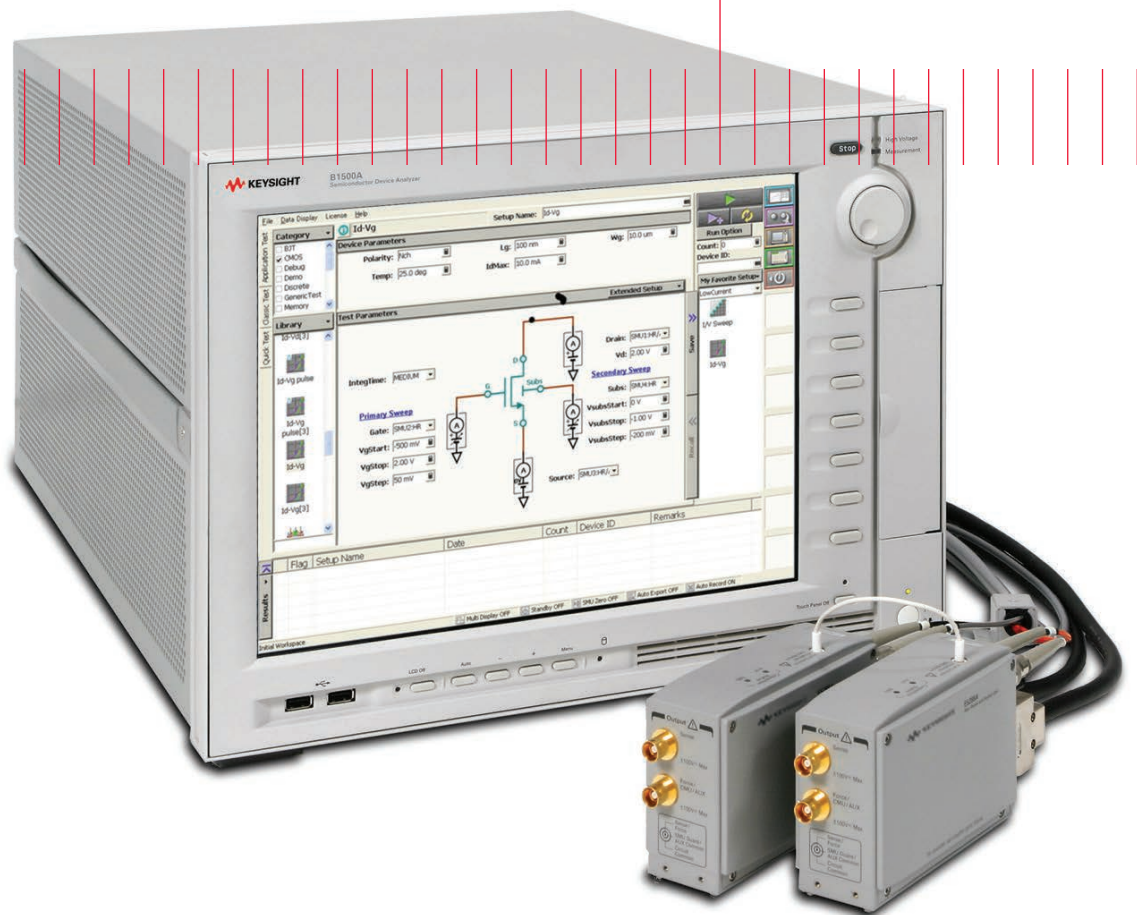


Keysight Technologies

超低電流 DC MOSFET 於 晶圓級的特性分析

Keysight B1500A 半導體元件分析儀

應用說明



簡介

奈米元件同時需要較低的信號強度與功率強度達到適當的運作，為了在製造時了解這些元件和半導體製程特性，必須能做出精確的低強度電流量測。Keysight B1500A 半導體元件分析儀能滿足此一需求，支援 sub fA 的電流量測範圍。本應用說明將解釋如何利用 B1500A 的超低電流量測功能評估 MOSFET 的次臨界區（subthreshold）特性參數。

低電流量測挑戰

精確的晶圓上低電流量測面臨許多挑戰，其中有可能降低量測品質的因素包括：

- 量測儀器和晶圓探棒器之間的量測電纜線與介面造成的漏電流和電雜訊。
- 探棒器沒有足夠的保護電路（Guarding）而造成探棒器中的探棒與其接線之間有漏電流和電雜訊。
- 沒有屏蔽完善之晶圓測試環境因光線造成的光電效應。

這些問題並非完全可仰賴量測設備的改進來更正，而是需要特別設計的測試結構加以取代，例如：正確的量測氧化層漏電流可能需要設計大面積的測試元件，才能有效減少漏電及雜訊的影響。

無論如何，使用「擴大的」測試元件會浪費寶貴的晶圓面積。此外，目前尚不清楚以超大元件的測試因素與正常大小元件行為的關聯性有多好。很幸運的，Keysight B1500A 具備低電流量測能力，讓您能測試實際的 MOSFET 元件，而不需要特殊的測試架構。

Keysight B1500A 主要的低電流量測功能

B1500A 主機有十個插槽模組與其支援的多種訊號源/ 監視器單元 (SMU) 模組類型，如高解析度 SMU (HRSMU)、一個中功率的 SMU (MPSMU) 和一個高功率的 SMU (HPSMU)。如此一來，您可輕鬆地客製您的 B1500A 配置，滿足您確切的元件量測需求。下列的功能解釋了 B1500A 如何能為您提供低電流的量測解決方案，而達到 sub fA 的範圍。

- HRSMU 有 1 fA 的量測解析度，15 fA 的量測偏移 (offset)。此外，HRSMU 接受一個可選擇的自動感測和開關單元 (ASU)，進而改善其低電流的量測解析度達 100aA (0.1 fA) 與其量測偏移為 12 fA。
- 是德科技以 Kelvin 三軸電纜線連接 B1500A 到半自動晶圓探棒器，這些電纜線比標準三軸電纜線產生較少的電雜訊和漏電流。此外，Kelvin 三軸電纜線也比標準三軸電纜線存在較少的電動勢 (EMF)。幾乎所有主要的晶圓分析探棒器製造商都有連接板支援是德科技的 Kelvin 三軸電纜線，所以不需焊接或增加其他特殊的連接技術。因此您無須擔心焊接工作時的焊劑或指紋油漬造成的潛在漏電路徑。

註：為獲得最佳的低電流量測，是德科技建議用 1.5 公尺長的 Kelvin 三軸電纜線連接 B1500A 到一個晶圓探棒器，因為較短的量測電纜線將會產生較少的漏電與雜訊。

- B1500A 也同時具有歸零偏移與自動校正功能，可減少量測電纜線與探棒上固有的偏移電流和電壓。
- 透過消除熱效應電流和 EMF 效應造成的誤差，這些功能大幅地增進超低電流量測的便利性。

一些探棒器有設計與 B1500A 相容的介面，所有量測路徑會被完全地保護 (guarding) 和屏蔽 (shielding)，包括晶圓基極 (基板) 的連接。此讓您可量測表面和基極漏電，並充分利用 B1500A 的能力。

N 通道 MOSFET 次臨界值量測

量測方塊圖如圖 1 所示。

標準配備的 B1500A 附有 EasyEXPERT 軟體，提供了一個以方便的圖形介面為基礎的儀器控制解決方案。透過圖形用戶介面，EasyEXPERT 提供兩個主要的測試模式進行量測。首先為應用測試模式，可提供您 230 多個已預設且客戶可修改的測試模式之測試庫，簡化了量測過程。第二是經典測試模式，可提供一個類似在 Keysight 4155/56 半導體參數分析儀上找得到的用戶介面。EasyEXPERT 也有能力控制半自動晶圓探棒台，自動行進於整個晶圓時，您可同時運行應用模式和經典模式測試。欲瞭解更多資訊，請參閱 Keysight B1500A 產品手冊：使每個用戶成為參數測試專家 (5989-5440EN)。

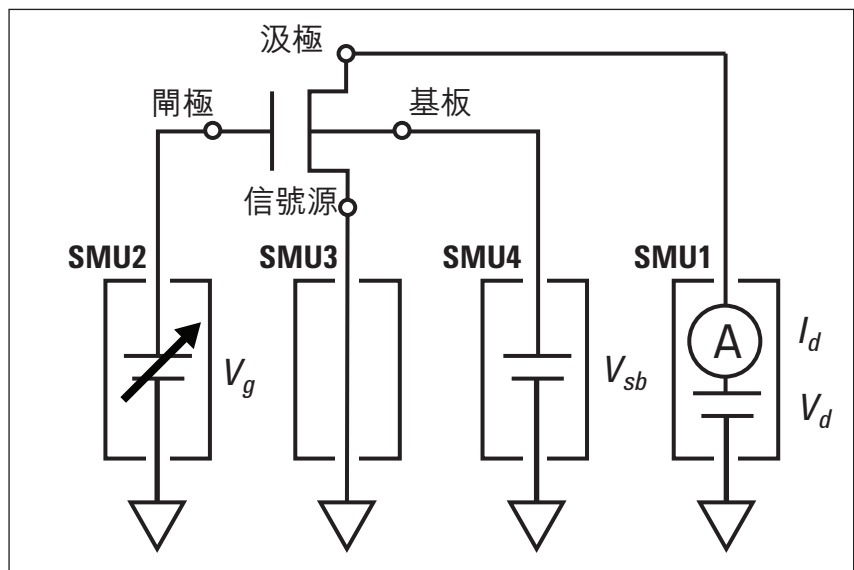


圖 1：量測方塊圖

嘗試低電流量測前，您應先執行自我校正功能和歸零消除功能。使用 EasyEXPERT 的程序如下：

1. 連結量測電纜線至探棒。
2. 確認設定好所有量測條件，且探棒向上並離開晶圓。
3. 使用 [Module Self Calibration] 分頁畫面執行自我校正，如圖 2 所示。
4. 進入 [SMU Zero Cancel] 分頁畫面執行歸零消除。

於 B1500A 預熱至少四十分鐘後與進行量測前，此過程必須完成。如果您改變了電纜線、探棒或其任何的連接，則必須再等待約三分鐘，直到 EMF 產生的偏移電流與壓電效應減少到可忽略的數值。

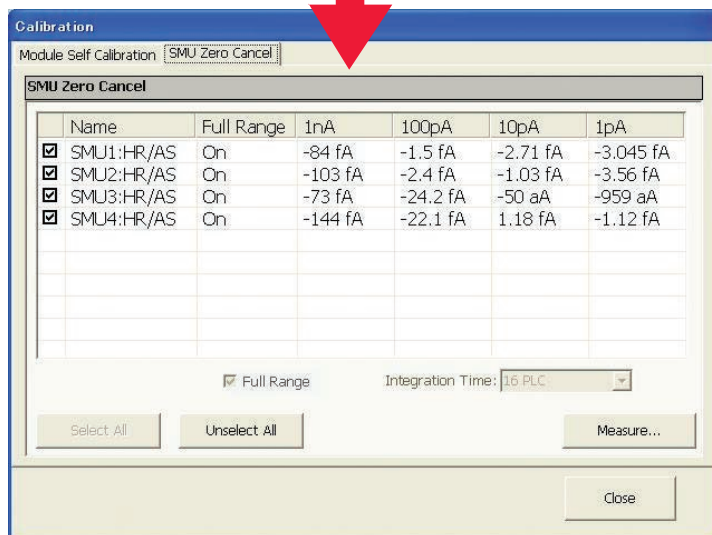
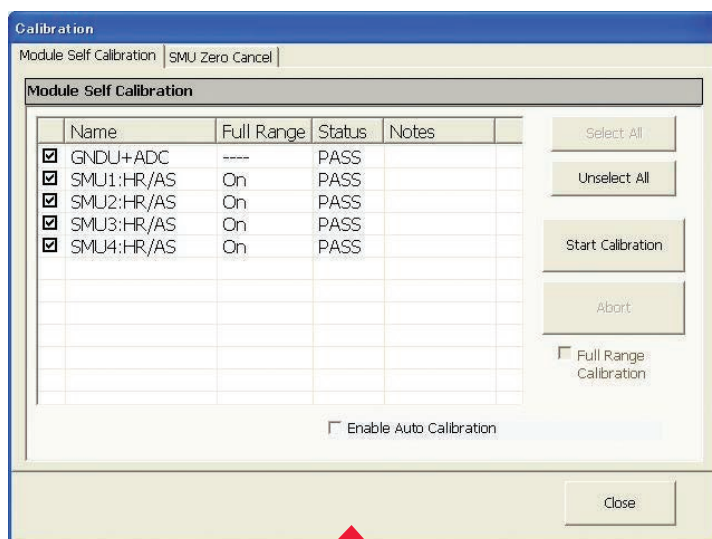


圖 2 : [Calibration] 視窗

圖 3 和 圖 4 顯示量測 n 通道 MOSFET 次臨界值特性的配置。盡量保持小的掃描步驟間距，以降低電纜線與探棒內由殘餘電容引起的充電電流。

圖 3 顯示推薦的量測設定於 sub fA 範圍進行了精確的低電流量測。在經典的測試模式下，在 [Measurement Setup] 螢幕下點擊 [Range] 按鈕或 [ADC/Integ] 按鈕，顯示這些視窗。在 [SMU Range Setup] 視窗，量測範圍應設定為 [Auto] 範圍或 [Limited Auto 1pA] 範圍。使用一個 ASU 時，1 pA 的範圍是 HRSMU 的最小範圍，而且在此範圍內，HRSMU/ASU 的結合為 0.1 fA 的解析度。此外，在 [A/D Converter & Integration Time Setup] 視窗中，量測積分時間必須設定為 [Medium] 或 [Long]，以防止電雜訊干擾量測。

在 [Measurement Setup] 螢幕上，也需要在一開始的掃描量測添加一個 [Hold Time]，且在掃描中的每個量測點添加一個 [Delay Time]，提供量測路徑上的介電質吸收所引起的暫態電壓有足夠的衰減時間。

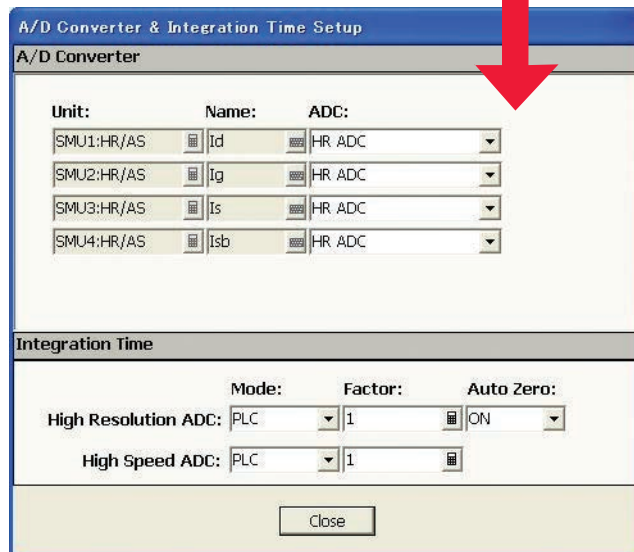
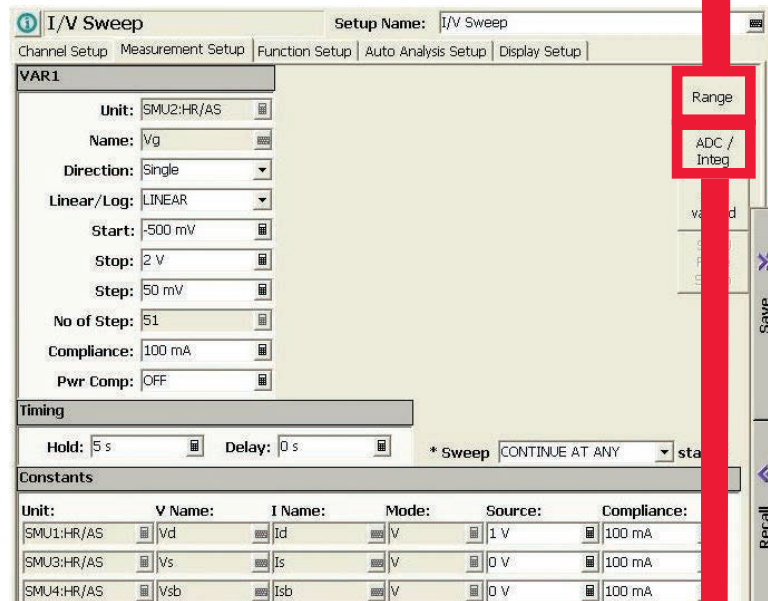
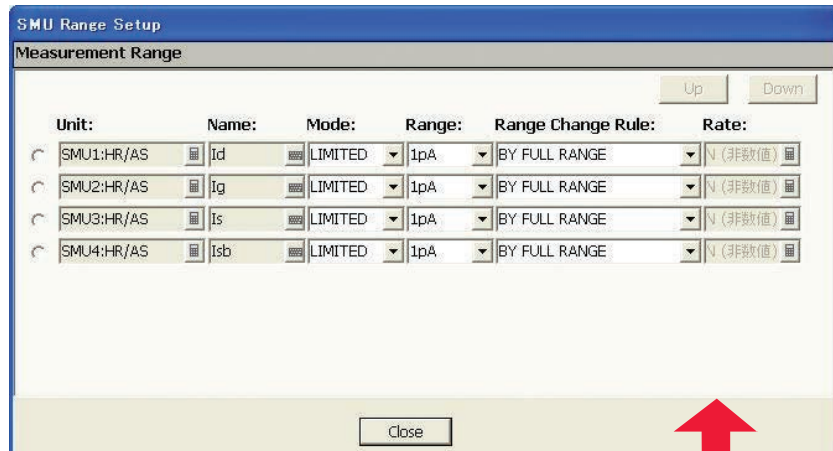


圖 3 : 經典測試模式的量測設定螢幕

除了儀器設定，也需考慮量測環境的各種影響因素。

- 關閉任何可能導致機械振動的設備。
- 關閉除了 B1500A 之外的所有電子電機儀器設備。
- 保持環境溫度與濕度的穩定。

遵守這些準則將減少外部雜訊與 SMU 電路內由熱效應引起的偏移電流。

量測結果

圖 5 顯示使用 B1500A HRSMU/ASU 組合得到的 MOSFET 次臨界值的量測結果。如上述使用儀器設定，量測結果將會被顯示。由此數據表明，B1500A 使您得以進行精確且穩定的 sub fA 的低電流量測。

結語

B1500A 可執行超低電流量測，得以關鍵性評估奈米級半導體元件。B1500A HRSMU/ASU 組合提供 0.1 fA 的解析度，進而能精確地各種特性參數，例如絕緣層漏電、MOSFET 的基層電流、二極體反向偏壓特性、雙極性電晶體 Gummel 圖。B1500A 不需要建立特殊的擴大性測試結構，因而使您能量測用於實際積體電路內相同大小的元件。

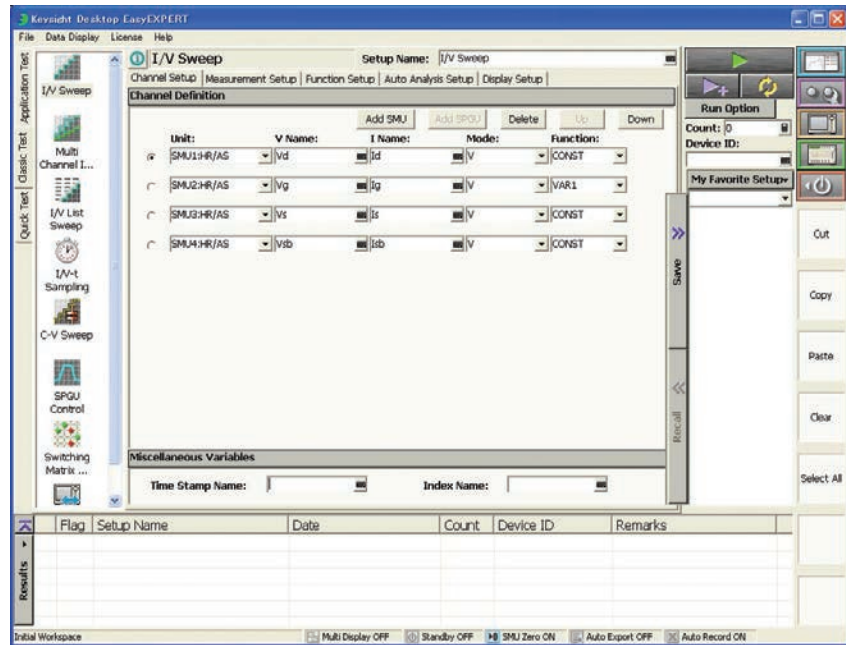


圖 4：經典測試模式的通道設定螢幕

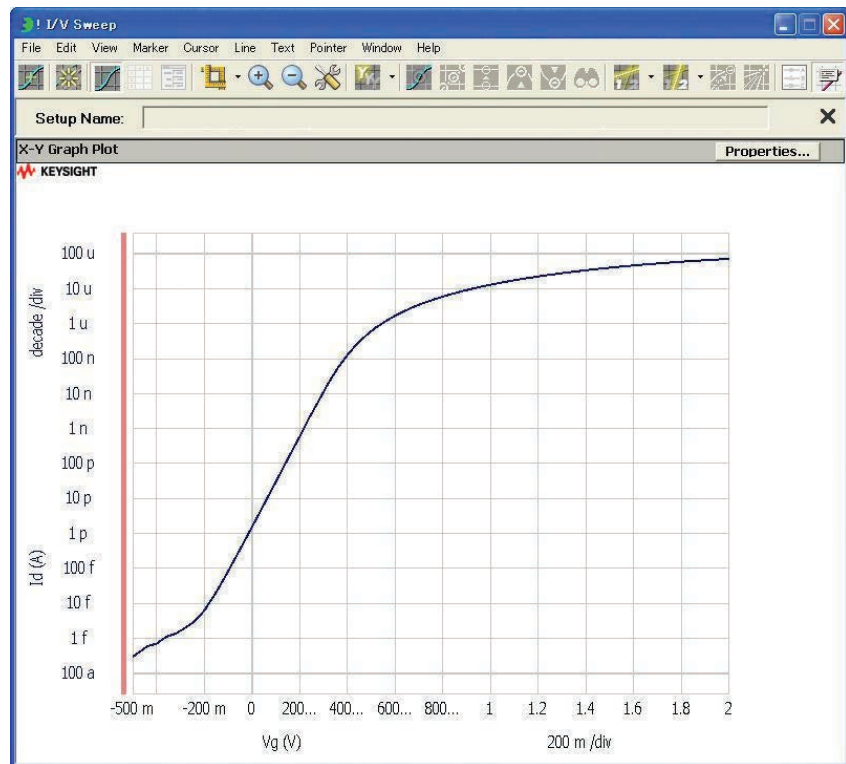


圖 5：MOSFET 的次臨界值特性



五年保固延長計劃

www.keysight.com/find/AssurancePlans

是德科技提供經濟實惠的五年保固保證，確保儀器的運作達到規格要求，您可持續信賴儀器的量測準確度。

是德科技銷售夥伴

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。

本文件先前的名稱為應用說明 B1500-15

www.keysight.com/find/B1500A

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

台灣是德科技網站：

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