

Keysight Technologies

同調光通信測試挑戰

持續向更高資料速率邁進

應用說明

## 簡介

無線資料傳輸的需求不斷攀升。分析師預估，到 2020 年，行動裝置的數量將達 200 至 500 億之譜，主要應用包含每天僅幾位元的資料傳輸應用，一直到多通道串流的高解析度視訊應用。在深入研究使用者的未來需求後，網路業者意識到他們必須加速建構似乎可提供無限容量的網路基礎設施，以便因應體育館、音樂會等使用者爆滿場所的傳輸需求。

即便是本地裝置連接，訊務都會迅速流入固定的實體網路：例如家庭 ADSL 路由器或蜂巢式基地台。從這個角度來看，網路骨幹是高容量系統，主要基於互連光纖網路。該系統缺乏當前所需的容量，而且到 2020 年之前必須持續成長，以支援每年超過 40 zettabytes 的預估資料量。

### 本應用說明的重點

本應用說明著重於介紹下一代光通信系統的測試和除錯需求，以因應海量資料時代的來臨。

## 目錄

更高資料速率的新測試情境.....	03
量測傳輸品質.....	05
校驗測試信號.....	06
辨識典型傳輸問題.....	08
產品.....	11
相關文件.....	12

## 更高資料速率的新測試情境

在光通信領域，想要提高容量，主要取決於 3 個因素：利用極化和多載波 OFDM 調變等技術提供更多的載波、透過更高的調變密度來實現更高的頻譜效率，以及更高的符碼率（參見圖 1）。

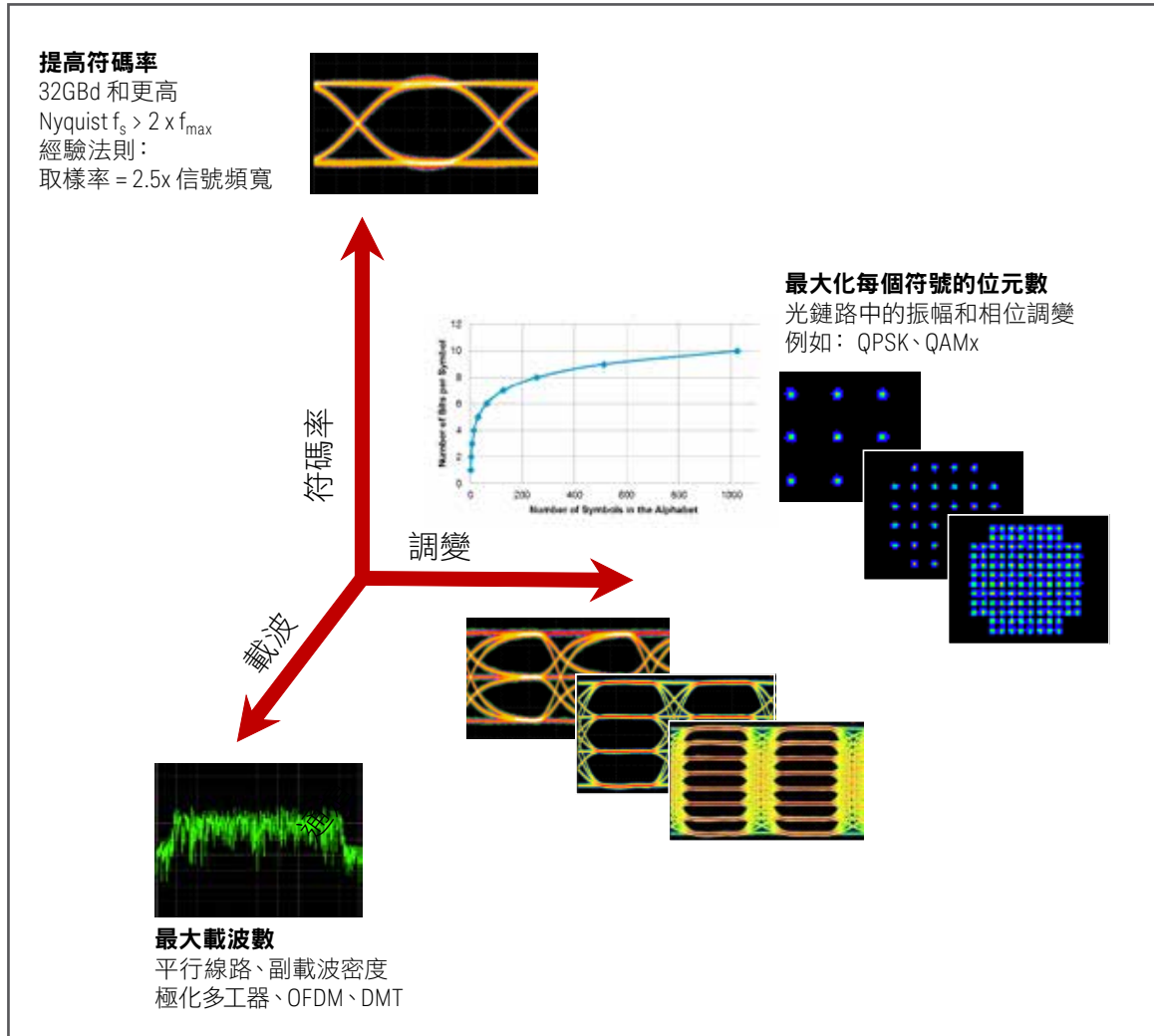


圖 1：影響光學系統容量的因素。



測試這些資料速率接近 1 Tbps 的高階系統時，您需要可產生並分析乾淨信號的測試設備，以及至少 20 GHz 的量測頻寬，以避免因測試設備的侷限性，而無法確實量測系統效能。這些儀器必須能夠靈活地處理 4 個同步通道上多種不同調變機制，以實現雙極化 I/Q 信號。傳統上，我們使用「黃金」發射器來進行接收器測試（如相位雜訊、觀察到的信噪比和極化測試），以便檢視裝置狀態。但這種方法無法提供完全確定的資訊（參見圖 2）。

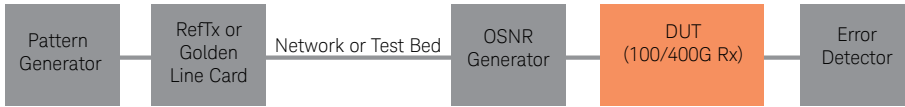


圖 2：傳統的光接收器測試配置。

藉由使用任意波形產生器（AWG），例如 Keysight M8196A，您可在電氣域中產生測試信號，包括乾淨的信號和具有已知缺損的信號。進行發射器測試，可將這些信號直接送入發射器，並直接量測誤碼率。而進行接收器測試時，這些信號可直接用來測試 DSP 級並轉換到光域，以便為完整的接收器測試產生乾淨且施加了應力的確定性光信號（參見圖 3）。

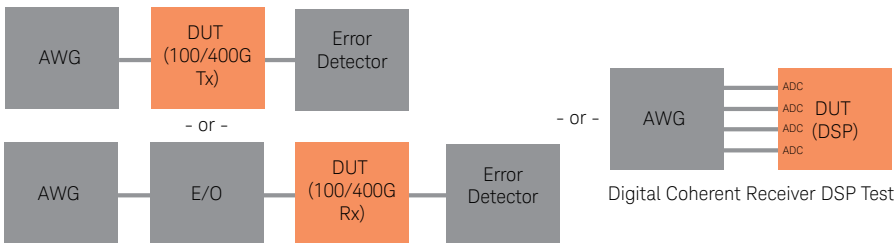


圖 3：使用任意波形產生器的光發射器和接收器測試情境。

在同調光學系統上進行量測的關鍵挑戰，在於以超過 32 GBaud 的資料速率，提供已知且可重複的乾淨和失真測試信號，並且靈活地支援各種調變格式。您不僅可在測試信號產生器和量測設備的前面板上校驗測試系統，也可藉由使用傳輸系統 S 參數的嵌入和解嵌入技術，在信號鏈的任一點上進行校驗。

圖 4 的範例為量測整個通訊通道的量測結果，以顯示 Keysight N4391A 或 N4392A 光調變分析儀量測累積效應的能力。

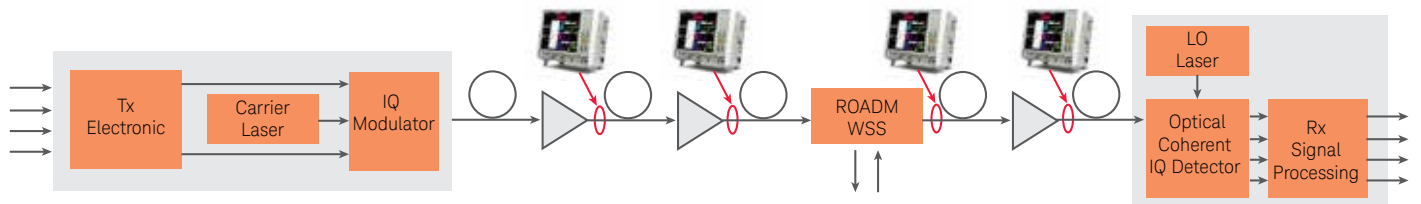


圖 4：使用 Keysight N4391A 或 N4392A 光調變分析儀進行累積光調變分析。

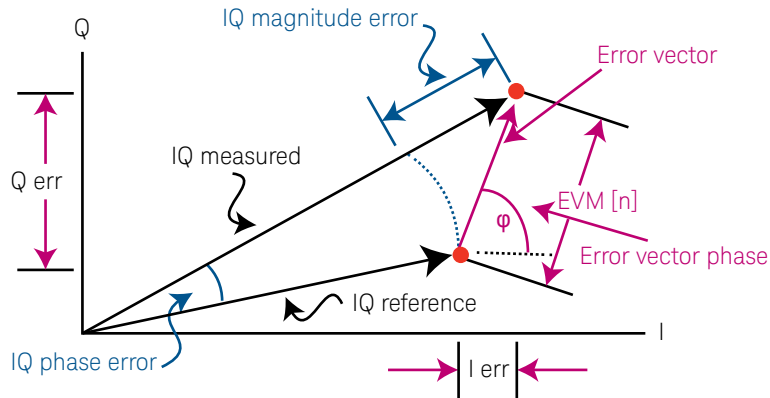


## 量測傳輸品質

資料傳輸的目標是在可容忍的誤碼率（BER）下，獲得最高的傳輸速率。由於 BER 量測非常耗時，還有其他更快的信號品質參數，它們與通道的 BER 密切相關。

誤差向量振幅（EVM）是妥善定義的一般品質參數，適用於更高位準調變格式，其中簡要描述實際符號點與複合平面上的參考點有多接近。

EVM 是在任何調變點上，連接測得向量和期望向量的向量大小（參見圖 5）。



$$EVM(n) = \sqrt{Ierr(n)^2 + Qerr(n)^2}$$

$$\%EVM = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \sqrt{Ierr(n)^2 + Qerr(n)^2} \quad N \text{ is the number of EVM points}$$

圖 5：誤差向量振幅（EVM）定義。



EVM 提供整體性能評比，而高階調變需要更高的傳真度，因為星座點彼此非常靠近，因此也更有可能是解碼錯誤。

Q 係數描述信噪比 (SNR) 在決策點上的比例。我們可透過 EVM 計算 Q 係數，並提供對 BER 的估計。它可用於開關鍵控信號和直到 QPSK 的調變格式。假設白高斯雜訊是主要缺損，Q 係數是接收器預期的 BER。它以 dB 為單位顯示結果，計算方法如下：

$$Q - \text{Factor} \approx 1 / \text{EVM}$$

## 校驗測試信號

搭配使用 AWG 和 Keysight 81195A 光調變產生器等波形產生軟體來產生測試信號，並使用 VSA 軟體來分析信號，可產生乾淨的信號，以及用於對接收器進行應力測試的已知缺損信號。圖 6 顯示在 AWG 輸出端量測信號的配置範例。

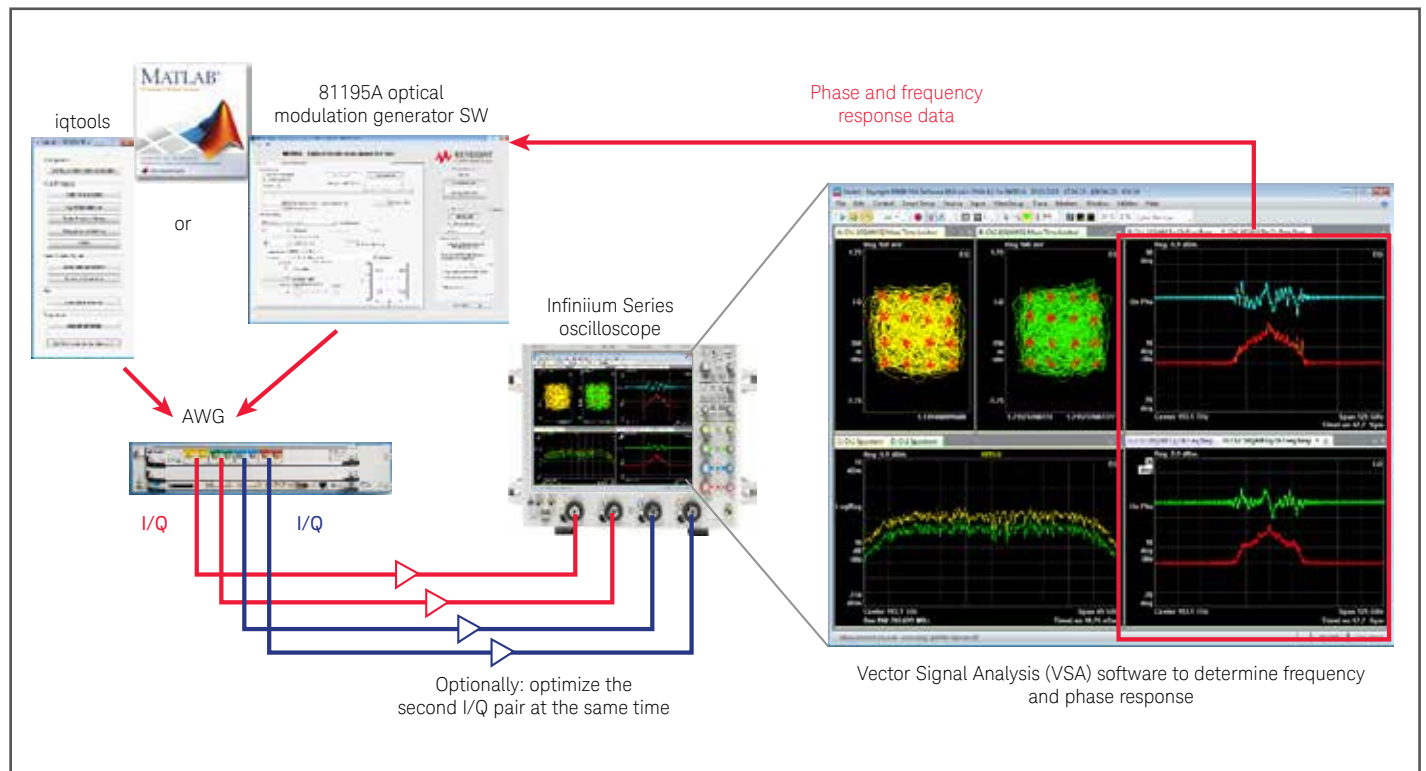


圖 6：在前面板上進行校驗。



使用任意波形產生器產生已知信號，並與量測到的信號進行比較。這樣可以導出產生器、放大器（如有需要）和電纜的頻率和相位響應。圖 7 顯示藉由量測傳輸通道的 S 參數並嵌入結果，來產生乾淨的校驗信號，以便在接收器輸入端校驗系統。

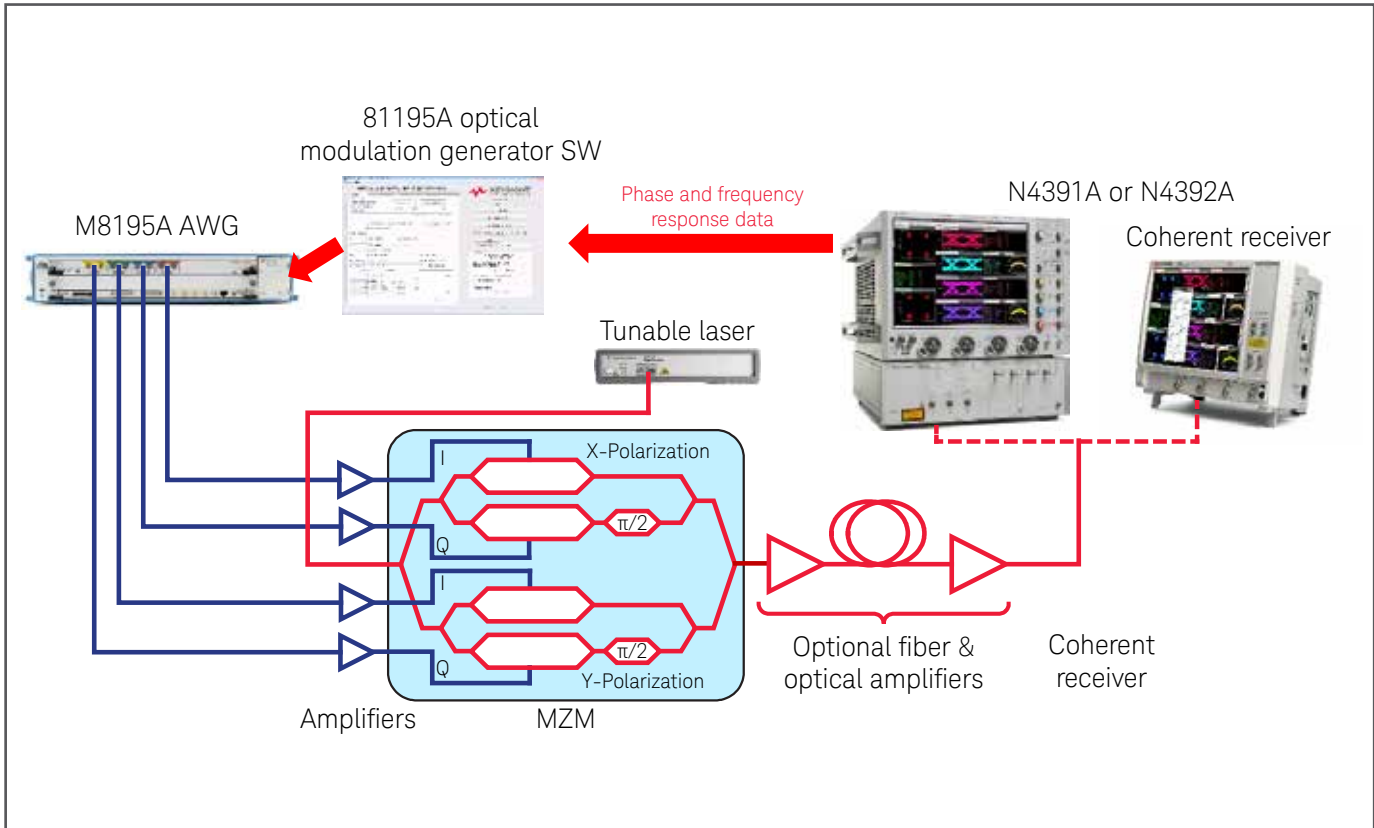


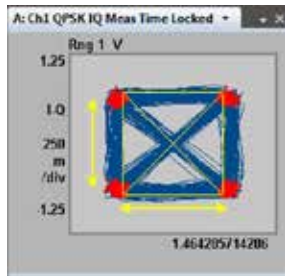
圖 7：在接收器輸入端進行校驗。



## 辨識典型的傳輸問題

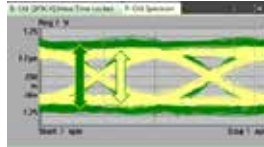
藉由深入分析星座圖和眼圖，您可輕易找到並修正不良的 EVM 結果。典型問題的範例如下所示。

### IQ 增益不平衡

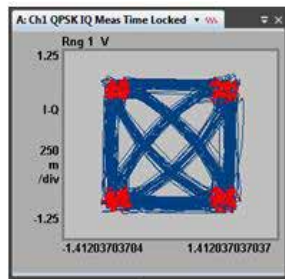


增益不平衡將 I 信號的振幅與 Q 信號的振幅加以比較。請注意，星座寬度與高度不同（與方形黃色基準相比）。

我們可輕易地在星座圖中觀察到 IQ 增益不平衡，雖然它也會在眼圖中顯示 I 和 Q-Eye 振幅之間的差異。

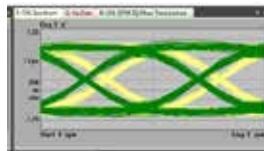


### IQ 時序偏差

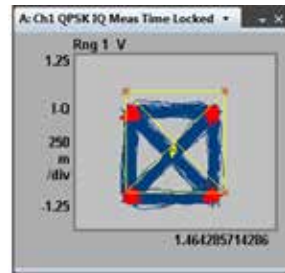


在星座圖中，IQ 時序偏差顯示為與 45 度轉換點之間的預期直線的偏差。

透過眼圖，我們可更輕易解讀 I 和 Q-eye 之間的時序差異。

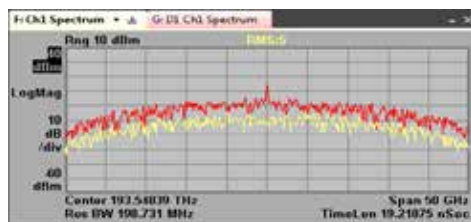
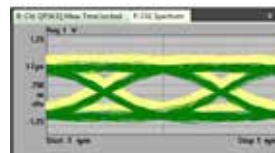


### IQ 時序偏差



在 I 或 Q 信號處的 DC 偏移，會導致所量測星座圖的原點，與以黃色顯示之參考星座的原點之間的偏移。

在眼圖中，它顯示為垂直移動的眼圖軌跡。

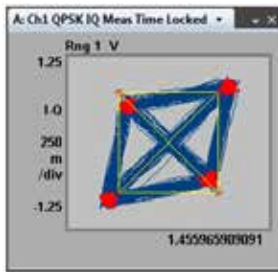


同時也可顯示為頻譜圖中的載波饋通。



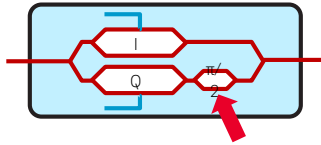


## 正交誤差

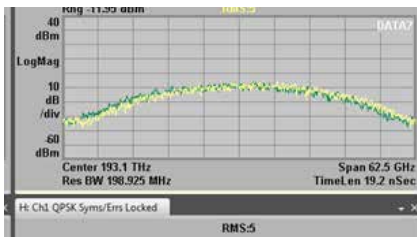


理想狀況下，I 和 Q 應該是正交的（相距 90 度）。正交誤差是理想和實際 I 和 Q 正交相位之間的差異。在截圖中，22 度的正交誤差，意味著 I 和 Q 相距 67 度而不是 90 度。

這通常是因為錯誤設定 Mach-Zehnder 調變器中 90° 移相器所致。這是不容易在眼圖中觀察到的失真。



## 頻率誤差



頻率誤差顯示載波頻率與以 Hz 為單位之預期中心頻率的對比。這是接收器必須執行以實現載波鎖定的頻移量。可容忍的最大頻率誤差取決於所使用的調變格式，如表 1 所示。

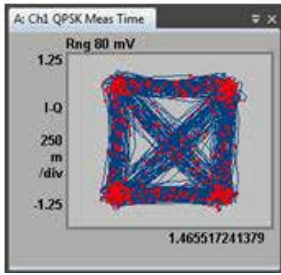
表 1：不同調變類型的可容忍頻率誤差。

調變格式	最大頻率偏移
QPSK	9.6% 符碼率
16-QAM	4.8% 符碼率
32-QAM	3.5% 符碼率
64-QAM	4.65% 符碼率
128-QAM	0.3% 符碼率
256-QAM	0.3% 符碼率
512-QAM	0.15% 符碼率
1024-QAM	0.15% 符碼率
2048-QAM	0.1% 符碼率*
4096-QAM	0.1% 符碼率*

\*對於最高階調變類型，建議使用 VSA 中低信噪比 (SNR) 增強功能，以便為 QAM 格式提供強大的鎖頻功能。

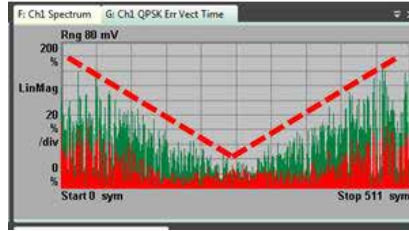


### 符碼率誤差

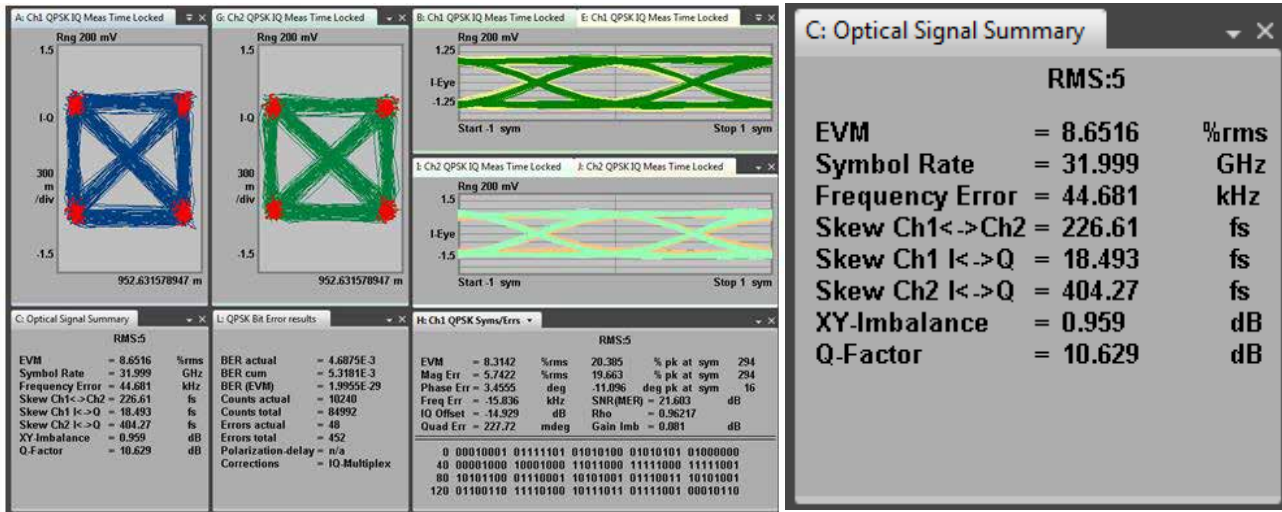


如果數位解調變器只能恢復時脈相位而非時脈速率，則符號會開始散佈在整個星座圖上，如圖所示。查看 EVM 隨時間變化的圖示時，

錯誤符碼率會呈現為典型的 V 形。



如為單模光纖傳輸，要解釋上述星座圖中顯示的缺損相對容易。一旦增加 90 度極化的第二個通道，這項任務就變得更加困難。Keysight N4391A 光調變分析儀 (OMA) 整合了向量信號分析軟體的所有功能，可全面分析兩個通道以及它們之間的交互作用。



此螢幕截圖顯示了 X 和 Y 信號的 IQ 信號之間的時序偏差 — 極化、X 和 Y 極化之間的時序偏差、X 和 Y 極化之間的增益不平衡、符碼率、頻率誤差和誤碼率統計。



## 產品

以下概述本文中用於進行量測的產品。

### Keysight M8196A 92 GSa/s 任意波形產生器



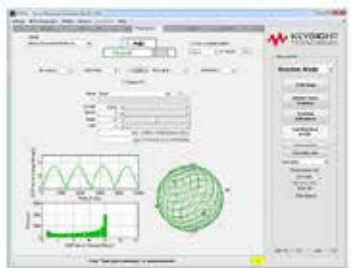
Keysight M8196A 任意波形產生器提供速度、頻寬和通道密度的完美組合，其 92 GSa/s 取樣率可同時支援單插槽 AXIe 模組中 4 個通道的 64 GBaud 信號。

對於 200 G、400 G 和 1 Terabit 光通信應用測試，它的 4 個同步通道讓您能執行確定性模擬和 2 個獨立 I/Q 基頻信號的預失真。

### 重要效能特性

- 高達 92 GSa/s 的取樣率，8 位元垂直解析度
- 32 GHz 模擬頻寬
- 最高 1 Vpp (se) (2 Vpp (差分)) 的電壓範圍，-1.0 至 +2.5 V 的電壓窗口
- 支援 64 GBaud 和更高的信號
- 每個通道 512 kSa 的波形記憶體
- 超低的固有抖動
- 轉換時間 <9 ps (20% 至 80%)，具有頻率響應補償

### Keysight 81195A 光調變信號產生器軟體



Keysight 81195A 光調變信號產生器軟體推出了全新的光學測試方法。如結合使用 Keysight M8195A AWG，其獨特的即時模式可將測試速度提高 100 倍。

81195A 透過定義的信號參數和光信號屬性，來產生用於極化多工同調信號傳輸測試的雙 I/Q 信號。

如結合使用 M8195A 4 通道 AWG，它可使用單一 M8195A 選項 RSP 模組，以即時編碼模式產生每通道高達 32 GB 和高達 8 GSym 的傳輸信號。

選項 OSP 允許在 M8195A 或 M8196A AWG 上，對光信號屬性和接收器應力條件（包括相位雜訊、極化旋轉和極化模色散）進行確定性模擬。

- 利用脈衝形狀、延遲等靈活信號參數來產生從 BPSK 到 256-QAM 的雙 I/Q 信號，每對 I/Q 具有高達 8 GSym
- 選項 RSP (即時信號處理)：藉由結合使用 M8196A，可在運作時隨時更改脈衝形狀、延遲等信號參數，無需下載新的波形
- 選項 OSP：藉由結合使用 M8195A 或 M8196A 來合成光信號屬性，包括相位雜訊 (雷射線寬)、極化旋轉和靜態極化模色散 (PMD)

### Keysight N4391A 光調變分析儀



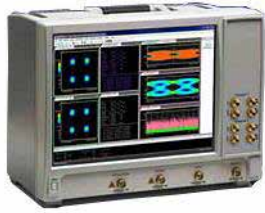
Keysight N4391A 是高階的統包式光調變分析儀，適用於對單載波和多載波 400 Gbit/s 和 1 Tbit/s 複雜調變傳輸系統進行先進研究。它基於德科技最新的 Z 系列示波器，包含 40 GHz 雙極化同調接收器和光調變向量信號分析軟體，可提供最靈活的分析工具和最簡單的智慧儀器設定。

- 完全整合的向量信號分析軟體，具有智慧設定
- 使用者可配置的 APSK 和 OFDM 解調器
- 調變格式透明的極化校準
- 針對每個極化平面提供的光特性分析結果
- 為完整信號提供光匯總結果
- 分別為每個極化平面和整體信號提供 BER 和 Q 係數
- 內部選擇內部或外部本地振盪器雷射，以獲得最佳的長期測試結果
- 易於整合使用者 DSP 算法



## 產品 (續)

### Keysight N4392A 整合式光調變分析儀



新的 Keysight N4392A 是體積輕巧、方便攜帶的整合式光調變分析儀，配備 15 吋的可攜式顯示器。它可全面提高日常研發的工作效率，並可為 40/100G 元件、模組和系統之製造與元件測試，提供最經濟的效能驗證方式。此外，它是業界第一台提供內建的效能驗證和重新校驗功能的光調變分析儀，可大幅延長送回原廠的儀器校驗間隔週期。

### 重要效能特性

- 32 Gbaud 的符碼率
- 63 GSa/s 的取樣率
- 23 GHz 的接收器頻寬
- 1527.6 至 1565.5 nm 波長範圍
- 整合式同調接收器 (ICR) 測試選項

## 相關文件

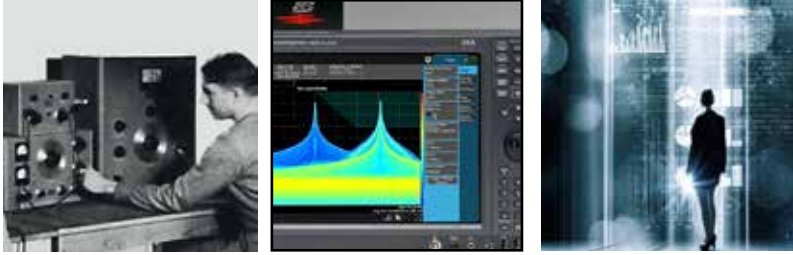
文件標題	文件編號
Keysight N4391A 光調變分析儀產品規格書	5990-3509EN
Keysight N4392A 整合式光調變分析儀產品規格書	5990-9863EN
Keysight Infiniium Z 系列示波器產品規格書	5991-3868EN
Keysight M8196A 92 GSa/s 任意波形產生器產品規格書	5992-0971EN
使用 M8195A 65 GSa/s AWG 產生乾淨的調變信號應用說明	5992-0134EN
深入評估高速同調光傳輸系統應用說明	5992-0022EN
同調光資料傳輸的基本原理應用說明	5991-1809EN
量測複雜調變信號的品質以符合標準要求應用說明	5991-1619EN
進階光調變格式量測白皮書	5990-3748EN



## 演進

是德科技獨一無二的硬體、軟體，支援及專家組合，可協助您拓展全新的局面。

讓我們是帶動前瞻技術不斷演進的推手。



薪火相傳 - 惠普將火炬傳給安捷倫，再由安捷倫交棒給是德科技

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

### 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。

### KEYSIGHT SERVICES

Accelerate Technology Adoption.  
Lower costs.

是德科技服務

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

是德科技擁有領先業界且陣容堅強的專業人員、量測程序和測試工具，可提供一應俱全的設計、測試和量測服務。如此一來，我們協助您部署新技術，並改善量測程序，以便降低成本。



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。

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。

DEKRA Certified  
ISO9001 Quality Management System

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

是德科技 -

DEKRA Certified ISO 9001:2015

品質管理系統。



本文件中的產品規格及說明如有修改，恕不另行通知。

© Keysight Technologies, 2006-2014, 2018

Published in USA, May 18, 2018

中文版：5992-2481ZHA

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

