

使用向量網路分析儀校驗功能 實現極精確的內建頻譜量測

■文：Hiroyuki Maehara/Keysight Technologies

智慧型手機和平板電腦變得越來越輕薄，但最新機型卻不斷添加更多樣化的功能。對測試工程師來說，更高整合性意味著他們必須對每一個裝置執行更多的功能測試，而接點反而變得更少。

儘管實體測試點變少，將裝置連接到測試儀器，還是需要用到纜線、探棒和測試夾具，這些都會帶來更多的誤差。還好向量網路分析儀 (VNA) 內建的校驗功能可移除這些誤差，並提供更高的量測準確度。

向量網路分析儀會對 S 參數和增益壓縮等量測執行誤差修正。內建頻譜分析 (SA) 功能的高效能

向量網路分析儀，還會在針對內部信號路徑產生的失真進行頻譜量測時，套用誤差修正 (參見圖 1)。

問題概述

舉例而言，您可能需使用一組測試設備對待測物 (DUT) 進行網路和頻譜等量測。不論是哪一種量測，待測物都需先連接到第一種儀器，然後斷開連接，接著再連接到下一個儀器。

就向量網路分析儀而言，待測物和分析儀之間還會有輸入、輸出纜線；在某些情況下待測物需安裝在測試夾具上。在早期開發階段，待測物可能還在晶圓上，

需透過探棒和纜線連線到 VNA。在 VNA 輸入端、DUT 輸入端、DUT 輸出端、向量網路分析儀輸出端之間的元件，或多或少都會帶來誤差。移除這些誤差既困難又耗時。

在實際狀況下，要反覆將 DUT 連接、斷開、重新連接到 VNA 或 SA，也是極度不便且浪費時間的作業。每次進行連接，還可能傷害到待測物。

提高量測準確度、便利性和速度

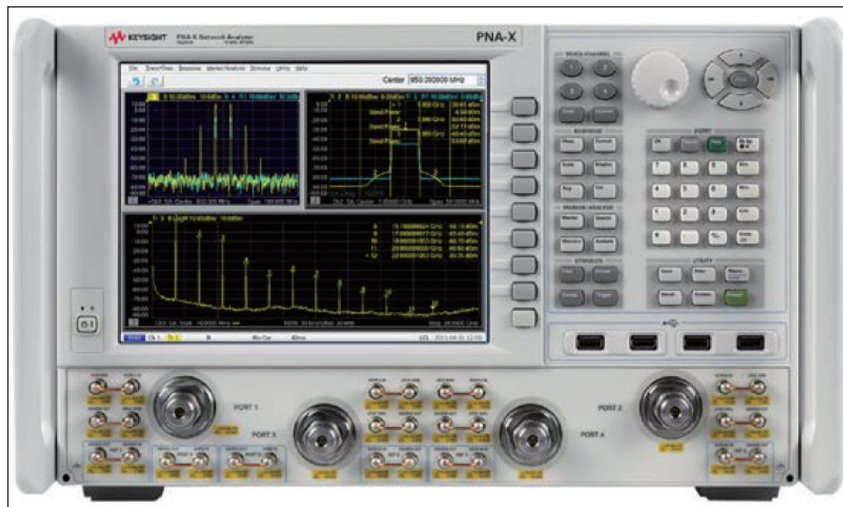
大多數元件都可使用向量網路分析儀進行量測。內建的校驗功能可移除儀器的系統誤差和任何纜線效應，以提供更高的量測準確度。這些修正適用於 S 參數、增益壓縮、雜訊指數和其他量測。

具有內建的頻譜分析功能的向量網路分析儀，有三個額外的優點。首先，它簡化了與待測物的連接，因為 VNA 和 SA 可共用相同的測試埠，因而無需手動更改設定或使用外部切換矩陣。

其次，它透過兩種方式減少量測時間：

一 在自動化系統中切換使用 VNA

圖 1：在先進向量網路分析儀中新增的高效能頻譜分析儀功能，可讓元件測試的速度、便利性和洞察力達到全新的等級。



和 SA 模式，僅需數毫秒時間，比手動測試時不斷連接和重新連接 DUT 省時得多。

—VNA 最近改善了量測速度，進而也使得內建的 SA 量測速度跟著變快。

第三，頻譜分析儀的結果受益於校驗和增強的量測準確度，例如失真、信噪比和非諧波突波信號。

經過校驗的夾具內和晶圓上頻譜分析量測

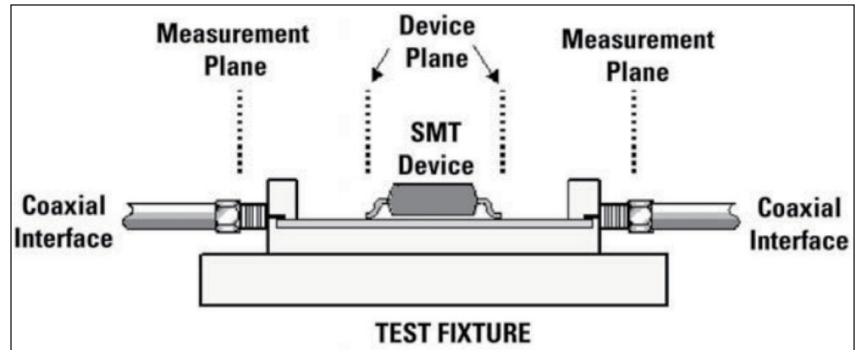
夾具內和晶圓上測試較難獲得準確的結果，因為每個配置都導入些許潛在誤差。VNA 的內建修正功能可克服纜線、測試夾具和晶圓探棒造成的誤差，使得我們得以在夾具內和晶圓上執行校驗後的頻譜量測。

使用 VNA 進行頻譜量測時，校驗步驟是一樣的：校驗信號源功率、校驗所有接收器，並消除測試埠纜線效應。此外還可使用校驗套件和功率感測器檢測並修正量測誤差。

進行夾具內 SA 量測時，最好的方法是使用選配的自動測試夾具移除 (AFR) 功能對夾具進行特性分析。完成之後，下一步是在同軸測試纜線末端執行校驗，然後使用 VNA 的內建解嵌入功能，去除夾具效應。如此便可將校驗平面從量測平面延伸到裝置平 (參見圖 2)。

有兩種方法適用於晶圓上量測：使用解嵌入功能，或是稱為阻抗標準基板 (ISS) 的專用型校驗套件。解嵌入可去除探棒效應，其操作過程和上述夾具內量測一樣，但與 ISS

圖 2：結合使用自動測試夾具移除和纜線末端校驗及解嵌入等功能，您可有效去除夾具影響，以獲得更高的準確度。



晶圓上校驗套件不同。步驟 1 執行信號源功率和參考接收器的校驗：首先將功率感測器連接到測試埠纜線的一端，接著連接同軸校準套件。ISS 可在晶圓探棒的末端進行校驗。這些步驟將信號源和接收器的校驗平面移到晶圓探棒的尖端，確保高度準確的晶圓上頻譜量測。

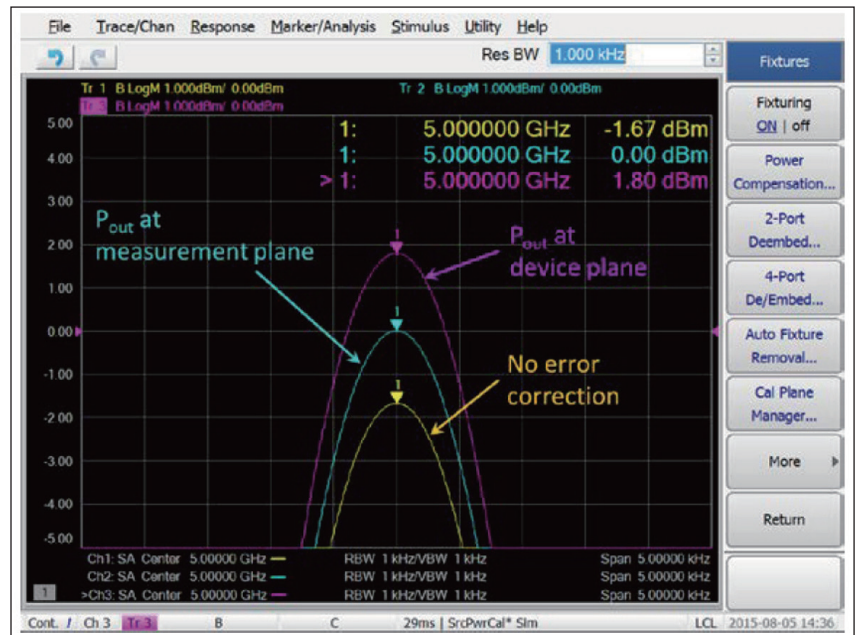
評估結果

仔細觀看實際頻譜量測的結果，上述方法確實有助於改善量測

準確度。圖 3 的黃色軌跡線是未經 VNA 校驗的量測結果。信號源功率經過修正，但接收器沒有修正。這類似於沒有纜線補償功能的單機頻譜分析儀所得到的結果。

藍色軌跡線是進行 VNA 校驗後，量測平面的輸出功率 (Pout)。雖然單機式頻譜分析儀可藉由移除「每 GHz 的損耗」來補償纜線效應，但這無法和 VNA 校驗的準確度相比，後者可去除測試埠纜線所有的頻率響應。在這個量測中，量

圖 3：將校驗後的量測點移動到裝置平面，可大幅改善頻譜分析的準確度。



測到的振幅和黃色軌跡線相差了 1.67 dB。

紫色軌跡線是解嵌入後，裝置平面的輸出功率 P_{out} ，其中包括去除夾具效應的額外誤差修正，包含來自輸入信號源功率和各個輸出功率感測器的效應，其振幅與黃色軌跡線相差了 3.47 dB，和藍色軌跡線相比增加了 1.80 dB。這是相當顯著的差異，足以在極限測試中導致通過或不通過結果的誤判。

估算校驗後 SA 的準確度無法得到上述大幅提升的準確度，因此它只能倚賴 VNA 本身的性能。

您需審慎考量幾個因素以確定實際的準確度，包括 VNA 和功率感測器的實際規格，以及稱為 SA 檢測器準確度的規格。

簡單來說，在 26.5 GHz 頻寬

下，預估的準確度分別為：VNA 不確定度是 ± 0.15 dB；功率感測器準確度為 ± 0.10 dB；而 SA 檢測器準確度為 ± 0.16 dB。因此，最壞的狀況是 ± 0.41 dB，來自三個絕對值的總和（即： $0.15 + 0.10 + 0.16$ ）。

在現實狀況中，使用殘餘平方和 (RSS) 技術來估算，準確度通常落在 ± 0.24 dB。這是使用校驗和解嵌入去除所有纜線、測試夾具和探棒效應後，在待測物埠的預估估值。

相較之下，單機式 SA 測試埠在 26.5 GHz 頻率通常會產生 ± 2.0 至 ± 2.5 dB 的誤差，兩者的差異相當令人驚訝。請注意：具 SA 功能的向量網路分析儀，其準確度高出 10 倍，而且參考點是在待測物埠，而非分析儀測試埠。

結語

在先進向量網路分析儀中新增的高效能頻譜分析儀功能，可讓元件測試的速度、便利性和洞察力來到全新的等級。VNA 內建的修正功能進一步改善了量測準確度，特別是透過測試夾具和晶圓探棒，將 DUT 連接到系統時。

在生產線上，更高的頻譜分析準確度，意味著更窄的測試極限保護頻段，並可減少通過或不通過結果誤判的可能性。最後，這種方法有助於極致增進待測物效能規格——這是市場中極重要的競爭優勢。

如需詳細資訊，請瀏覽是德科技網站：www.keysight.com/find/PNA-SA 

PTC 成立實境實驗室推動擴增實境應用的落實與研究

PTC 近日宣布成立一個由研究人員領軍的研究測試中心「實境實驗室」(Reality Lab)，為了改善人類與實體環境之間的互動，將利用擴增實境 (augmented reality)、虛擬實境 (virtual reality)、混合實境 (mixed reality) 與實體環境來打造各項應用。此實驗室將把以人為主的設計以及人機互動應用在新科技上，並運用直覺性更高、更實用的電腦使用者介面，讓人們更有能力且輕鬆地管理下一個世代的連網電腦系統。

PTC 在初期階段就看好擴增實境在工業應用方面深具潛力，並在 2015 年併購業界最先進被廣為採用的 Vuforia 擴增實境技術平台。自此之後，PTC 便運用 Vuforia 擴展旗下市場領先的 ThingWorx 工業創新平台功能。

PTC Reality Lab 是由麻省理工學院 (MIT) 畢業的 Valentin Heun 以及 Benjamin Reynolds 負責主導並擔任實驗室首席科學家。在此之前，兩人任職於麻省理工學院媒體實驗室 (Media Lab) 的流體界面小組 (Fluid Interfaces Group) 時，聯手創立了「實境編輯器」(Reality Editor) 擴增實境平台，使用者只需在智慧手機螢幕上畫線即可連結智慧物件。

Reality Lab 設立於 PTC 目前麻薩諸塞州尼德姆 (Needham) 的企業總部，也將成為 2019 波士頓的新總部開幕後重點設施之一。

PTC 總裁暨執行長 Jim Heppelmann 指出：「擴增實境能將物聯網和數位轉型計畫所產生的大量數位資料，以及我們應用這些資料的實體世界，兩者連結在一起。我們新成立的 Reality Lab，將協助企業提升他們服務顧客、訓練員工、設計打造產品、管理價值鏈以及競爭的方式。」