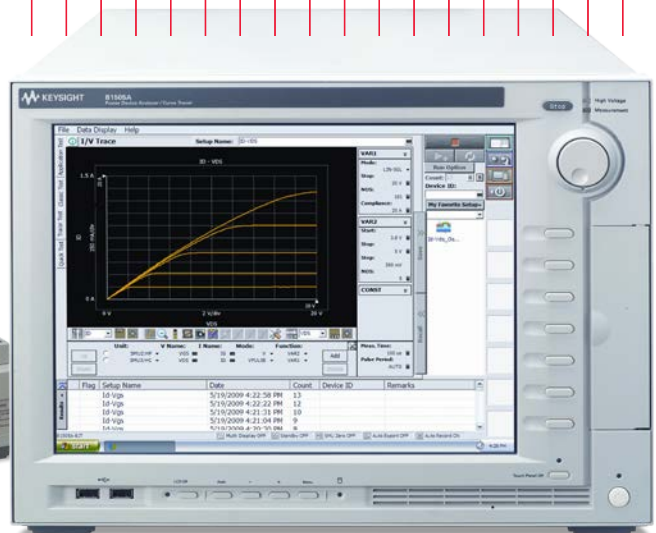


# Keysight Technologies

## 使用 Keysight B1505A 分析 功率 MOSFET 電氣特性

Keysight B1505A 功率元件分析儀 / 曲線追蹤儀

應用說明



## 簡介

Keysight B1505A 功率元件分析儀 / 曲線追蹤儀是強而有力的功率元件特性分析工具，備有多項可以提高量測效率和準確性的先進功能。

Keysight B1505A 採用電源量測設備 (SMU) 技術，並提供 40 A 與 3 kV 的電源供應功能，因此可輕易地為元件提供精密的電流和電壓，其參數萃取能力也較傳統的類比曲線追蹤儀來得快而準確。

Keysight B1505A 可在高達 3 kV 直流偏壓狀態下，執行準確的電容對電壓 (CV) 量測。此外，在量測高電壓 CV 時，您可使用 Keysight B1505A 的 SMU 對非量測端子進行偏壓，以加速萃取複雜的 CV 參數。Keysight B1505A 讓您能輕而易舉地直接量測 MOSFET 資料表中列出的電容參數，例如  $C_{iss}$ 、 $C_{oss}$  及  $C_{rss}$ 。

EasyEXPERT 是常駐於 Keysight B1505A 的 GUI 軟體，支援功率 MOSFET 參數的自動萃取（包括線條和標記的自動放置），可省去量測後的手動校正。Keysight B1505A 是可全面取代傳統曲線追蹤儀的強大替代產品，提供增強的測試效率和量測準確度。這份應用說明闡述如何使用 Keysight B1505A 功率元件分析儀 / 曲線追蹤儀，來量測功率 MOSFET 常見的直流和電容參數。

### 典型的 MOSFET 參數

表 1 彙整了「典型的功率 MOSFET 資料表」或「規格表」所列的直流和電容參數。最右邊的兩欄列出 Keysight B1505A 是否可量測該參數以及適用於該參數的量測範圍。

過去使用者必須借助直流測試系統，或是包含曲線追蹤儀、電容電壓錶和直流偏壓源在內的一整組儀器，才能夠量測這些參數。然而，在 Keysight B1505A 問市後，所有這些參數只需透過一部儀器便可輕易完成量測。

表 1：功率 MOSFET 典型的直流和電容參數，以及 Keysight B1505A 的相容性

典型的功率 MOSFET 參數	符號	單位	量測 <sup>1</sup>	可使用 Keysight B1505A 量測	Keysight B1505A 典型的量測範圍
汲極對源極崩潰電壓	V(BR)DSS	V	Id-Vd	可以	-3,000 V 至 3,000 V (最低解析度為 200 $\mu$ V) <sup>2</sup>
閘極對源極電壓	VGSS	V	Ig-Vg	可以	-200 V 至 200 V (最低解析度為 2 $\mu$ V) <sup>3</sup>
汲極電流 (直流)	ID	A	Id-Vd	可以	-2 A 至 2 A (最低解析度為 10 $\mu$ A) <sup>4</sup>
汲極電流 (脈衝)	IDP, IDM	A	Id-Vd	可以	-40 A 至 40 A (最低解析度為 10 $\mu$ A) <sup>4</sup>
汲極對源極漏電流	IDSS	A	Id-Vd	可以	-8 mA 至 8 mA (最低解析度為 10 fA, $\leq 1,500$ V) <sup>5</sup>
閘極對源極漏電流	IGSS	A	Ig-Vg	可以	-1 A 至 1 A (最低解析度為 10 fA) <sup>3</sup>
閘極臨界值電壓， 或截止電壓	VGS(th) VGS(off)	V	Id-Vg	可以	-200 V 至 200 V (最低解析度為 2 $\mu$ V) <sup>3</sup>
正向轉移導納， 或正向跨導	yfs  Gfs	S	Vd-Id @Vds	可以	1 mS ~ 1000 S <sup>6</sup>
靜態汲極對源極導通 電阻	RDS(on)	ohm	Vd-Vg @Id	可以	優於 100 $\mu\Omega$ <sup>7</sup>
二極體正向電壓	VSD	V	Is-Vs	可以	-40 A 至 40 A (最低解析度為 10 $\mu$ A) <sup>4</sup>
逆向汲極電流	ISD	A	Is-Vs	可以	-40 A 至 40 A (最低解析度為 10 $\mu$ A) <sup>4</sup>
輸入電容	Ciss	pF	C-V	可以	在 C < 10 nF 時優於 1% <sup>8</sup>
輸出電容	Coss	pF	C-V	可以	在 C < 10 nF 時優於 1% <sup>8</sup>
逆向轉換電容	Crss	pF	C-V	可以	在 C < 10 nF 時優於 1% <sup>8</sup>

1. 為了萃取參數所進行的量測。

2. HVSMU

3. HPSMU

4. 需要兩個 HCSMU 和雙 HCSMU 組合轉接器。

5. 在 3000 V 時最大值為 4 mA。

6. 經驗法則 (例如：1 mA/1 V ~ 1 A/1 mV)。

7. 經驗法則 (例如：1 mV/10 A)。

8. 使用高電壓 T 型偏壓器轉接器時，最大直流偏壓達 3,000 V。

## 典型的功率 MOSFET 參數量測

使用 Keysight B1505A 可輕易量測典型的功率 MOSFET 參數。以下段落將說明如何量測表 1 所列的某些功率 MOSFET 參數。

### 有多個測試模式可供使用

Keysight B1505A 有 3 個測試模式可供使用：應用測試、典型測試和軌跡測試。每個測試模式都有其獨特的功能，請依不同因素（包括個人喜好）來選擇所需的模式。以下簡單說明每個測試模式的特點。

應用測試模式內含一個預設的測試程式庫，可免除手動設定大多數的儀器參數，以便執行常見的元件測試（例如  $I_d$ - $V_{ds}$  量測）。使用者可透過直覺的「填空」流程進行量測。只要輕鬆點擊量測按鈕，就可進行各項量測，並且自動萃取參數。

典型測試模式類似於 Keysight 4155/4156 半導體參數分析儀的操作介面，熟悉這些暢銷儀器的使用者可輕易的使用典型測試模式來建立量測配置。任何在應用測試模式程式庫中找不到的應用，皆可透過典型測試模式來執行量測。事實上，典型測試模式提供基本的儀器控制方法，而且應用測試模式程式庫中所有預設的測試應用，全都可使用典型測試模式。

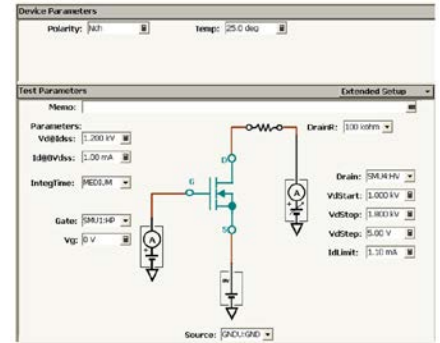
軌跡測試模式可模擬類比曲線追蹤儀，方便您在量測時使用 Keysight B1505A 面板旋鈕來即時修改參數。在改變電壓或電流輸入時，這項功能可提供裝置參數的即時反饋（例如崩潰電壓），有助於深入分析或是快速檢查新的或未知的裝置。以下例子使用這些不同的測試模式，來說明如何萃取功率 MOSFET 參數。

### 1. 汲極對源極崩潰電壓 $V(BR)_{DSS}$

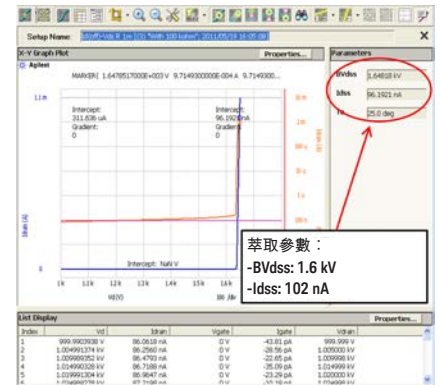
圖 1 為在  $I_d(on)$ - $V_{ds}$  應用測試中萃取兩個參數： $V(BR)_{DSS}$  和  $I_{DSS}$ 。圖 1 (a) 顯示基於 GUI 的量測參數設定視窗，其中包括一張裝置端子和 SMU 連接示意圖。您可在設定 SMU 連接後開始量測，必要時亦可修改預設量測參數。樣本測試結果如圖 1 (b) 所示，在輸出參數欄位中顯示自動萃取參數  $V_{BDSS}$  及  $I_{DSS}$  分別是 1.64 kV 和 102 nA。

如這個範例所示，應用測試模式讓複雜的參數萃取變得直覺又簡單。如此一來，使用者可將精力放在真正重要的量測上，並可免除從頭開始建立測試設定時所產生的錯誤。

是德科技提供的功率 MOSFET 應用手冊，詳細說明如何使用 Keysight B1505A 新的和改良過的應用測試，來量測表 1 所列的所有參數。



(a) 測試參數設定視窗



(b) 測試結果視窗

圖 1：運用新的  $I_d(off)$ - $V_{ds}$  應用測試模式量測  $V(BR)_{DSS}$  的範例。

## 2. 汲極電流：Id-Vd

我們通常藉由量測 Id-Vd 的特性來評估汲極電流。圖 2 顯示如何使用 Id-Vds 應用測試模式執行這些量測。

您可使用具短脈衝寬度的脈衝輸入來分析電源裝置汲極電流的特性，以便消除自熱效應。Keysight B1505A 的最小脈衝寬度為 50  $\mu$ s，可以有效地降低自熱效應，並實現準確而穩定的測試結果。

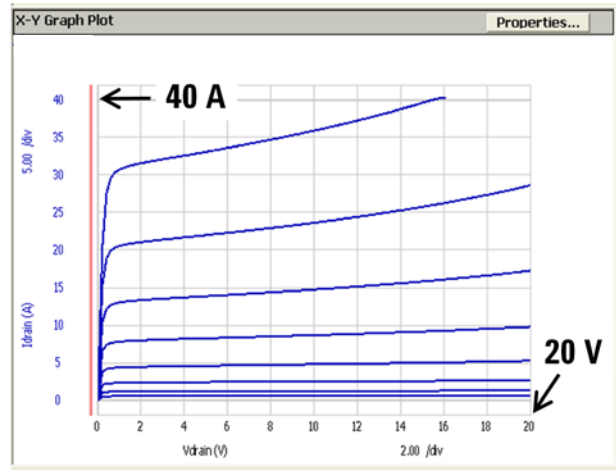
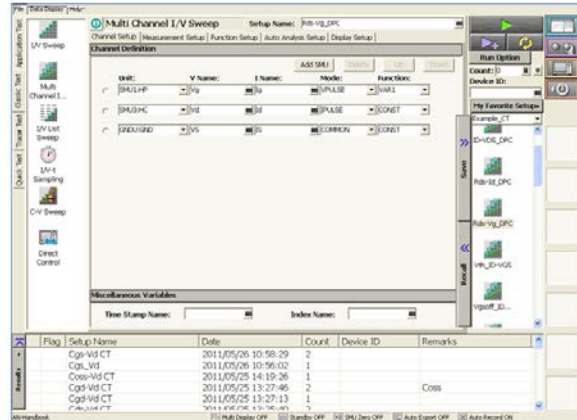


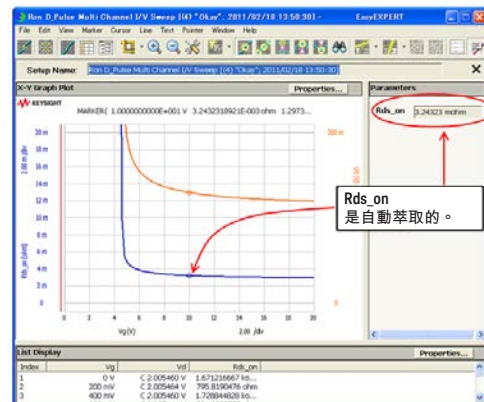
圖 2：使用 Id-Vd 應用測試的 40 A 脈衝 Id-Vd 量測圖。  
註：兩個 HCSMU 是並聯的。

## 3. 靜態汲極對源極導通電阻：RDS(on)

您可使用典型測試模式來量測資料表參數 RDS(on)，以便掃描閘電壓，如圖 3 所示。圖 3 (a) 顯示為典型測試模式參數設定視窗，圖 3 (b) 則顯示量測輸出值。如您所見，典型測試的輸出值跟應用測試是一樣的。這完全合乎邏輯，因為所有應用測試最終都使用典型測試模式作為其量測引擎。在典型測試模式中，您可執行和應用測試模式一樣的各项量測，只不過典型測試模式沒有圖 1 (a) 顯示的那些圖形操作介面。當然，您可使用 EasyEXPERT 應用測試編輯器，為任何典型測試建立 GUI 介面，進而轉換成新的應用測試。



(a) 典型測試的測試參數設定視窗



(b) 典型測試的測試結果視窗

圖 3：使用典型測試模式的 RDS(on) 量測。

## 4. 二極體正向電壓和反向汲極電流：VSD、ISD

圖 4 顯示在軌跡測試模式下，使用雙極性掃描功能來量測 VSD 和 ISD 的結果。此範例顯示如何使用軌跡測試模式的互動旋鈕掃描功能，在量測時透過互動方式，即時控制掃描的最大汲極電壓。旋鈕掃描有助於加速完成故障分析，因為使用者在開始進行量測之前，通常不知道需施加多少的電壓和電流。

軌跡測試模式支援傳統曲線追蹤儀所沒有的獨特功能，例如在曲線上準確地放置標記和直線，並以 PC 相容的格式截取螢幕畫面。在軌跡測試模式下，Keysight B1505A 亦支援即時資料擷取功能，如此可節省最近的量測資料所佔用的記憶體緩衝區空間。即便您的裝置不小心受損或毀壞，該功能可顯示損害發生之前的量測資料記錄。傳統的類比曲線追蹤儀並不具備上面所列的任何一項功能。這些功能與 Keysight B1505A 的精確量測能力相結合，可建構一套功能強大且獨特的功率元件特性分析解決方案。

是德科技發現轉換到一套新的測試系統時，測試夾具的成本是一個主要障礙。因此，適用於 Keysight B1505A 的高功率測試夾具 N1259A 支援測試轉接器插座模組，方便您直接使用專為 Tektronix 370B 和 371B 曲線追蹤儀設計的舊介面。

## 5. 逐步量測手冊

《使用 Keysight B1505A 量測功率 MOSFET 的逐步量測手冊》提供使用 Keysight B1505A 量測表 1 所列的各項測試規格的詳細測試設定步驟，其中包含設定檔和範例應用測試定義。這本手冊可在 Keysight B1505A 網站下載：[www.keysight.com/find/B1505a](http://www.keysight.com/find/B1505a)

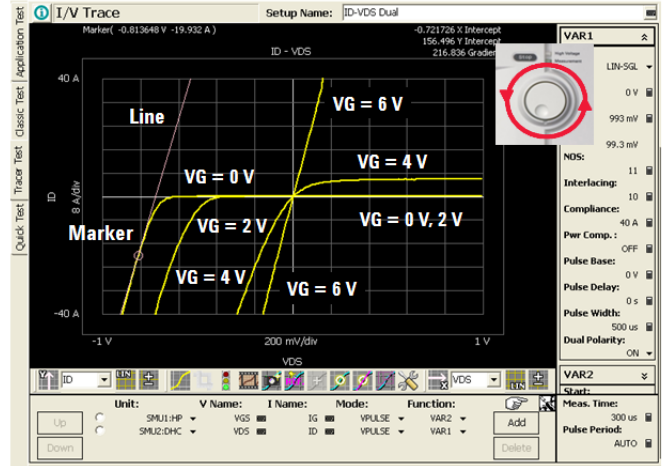


圖 4：利用軌跡測試模式進行 VSD 和 ISD 象限掃描。

## 結語

此應用說明解說了如何使用 Keysight B1505A 量測商用功率 MOSFET 數據規格表所列的典型直流及電容參數。

Keysight B1505A 的量測範圍可達 3 kV 和 40 A，並支援最大 3 kV 直流偏壓（使用高電壓 T 型偏壓器）的高電壓 CV 量測。這些功能結合 Keysight B1505A 的眾多資料分析特性，打造出了最尖端的功率 MOSFET 量測工具，遠遠超越傳統曲線追蹤儀的能力。

Keysight B1505A 的三種操作模式（應用測試模式、典型測試模式和軌跡測試模式）為使用者提供不同的選項，以協助使用者評估具最大靈活性的量測設備。Keysight B1505A 的 N1259A 測試夾具支援插座轉換器，方便您轉換使用舊的 Tektronix 曲線追蹤測試夾具。是德科技免費的功率 MOSFET 測試手冊，提供使用 Keysight B1505A 對表 1 所列的每一項測試規格進行量測的測試設定和技巧，包含測試設定檔，以及此應用說明提及的新範例應用測試定義。

myKeysight

myKeysight

[www.keysight.com/find/mykeysight](http://www.keysight.com/find/mykeysight)

透過個人化頁面查看與您息息相關的資訊

AXIe

[www.axiestandard.org](http://www.axiestandard.org)

AdvancedTCA<sup>®</sup> Extensions for Instrumentation and Test (AXIe) 是基於 AdvancedTCA 標準的開放標準，將 AdvancedTCA 標準延伸到通用測試和半導體測試領域。是德科技為 AXI 聯盟的創始會員。ATCA<sup>®</sup>、AdvancedTCA<sup>®</sup> 和 ATCA 商標為 PCI 工業電腦製造商協會在美國的註冊商標。

LXI

[www.lxistandard.org](http://www.lxistandard.org)

LXI 是繼 GPIB 之後推出的區域網路 (LAN) 標準，可提供更快速、更有效率的網路連結方式。是德科技為 LXI 聯盟的創始會員。

PXI

[www.pxisa.org](http://www.pxisa.org)

PCI eXtensions for Instrumentation (PXI) 模組化儀器提供堅固耐用的 PC 式高效能量測儀器與自動化系統。



三年保固

是德科技的卓越產品與長達 3 年保固服務的完美結合，助您一臂之力達成業務目標：增強操作便利性，降低持有成本，增強量測信心。



是德科技保固保證方案

[www.keysight.com/find/AssurancePlans](http://www.keysight.com/find/AssurancePlans)

是德科技提供長達十年保固，以避免任何意外的維修費用，確保儀器能夠在規格範圍內運作，讓您能永遠信賴儀器提供的量測準確度。



[www.keysight.com/quality](http://www.keysight.com/quality)

是德科技—DEKRA Certified ISO 9001:2008 品質管理系統。

是德科技銷售夥伴

[www.keysight.com/find/channelpartners](http://www.keysight.com/find/channelpartners)

兩全其美：是德科技專業的量測技術與齊備的產品，搭配是德科技銷售夥伴的服務與彈性價格。

有關是德科技電子量測產品、應用及服務的詳細資訊，可查詢我們的網站或來電洽詢

聯絡窗口查詢：

[www.keysight.com.tw/find/contactus](http://www.keysight.com.tw/find/contactus)

台灣是德科技網站：

[www.keysight.com.tw](http://www.keysight.com.tw)

台灣是德科技股份有限公司

免費客服專線：0800-047-866

104 台北市復興南路一段 2 號 7 樓

電話：(02) 8772-5888

324 桃園市平鎮區高雙路 20 號

電話：(03) 492-9666

802 高雄市四維三路 6 號 25 樓之 1

電話：(07) 535-5035