



# 是德科技 光通信产品目录

## 尊敬的客户：

随着通用人工智能（AGI）的出现，通信领域即将展开新的篇章。除了大型语言模型（LLM）和数据的基本组成部分之外，稳定和高性能的基础设施也必不可少。这种基础设施需要构建通过高性能网络互连的庞大计算和存储集群，同时可靠地管理功耗并尽量减少碳足迹。

在这场竞争激烈的比赛中，是德科技有幸成为与您协作无间的伙伴，帮助您把握这一绵延数十年的机遇，在今后创造出更优秀的设计。我们很高兴与您分享我司新发布的技术手册，其中介绍了是德科技的“最新”产品和解决方案。它们将成为行业加速创新，提升全球互连和安全性能的制胜法宝。

## 深入了解

- 设计和仿真
- 集成光电和光学参数测试
- 数据中心收发信机测试
- 相干收发信机测试

深入了解我们的端到端测试解决方案，包括电光测试、光电测试，以及物理层至协议测试：

- 业界已验证的 1.6 Tbit/s 传输速率
- 解决对集成光电器件执行自动化测试的挑战
- 遵循 IEEE 和 OIF-CEI 测试程序，对 224G 发射机设计芯片到模块（C2M）、芯片到芯片（C2C）和背板（KR）接口进行测量

- 支持新的相干互操作性标准，例如 800ZR 和 800LR
- 对 800G 收发信机进行测试，涵盖电气设计测试，以及从光通信物理层到 FEC 和协议的测试
- 在设计验证和大规模光通信测试系统中，尽量降低测试成本并提升吞吐量

我们的技术专家和应用工程师随时准备为您献计献策，帮助您解决在研发、设计验证、可扩展性和全自动生产流程方面遇到的挑战。

**请即刻与是德科技联系，了解详情。**



Joachim Peerlings 博士

是德科技副总裁兼

网络和数据中心解决方案事业部总经理

## 目录

<b>设计和仿真 .....</b>	<b>4</b>
多级信令方案.....	4
更快的流片前芯片验证 .....	6
<b>集成光电和光学参数测试.....</b>	<b>7</b>
晶圆级设计验证.....	7
光学元件的波长和偏振相关性.....	9
面向硅光和电光器件测试的高频参数测试 .....	12
<b>数据中心收发信机测试 .....</b>	<b>14</b>
800G 和 1.6T 电光研发 .....	14
经过 FEC 验证的设计 .....	22
电接收机的标准一致性 .....	23
光收发信机互操作性.....	24
高速多模光器件 .....	25
<b>相干收发信机测试.....</b>	<b>27</b>
220 Gbaud 及以上的相干光传输.....	27
400G 相干收发信机验证.....	31
相干光发射和接收器件的系统集成 .....	32
<b>KeysightCare——技术支持。升级。 .....</b>	<b>34</b>
<b>参考资源.....</b>	<b>35</b>

# 设计和仿真

## 多级信令方案

当数字信号达到多千兆级速度时，会出现很多难以预测的问题。特别是 PAM4 和其他 PAMn 信令方案问世后，这种情况尤为突出。PAM4 信令的设计裕量较小，需要进行更准确的仿真，以防设备发生故障。

您需要新的软件工具和更高效的工作流程来完成后续的技术步骤。您还需要在完成原型设计之前就排除各种问题。

## PathWave 先进设计系统 (ADS) 2024

借助 PathWave ADS 2024 中的先进通道仿真功能，您可以仿真脉冲幅度调制 (PAM4、PAM3 和 PAMn) 信令方案。再利用快速而准确的信号完整性电磁分析，您可以在电路板投产之前便发现关键错误，确保电路板设计 100% 成功。

是德科技在 PathWave ADS 2024 中提供了完整的 PAM4、E-O-E (电—光—电) 端到端链路仿真示例，包括使用 VPIphotonics 的 VPItransmissionMaker™ 建立光通道模型。这个整体解决方案中包含的 FlexDCA 功能可以快速、准确地洞察 PAM4 测量结果，并与包括发射机色散眼图闭合四相 (TDECQ) 在内的测量结果进行比较。

是德科技的 PathWave ADS 将通过功能强大的高速数字设计仿真解决方案，帮助您应对未来的各种设计挑战。PathWave ADS 将先进的时域、频域和通道仿真技术融入到从设计到测试的整体工作流程中，帮助您克服 SerDes 和内存接口设计的信号完整性和电源完整性问题，同时确保设计符合规范要求。

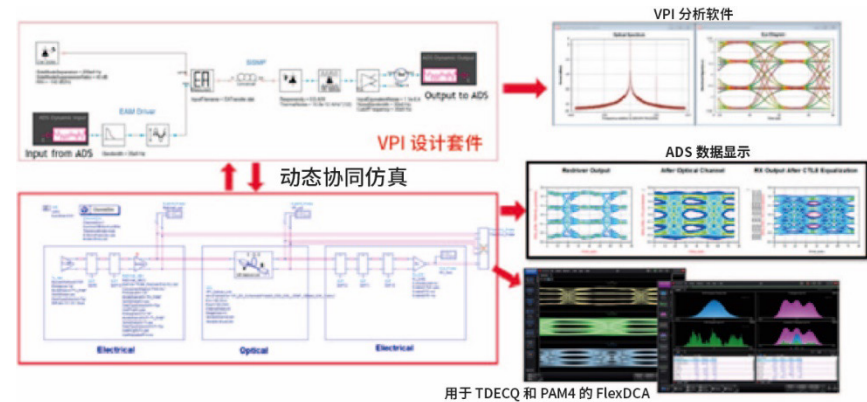


图 1. Pathwave 概念

借助 PathWave ADS 2024 和来自是德科技的其他工具，您将能够：

- 分析完整的串行链路和内存接口系统
- 分析 PAMn (PAM3、PAM4、PAM8、PAM16 等) 信号的眼图、眼图模板和 BER 等
- 仿真来自任何 SerDes 厂商的 AMI (算法建模接口) 模型，并使用统计通道仿真器在几秒而不是几天内计算超低 BER 使用测得的波形建立发射机 AMI 模型
- 实施准确的电磁 PCB 通道建模和传输线阻抗扫描
- 执行 COM (通道操作裕量) 计算，确保通道合规性
- 连接到 FlexDCA (采样示波器) 软件，可处理先进 PAM4 测量的仿真波形，例如 TDECQ (发射端色散眼图闭合 (度)) 和抖动分析。还可连接到 Infiniium (实时示波器) 软件
- 通过扩展的 Python 应用编程接口 (API)，可自定义自动化工作流程

可直观地显示具有极点和零点的连续时间线性均衡器（CTLE）传递函数（为 802.3bs、USB、MIPI、PCIe 3.0、4.0 和 5.0 等提供了多个预设的 CTLE 值）

- IBIS-AMI 反向通道接口——能够在发射机和接收机模型之间自动协商 EQ 设置

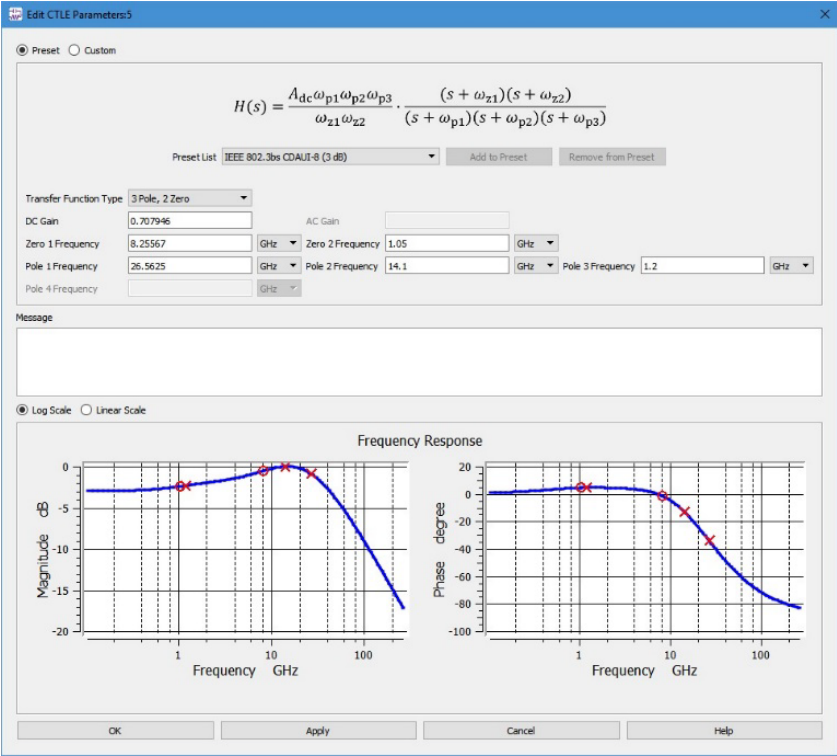


图 2. CTLE 接口

## 更快的流片前芯片验证

随着最终用户数据流应用、云计算和 5G 部署的使用量越来越多，对低延迟、高吞吐量和安全流量的需求也水涨船高，推动网络容量不断扩展。这种需求促进了超高速设备市场的发展，而先进的专用集成电路（ASIC）和片上系统（SoC）解决方案为发展注入了更强劲的动力。以太网交换 ASIC 要想能够管理数百个端口或 SmartNIC 设备上的 TB 级流量，需要厂商投入大量时间和金钱进行研发。

如果使用的工具、技术或方法不当，就无法可靠地测试芯片设计，有可能导致代价高昂的重新设计，既影响企业形象，又进一步延误了产品上市时间。

### IxVerify

IxVerify 是是德科技专为复杂网络芯片的流片前验证而设计的测试解决方案。借助 IxVerify，是德科技及其合作伙伴正在推动 EDA 市场开启新的变革——提供虚拟化设计验证解决方案，再与下一代验证流程相结合，利用虚拟技术来减少专用硬件和特殊化硬件的成本，同时提高灵活性。

IxVerify 降低了芯片验证的风险，并确保产品能够更快上市。

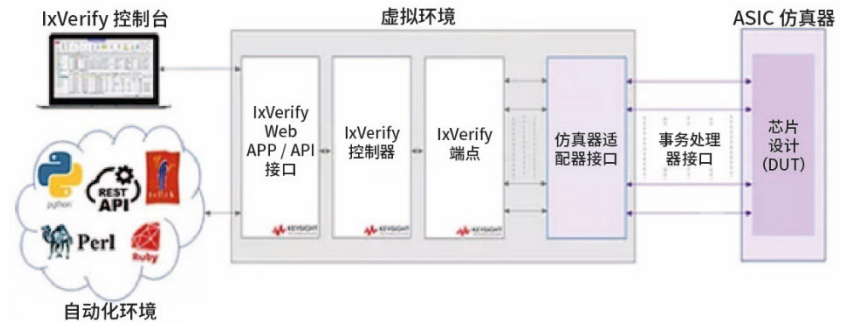


图 3. IxVerify 概念

### 主要特性

- 使用预定义的数据包模板生成自定义的以太网流量
- 控制动态流量速率整形，实现零丢包
- 针对被测器件的带宽分析和延迟测量
- 支持使用多种语言（包括 REST API）进行自动化测试
- 针对多用户场景灵活定义各类环境
- 可扩展数百个虚拟测试端口

# 集成光电和光学参数测试

## 晶圆级设计验证

要开发集成光电器件并对其进行设计验证，您必须在晶圆级以及单一裸片上对直流和高频信号的光学和电光参数进行全面测试。在检验晶圆结构方面，高精度探测是一项挑战。

### 是德科技的集成光电测试解决方案结合了晶圆探测和测量解决方案，支持进行各种参数测试

是德科技的可扩展多通道光学、射频和直流解决方案可实现高度准确和快速的全自动晶圆结构探测。

全自动探针台和仪器可表征光学和电光器件，适用于光学、频域和时域测试，并可通过扩展应对您未来的测试挑战。

以下产品可支持您在多个波长带（1240 — 1650 nm）进行偏振分辨光学表征

- 光电应用套件 Lambda 扫描软件
- N777-C 可调谐激光源、N778-C 偏振仪系列、N774-C 多端口功率计系列、N773-C 光开关，以及用于测试 O/E 响应度的 SMU 仪器
- 可扩展的模块化 PXI 平台，包含
  - M9601A（1 通道最高分辨率）和 M9614/15（5 通道）精密源表模块
  - 配有 N4377A 光波探测器的 M9808A 53 GHz 矢量网络分析仪
  - Keysight N4372/3E 光波器件分析仪支持高达 110 GHz 的射频测试
  - 频域、时域和相干测试

- 基于 Keysight PathWave 测试自动化 (TAP) 的全自动晶圆和裸片测试工作流程，包含集成仪器和探针台控制功能。
  - 用于测试自动化的 N7700210C 晶圆探针台插件
  - 用于 PAS Lambda 扫描软件的测试自动化插件 (TAP)
  - 用于测试自动化的 N4370P01A/B LCA 插件
- 与 FormFactor 合作，可以
  - 使用 FormFactor CM300xi 探针台进行半自动晶圆和单裸片探测
  - 对直径达 300 mm 的晶圆、晶圆和子裸片导航进行精确、快速且可重复的器件探测
  - 进行边缘/沟槽和表面/光栅光耦合，支持高度灵活的单纤和多纤连接
  - 进行高达 110 GHz 的射频探测和多引脚直流电人工智能探测

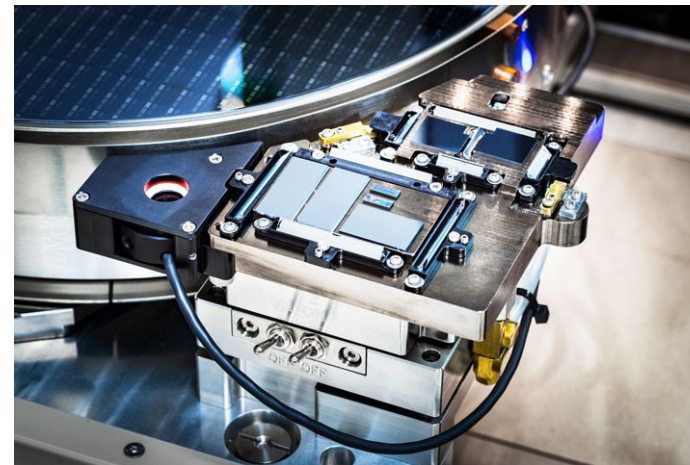
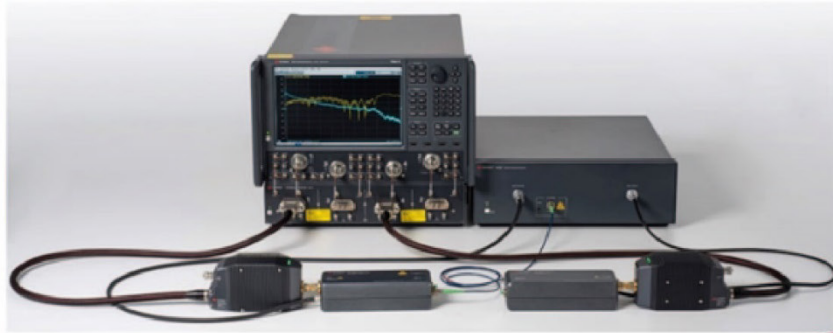


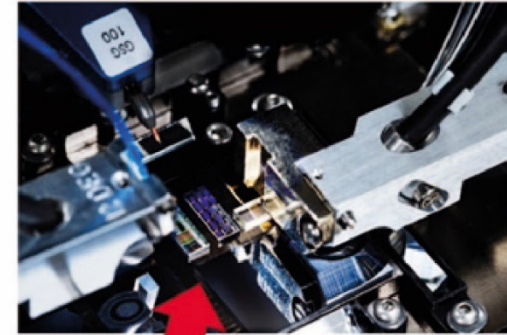
图 4. 用于校准和单裸片测试的辅助卡盘，适用于边缘和表面探测

## 射频电光测量



N4372E 光器件分析仪

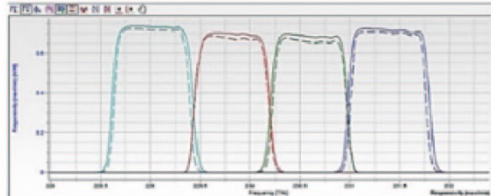
边缘和表面  
单一光纤和  
光纤阵列  
光/射频/  
直流探头



晶圆和裸片探测  
与对准



## 光学和直流电光测量



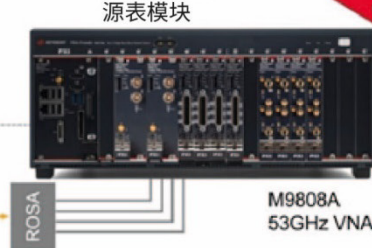
N7745C  
多端口功率计

N7786C  
偏振合成器

M9601A 和 M9615A  
B2900 系列  
源表模块



N7776C 可调激光源



M9808A  
53GHz VNA

图 5. 集成光电测试解决方案

PATHWAVE

## 光学元器件的波长和偏振相关性

在表征 PIC 和其他光器件时，实现光参数测量的稳定性和可重复性并非易事。

### 是德科技综合自动化解决方案

是德科技为测量光学元器件的波长和偏振相关性提供了强大的综合解决方案。这些新的软件和硬件采用了是德科技独特的单次扫描方法，可以实现出色的可重复性。新的偏振校准和稳定的偏振扫描对于在片和 PIC 测试（包括探头校准）特别有帮助。测量和启动时间得以显著缩短。

#### 新一代光纤测试仪：N77-C 系列



图 6. 适用于 N77-C 仪器的紧凑型标准平台

当您开发和制造光学元器件时，这些新型测试仪器可为您提供所需的测量功能和准确度，以及更快的数据传输速度和轻松方便的连通性。新的可调谐激光源、光功率计和偏振仪经过优化，可以协同工作，快速进行波长和偏振相关测量。

所有仪器都配有浏览器式的 GUI，因此无需安装额外软件即可通过 LAN 和 USB 接口，轻松地远程提供基本功能。

- 新型 N77-C 仪器与前几代仪器广泛兼容，可以简化测试解决方案的整合，有效保护用户早期对硬件和软件开发的投资。N777-C 可调谐激光源系列包括多个型号，覆盖整个 1240-1650 nm 波长范围，并具有高达 200 nm/s 的双向扫描测量性能、皮米级波长准确度，以及经济实惠的静态和步进波长应用程序
- N773-C 光开关系列具有 1x4、2x2 或 1x16 拓扑结构，支持用户轻松便捷地自动完成常见测试配置。这一系列产品拥有优良的耐用性和可重复性，以及超短的开关时间。
- N774-C 多端口功率计和具有 2、4 或 8 个光端口的远程探头可提供相当于前代产品 3 倍的数据传输速率，同时能够以高达 1 MHz 的采样率记录每端口多达 1M 个样本，结合新的输入信号事件触发功能，还支持与可调谐激光源协同使用，进行其他时间相关的光学测量。模拟电压输出可提供与光信号成线性和对数比例的输出，用于执行校准和反馈。N7753C 回波损耗计为扫描和固定波长测试例添加了反射率测量。
- N7752C 和 N776-C 光衰减器支持高效的光收发信机和网络集成测试。N7752C 是一款双通道型号，配有两个额外的独立光功率计。N7764C 和 N7768C 是适用于单模和多模光纤的 4 通道型号。
- N778-C 偏振仪系列包括一台传承了 N774-C 采样率和动态范围的偏振计，拥有全新数字反馈稳定度的快速同步扰频器，以及用于快速确定性偏振合成或光器件分析的组合仪器，支持用户进行差分群时延 (DGD) /偏振模色散 (PMD) 分析。



图 7. 用于 8162-C 远程功率计探头的 N7749C 接口

### 波长和偏振相关性分析应用软件

光电应用套件 PAS 版本 3 增加了对 N77-C 仪器的支持，并采用了新的 64 位架构，还包含新的 Lambda 扫描测量套件，以实现更强劲的性能和更灵活的特性。

### 软件套件

- 新的 LS 引擎：具有增强和扩展的 lambda 扫描功能（包含或不包含偏振功能），适用于测试集成探测器的 IL、PDL、PMD 和响应度；同时支持集成广泛的仪器，包括光功率计和远程探头、源表模块（如用于探测光电流的新型 PXI M9601A、M9614A 和 M9615A，以及用于 DGD 和 PMD 测量的 N7788C 光器件分析仪）。
- 传统 FSIL 引擎：使用 N774x 功率计以超高重复率校准和调试器件
- 传统 IL/PDL引擎：使用 N7786B 测量 IL 和 PDL 与波长的关系，也适用于集成探测器

### 许可证

- N7700100C 偏振 Lambda 扫描 (PLS) 支持使用 LS 或 IL/PDL 引擎进行单次扫描多通道测量
- N7700101C DWDM 通道分析 (DWDM) 可从频谱测量中获取指定元器件参数

- N7700102C 快速 Lambda 扫描 (FLS) 可使用 LS 或 FSIL 引擎实施多通道波长相关性分析。
- N7700103C PMD Lambda 扫描 (PMD) 可使用配有单个或多个可调谐激光源的 N7788C，对器件和光纤进行单通道测量，获取差分群时延和 PMD 参数以及插入损耗和 PDL。

### 集成光电扫描波长测量解决方案

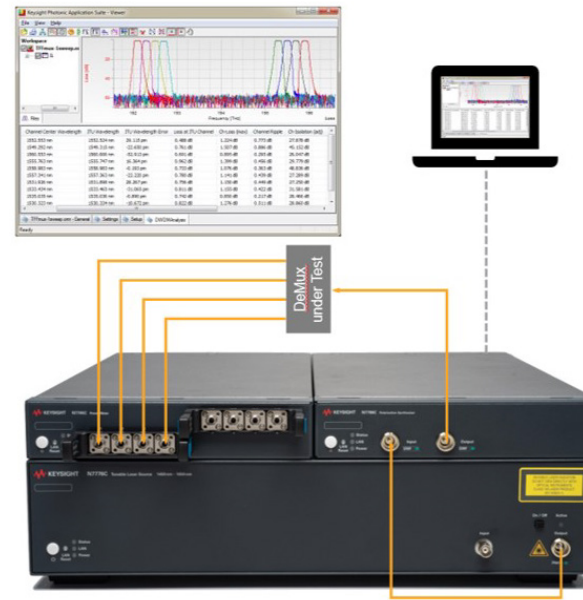


图 8. 单次扫描 IL 和 PDL 多端口测量的基本配置

是德科技的单次扫描技术无需重复扫描即可测量偏振相关性，从而有效减少温度漂移和光纤移动带来的影响，获得更出色的可重复性和稳定度。自动解析平面集成器件 TE 和 TM 模式的光谱，无需在测量前进行耗时的偏振校准。新的组件（例如光开关路径）IL 去嵌入能够有效简化测量校准。静态模式功能可基于扫描测量结果来稳定器件轴的偏振，支持探头校准和调整，特别是在执行晶圆级测试时尤其有效。借助 LS 引擎和 N7786C 偏振合成器，您可以在这些稳定偏振下执行波长扫描。

## 可调谐激光源系列的新波长选件可实现全波段覆盖

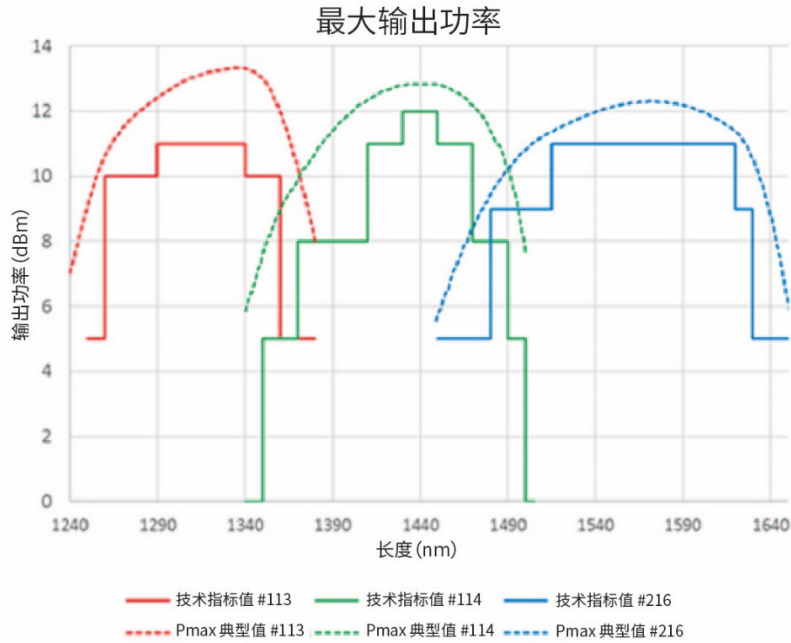


图 9. N777-C 可调谐激光源的光功率谱

N777-C 可调谐激光源系列包含多个选件，可完全覆盖单模光纤的波长带（从 1240 nm 至 1650 nm）。例如，O 波段和 E 波段激光源（选项 113 和 114）组合可以测量 400G CWDM8 MSA 的多路复用器/去多路复用器和接收机子组件，而 113、114 和 116 或 216 三个波长选件的组合可覆盖整个 CWDM 频谱。新选件 013 在 O 波段提供超高光功率，非常适合补偿光探测的损耗。PAS LS 软件支持自动开关激光源端口，可与多台激光源结合使用，轻松便捷地进行测量。

## 多波长计



图 10. 86122C 多波长计

是德科技多波长计系列包括两个型号，可在 1270 nm 至 1650 nm 范围内以  $\pm 0.2$  ppm 测试 DWDM 系统的可调谐发射机（86122C 型号，0.3 秒周期时间），以及在 700 nm 至 1700 nm 的扩展范围内，以  $\pm 1$  ppm 典型值，测试新型 SWDM 和 CWDM MSA 的激光源（86120D 型号，技术指标值：700 nm 至 1650 nm，0.6 秒周期时间）。这个多波长计系列中的两个型号均可在单次扫描中采集多达 1000 条激光线。高端型号 86122C 享有 5 年工厂保修，包括参考激光源覆盖范围升级。

## 面向硅光和电光器件测试的高频参数测试

光集成电路（PIC）是数据中心内部和数据中心之间的连接实现更高数据速率和更高能效的关键。光电 S 参数测试对于验证 PIC 设计来说必不可少。

### N4372E 光波元器件分析仪，频率范围高达 110 GHz



图 11. N4372E 光波元器件分析仪，频率范围高达 110 GHz

N4372E 110 GHz 光波元器件分析仪（LCA）作为是德科技 LCA 系列的新成员，能够对光发射机和接收机进行高达 110 GHz 的高频参数测试。N4372E 电光矢量网络分析仪系统以 N5290A/N5291A 900 Hz 至 110/120 GHz PNA 毫米波系统为基础构建，可突破性地对电光转换和光电转换器件进行高达 110 GHz 的 S 参数测量。

#### LCA 系列的主要特性：

- 光发射机和接收机测试：响应度、电回波损耗
- 单模元器件测试，频率高达 110 GHz，1260 - 1620 nm 范围
- 多模元器件测试，频率高达 50 GHz，820 - 980 nm 范围
- 绝对和相对电光响应（幅度和相位）

- 结合使用 PNA 的测量，能够扩展测量功能（例如 THD（总谐波失真）和增益压缩测量）
- 可追溯至 NIST（美国国家标准技术研究院）
- 集成光功率计

### N4377A 经过校准的光波探测器



图 12. N4377A 经过校准的光波探测器

N4377A 是一款独立式 USB 供电光波探测器，具有光功率计功能，与以下仪器配合使用，可用于频域应用

- 矢量网络分析仪
- 频谱分析仪
- 通过 USB 接口供电和连接：
- 校准数据以 S2P 文件形式存储在模块上，您可通过 USB 驱动器访问
- 通过 USBTMC 接口实现 SCPI 远程编程
- 独立于网络分析仪的（重新）校准

#### 可用选件：

- S70: 70 GHz 工作频率范围，1310 nm/1550 nm；单模光纤
- S40: 40 GHz 工作频率范围，1310 nm/1550 nm；单模光纤
- M40: 40 GHz 工作频率范围，850 nm；多模光纤

## N5291A 900 Hz 至 120 GHz PNA 毫米波系统



图 13. N5291A 900 Hz 至 120 GHz PNA 毫米波系统

### 采用完整的解决方案，测量更有信心

“自己动手”组装一台毫米波网络分析仪可能既麻烦又耗时。更糟糕的是，技术指标的稳定度或准确性没有保障。

更好的做法是选择预先配置完备的解决方案，其中包括两端口或四端口网络分析仪以及必要的毫米波线缆、扩频器和测试仪控制器。使用 N5290/91A 解决方案，您可以选择频率高达 26.5 GHz 或 67 GHz 的 PNA 或 PNA-X 网络分析仪。是德科技的配置指南针对各种选择进行了详细说明。

您将能获得一款出色的宽带毫米波解决方案，从而改善在片测量和连接器测量的表征和建模。为了确保获得准确、可重复的在片测量结果，N5290/91A 解决方案还与晶圆级测量解决方案（WMS）兼容。WMS 由是德科技和解决方案合作伙伴 Formfactor（原 Cascade Microtech）共同打造。

### 主要特性和功能

- 配有紧凑型扩频器的单次扫描解决方案
- 可以作为单个产品解决方案获得
- 可对器件施加准确的调平功率，进行功率扫描
- 提供各种应用软件，帮助您进行详细分析

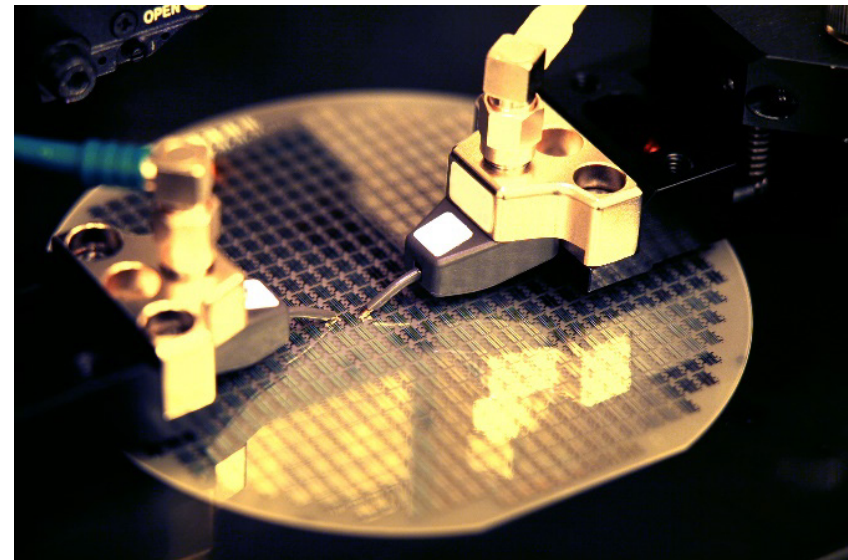


图 14. 通过结合使用校准、夹具去嵌入和夹具去除，可提高在片测量的准确度。

# 数据中心收发信机测试

## 800G 和 1.6T 电光研发

随着数据中心网络向 800G 和 1.6T 方向发展，使用 200 Gbps 接口有利于增加带宽，同时显著降低功耗和成本。除了 400G、800G 可插拔 MSA 和 OSFP 之外，OIF-CEI 224G 和 IEEE 802.3 等新兴行业标准也在定义各种电互连和光互连的规范。

接口芯片、DSP（数字信号处理芯片）、封装、连接器等，都需要进一步改进性能或采用新设计，才能在更高的通道速度下工作。

## 是德科技整体解决方案

是德科技提供了创新的 224 Gbps 光电测试解决方案，使您能够成功地设计可插拔的近封装光器件（NPO）和共封装光器件（CPO）。在特别紧张的信令条件下，是德科技可以释放裕量，确保您清晰了解设计的性能。

M8050A 高性能 BERT 具有超高的信号完整性，支持 NRZ、PAM4、PAM6 和 PAM8 信号，数据速率高达 120 GBd，让您可以做好准备向 1.6T 迈进。

UXR B 示波器是新一代先进示波器，具有全新优化的硬件和软件，并标配更大的内存，是助力您实现这一目标的另一款重要仪器。

用于发射机/接收机电表征的测试设备和解决方案：

- UXR1104B Infiniium 系列 110 GHz 实时示波器
- 用于 UXR 的 N7005A 光电转换器
- M8050A 或 M8040A 比特误码率测试仪（BERT）
- M8199B 或 M8194A 任意波形发生器（AWG）
- N1000A DCA-X 宽带示波器主机
- N1032A 120 GHz 插入式光通信模块

- N1046A 75/85/100 GHz，1/2/4 端口，远程采样头模块
- N1060A 精密型波形分析仪
- G800GE OSFP/QSFP-DD测试系统

## DCA-X 性能



图 15. DCA-X

N1000A DCA-X 宽带采样示波器可以对 50 Mb/s 到 224 Gb/s 的高速数字设计执行精准测量。

### 应用范围包括：

- 光收发信机设计和生产测试
- 电气 ASIC/FPGA/IC 设计和表征
- 通过对通道、电缆和印刷电路板执行 TDR/TDT 和 S 参数测量，可实现串行总线表征、测量和故障诊断。

是德科技针对您的应用提供了广泛的解决方案，这些解决方案可以与 DCA-X、DCA-M、独立时钟恢复和 N1010A FlexDCA 软件结合使用或一同使用。

## N1060A 精密型波形分析仪



图 16. 配有 N1000A DCA-X 的 N1060A 精密型波形分析仪

### 主要特性和功能

优良的仪器性能带来出色的裕量：带宽 > 90 GHz，剩余抖动低至 50 fs，时钟恢复峰值和环路带宽可调。

仪器可以灵活配置，缩短开发时间：集成的时钟恢复模块可实现高达 64 Gbaud (112 Gb/s) (NRZ 和 PAM4) 的数据速率，搭配使用集成的信号传感器，可实现简单的单次连接“无需触发”的工作

抖动频谱分析和软件时钟恢复仿真等分析工具可缩短验证时间

- 2 通道/时钟恢复/精密时基组合
- 50 或 85 GHz 带宽
- 16、32 或 64 G NRZ 和 PAM4 时钟恢复
- 抖动频谱分析和时钟恢复仿真
- 电气输入：1.0 mm 阳头（包括 1.0 mm 阴头至 1.85 mm 阴头适配器）

## N1046A 75/85/100 GHz，1/2/4 端口，远程采样头模块



图 17. 用于 86100D DCA-X 数字通信分析仪的 N1046A 75/85/100 GHz，1/2/4 端口远程采样头

### 主要特性

N1046A 是一组远程采样头模块，适用于表征 56 Gbaud 及以上的超高性能设计。其频率响应的“软滚降”特性有利于捕获 NRZ 或 PAM4 等宽带数字信号以及窄带信号。

- 1/2/4 端口，电气远程采样头
- 75 GHz、85 GHz 或 > 100 GHz 最大可用带宽（可升级）
- 大带宽和低噪声采样器，是分析 224 Gb/s 等新兴设计所使用的高速信号的理想之选

## N1032A/B 90/120 GHz 单/双通道光模块

用于 DCA-X 采样示波器的新型 N1032A/B 光模块提供了高达 120 GHz 的超大光带宽。N1032A/B 模块中的超大光带宽使其非常适合用于 112 Gbaud (224 Gb/s) 光信号分析，以及需要 65 GHz 以上带宽 (-3 dBo) 超宽带光接收机的应用。



图 18. 配有 N1000A DCA-X 的 N1032A/B 光模块

### 主要特性和优势

- 最大光带宽：120 GHz  
优势：帮助研发人员了解其设计的真实性能
- 用于 49.8 至 224 Gb/s (112 Gbaud PAM4) 的光参考接收机  
优势：支持 800G / 1.6T 传输的创新型光参考接收机
- 经过完全校准、易于使用的超宽带光参考接收机  
优势：准确表征数据通信应用中使用的、需要 65 GHz 以上带宽的子系统
- 平滑的频率响应使其能够进行准确的系统脉冲响应校正 (SIRC)
  - 可调带宽 (-3 dBo): 35 GHz – 90 GHz (选件 09U) 和 35 GHz – 130 GHz (选件 13U)
  - 可调频率响应: Bessel、Gaussian、Flat、Sin(x)/(x)



图 19. 适用于 64 Gbaud 以上信令速率的典型设置

## UXR1104B Infiniium UXR 系列示波器：110 GHz，4 通道

Infiniium UXR 系列实时示波器可提供超高性能采集功能和 10 位高清分辨率。Infiniium UXR 在 4 个通道上同时提供 110 GHz 带宽，且每个通道均能以惊人的 256 GSa/s 速率同时采样，因此可以为工程师和科学家提供出色的性能、超低噪声和高信号保真度，使他们能够真正查看和理解更快的信号特征，从而加速进行研究和开发新一代技术。

新的 UXR B 还配有更大内存。借助标配的 500 Mpts 内存，您可以捕获长度是以往 2.5 倍的波形进行分析。

提供 40 至 110 GHz 实时带宽，实现下一代的技术突破

- 提供 10 位 ADC 和优良的 ENOB 性能，支持更高阶的调制标准
- 本底噪声超低，使您可以观察信号的真实特征

**超高性能，可以提供更高的可视化水平和准确度，以及更快的测试速度**

- 40 至 110 GHz 实时示波器带宽
- 高清 10 位模拟数字转换器 (ADC)
- 带宽和通道数可以全面升级
- 更高的有效位数 (ENOB) 和高达 110 GHz 的带宽
- 超低本底噪声，噪声小于 1 mVrms
- 超低抖动，固有抖动小于 25 fs (rms)，通道间抖动小于 10 fs (rms)



图 20. UXR1104B Infiniium UXR 系列示波器：110 GHz，4 通道

### 主要特性

- 各产品型号提供了 40 至 110 GHz 的出色实时模拟带宽和高达 256 GSa/s 的采样率
- 2 通道和 4 通道型号——无限制的完整带宽和每通道采样率
- 10 位模拟数字转换器 (ADC)
- 超深内存——每通道高达 2 Gpts

## M8050A 120 Gbaud 高性能比特误码率测试仪



图 21. 使用 M8050A 可进行高达 120 Gbaud 的码型生成和误码分析。

是德科技先进的 M8050A 比特误码率测试仪提供了出色的 120 Gbaud 信号生成功能和优良的信号完整性，可确保您成功部署高达 1.6 Tb/s 的下一代芯片和其他先进技术。

您可以将 M8050A 与 80 GHz UXR 结合使用，打造完整的 120 Gbaud 接收机和发射机测试解决方案！与是德科技合作，我们的 M8050A 高性能 120 Gbaud BERT 可以帮助您顺利实现下一代技术的成功。此外，您还可以使用新型 M8043A 64 Gbaud 误码分析仪来表征 800G 接收机。

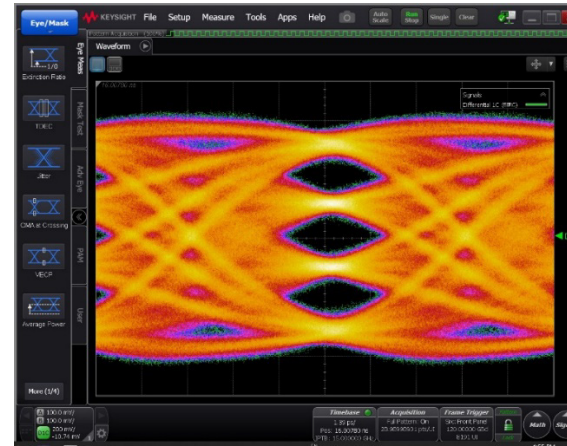


图 22. M8050A 提供高达 120 Gbaud 的码型生成功能，以及纯净的眼图张开特性。

### 主要特性

- 高达 120 Gbaud NRZ、PAM3、PAM4、PAM6/8 的码型生成
- 4 ps 快速跳变时间
- 低于 100 fs 的超低固有随机抖动
- 输出幅度高达 1.6 V 峰峰值差分
- 7 抽头去加重，标称分辨率为 0.5%，能够更好地实现通道匹配，改进通道损耗补偿，从而提供更低的失真
- 您可以使用 M8043A 进行高达 64 Gbaud 的误码分析；使用 SD7150A 接收机和发射机测试解决方案进行高达 120 Gbaud 的误码分析
- 您还可以使用 M8067A ISI 通道板和 M8070ISIB 可调节 ISI 软件来仿真码间干扰 (ISI)

M8070B 系统软件及附加的接收机合规性测试软件套件为您提供全力支持。

## M8040A 64 Gbaud 高性能比特误码率测试仪



图 23. 使用 M8040A 64 Gbaud 高性能 BERT，获得准确且可重复的结果。

### 从容打造您的下一个设计

M8040A 的跳变时间更短，固有抖动更低，能够提供数据速率高达 64 GBaud 的纯净 NRZ 和 PAM4 信号。M8040A 的远程探头和 1.85 mm 短电缆使测试点可以尽量接近被测器件，显著降低有损通道造成的信号衰减。

许多流行的互连标准使用了 PAM3、PAM4 和 NRZ 数据格式。M8040A 可对以下标准进行接收机（输入）测试：50/100/200/400/800 GbE、OIF CEI-56G 和 CEI-112G、64G/112G 光纤通道、PCIe 6/5/4、TBT3、USB3/4、SAS、USB4v2 和 Infiniband。

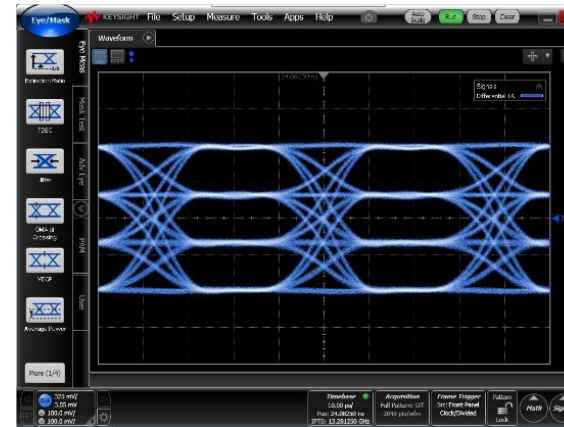


图 24. M8040A 的码型发生器能够提供纯净的 PAM4 信号。

### 主要特性

- 2 至 64 Gbaud 数据速率的 PAM4 信号
- 真正的实时 PAM4 误码检测能力，数据速率高达 58 Gbaud
- 内置去加重、分析仪均衡和时钟恢复功能
- 经过整合和校准的抖动注入：RJ、PJ1、PJ2、SJ、BUJ 和时钟/2 抖动
- 每个模块有两个码型发生器通道，用于仿真干扰源通道。
- 8/16/32/64 GT/s PCI Express®、SAS 和 USB3.2/4 交互式链路训练和 SKP OS 过滤
- 算法 PRBS、QPRBS 和基于内存的码型（如 SSPRQ）、码型序列发生器
- PAM4：Gray 编码、FEC 编码、预编码器 and 误码分布分析
- 所有选件和模块均可升级

## G800GE-02——800GE 第 1 层 BERT、KP4 FEC 多

### 端口测试解决方案

#### 是德科技全新的线速 2 x 800GE 测试系统

Keysight G800GE OSFP 测试系统可以使用线速数据包流量更简单、更低成本地验证 800GE 电子器件的比特误码率 (BER) 和前向纠错 (FEC) 符号性能以及对其进行压力测试。G800GE 是一套专用的 BERT 和 FEC 测试系统，可用于验证芯片、光收发信机或网络设备的端口电子器件。它的每个端口均具有 56 Gb/s 或 112 Gb/s 电气通道信令功能，因此您仅需几分钟而非几小时就可发现问题。它能够根据需要在系统级视图中一次性实时显示所有通道和端口的 BER 和 FEC 性能。

#### 它采用同轴连接方式，可进行更准确的测量

G800GE 单端口光收发信机接口型号是一款独特的台式测试机箱，其中包含一个单端口电气发射机/接收机同轴接口。同轴接口能够实现高信号完整性，并可灵活地连接到评测板和模块合规板 (MCB)，以便使用 G800GE 的 BERT、FEC 和数据包传输功能来验证各种类型的被测器件。



图 25. G800GE-02 OSFP800、QSFP-DD800 和同轴型号

#### 主要特性和功能

- 对在 56 Gb/s 至 112 Gb/s 串行电气接口上运行的 400G 和 800G 芯片和收发信机进行功能测试。
- 使用 G800GE 800GE BERT 的 2 个端口以及 Keysight KiOS 多端口浏览器应用程序的 FEC 和数据包爆炸功能，验证高端口数器件的 BER 性能
- 支持重计时和线性可插拔光器件 (LPO) 以及有源电缆 (AEC)
- 112 Gb/s 的 IEEE 自动协商和链路训练 (AN/LT) 支持 800G 无源 (DAC) 和有源铜缆 (ACC)
- 使用 Keysight KP4 FEC 符号比特误码密度分布分析软件执行长时间测试 (计时测试) 和压力测试——这款软件非常适合用于捕获随时间推移发生的猝发错误简化 G800GE 与 Keysight M8040A 高性能 BERT 分析仪的连接，使您可以更轻松地执行 FEC 感知物理层测试
- 使用外部触发器触发 UXR 实时示波器进行可编程 FEC 捕获。
- 全面的 800G 收发信机制造解决方案，可与 Keysight DCA-M 示波器结合使用
- 可用接口包括 OSFP + COAX、OSFP、QSFP-DD + COAX 和 QSFP-DD。
- 通过结合使用基于 KiOS 浏览器的单页应用程序 (SPA)、各种 BERT 和 FEC 的系统视图、所有通道或端口的数据包统计信息以及支持 1x800GE、2x400GE、4x200GE 和 8x100GE 速度的能力，您可以更快发现问题
- 您可以在几分钟而不是几小时内完成线速 BER 和 FEC 性能测量——使用获得专利的增强型 BERT 选件 (BERT 推断的 FEC) 同时评测光收发信机和硅器件在各种以太网速度下的 BER

## FlexOTO 光测试优化解决方案

### 面向 800G/1.6T 验证和制造



图 26. 适用于 DCA-M 采样示波器的 FlexOTO 优化软件和控制器

虽然主流数据中心网络中仍在持续部署 400G 以太网（400G），但对 800G 光网络的需求日渐高涨，而对 1.6T 技术的需求也已初步显现。技术的快速进步使得光发射机测试面临着降低成本、增加容量、测试更多光通道并确保符合复杂的新兴行业标准等诸多挑战。FlexOTO 应用软件专为测试系统设计师开发，可以帮助他们创建设计验证和大规模光通信测试系统。FlexOTO 软件可自动控制 Keysight DCA-M 仪器、FlexDCA 软件和光开关硬件，从而降低测试成本，同时保持较高的测量完整性。

### 主要特性和优势

- 优化测试效率并提高测试硬件使用率  
优势：FlexOTO 软件可自动控制 Keysight DCA-M 仪器、FlexDCA 软件和光开关硬件，从而降低测试成本，同时保持较高的测量完整性
- 提高对已部署的 DCA-M 进行 800G/1.6T 和 CPO/NPO 测试的投资回报  
优势：FlexOTO 软件支持各种开关，可使用您现有的 DCA-M 资产创建大规模测试系统，并可轻松集成制造测试流程
- 经济高效的解决方案套件：Keysight N1002L31A 和 N1002L33A 套件提供了完整的软硬件解决方案  
优势：节省资金并加速完成整个测试系统的设置，包括 FlexOTO 和 FlexDCA 软件许可证、N1002A DCA-M 优化控制器、配有集成 CDR 的 N1092A/N1092B DCA-M 和 N7733C/ N7731C 光开关

## 经过 FEC 验证的设计

自适应数字均衡器与前向纠错的结合，显著增加了 400G 和 800G 元器件和接口的设计、表征和验证复杂性。

### 800G FEC 感知接收机一致性测试

100 Gb/s 串行接口在很大程度上依赖自适应数字均衡器来补偿通道损耗和反射，并依赖前向纠错 (FEC) 来实现无误码运行。但可惜的是，数字均衡器和重计时器会产生误码猝发，严重影响 400G 和 800G 设计中使用的 Reed Solomon FEC 代码的性能。

是德科技的解决方案由 M8040A 或 M8050A BERT 与 G800GE 结合组成，可以将 FEC 约束集成到物理设计验证中。

G800GE 能够生成并分析 100G、200、400 或 800G 流量。一些电气通道可以替换为传统 BERT 系统的电气通道，作为根据 IEEE 802.3ck 等标准校准的受损通道。流量可以基于 PRBS 或 FEC 编码——因此，G800GE 和 BERT 必须同步。

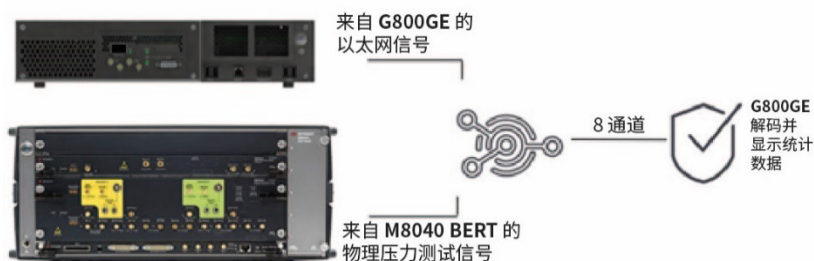


图 27. 使用 M8040A 和 G800GE 进行的 100G 串行接口 FEC 感知型一致性测试

### 高性能 BERT 分析仪同步

G800GE OSFP 可以在现场进行升级，以便支持与 Keysight M8040A 或 M8050A 高性能 BERT 分析仪的互连和同步。这套组合系统是一款符号条带化 FEC 感知型物理层 BER 测试仪，提供了 112G 电气通道。它可用于 800GE 表征、压力测试和一致性测试，以及物理层通道压力测试和通道损伤测试。此外，它还可以根据应用需求，搭配各种是德科技第 1 层仪器（例如实时示波器、DCA 以及其他设备和附件）对光收发信机执行一系列先进测试，例如 TDECQ 和光接收机压力测试 (ORST)。

#### 主要特性

- 根据 IEEE 802.3ck (电气) 和 IEEE 802.3cd (光学) 标准校准的压力测试信号
- 来自 2 个信号源的 100GBASE FEC 通道无缝连接 (支持 PRBS)
- 在 G800GE 上进行实时接收机性能监测，例如 BER、FLR、FEC 裕量和猝发捕获。
- 使用 G800GE 同轴电缆系统将模块合规板 (MCB) 连接到器件评测板上

## 电接收机的标准一致性

### 是德科技自动化测试解决方案



图 28. 电接收机测试解决方案

电气标准包含校准和其他要求，按照这些标准进行测试，需要测试人员具备深厚的专业知识，而整个测试过程也十分乏味且耗时。

是德科技的接收机一致性测试解决方案旨在为用户提供必要的协助，简化压力信号校准。用户可以使用 Keysight M8000 系列 BERT、数字通信分析仪（DCA）示波器以及 UXR 系列实时示波器，利用经过校准的压力信号来测试网络电接口的输入性能。

该测试解决方案有助于减少用户干预，并通过远程控制全部所需仪器，自动执行所有要求的校准例程和合规性测试。支持广泛的硬件配置，有效保护您的投资。

#### 主要技术指标

- 支持符合 IEEE 802.3bm/bs/ck 测试程序的芯片到模块（C2M）、芯片到芯片（C2C）和背板（KR）接口
- 支持符合 OIF-CEI 3.1、4.0 和 5.0 测试程序的极短距离（VSR）、中距离和长距离（MR/LR）接口

#### 主要特性和优势

- 根据 IEEE 25/50/100G 和 OIF-CEI 28/56/112G 规范，引导您对电接收机进行设置、自动压力信号校准和一致性测量
- 通过远程控制的仪器进行自动化测试，减少用户干预
- HTML 测试报告
- 支持进行数据分析
- 灵活的许可证

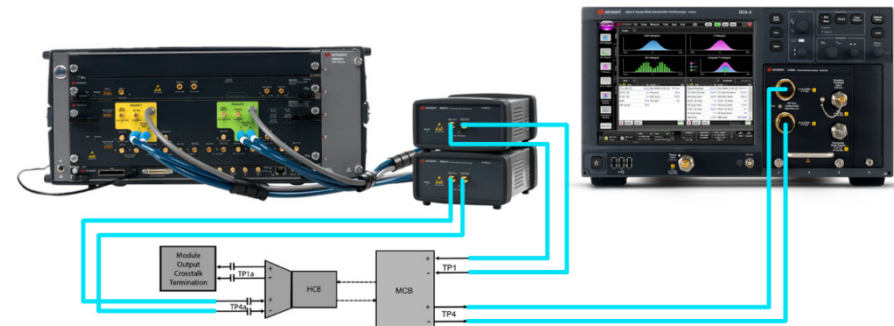


图 29. C2M 压力眼图校准的设置配置（主机测试）

## 光收发信机互操作性

### 光接收机压力测试

确保 10/40/100/400G 接口的结果可重复且可重现



图 30. 光接收机压力测试

无论是收发信机模块出现互操作性问题，还是发现测量性能不符合预期性能，厂商都必须执行额外几轮模块表征，这可能导致发货延迟甚至产品不合格。是德科技可提供全自动测试解决方案，按照 IEEE 10G、25G、40G、100G、200G、400G 和 MSA 标准执行光发射机表征和光接收机压力测试。是德科技光接收机压力测试解决方案是一款完整而成熟的解决方案，包括自动光学压力眼图校准，其中压力条件完全可控可调，确保您获得可重复且可重现的结果。

#### 主要特性和优势

- 测试 10G、25G、40G、100G、200G、400G 光收发信机是否符合 IEEE 标准和 MSA 规范
- 检测并了解互操作性问题
- 由单一厂商提供的完整解决方案。

#### 主要技术指标

- 可控压力测试混合信号 (ISI、抖动、噪声) 可满足 IEEE 802.3bs/cd/db 测试程序和用户特定测试 (设计表征) 的要求
- 使用 81492A-135 单模和 81491A-085 多模参考发射机，可在 O-C 波段和 850 nm 波长下进行高达 56 Gbaud 的 PAM4 信号传输。
- 针对 NRZ 和 PAM4 提供数量可控的抖动、噪声和 ISI 代价
- 自动进行压力信号校准、接收机灵敏度和抖动容限测量
- 对光压力 NRZ 和 PAM4 信号进行稳定且可重复的校准

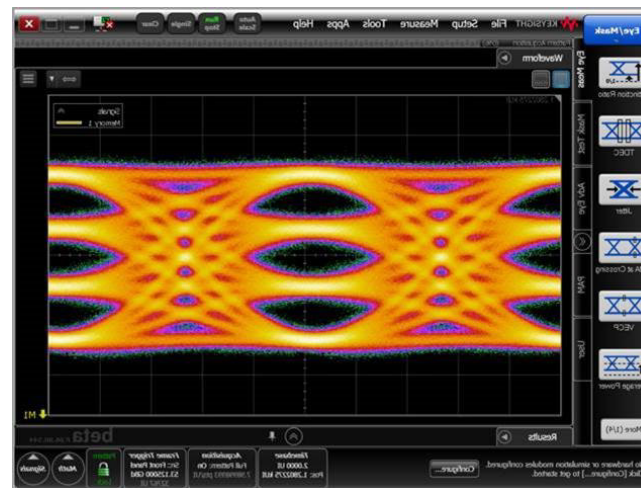


图 31. 使用 M8196A 任意波形发生器和 81490A-135 参考发射机生成的 53.125 Gbaud PAM4 光信号。

## 高速多模光器件

在 100 Gb/s 及更高的通道速度下，发射机色散眼图闭合四相 (TDECQ) 是评测 PAM4 光发射机通信质量的主要指标。

### 是德科技多模测试整体解决方案

是德科技针对每通道 100 Gb/s 多模场景提供了整体解决方案，将 N1092A DCA-M 采样示波器与新型 N1077B 时钟恢复模块相结合，适用于测试 IEEE 802.3db 定义的每通道 100 Gb/s 多模应用。

- 64 Gbaud 多模 CDR
- IEEE 802.3db 合规性
- 完整的发射机测试解决方案



图 32. N1092A/B/C/D/E 和 N1094A/B DCA-M 光电信号采样示波器

#### 专为制造业设计的测试解决方案，准确度堪比 N1000A DCA

Keysight N1000A 数字通信分析仪 (DCA) 系列在验证光发射机是否符合通信标准方面获得了业界的广泛认可，并且多年以来深受广大工程师们的青睐。工程师

可以轻松地用它精确测量数字通信波形。Keysight N109X DCA-M 系列成功传承了前代产品的精髓，其中许多高性能元件来自于 N1000A 示波器主机采集系统，并且沿用了 N104XA 插入式模块中的光通道和电通道硬件。N1092 和 N1094 适用于对 8.4 Gbaud 至 64 Gbaud 的 NRZ 和 PAM4 信号执行波形及抖动测量。

#### 为大规模制造测试应用专门设计

DCA-M 专为大规模制造测试应用而设计，拥有堪比 N1000A 的测量准确度，并且无需采用研发测试解决方案，可以显著节省成本。对于收发信机和元器件的最终用户而言，他们通常都是使用相似准确度的高质量测试系统来验证元器件的性能，因此使用 N109X 执行测试，可让您对测试结果高枕无忧。

#### 体积纤小的综合型仪器

Keysight DCA-M 系列基于是德科技数字通信分析仪 (DCA) 技术而设计，在验证光发射机是否符合通信标准方面赢得业界的广泛认可。DCA-M 采用紧凑的外形设计，可提供单个到四个光通道和电通道，是制造业和研发应用的理想之选。使用低噪声、高灵敏度且经过校准的参考接收机分析多模和单模信号。DCA-M 拥有多种型号和相关的配套软件及合规性测试应用软件，无论是分析电气器件还是光通信器件，它们都可以确保高精度的测量结果。

- 分析从 1 Gb/s 到 64 GBaud 的广泛数据速率
- 电通道可提供高达 50 GHz 的带宽
- 特征固有抖动低至 160 fs RMS
- 单通道至四通道型号均同时支持多模和单模

### 以现代化的 N1010A FlexDCA 用户界面为基础

Keysight N1010A FlexDCA 软件在 Keysight DCA 系列采样示波器上运行。它既可以作为本地用户界面来控制测量硬件，也可以进行远程控制。除了获取数据和进行测量以外，FlexDCA 还包含功能强大的工具，有助于提高工作效率，深入了解被测信号或被测器件的问题根源。



图 33. N1010A FlexDCA 用户界面

### N1077B 64 Gbaud 多模光/电时钟恢复模块

N1077B 光/电时钟恢复模块具有可调节环路带宽以及高达 64 Gbaud 的光信号和电信号峰值，能够提供仪器级时钟恢复功能。N1077A 时钟恢复模块可通过 USB 接口连接至 N1000A DCA-X 主机或运行 N1010A FlexDCA 软件的单独计算机进行控制。



图 34. N1077B 64 Gbaud 多模光/电时钟恢复模块

### 主要特性和功能

- 拥有 125 MBd 至 64 Gbaud 数据速率范围（连续），支持光/电 NRZ 和 PAM4 数据信号
- 具有可调峰值和环路带宽（高达 20 MHz），能够提供符合标准的时钟恢复（“理想 PLL”）
- 内置可变均衡器（选件 EVA）可锁定质量下降的信号（“闭合眼图”）
- 抖动频谱分析（选件 JSA）功能能够深入分析抖动的根本原因。使用 N1010300A FlexPLL 分析软件和 N1081PLCA PCI Express PLL 测试应用软件，可执行符合标准的 PLL 带宽和峰值测量

# 相干收发信机测试

## 220 Gbaud 及以上的相关光传输

600 Gb/s 至 2 Tb/s 数据传输需要采用先进的调制方案。下一代相干收发信机将以大约 160 Gbaud 甚至更高的符号率运行。

### 是德科技全相干收发信机分析

这款测试解决方案能够仿真相干收发信机的功能，使用 Keysight M8199 系列任意波形发生器 (AWG) 生成具有灵活调制格式的信号。您可以使用是德科技突破性的 N4391B 光调制分析仪 (OMA) 来分析这些信号，该分析仪基于是德科技品质出众的 UXR 实时示波器系列设计。这款解决方案能够更迅速地对收发信机进行全面分析，从而验证和提升收发信机的性能。

- 更大带宽
- 更低本底噪声
- 更低本底噪声

### 70 GHz 和 110 GHz 光调制分析仪接收机

对于相干传输测试，是德科技提供了能够生成和分析复合调制光信号的仪器。通常，您可以使用多通道任意波形发生器来合成复合调制信号。使用 81195A 光调制发生器软件生成纯净的复合调制信号以及信号减损，在多个测试场景中对相干接收机进行压力测试。

光调制分析仪能够对复合调制光信号的物理层进行深入分析，从而确定信号质量或评测专门用于 IQ 调制和解调的元器件。是德科技提供非常广泛的光调制分析和合成仪器，测试速度高达 1.2 Tb/s，充分满足您当前和未来的需求。



图 35. N4391B 光调制分析仪

## 主要特性与技术指标

- 最大可检测符号率 80/100/118/140 GBd 和 160/200/220 GBd，具体取决于所选示波器
- 单台示波器可提供 40/50/59/70 GHz 和 80/100/110 GHz 系统带宽选项
- 256 GSa/s 采样率
- 为所有带宽级别提供 10 位 ADC 分辨率
- 在参考条件下规定的典型系统本底噪声 < 1.6% EVM rms
- <  $\pm 0.5$  ps 相对偏移
- 1528 nm 至 1620 nm 光波长范围
- $\pm 2.5$  pm (典型值) 绝对波长准确度

## M8199B 256 GSa/s 任意波形发生器



图 36. M8199B 256 GSa/s 任意波形发生器

M8199B 任意波形发生器可为研发工程师提供所需的速度、带宽、精度和灵活性，帮助他们应对下一代应用带来的挑战，诸如每通道超过 400 Gb/s 的强度调制/直接检测 (IM/DD) 和每载波超过 1.6 Tb/s 的相干光通信。

### 主要特性与技术指标

- 从 200 GSa/s 到 256 GSa/s 的 Gbaud 级连续采样率
- 模拟带宽超过 80 GHz
- 400 MHz 时幅度为 5.0 Vpp
  - 128 Gbaud 时差分输出电压高达 2.6 Vpp
  - 144 Gbaud 时差分输出电压高达 2.3 Vpp
  - 160 Gbaud 时差分输出电压高达 2.2 Vpp
- 每个通道配有 1 M Sa 波形内存
- 可同步 4 个模块上的多达 8 个通道
- 内置频率和相位响应校准，可以提供纯净的输出信号
- 高度集成、开箱即用

- 利用常见软件进行操作，包括 MATLAB/Python、Keysight IQTools 和基于 M8070B 软件的 SCPI 编程接口

### 速度超群的任意波形发生器

M8199B 使用有源组合器集成电路对信号进行求和。该配置将线性大功率射频放大器组装在单个 gold-brick 封装中，相较于其前身 M8199A，输出功率和模拟带宽均大大增加。

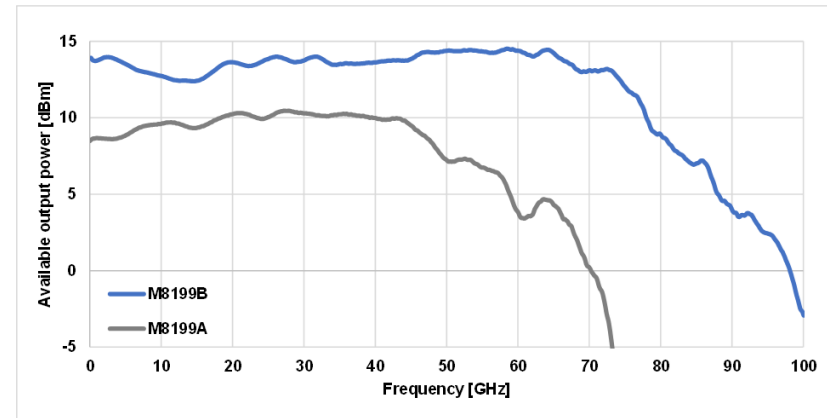


图 37. M8199B 与 M8199A：可用输出功率与正弦滚降频率对比。

### 鼎力支持前沿应用

M8199B AWG 作为独树一帜的解决方案，可支持电信和数据通信行业的研发团队开发数据速率高达 160 Gbaud 及以上的相干及 IM/DD 光传输系统中使用的元器件、原型设计或产品。

M8199B 任意波形发生器可提供采用了灵活调制方案 (NRZ、PAM-n、QPSK、QAM-n) 的激励信号。此外，它还让您在将信号载入任意波形发生器的内存之前，先进行离线自定义数字信号处理。

超过 128 Gbaud 的相干光应用需要使用同时具备高速度、高精度和高度灵活性的新型信号发生器。M8199B 是测试从分立元器件（例如光功率放大器）到复杂的双偏振系统（例如光调制器或光接收机）等各种光系统的理想解决方案。M8199B 还可提供压力信号，用于测试下一代数字信号处理器 ASIC 和新算法概念。

电缆和放大器等产生的失真可以通过对各自电路执行 S 参数嵌入/去嵌入，或是使用是德科技矢量信号分析软件执行原位校准来加以补偿。

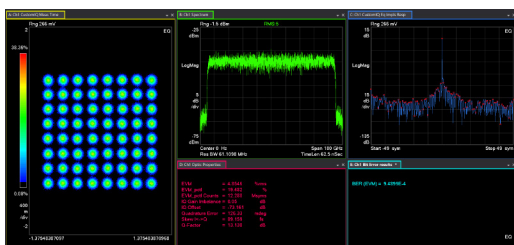


图 38. 64QAM 和 160 Gbaud（使用 4 通道系统时为 1.92 Tb/s）

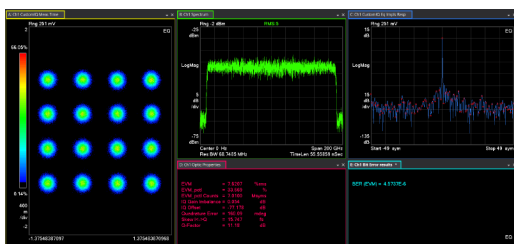


图 39. 16QAM 和 180 Gbaud（使用 4 通道系统时为 1.44 Tb/s）

### 电气与强度调制/直接检测（IM/DD）光纤应用

随着服务器和计算机数据速率的提升，走线损耗也在增加，导致信噪比降低，标准调制格式（例如 NRZ 和 PAM4）可能会无法满足最新需求。M8199B 是满足这些应用需求的理想工具，可为新调制格式的前沿研究提供灵活的功能，将传输速率提高到一个新的水平。例如，高速研究已经在尝试使用 PAM3、PAM6、PAM8 和其他专有调制格式实现 160 Gbaud 及以上的数据速率。

M8199B 波形发生器具有灵活、高速的优点，以及出色的固有抖动性能，是一款不可多得的多功能仪器。

数据速率达到多 Gb/s 时，要想在被测器件的测试点生成需要的信号，必须考虑电缆、电路板走线和连接器等因素的影响。M8199B 采用数字校正技术，可以补偿任意波形发生器输出和外部电路的频率和相位响应，为被测器件提供需要的信号。在已知对应电路 S 参数的情况下，可以对通道进行嵌入/去嵌入。

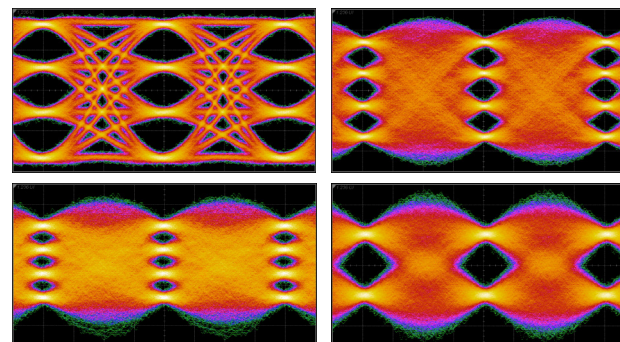


图 40. 左上图为 112 Gbaud（224 Gb/s）PAM4，右上图为 160 Gbaud（320 Gb/s）PAM4，左下图为 200 Gbaud（400 Gb/s）PAM4，右下图为 200 Gbaud（200 Gb/s）NRZ

## 400G 相干收发信机验证

互操作性和容量要求使得 400G 及更高速率的相干收发信机制造必须改变模式。

### 是德科技可扩展解决方案，您的经济实惠之选

是德科技提供了专为相干 400G 生态系统设计的可扩展测试解决方案，其体积小、价格实惠，内含 M8290A 模块化光调制分析仪系列 (M-OMA) 和任意波形发生器 (AWG) M8196A (92 GSa/s、32 GHz 模拟带宽) 或 M8194A (120 GSa/s、50 GHz 模拟带宽)。

#### M8290A 光调制分析仪和高速数字化仪测试解决方案



图 41. M8292A 光调制分析仪

M8290A 系列中的 M8292A 光调制分析仪专为 400G 速度等级而优化，是一款可在机架中安装的紧凑型测试仪器，能够连接至相干发射机的光输出。它充分利用了是德科技矢量信号分析仪和光调制分析仪软件的全部功能，确保用户在分析复合调制的数据信号时获得良好体验。

#### 主要特性与技术指标

- 用于测试相干光发射和接收器件的完整解决方案
- 紧凑、灵活的 AXIe 模块化仪器
- M8292A 与 M8296A 的技术指标大部分相同
  - 74 GBd 最大符号率
  - 83 GSa/s 至 92 GSa/s 采样率
  - 512k 最大采样记录长度
  - 8 位 ADC 分辨率
- M8292A 光接收机特有的技术指标：
  - 1528 nm 至 1570 nm 波长范围
- M8296A 电接收机 (ADC) 特有的技术指标：
  - 150 mV 至 400 mV 输入范围

## 相干光发射和接收器件的系统集成

双偏振 IQ 调制器和内插相干接收机及发射机等相干光器件在开发过程中的各个阶段都需要测试，而在集成到 400ZR 和即将推出的 800ZR 系统中时，还需要由系统集成商进行质量验证。

### 测试自动化解决方案

N4391B OMA 软件包含的软件套件可与是德科技硬件相结合，为相干光发射和接收器件的全面表征提供整体解决方案。它同时支持 M8290A 和 N4391 系列硬件平台。

OMA 软件中的特色应用软件套件：

#### 符合标准的 EVM 测量

其特点包括：

- 根据 ITU G.698.2 和 OIF-400ZR 标准，使用预定义参数和方法进行发射机测试
- 针对为所有处理步骤定义的数据块长度，执行 EVM 测量
- n 抽头 T 间隔自适应均衡器
- 数字噪声加载（可选）

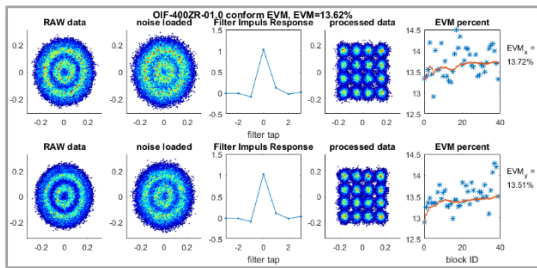


图 42. 符合标准的 400ZR 收发信机 EVM 结果显示屏幕

业界正在推进下一代 800G 相干链路的标准化，并提议采用 16QAM 调制方案将符号率提高一倍，达到 120 GBd，并在未来实现长达 10 千米的数据中心内链路（OIF 800LR、IEEE 800GBASE 或 IEEE 802.3dj）和长达 80 千米的数据中心间链路（OIF 800ZR）。是德科技已经为这些技术准备好了设计和验证工具。例如，G800GE-02 与 N4391B 光调制分析仪配合使用，能够测试 400G 和 800G 相干可插拔模块以及 C 波段（800ZR）和 O 波段（800LR）的元器件。

### 相干光发射和接收器件测试（COD 测试）

其特点包括：

- 夹具和仪器之间只需单次连接，可节省时间并提高可重复性
- 同时测量所有四个 S21 幅度和相位响应
- 对电缆和夹具进行去嵌入
- 可扩展设置支持执行额外的测量
- 测量 IQ 偏斜、XY 偏斜
- Rx IQ 角度（需要外差配置）
- COD 测试结果：Tx 幅度和相位响应，包括放大的偏斜测量结果

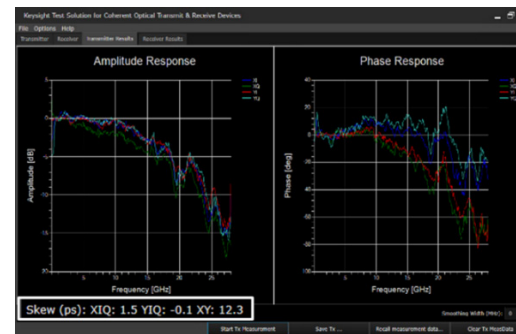


图 43. COD 测试

## 集成相干接收机 (ICR) 测试

### 特点

- EVM 本底噪声
- 图像抑噪
- 同时测量所有四个 S21 幅度响应, 节省宝贵的测试时间
- 测量 IQ 偏斜、XY 偏斜和 Rx IQ 角度
- IQ 和 XY 增益不平衡

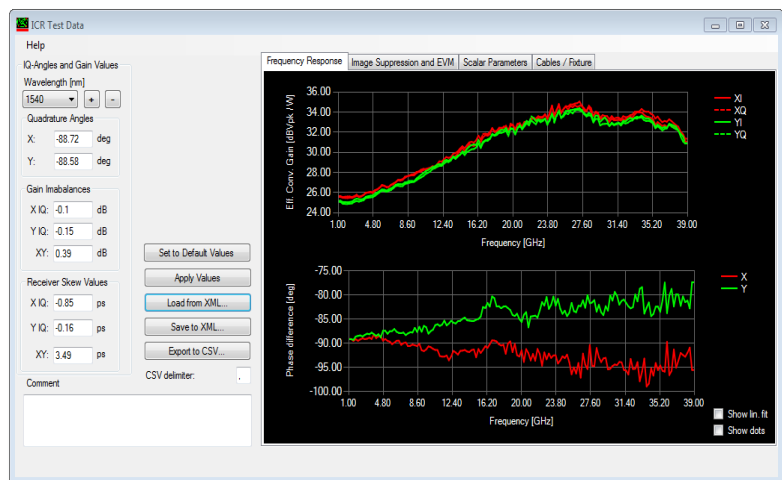


图 44. 包含相位和频率响应的 ICR 测试结果显示屏幕

# KeysightCare——技术支持。升级。

在各种压力下，等待工具、等待答案或等待援助都会延误时机，让您付出沉重代价。这正是我们打造 KeysightCare 的原因。在您需要的时候付诸行动。KeysightCare 引领服务和支持转型，帮助您的团队始终如一地交付更好结果。这也是一个大胆的承诺，而我们是这一承诺的坚实后盾。

## 灵活性

KeysightCare 支持服务除了提供基本的保修之外，还提供三个层级的支持以满足您的独特需求。无论您是想要获得更快的响应，还是想让您的设备保持新机一样的状态，或是想要获得专家的帮助和指导，总有一款 KeysightCare 服务适合您。



## Assured——快速支持

- 10 天仪器维修期
- 定期发布的固件通知
- 4 个工时的技术响应时间
- 支持知识中心
- 自助服务门户网站

## Enhanced——优先支持

- 7 天仪器维修期
- 定期发布的固件通知
- 2 个工时的技术响应时间
- 支持知识中心
- 自助服务门户网站
- 5 天加速校准服务

## 高性能——企业级支持

- 5 天仪器维修期
- 定期发布的固件通知
- 2 小时技术响应
- 支持知识中心
- 自助服务门户网站
- 3 天紧急校准服务
- 每周 7 天、每天 24 小时紧急响应

## 软件——订阅式支持

- 软件更新与增强
- 定期发布的软件通知
- 4 个工时的技术响应时间
- 支持知识中心

## 参考资源

PathWave 先进设计系统软件 (ADS)

<https://www.keysight.com/find/ADS>

IxVerify

<https://www.keysight.com/find/ixverify>

800G 和 1.6T 测试解决方案

<https://www.keysight.com/find/1.6T>

DCA-X 采样示波器

<https://www.keysight.com/find/dca-x-sampling-oscilloscopes>

DCA-M 采样示波器

<https://www.keysight.com/find/dca-m-sampling-oscilloscopes>

FlexOTO 光测试优化

<https://www.keysight.com/find/flexoto>

M8050A 120 GBd 高性能 BERT

<https://www.keysight.com/find/M8050A>

M8040A 64 GBd 高性能 BERT

<https://www.keysight.com/find/M8040A>

光收发机测试解决方案

<https://www.keysight.com/find/optical-transceiver-test-solutions>

相干可插拔模块测试

<https://www.keysight.com/find/coherent-pluggable-test>

光接收机压力测试仪

<https://www.keysight.com/find/optical-receiver-stress-testers>

集成光电测试产品

<https://www.keysight.com/find/integrated-photonics-test-products>

光元器件测试

<https://www.keysight.com/find/optical-component-test-products.html>

110 GHz 光波元器件分析仪

<https://www.keysight.com/find/N4372E>

N4377A 光波探测器

<https://www.keysight.com/find/N4377A>

相干传输测试仪器

<https://www.keysight.com/find/coherent-transmission-test-instruments>

Infiniium 实时示波器

<https://www.keysight.com/find/infiniium-real-time-oscilloscopes>

M8199B 任意波形发生器

<https://www.keysight.com/find/m8199B>

N5291A PNA 毫米波系统, 900 Hz 至 120 GHz

<https://www.keysight.com/find/N5291A>



是德科技赋能创新者快速解决设计、仿真和测试挑战，突破工程设计的限制，打造出色的产品体验。访问 [www.keysight.com](http://www.keysight.com)，开始您的创新之旅！

此信息如有更改，恕不另行通知。© 是德科技，2022 年–2023 年，2023 年 9 月 27 日，印于北京，5992-4444CHCN