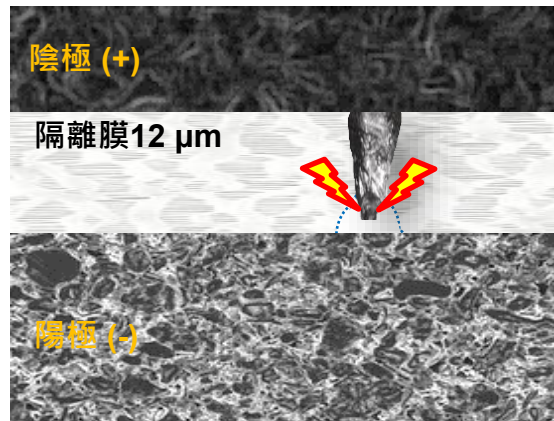
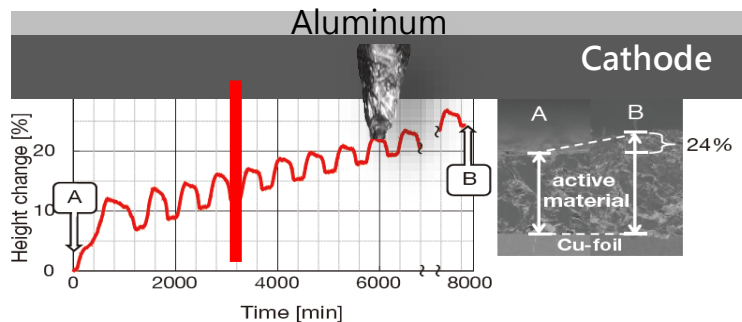


1. 鋰離子電池芯(LIB)的絕緣測試需求

1.1 鋰離子電池為什麼大多數都在充電時起

導致LIB起火的主要原因:

- 負極材料在充電時因鋰離子嵌入持續膨脹 (固態電介層生成等) (石墨約膨脹24% @ 10 完整充放電週期)
- 若存在正電極毛邊或金屬異物導致發生內短引發熱點在有機電解液內點燃.

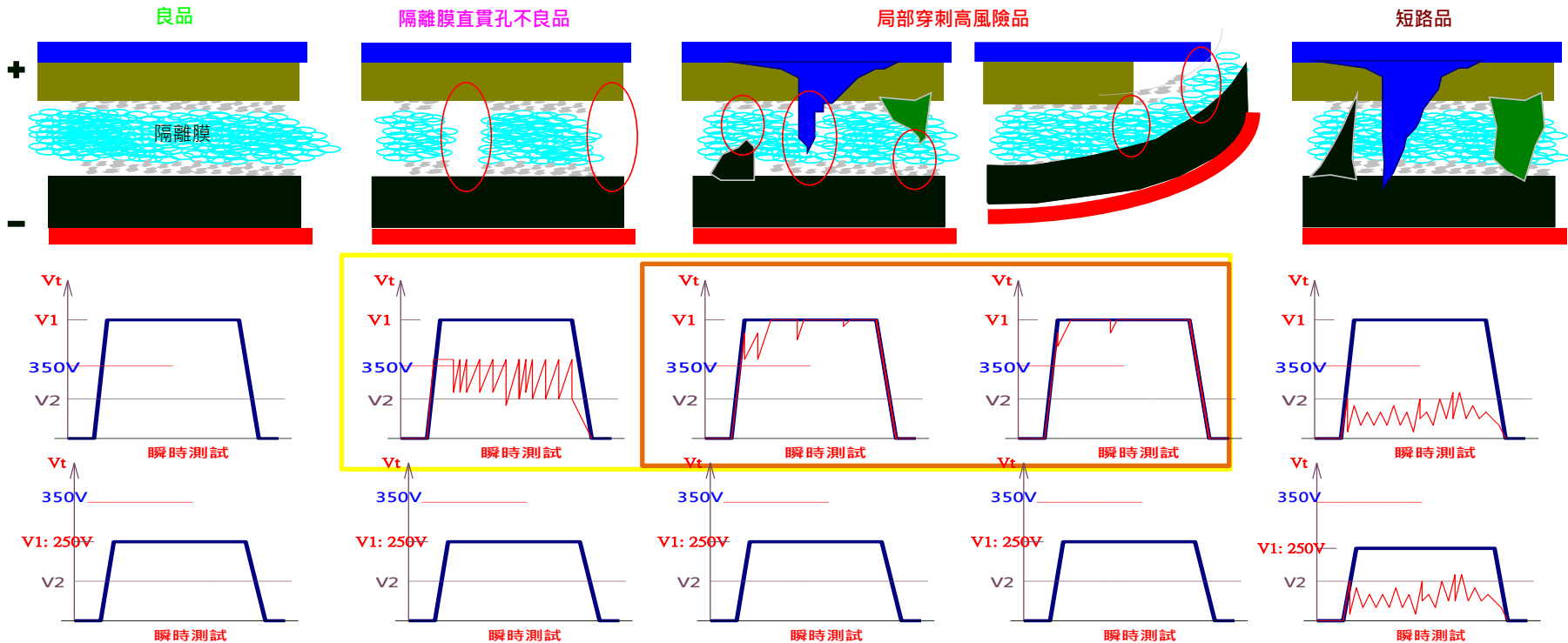


3rd. Charge & Discharge

→ 所以要檢出的是” 還沒短路的異常品

1. 鋰離子電池芯(LIB)的絕緣測試需求

1.2 現在的電池製造者為什麼檢測不出 - 電池芯絕緣異常種類



250V只能檢出已短路品。

□ 測試電壓過低無法檢出。

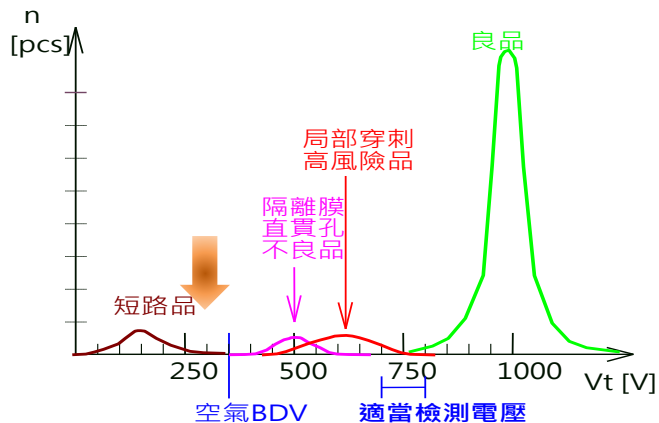
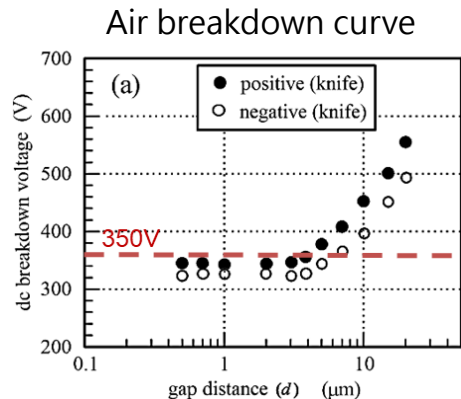
□ 需要電氣閃絡檢出功能。

1. 鋰離子電池芯(LIB)的絕緣測試需求

1) 一般電池芯製造廠用於乾電芯(未注液前)的絕緣耐壓測試電壓 **太低!**

- 隔膜破孔或內縮, 局部穿刺隔離膜, (要短路不短路) 的不良品崩電壓約在400V~750V 註1 (電壓越高, 可檢出檢出異常越多)
- 一般電池芯製造商多使用 $\leq 250V_{dc}$, ~300V

註1: 台南大學張家欽教授團隊與成大材料科學及工程學系 劉浩志教授 團隊研究成果.

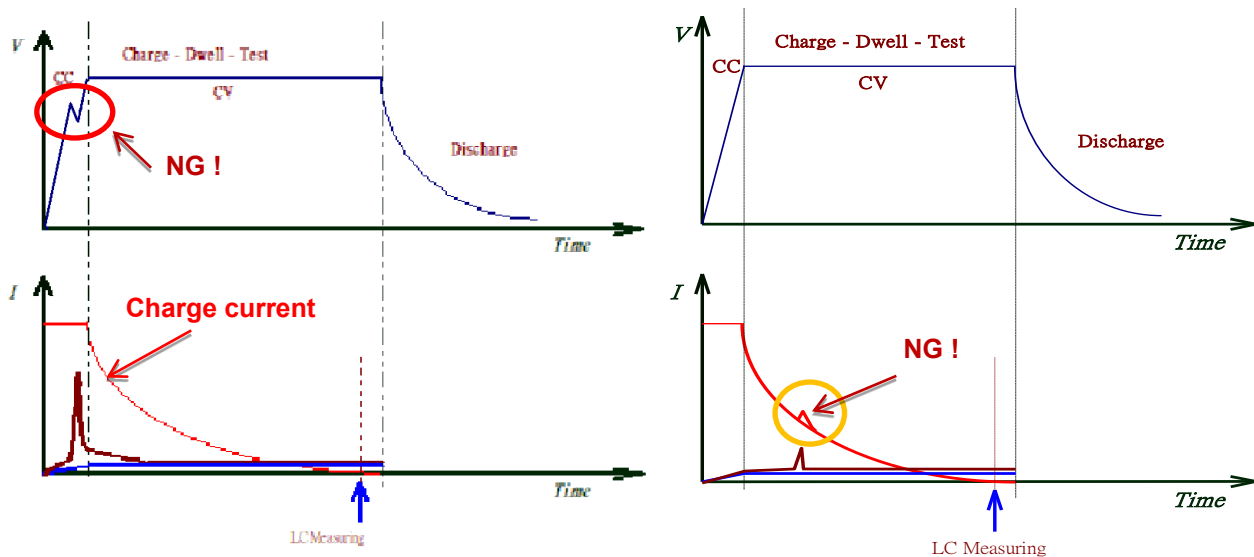


LIB 乾電芯耐壓分布 (參考例)

1. 鋰離子電池芯(LIB)的絕緣測試需求

1.2 現在的電池製造者為什麼檢測不出

2) 一般電池芯製造廠用於乾電芯(未注液前)的絕緣耐壓測試 無電氣閃絡 (Flashover) 檢出



Chroma 11210
電氣閃絡檢出概念

電氣閃絡: 電壓或電流的快速變化. 電氣放電過程電極間之存在一個單一絕緣, 此絕緣在某一較高電位後失效, 但會在某一較低電位停止放電現象. (電極有毛邊容易出現此狀態)

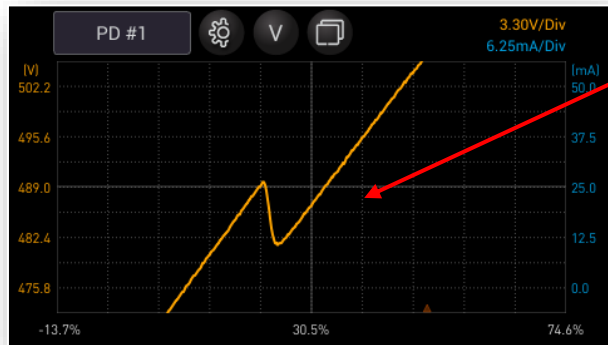
1. 鋰離子電池芯(LIB)的絕緣測試需求

1.3 建議的做法

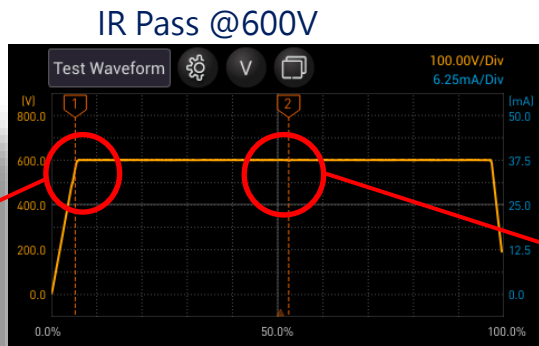
- 提高乾電芯的絕緣測試電壓
- 測試中須有電氣閃絡(Flashover) 檢出



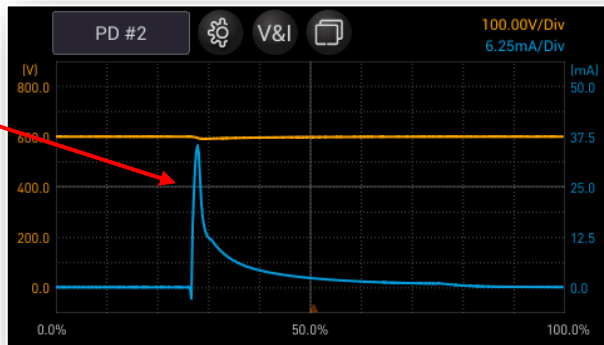
Chroma 11210 電池芯絕緣測試器
(具異常波形紀錄功能)



在充電電壓爬升過程發生電壓電氣閃絡.



電壓波形看似正常..



在測試延遲過程中發生電流電氣閃絡

1. 鋰離子電池芯(LIB)的絕緣測試需求

1.4 C 量測：透過C測量管控電芯堆疊/捲繞的品質

$$(C = \epsilon \frac{A}{d} \quad ; \epsilon: \text{介電係數}, A \text{ 電極有效面積}, d: \text{電極間距})$$

例: 批次性 C 變小

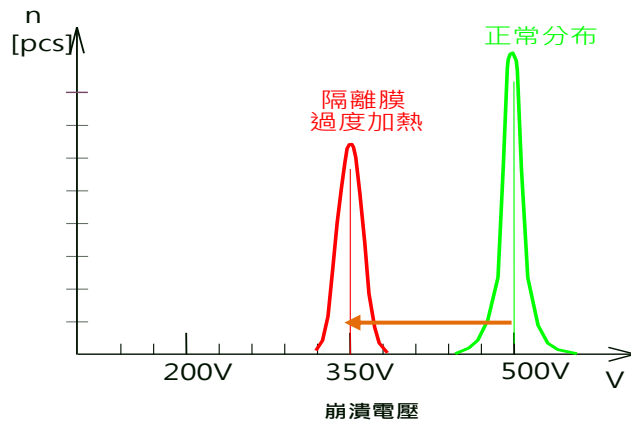
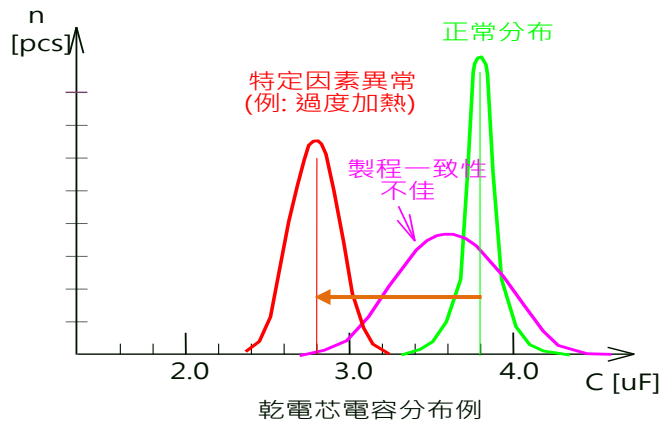
參數	表象可能原因	實際可能原因	對電池品質影響	註
ε 變小	隔離膜疏孔率異常上升	原始材料改變	① 隔膜耐壓降低, 間接降低可測試電壓, 影響毛邊或金屬異物混入可檢出能力. ② 可能多處局部破孔未來容易內短或電析	
		製程過度加熱		
	堆疊/捲繞皺褶, 鬆散	機械失修或調整不佳	內阻增加, 充放電不均勻, 電芯組裝異常	
A 變小	電極重和度不佳	機械失修或調整不佳	容量降低, 易電析內短	
d 變大	膜厚增加	原始材料改變	內阻增加	
	堆疊/捲繞皺褶, 鬆散	機械失修或調整不佳	內阻增加, 充放電不均勻, 機械組裝異常	
	測試壓力過低	機械失修或調整不佳	影響毛邊或金屬異物混入可檢出能力	

1. 鋰離子電池芯(LIB)的絕緣測試需求

1.4 C 量測：透過C測量管控電芯堆疊/捲繞的品質

$$(C = \epsilon \frac{A}{d} \quad ; \quad \epsilon: \text{介電係數}, A \text{ 電極有效面積}, d: \text{電極間距})$$

例: 批次性 C 變小



實例: 隔離膜異常加熱製程, 致疏孔變大或多處局部微破孔.

- 靜電容量下降 (約3.8uF 降至2.8uF)
- 耐壓下降 (約150V) 至接近空氣耐壓電位 (350V)

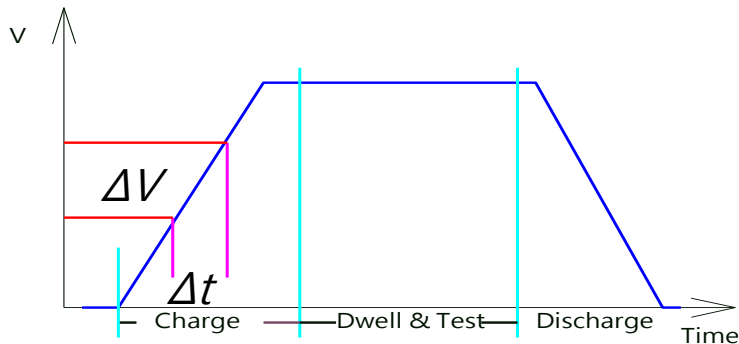
(註: 正常分布耐壓僅供參考, 並非理想電芯耐壓)

1. 鋰離子電池芯(LIB)的絕緣測試需求

1.4 C 量測：透過C測量管控電芯堆疊/捲繞的品質

Chroma 11210 + A112101 PD Analyzer 新增靜電容量量測功能, 可用於管理前表所列電芯堆疊/捲繞的品質

- ① 隔離膜: 進料(膜厚, 疏孔率), 製程異常加熱
- ② 捲繞堆疊: 皺褶, 鬆散, 電極重和度
- ③ 測試治具壓力



$$C = \frac{I_c * \Delta t}{\Delta V} = \epsilon \frac{A}{d}$$

(ϵ : 介電係數, A 電極有效面積, d: 電極間距)

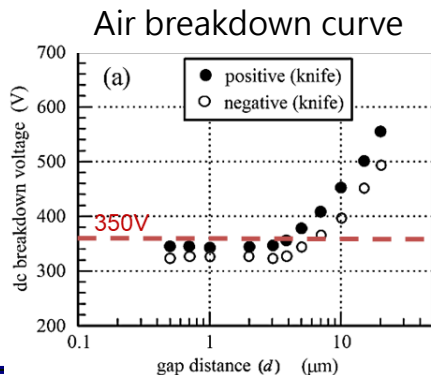
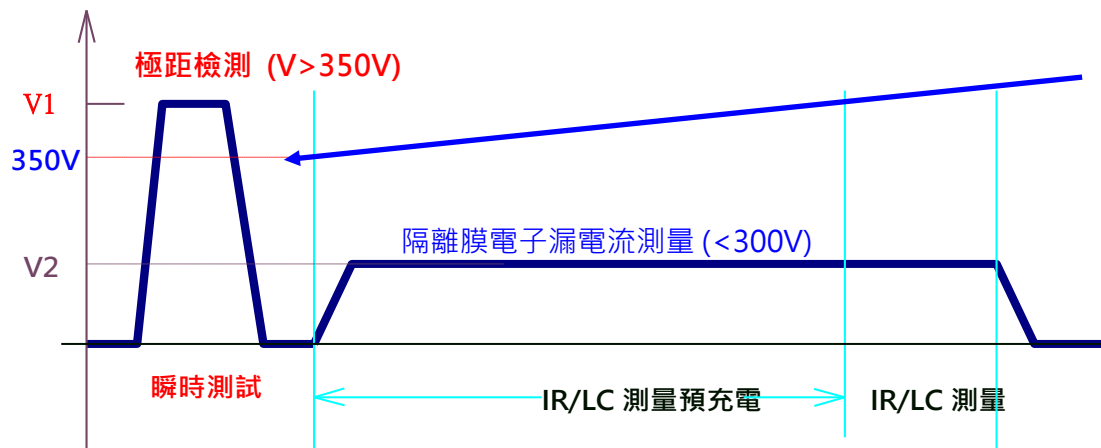
1. 鋰離子電池芯(LIB)的絕緣測試需求

1.5 Chroma 11210 + Flash Test 功能的應用

+ Flash Test 測試功能允許在一個測試程序中2 個測試電位(V_1 , V_2)及各自獨立的異常判定條件. 基本上可應用於兩種測試情境.

1. 有效的正負電極間距(V_1 , 耐壓) + 隔離膜內的電子導電雜質 (V_2 , 絕緣電阻/漏電流)

這兩個需求在所需 **測試電壓**, **測試時間**, 以及 **LC漏電流測量程度** 等條件都不同! 前者需要較空氣崩潰電位(>350V) 高的測試電壓, 較短的測試時間主要看是否發生崩潰或電氣閃絡; 而後者則需較低測試電壓 (<300V), 但較長的測量延遲時間確保量到接近真實漏電流或絕緣電阻.

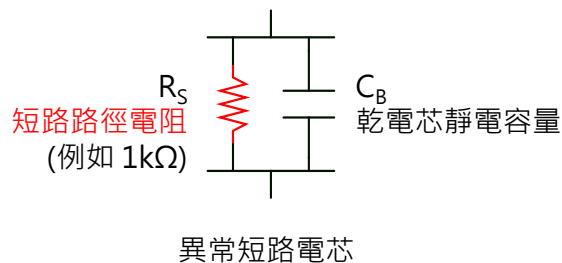
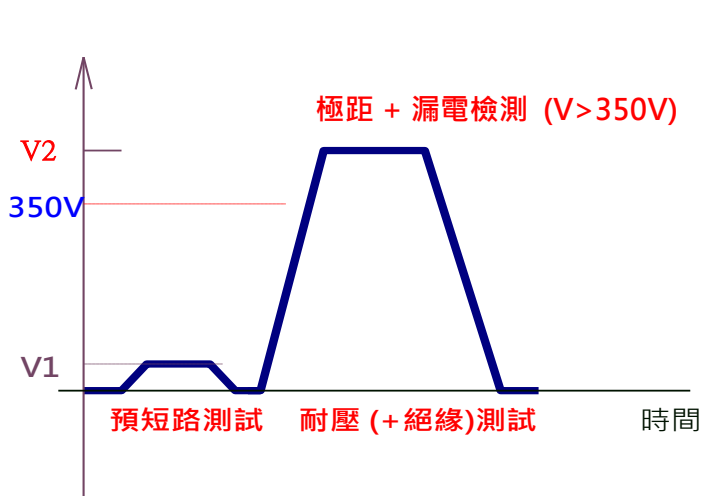


1. 鋰離子電池芯(LIB)的絕緣測試需求

1.5 Chroma 11210 + Flash Test 功能的應用

2. 預短路測試 (V_1 , 短路電阻測試) + 有效的正負電極間距(V_2 , 耐壓)

部份不良品在測試前既已有內部短路, 若直接以高壓測試可能在測試過程路徑過熱燒毀後形成開路, 有機率在隔離膜形成焦孔後, 形成假良品. 在真正的耐壓測試前以一低電位進行預短路檢測可預防此類異常.



預短路測試例:
 V_1 : 5V; I_c : 50mA; 測試時間0.2S, $IR > 100k\Omega$



Thank You