



证券研究报告

机械设备

2026年07月28日

光模块设备行业深度研究：CPO重构测试体系，国产测试设备性能比肩全球龙头——AI光互联黄金赛道

评级：推荐(维持)

张钰莹(证券分析师)

S0350524100004

zhangyy03@ghzq.com.cn

最近一年走势



相关报告

《机械行业专题报告：工程机械2026年6月海关数据更新（推荐）*工程机械*张钰莹》——2026-07-23

《机械行业专题报告：摩托车行业2026年6月数据更新（推荐）*机械设备*张钰莹》——2026-07-15

《光模块资本开支与设备专题研究：产能扩张、设备需求与CPO技术路径——AI光互联黄金赛道（推荐）*机械设备*张钰莹》——2026-07-13

相对沪深300表现

表现	1M	3M	12M
机械设备	-20.0%	-11.1%	15.7%
沪深300	-6.1%	-4.0%	10.5%

核心提要

- ◆ 本篇报告致力于回答以下核心问题：1、CPO将如何重构光模块测试体系？2、国内外光模块测试设备龙头公司如何布局？3、国内外光模块测试设备差距几何？
- ◆ AI算力持续增长推动光互连向CPO加速演进，产业瓶颈正由互连传输转向测试环节。随着AI集群带宽需求持续攀升，铜互连在布线密度和信道损耗上逼近物理极限，光接口从可插拔光模块向NPO、CPO演进是物理规律的最大可能选择。传统光测试以独立仪器、复杂光学对准、分钟级节拍运行，已无法支撑CPO时代大通道数、高并行的产业化需求，测试效率正取代制造能力成为核心瓶颈。
- ◆ 测试体系全面重构，测试前移、ATE平台化与标准化成为三大核心主线。测试前移方面，CPO将光引擎、Chiplet与ASIC共同集成于高价值封装，必须将光学测试提前至晶圆级和光引擎级，建立Known Good Die到Known Good X的全流程认证体系，在低价值阶段筛选缺陷器件。ATE平台化方面，未来光测试将借助标准ATE测试头实现高密度多Site并行测试，集成式光电探针卡将光学对准和微位移调节嵌入Probe Card，使实验室级能力转化为OSAT量产方案。标准化方面，产业需统一波长、接口、调制格式及Blind-Mate连接方式，并前置Design for Test理念，在芯片设计阶段预留测试访问点和BIST自检能力。
- ◆ 全球光测试设备市场集中度较高，Keysight、Anritsu、Tektronix 和R&S凭借完整产品布局占据领先地位。据Frost & Sullivan，2024年Keysight以国内约30.8%的份额居首，产品线覆盖晶圆级ATE到系统级网络测试全环节；Anritsu国内份额22.5%，BERTWave和光电VNA满足800G/1.6T研发验证需求，Anritsu2026财年测试业务预计同比增长23.6%；Tektronix和R&S分别依托近80年和逾90年的技术积累，在采样示波器、相干分析及射频-光电协同测试领域构建了完整竞争力。
- ◆ 国产替代加速推进，联讯仪器部分核心产品指标已接近或超过国际先进水平。DCA1065采样示波器光带宽65GHz与海外持平，PBT3058误码分析仪最高128GBaud超过海外主流120GBaud，CR3302时钟恢复覆盖能力与海外基本一致。国产设备在电带宽、本底抖动及下一代调制格式支持方面仍有追赶空间，但整体国产替代进程不断推进。
- ◆ 行业评级：光模块测试设备兼具技术升级与产能扩张双重驱动，行业景气度有望持续提升。维持光模块设备行业“推荐”评级。
- ◆ 相关标的：联讯仪器、日联科技、科瑞技术、华盛昌、罗博特科、凯格精机、博众精工、奥特维、安达智能、快克智能、智立方等。
- ◆ 风险提示：技术成熟度不及预期风险，产业化落地不确定性风险，早期大额投入周期长及项目执行不及预期风险，市场格局调整风险，政策环境变动风险。

1、从可插拔光模块走向CPO：互连瓶颈将由传输转向测试

1.1 光互连向CPO演进，测试成为新的产业瓶颈

◆ 随着光互连由可插拔光模块向CPO持续演进，测试体系正由模块级终检向全流程、多层级测试插入转变，并逐步融合ATE平台、Shift Left及Design for Test等半导体制造理念，实现高并行、自动化、标准化测试，测试设备有望成为CPO时代的重要增量基础设施。

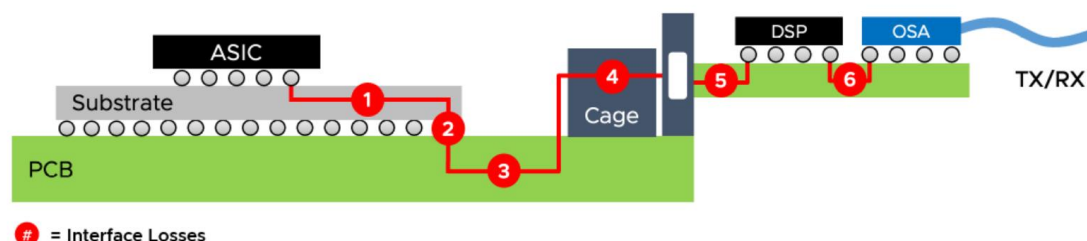
图：CPO时代光测试体系演进路径



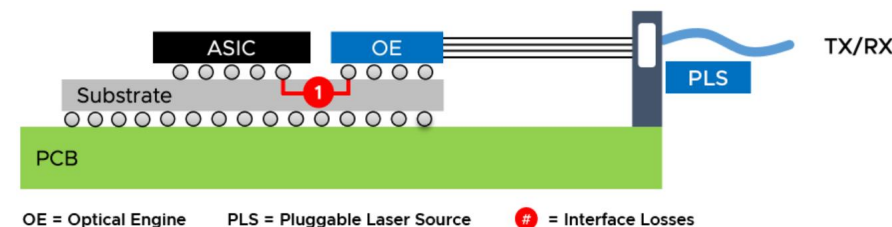
1.1 光互连向CPO演进，测试成为新的产业瓶颈

- ◆ **光高速互连演进并非技术选择，而是物理规律决定的结果。随着AI集群带宽持续提升，光互连从可插拔向NPO、CPO演进并非架构偏好，而是电互连逼近物理极限后的最大可能选择。**随着系统规模不断扩大，铜互连同时受到布线密度和信道损耗的双重约束，链路损耗带宽积逐渐成为难以突破的物理瓶颈。为了维持更高的带宽和更低的功耗，电光转换需要不断向ASIC靠近，因此光接口将逐步由传统前面板可插拔光模块，演进至Near-Packaged Optics (NPO)，最终发展为与计算芯片共同封装的Co-Packaged Optics (CPO)。因此，CPO不是一种可选方案，而是互连带宽持续扩展后的最大可能结果。
- ◆ **随着封装不断集成，产业瓶颈将由互连转向测试。光器件制造能力持续提升，但测试效率已逐渐成为制约产业规模化的核心瓶颈。**传统光测试长期服务于科研和小批量生产，测试平台通常采用定制化方案，依赖复杂的光学对准，测试仪器以独立Rack形式部署于ATE之外，单次测试时间以分钟计，而非半导体制造中的秒级节拍。这种测试模式能够满足实验室和试产需求，但面对CPO时代的大通道数、高并行、高产量制造，将难以支撑产业化生产需求，因此测试瓶颈开始逐渐取代制造瓶颈。
- ◆ **未来测试难点不在精度，而在半导体级制造效率。CPO时代真正需要提升的不是测试能力，而是测试吞吐量、自动化和并行化能力。**随着光器件不断向ASIC封装内部迁移，产业对于测试覆盖率的要求并不会降低，但必须采用与IC制造一致的测试模式，实现高并行、多站点、自动化及高重复性的测试能力。未来光测试需要摆脱传统独立光学平台，逐步融入半导体ATE体系，实现面向大规模制造的测试架构。

图：DSP可插拔光模块原理图



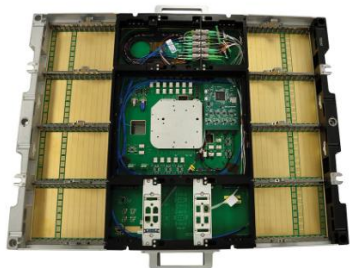
图：cpo光模块工作原理图



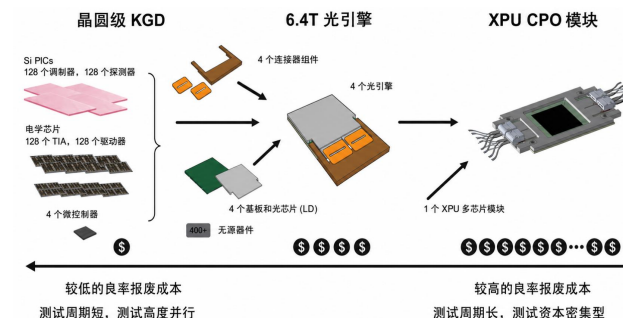
1.2 测试体系全面重构，测试前移与ATE平台成为核心

- ◆ **ATE平台预计成为未来光测试规模化的核心基础设施。未来光测试将全面借助ATE平台，实现半导体级高并行测试。** ATE测试头具备天然的高密度仪器集成能力和多Site测试能力，可在一次Touchdown过程中同步完成多个器件测试，并协调激光扫描、功率计采集等复杂测试任务。与此同时，新一代光电探针卡开始将光探针、精密对准机构以及控制功能直接集成至Probe Card内部，使光学晶圆测试能够继承半导体成熟的大规模量产模式。
- ◆ **光电探针卡集成将成为测试系统的重要升级方向。光学测试能力正逐步由外部设备转移至探针卡内部，实现测试系统高度集成。** 目前行业已开始采用集成式光电探针卡架构，将静态光学接口进一步升级为集成Piezo微位移调节机构，并配套板载控制器和本地高压驱动，实现亚微米级自动精密对准。通过将粗定位交由Probe完成、精定位交由探针卡实现，整体方案减少了复杂光机结构，使实验室级测试能力逐渐转化为适用于OSAT量产的测试方案。
- ◆ **CPO将推动测试重心持续前移。随着封装价值不断提升，测试必须前移至晶圆阶段，尽可能提前发现失效器件。** 传统可插拔光模块能够在模块封装完成后完成最终测试，而CPO将光引擎、Chiplet、ASIC及基板共同集成于高价值封装中，如果直到最终系统组装阶段才发现光学失效，将导致整颗高价值封装报废，返工成本极高。因此，产业必须将大量光学测试提前至晶圆级、Die级及光引擎阶段，在低价值阶段提前筛除缺陷器件。
- ◆ **Known Good Die将扩展为Known Good X。未来产业目标不再只是获得Known Good Die，而是建立贯穿整个封装流程的Known Good X体系。** 由于光器件将逐步由独立模块演变为光引擎、Chiplet及多芯片模块的一部分，每一级封装完成前都必须完成充分测试。因此，产业需要分别建立Known Good Die (KGD)、Known Good Optical Engine、Known Good Chiplet等不同层级认证，确保每一级器件进入下一道高价值工序之前均已完成验证，从源头提升最终良率。

图：Teradyne UltraFLEXplus 搭配 Photon 100单面光学晶圆探针测试单元



图：“左移”光学测试对制造经济性的改善：降低废品暴露风险与最大化测试吞吐量



1.2 测试体系全面重构，测试前移与ATE平台成为核心

◆ **ATE平台通过集成光、电、温控及软件系统，实现光模块自动化、标准化和高效率测试。**以联讯仪器ATE8104/ATE8108光模块测试一体机为例，其将工控PC、光仪表主机、光衰减器、光开关、光功率计、CWDM/LWDM Demux、光分路器、TEC温控系统及UPS等设备集成为统一测试平台，并配套自动测试软件，实现测试流程控制、测试代码生成、报告输出、MES及数据库管理等功能，可完成LQS、误码、眼图、RX Power、VCC及温度校准等多项光模块测试，同时支持高低温环境及多通道并行测试，满足研发及生产阶段的自动化测试需求。

表：联讯仪器ATE8104/ATE8108平台组成

组成部分	具体描述
工控PC	测试软件运行平台
UPS	防止市电中断、防止瞬间干扰、防止数据丢失
光仪表主机箱	支持17 Slot，可配置光源、光开关、功率计、Mux/Demux等光学类插件
水冷TEC温控系统	温控范围-10℃~85℃，支持模块温控
光衰减器	多模光衰减器、单模光衰减器
光开关	单模1×4光开关插件
光功率计	光功率计插件
光分路器	单模、多模光分路器
软件	测试代码生成、测试报告生成、MES、数据库、测试APP等

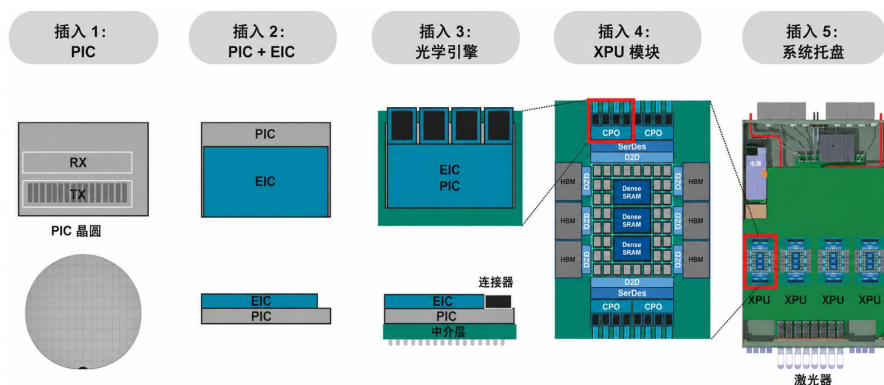
表：联讯仪器ATE8104/ATE8108软件功能

软件功能	具体描述
自动生成	软件模块化、软件代码自动生成、测试报告生成
支持速率	支持100G/200G/400G/800G光模块测试
测试项目	LOS测试、误码测试、眼图测试、RX Power校准、VCC校准、温度校准等
数据管理	数据库管理（加密）、MES系统
开放能力	支持客户端二次开发

1.3 光测试迈向半导体级制造体系

- ◆ **未来光测试将形成多层次测试插入（Test Insertion）体系。未来光测试将贯穿晶圆、Chiplet、光引擎及系统多个制造阶段，而非集中于最终测试。**整个测试体系将形成分层测试架构：首先在PIC晶圆阶段完成参数测试和Known Good Die筛选；随后在PIC与EIC键合后测试高速电光传输性能，并验证封装过程是否引入性能退化；最后在光引擎阶段完成最终校准、功能验证、链路预算及热性能测试，确保进入多芯片系统之前已达到Known Good X要求。系统级测试仍然存在，但其职责更多是验证整体功能，而非发现器件缺陷。
- ◆ **未来光学Chiplet测试将全面向标准ATE平台架构演进，实现测试资源标准化、高度集成化和规模化制造。**未来Chiplet级测试平台将采用标准ATE测试头与Chip-level Prober协同工作，将光学对准功能集成至Probe设备内部。电测试资源保留于ATE测试头内，光学资源集中部署于独立测试柜，并由ATE统一调度控制。整个测试流程无需传统定制Bench平台，可实现标准化、自动化和规模化制造。
- ◆ **产业标准化将成为光测试规模化重要前提。只有建立统一标准，光测试才能真正进入半导体量产体系。**未来产业仍需逐步建立原生ATE光测试仪器、统一测试标准以及标准化物理接口，包括统一波长、光纤接口、调制格式、目标功率、校准方法以及PIC接口规范等。
- ◆ **未来产品设计将同步面向测试优化（Design for Test）。CPO时代测试能力必须在芯片设计阶段完成规划，而非后期补充。**未来光器件设计需要预留专用测试访问点（Access Point）、集成监测光路及Monitor Diode，并支持不同测试阶段的数据关联，通过唯一ID及校准参数实现全流程可追溯。同时，需要支持大规模并行测试策略以及Built-In Self-Test（BIST），利用芯片内部激励和Loopback能力减少外部光学仪器依赖，进一步提升测试效率和自动化水平。

图：从晶圆筛选到系统级的光学测试插入层级



图：Technoprobe集成光电探针卡，适用于大批量生产



2、光模块测试设备：海外龙头领先，国产加速突围

2.1 Keysight: 全球测试龙头，产品线完整

- ◆ **Keysight Technologies**是全球领先的电子测量仪器公司，总部位于美国加利福尼亚州圣罗莎，全球员工约17000人，服务超过40000家客户，业务遍及100多个国家。公司起源可追溯至1939年的惠普电子测量业务，2013-2014年从安捷伦科技（Agilent Technologies）完成拆分并作为独立公司在纽约证券交易所上市。公司业务分为两大板块：通信解决方案集团（CSG）和电子工业解决方案集团（EISG），客户遍布全球通信生态系统、航空航天与国防、汽车、能源、半导体和通用电子等终端市场。

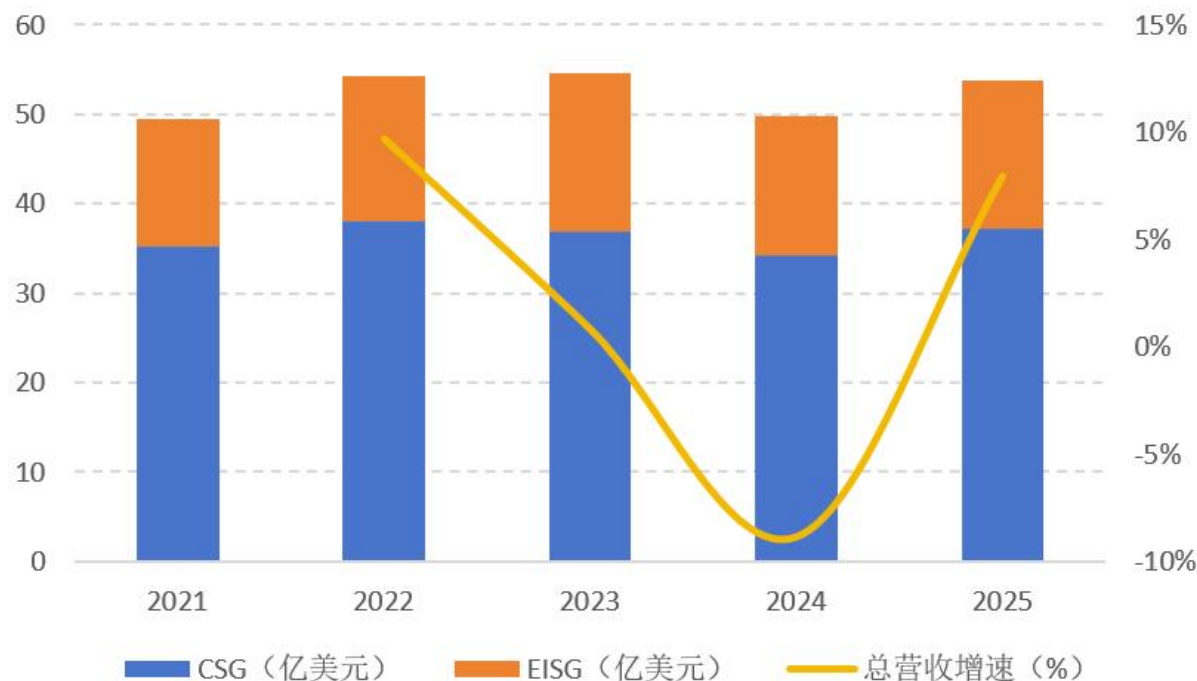
图：Keysight 历史发展改革线



2.1 Keysight: 全球测试龙头，产品线完整

- ◆ Frost & Sullivan统计数据显示，2024年中国光通信测试仪器市场中Keysight以约30.8%的市场份额排名第一，远超第二名安立（22.5%）和第三名联讯仪器（9.9%），是前五名中市场份额最高的海外企业。根据弗若斯特沙利文，2024年全球光通信测试仪器市场规模达9.5亿美元，中国市场规模为33亿元人民币，预计到2029年，国内市场规模将增长至65.9亿元人民币。
- ◆ 根据Keysight2025年报，Keysight 2025营收同比增长8%。其核心驱动力是AI数据中心基础设施投资浪潮拉动高速网络测试需求——CSG商用通信收入增长10%，年报明确指出增长主要来自太比特解决方案研发投入以及为满足AI能力需求而扩大的400G/800G收发器制造产能。

图：Keysight 分业务营收



2.1 Keysight：全球测试龙头，产品线完整

◆ Keysight是全球光模块测试设备产品线相对完整的厂商，覆盖从晶圆级ATE到系统级网络测试的全部环节。采样示波器DCA以N1093B为旗舰（60GHz/224Gbps PAM4），误码分析仪以M8050A为旗舰（120GBaud/支持PAM4至PAM8），N4378A将光电器件VNA频率推至220GHz。配套产品包括AWG、OMA、光功率计、衰减器、光开关，形成从研发到量产的完整工具链。

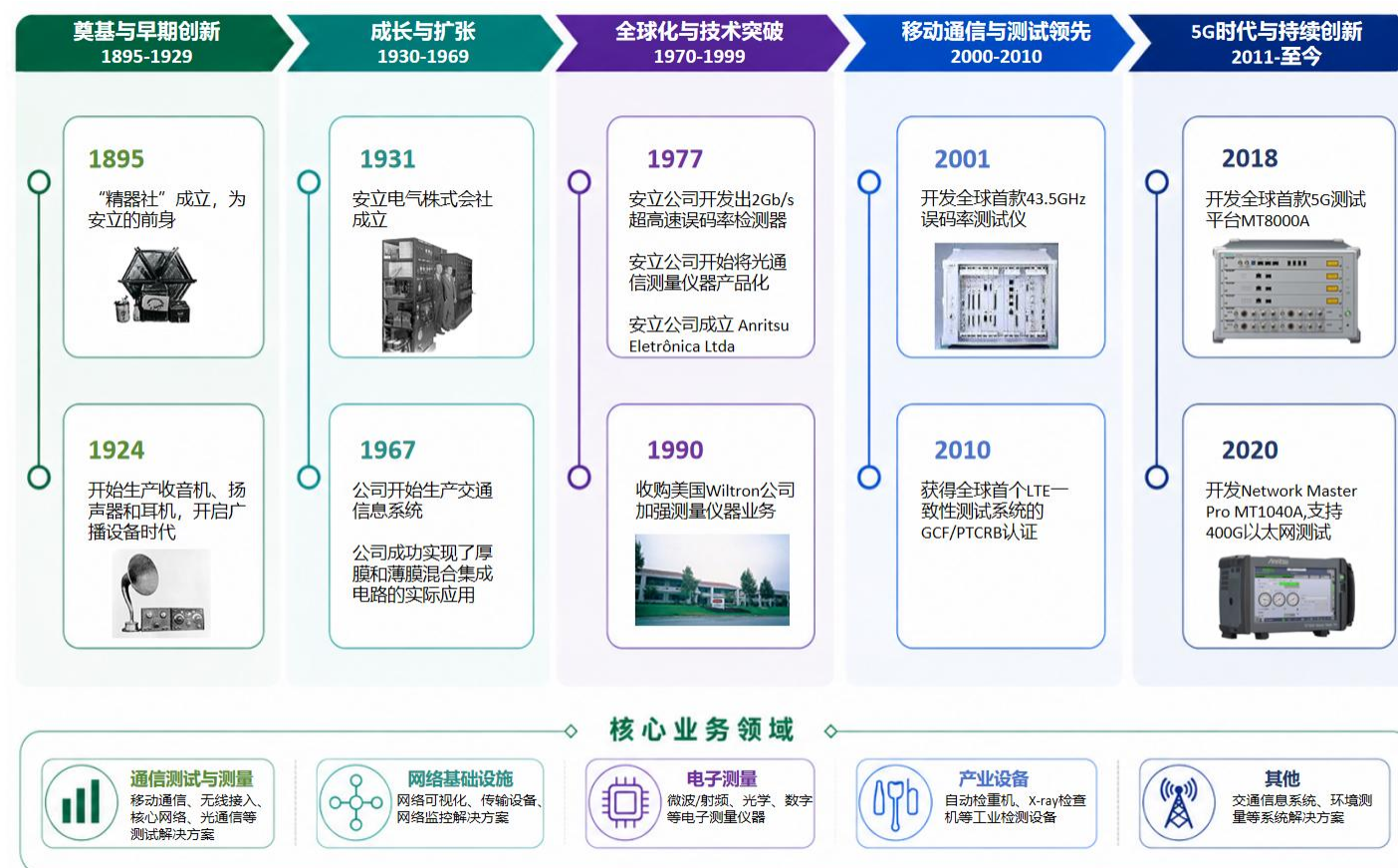
表：Keysight光模块测试设备主要产品及参数

产品分类	产品型号	带宽/频率	通道/端口	波长(nm)	抖动/噪声	Baud/采样率	编码/调制	功率/输入/输出	其他
采样示波器DCA	N1093B	60 GHz(SIRC)	2光ch	1250-1350	<90 fs(PTB); <19 μ W噪声	120 GBaud(CDR)	—	+9 dBm最大输入	250 kHz采样;224G测量
误码分析仪BERT	M8050A	—	—	—	<100 fs rms RJ	2-120 GBd	NRZ/PAM3/4/6/8	1.4 Vpp@120 GBd	<5 ps转换;RJ/PJ/BUJ/sRJ/clk2
光波元件分析仪LCA	N4378A(2026)	220 GHz	—	1310+1550	—	—	—	—	0.5mm同轴
相干调制分析仪OMA	M8292A	37 GHz(3 dB)	—	1527.6-1570.01(C-band)	EVM<2.4%@2.5G Hz	74 Gbaud;83-92 GSa/s	8-bit ADC;512 kSa/ch	—	—
任意波形发生器AWG	M8199B	75 GHz(3 dB)	1-2ch(堆叠8ch)	—	3 ps rise/fall	256 GSa/s	8-bit DAC	—	1024 kSa/ch;2-slot AXIe
光功率计	N7744C/N7745C	—	4/8端口	1250-1650	—	250 kHz	—	-80至+10 dBm; $\pm$ 2.5%	1 μ s平均
光衰减器	N7752C /N7764C	—	4通道	1260-1640	—	—	—	0-40 dB衰减;+20 dBm	—
光开关	N7731C	—	双1x4	1250-1650	$\pm$ 0.007 dB重复性	4 ms切换	—	+23 dBm最大	<2.0 dB插损;SMF;FC/APC;> 10亿次
硅光晶圆ATE	NX5402A	—	12光in+12光out+30电	—	—	—	—	—	—

2.2 Anritsu：高速光通信测试领导者

◆ **安立（Anritsu）是全球领先的通信测试与测量解决方案供应商，长期深耕无线通信、光通信及高速网络测试领域，并持续引领通信测试技术创新。**公司发展历程可分为五个阶段：早期依托无线通信和广播设备奠定技术基础；随后持续拓展电子测量、交通信息系统等业务，实现多元化发展；光通信时代率先布局高速误码率测试和光通信测量，并通过收购Wilton强化高端测试能力；3G/LTE时代推出全球领先的误码率测试仪、基站模拟器及LTE一致性测试系统；进入5G时代后，公司持续推出MT8000A 5G测试平台及400G网络测试产品，不断巩固其在移动通信、光通信及高速网络测试领域的领先地位。

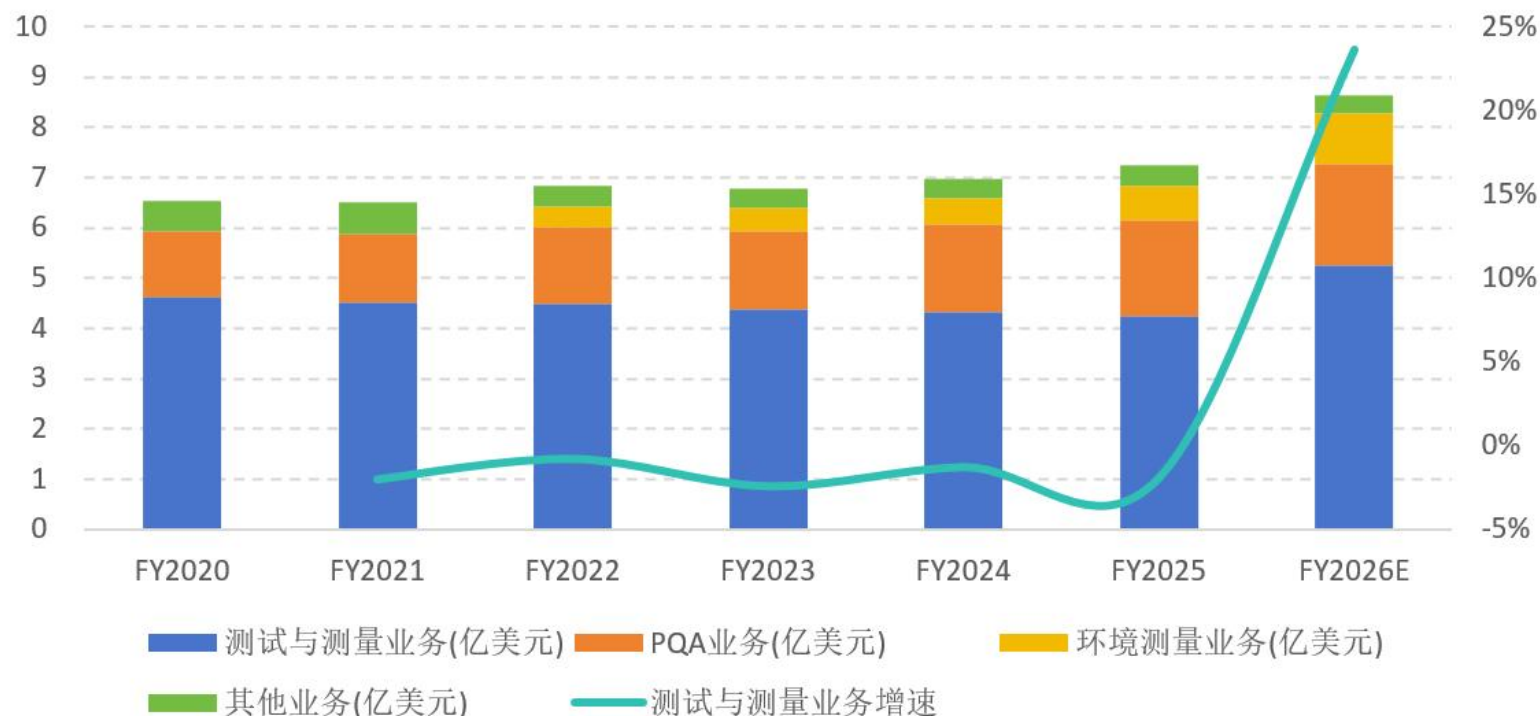
图：Anritsu发展时间线



2.2 Anritsu：高速光通信测试领导者

◆ **安立测试与测量业务收入保持稳定，AI数据中心和高速光通信需求有望推动业务重回增长。** 2020–2025财年，安立测试与测量业务收入整体维持在4.2–4.6亿美元区间，2021–2025财年收入连续小幅下滑。与此同时，公司PQA业务和环境测量业务保持较快增长，收入占比持续提升。随着AI数据中心建设加速及800G/1.6T光模块规模化部署，网络基础设施测试需求有望回暖，据公司披露，预计公司2026财年测试与测量业务收入将同比增长23.6%至5.24亿美元，重新成为公司业绩增长的核心驱动力。

图：安立分业务营收与增速



2.2 Anritsu：高速光通信测试领导者

◆ 安立围绕高速光模块研发与生产构建了较为完整的光通信测试产品体系，在高端测试领域具备较强竞争力。公司产品覆盖高速误码率测试（BERT）、信号完整性分析、光网络分析、光谱分析及校准等关键环节，其中MP2110A BERTWave支持最高120 Gbaud PAM4测试，ME7848A光电VNA频率可扩展至220 GHz，能够满足400G/800G及未来1.6T光模块研发验证需求。随着AI数据中心推动高速光互连持续升级，公司在高速光模块测试领域的产品竞争力有望进一步提升。

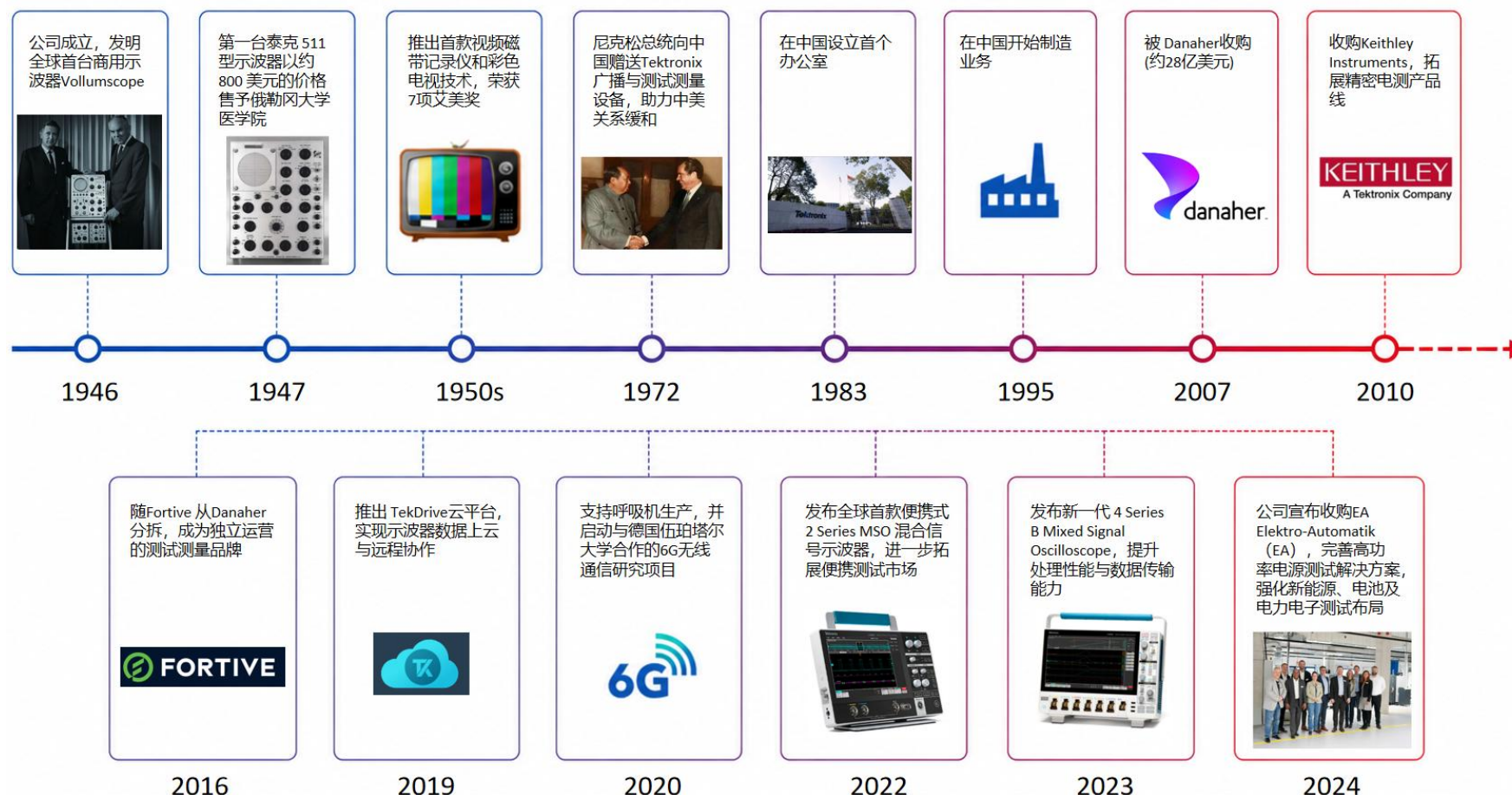
表：Anritsu光模块测试设备主要产品及参数

产品分类	产品型号	带宽/频率	通道/端口	波长(nm)	抖动/噪声	Baud/采样率	编码/调制	功率/输入/输出	其他
BERTWave一体化	MP2110A-080	60 GHz	4ch(x80)/2ch(x84)	1260-1650	12.8 μW RMS@1310 nm	0.5-120 Gbaud	—	—	1 Msample/s(Opt x69)
信号质量分析仪 BERT	MP1900A-R	—	—	—	≤108 fs rms(PPG)	2.4-64.2 Gbaud	NRZ+PAM4	70-800 mVp- p(NRZ)	4-Tap FFE;SNDR 35 dB
O/E校准模块	MN4765B-0140	70 kHz-145 GHz	—	1480- 1620(1550±20)	回损<-7 dB(70 GHz)	—	—	<6 dBm线性输入	>0.35 A/W;0.8 mm RF
光电VNA	ME7848A	40/70/110 GHz	—	850/1310/1550	—	—	—	—	—
光谱分析仪OSA	MS9740B	600-1750 nm(波 长范围)	—	—	70 dB动态@0.05 nm;±20 pm精度	≤0.2 s/5 nm扫描	—	+23 dBm(衰减ON)	0.03 nm最小分辨;≤15 kg
功率计	ML2439A	10 MHz–50 GHz	2通道 (可扩展至4 通道)	—	—	100,000 measurements/s	—	-70 ~ +20 dBm	195 MHz VBW; 100 ps时间分辨率; 10 GS/s有效采样率
相干OTDR	MW90010B	—	—	1527.60-1567.13	>18 dB动态	—	—	—	20,000 km;10 m分辨率;≤10 kg
OTDR	MT9085	—	—	1310/1550/1625/ 1650 SM;850/1300 MM	<46 dB动态	—	—	—	—

2.3 Tektronix 全球领先电子测量仪器厂商

◆ **Tektronix深耕测试测量领域近80年，是全球领先的电子测试测量仪器厂商之一。** 公司成立于1946年，以发明全球首台示波器奠定行业地位，并持续推动示波器、精密电测及自动化测试技术创新。此后，公司先后进入中国市场、建立本地制造基地，并通过收购Keithley拓展精密电测产品线；2016年从Danaher分拆并加入Fortive后，持续推进云测试平台TekDrive及高性能示波器等产品创新，近年来进一步完善电源测试产品布局，持续强化在半导体、通信、新能源及汽车电子等领域的测试测量能力。

图：Tektronix 发展时间线



2.3 Tektronix：全球领先电子测量仪器厂商

◆ Tektronix构建了覆盖光模块研发、验证及生产测试的完整测试产品体系。公司产品涵盖采样示波器、相干光分析仪、任意波形发生器（AWG）、误码分析仪（BERT）、时钟恢复等核心设备，可覆盖70 GHz以上带宽、最高200 GSa/s采样率及28.6 Gb/s误码测试等关键性能指标，并支持DP-QPSK、QAM等高速相干调制格式。依托多仪器协同测试平台，Tektronix能够满足高速光模块从电信号、光信号到链路性能的全流程测试需求，在光通信研发及实验室测试领域具备较强竞争力。

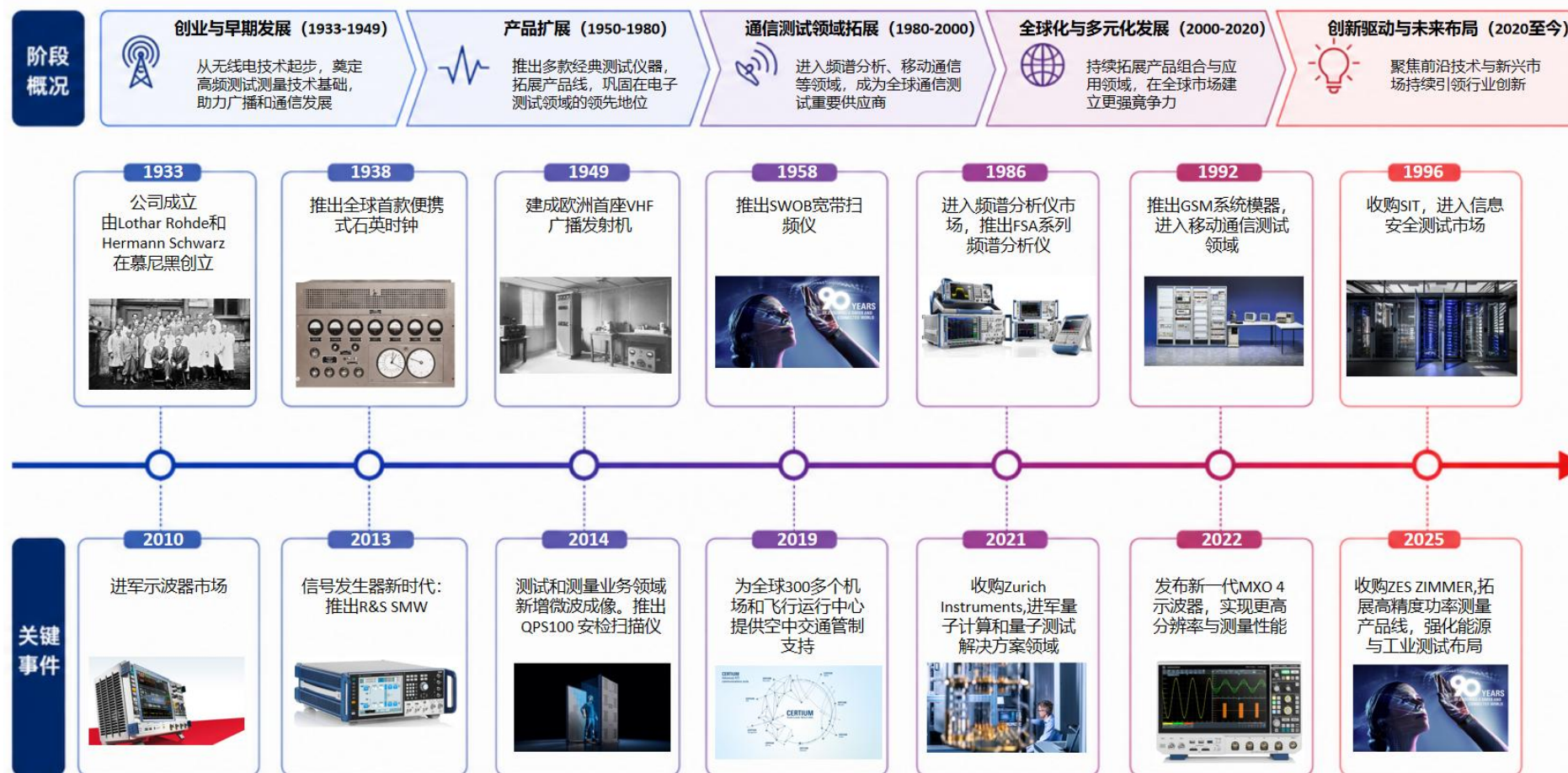
表：Tektronix 光模块测试设备主要产品及参数

产品分类	产品型号	带宽/频率	通道/端口	波长(nm)	抖动/噪声	Baud/采样率	编码/调制	其他
采样示波器DSA	DSA8300	>70 GHz(电口)	—	—	425 fs固有;<100 fs(82A04B)	—	—	16-bit ADC;模块化
相干光分析仪	OM4106D+DPO7000SX	70 GHz/200 GS/s (DPO70000SX)	—	—	—	—	DP-QPSK/QAM16/64	配AWG70000(50 GS/s 10-bit)
任意波形发生器AWG	AWG70001B	15 GHz模拟	1模拟	—	<23 ps rise/fall	50 GS/s;12.5 Gb/s 串行	10-bit	2 GSamples内存(可选32G);SFDR<-80 dBc
误码分析仪BERT	BSA286CL	—	—	—	—	500 Mb/s-28.6 Gb/s	NRZ	BERTScope;内置抖动分析+误码定位
时钟恢复	CR286A	—	—	—	—	150 Mb/s-28.6 Gb/s	—	Golden PLL

2.4 R&S：射频优势延伸至高速光测试

◆ Rohde & Schwarz (R&S) 深耕电子测试测量领域逾90年，依托深厚的射频技术积累，已发展成为全球领先的测试测量与无线通信解决方案提供商。公司1933年成立于德国，早期以广播发射设备起家，随后不断拓展至示波器、频谱分析仪等电子测试产品，并率先布局移动通信测试领域。进入21世纪后，公司通过收购Hameg、Zurich Instruments等企业持续完善产品矩阵，强化射频、示波器及量子测量等高端测试能力；近年来，公司围绕航空航天及量子科技等新兴领域加速发展，不断巩固其在高端电子测试测量市场的领先地位。

图：Tektronix 发展时间线



2.4 R&S：射频优势延伸至高速光测试

◆ R&S构建了覆盖光模块研发、验证及生产测试的高端测试设备体系，具备完整的高速光通信测试能力。公司产品涵盖矢量网络分析仪、光电元件分析仪、相干接收机分析仪、高性能示波器及模拟信号发生器等核心设备，可覆盖10 MHz至67GHz以上频率范围。其中，RTP系列示波器支持最高40 GSa/s采样率及PAM4分析功能，SMA100B-B系列信号发生器具备超低相位噪声性能，结合VNA及光电分析平台，可满足800G/1.6T等高速光模块在射频、光电及相干通信等场景下的测试需求。

表：R&S主要光模块测试设备及参数

产品分类	产品型号	带宽/频率	通道/端口	波长(nm)	抖动/噪声	Baud/采样率	编码/调制	功率/输入/输出
矢量网络分析仪 VNA	ZNA67	10 MHz-67 GHz (扩至110 GHz)	2或4端口	—	—	—	—	—
光电元件分析仪	GOCA-67	RF 10 MHz-67 GHz (可扩至110 GHz)	—	1260-1625 nm; 1310±10 nm; C-band 1530-1565 nm (0.4 nm步进)	幅度不确定度: ±1.8 dB (typ); 相位不确定度: ±2.3° (typ)	波长分辨率: 1 fm (125 kHz @1550 nm)	—	—
相干接收机分析仪	ICRA系列	RF 10 MHz-67 GHz	—	1310±5 nm; C-band 1530-1565 nm (可定制)	幅度不确定度: ±0.8 dB@50 GHz / ±1.3 dB@60 GHz (typ); 相位不确定度: ±2.5° (typ); 波长稳定度: ±1 pm; 功率稳定度: ±0.1 dB	—	—	—
高性能示波器	RTP044B/064B/084B/134B/164B	4/6/8 GHz (4ch); 13/16 GHz (2ch全带宽); ±0.25 dB平坦度	4模拟通道; 16数字通道	—	—	40 GSa/s (2ch交织); 20 GSa/s (每通道)	PAM-N分析(K135)	50 Ω; 2 mV/div-100 V/div (全带宽)
模拟信号发生器	SMA100B-B系列	8 kHz-67 GHz (超程至72 GHz)	—	—	SSB相噪: -132 dBc/Hz (typ, 10 GHz@10 kHz); 宽带噪声: -162 dBc (meas, 10 GHz@30 MHz)	—	—	> +30 dBm (宽带); +38 dBm@6 GHz (B32); > +30 dBm@18 GHz (20G型号); > +22 dBm@40-65 GHz (67G型号)

2.5 联讯仪器：国产高端测试设备代表

◆ 联讯仪器围绕高速光通信测试构建了覆盖研发、验证及晶圆测试的产品体系，具备较强的国产化替代能力。公司产品涵盖采样示波器、误码分析仪、时钟恢复单元、精密源表及硅光晶圆ATE等核心设备，可支持最高128 GBaud高速信号测试，覆盖NRZ、PAM4等主流调制方式，并具备低抖动、高精度误码分析及多通道测试能力。其中，DCA1065采样示波器支持最高112 GBaud PAM4测试，PBT3058误码分析仪支持最高128 GBaud测试速率，结合硅光ATE及光芯片老化分选平台，可满足800G/1.6T光模块及硅光芯片研发、验证和量产测试需求。

表：联讯仪器主要光模块测试设备及参数

产品分类	产品型号	带宽/频率	通道/端口	波长(nm)	抖动/噪声	Baud/采样率	编码/调制	功率/输入/输出
采样示波器DCA	DCA1065	65 GHz (光带宽, -3dBo/-6dBe)	—	1250-1600 nm; 出厂校准1310/1550±10 nm; 9/125μm FC/UPC	TDECQ±0.5 dB; ER±0.3 dB; 平均功率±0.1 dB	106.25/112 GBaud PAM4; 53.125/56 GBaud PAM4	14 Bit ADC	最大输入+5 dBm (峰值); PAM4线性范围-5~-1 dBm; 平均功率范围-35~+1 dBm
误码分析仪BERT	PBT3058	24.33-128 GBaud (标准最高120; EDR2选件至128)	各通道独立配置 NRZ/PAM4	—	随机抖动≤200 fs; 频率精度±50 ppm (typ)	标准: 97.32/99.53/100/103.1/106.25/112/112.2/112.5/112.8/113.44/115.1/120 GBaud; EDR1: 24.33-60; EDR2: 32/64/128	NRZ+PAM4; PRBS7-31/PRBS7Q-31Q/SSPRQ/JP03A/B/LINEAR/SquareWave/自定义(128bit)	输出: 1000 mVp-p (差分); 接收: Max 1000 mVp-p; LOSS阈值: 50 mVp-p; 上升/下降<4.5 ps
时钟恢复单元	CR3302	25-120 GBaud	光口: 9/125μm FC/UPC; 电口: 2.92mm female 50Ω	1250-1600 nm; 出厂校准1310±10 nm	恢复时钟随机抖动≤200 fs (typ)	分频比: 25.56G →1/2/4/8; 53.13G →1/4/8/16; 106.25G →1/8/16/32	NRZ+PAM4	输入光功率: -12~+5 dBm; 灵敏度: -12 dBm@106.25G PAM4/1310nm; 时钟输出>300 mVpp
精密源表SMU	S2035H (1ch) / S2036H (2ch)	—	S2035H: 1通道; S2036H: 2通道	—	电流分辨率1 fA; 电压分辨率100 nV (6½位)	ADC最高1 MS/s	—	电压±200 V; 电流±1 A(DC)/±3 A(脉冲); 最大功率20 W; 最小脉宽100 μs
硅光晶圆ATE	—	—	—	—	—	—	—	—
光芯片老化+分选	—	—	—	—	—	—	—	—

2.6 国内外公司技术对比——采样示波器 DCA

◆ 联讯仪器采样示波器核心性能已接近国际领先水平，但在电接口测试和部分关键指标上仍存在差距。联讯仪器DCA1065实现65 GHz光带宽，与海外最高水平持平，支持最高112 GBaud PAM4测试及最多4路光通道，可满足800G/1.6T光模块主流测试需求；但在电带宽、电接口眼图测试、本底抖动及ADC分辨率等方面仍落后于Keysight、Tektronix等国际厂商，高端电测试能力仍有进一步提升空间。

表：采样示波器 DCA参数对比

对比参数	联讯仪器	Keysight	Anritsu	Tektronix	联讯仪器 vs 海外对比结论
产品型号	DCA1065	N1093B	MP2110A-080	DSA8300	
光带宽	65 GHz (-3dBo / -6dBe)	60 GHz (SIRC)	60 GHz	>70 GHz (电口)	联讯65GHz vs Keysight/Anritsu 60GHz 联讯略领先
电带宽/电口	—	— (2光ch, 纯光DCA)	— (4ch/2ch光学, 纯光DCA)	>70 GHz (电口)	联讯/Keysight/Anritsu 无独立电口 Tektronix有>70GHz电口
光通道数	—	2光ch	4ch (x80) / 2ch (x84)	—	
波长覆盖	1250–1600 nm 校准1310/1550±10 nm	1250–1350 nm	1260–1650 nm	—	联讯/Anritsu波长范围宽于Keysight
本底抖动	TDECQ±0.5 dB ER±0.3 dB 平均功率±0.1 dB	<90 fs (PTB) <19 μW噪声	12.8 μW RMS@1310 nm	425 fs (固有) <100 fs (82A04B模块)	
最高Baud Rate	106.25/112 GBaud PAM4 53.125/56 GBaud PAM4	120 GBaud (CDR) 224G测量	0.5–120 Gbaud	—	联讯112G vs Keysight/Anritsu 120G 联讯接近海外
ADC分辨率	14 bit ADC	—	—	16-bit ADC	联讯14-bit vs Tektronix 16-bit 联讯略低

2.6 国内外公司技术对比——误码分析仪 BERT

◆ 联讯仪器误码分析仪部分核心指标已达到甚至超过国际先进水平，国产替代竞争力突出。PBT3058支持最高128 GBaud测试速率，超过海外主流产品120 GBaud水平，并具备21-tap预加重、8通道独立测试及内置OSFP224直插测试方案等优势，在高速光模块测试便利性方面具有领先竞争力；但在随机抖动控制及PAM6/PAM8等下一代调制格式支持方面，与Keysight等国际龙头相比仍存在一定差距。

表：误码分析仪 BERT参数对比

对比参数	联讯仪器	Keysight	Anritsu	Tektronix	联讯仪器vs 海外对比结论
产品型号	PBT3058	M8050A	MP1900A-R	BSA286CL	
最高速率	24.33–128 GBaud 标准：97.32–120 GBaud EDR2选件：32/64/128 GBaud	2–120 GBd	2.4–64.2 Gbaud	500 Mb/s–28.6 Gb/s	联讯128GBaud > Keysight 120GBd 联讯领先海外
本底抖动	随机抖动 ≤200 fs 频率精度 ±50 ppm (typ)	<100 fs rms RJ	≤108 fs rms (PPG)	—	联讯≤200fs vs Keysight<100fs 联讯有差距
调制格式	NRZ + PAM4 PRBS7-31/PRBS7Q-31Q SSPRQ/JP03A/B LINEAR/SquareWave 自定义Pattern (128bit)	NRZ / PAM3 / PAM4 / PAM6 / PAM8	NRZ + PAM4	NRZ	Keysight支持 PAM6/8 联讯与Anritsu持平 PAM4 联讯vs Keysight有差距

2.6 国内外公司技术对比——时钟恢复单元参数CDR

◆ 联讯仪器时钟恢复产品已基本达到国际先进水平。CR3302支持25–120 GBaud速率范围、NRZ/PAM4调制及光电双输入接口，覆盖能力与海外产品基本一致，并在独立CDR输入方式上具备一定优势。

表：时钟恢复单元参数CDR

对比参数	联讯仪器	Keysight	Anritsu	Tektronix	联讯仪器 vs 海外对比结论
产品型号	CR3302 (独立台式CDR)	N1093B内置CDR (DCA集成)	MP2110A内置CDR (BERTWave集成)	CR286A (独立台式CDR)	联讯为独立CDR Keysight/Anritsu为内置式
速率范围	25–120 GBaud 分频比: 25.56G→1/2/4/8 53.13G→1/4/8/16 106.25G→1/8/16/32	120 GBaud (CDR)	0.5–120 Gbaud	150 Mb/s–28.6 Gb/s	联讯120GBaud vs Tektronix 28.6G 联讯领先海外独立CDR
调制支持	NRZ + PAM4	—	—	—	
恢复时钟抖动	≤200 fs (typ)	<90 fs (PTB)	—	—	
输入接口	光口 9/125μm FC/UPC 电口 2.92mm 50Ω 光+电双输入	仅光口 (DCA内部直连)	仅光口 (BERTWave内部直连)	—	联讯光+电双输入 vs 海外仅光口
锁定方式	分频比可编程 (25.56G→1/2/4/8; 53.13G→1/4/8/16; 106.25G→1/8/16/32)	—	—	Golden PLL	

3、投资建议与风险提示

3 投资建议与风险提示

- ◆ **行业评级：**光模块测试设备兼具技术升级与产能扩张双重驱动，行业景气度有望持续提升。维持光模块设备行业“推荐”评级。
- ◆ **相关标的：**联讯仪器、日联科技、科瑞技术、华盛昌、罗博特科、凯格精机、博众精工、奥特维、安达智能、快克智能、智立方等。
- ◆ **风险提示：**
 - ◆ **1) 技术成熟度不及预期风险：**光模块制造设备涉及高精度耦合、贴装及测试等前沿技术，目前仍处于工程验证阶段。设备在长期运行稳定性、批量生产良率及故障率等方面缺乏大规模产线数据支撑，技术路线尚未收敛，长期可靠性存在不确定性。
 - ◆ **2) 产业化落地不确定性风险：**设备高度定制化，需与下游光模块厂商的工艺配方、产品型号及扩产节奏深度绑定。当前行业以样机验证和小批量试用为主，尚未形成标准化商业交付模式，订单放量节奏受制于客户认证与产能投资，商业化路径存在不确定性。
 - ◆ **3) 早期大额投入周期长及项目执行不及预期风险：**研发投入大、周期长，涉及光学、机械、软件等多学科交叉。项目推进中易受技术迭代、客户工艺变更或供应链中断等影响，可能导致设备方案调整、交付延期甚至终止，影响投资回收节奏。
 - ◆ **4) 市场格局调整风险：**市场仍处国产替代初期，细分规模与产业链分工尚未清晰。若颠覆性封装技术出现，或海外龙头率先实现更高性能设备突破，现有厂商的市场地位与成长空间将面临冲击，竞争格局演变存在不确定性。
 - ◆ **5) 政策环境变动风险：**高端精密设备受出口管制、技术禁运等政策影响较大，关键零部件（如高精度运动平台、光学镜头）可能面临供应风险。同时，国内智能制造扶持政策及国产化率要求亦有调整可能，政策变化将影响技术路线选择与市场准入节奏。

研究小组介绍

机械小组介绍

张钰莹，机械行业首席分析师，致力于前瞻研究及深度研究，擅长自上而下与自下而上相结合挖掘机械板块投资机会。

分析师承诺

张钰莹，本报告中的分析师均具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立，客观的出具本报告。本报告清晰准确的反映了分析师本人的研究观点。分析师本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收取到任何形式的补偿。

国海证券投资评级标准

行业投资评级

推荐：行业基本面向好，行业指数领先沪深300指数；
中性：行业基本面稳定，行业指数跟随沪深300指数；
回避：行业基本面向淡，行业指数落后沪深300指数。

股票投资评级

买入：相对沪深300指数涨幅20%以上；
增持：相对沪深300指数涨幅介于10%~20%之间；
中性：相对沪深300指数涨幅介于-10%~10%之间；
卖出：相对沪深300指数跌幅10%以上。

免责声明和风险提示

免责声明

本报告的风险等级定级为R3，仅供符合国海证券股份有限公司（简称“本公司”）投资者适当性管理要求的客户（简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。客户及/或投资者应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司的完整报告为准，本公司接受客户的后续问询。

本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于公开资料及合法获得的相关内部外部报告资料，本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证，也不保证其中的信息已做最新变更，也不保证相关的建议不会发生任何变更。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。报告中的内容和意见仅供参考，在任何情况下，本报告中所表达的意见并不构成对所述证券买卖的出价和征价。本公司及其本公司员工对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露义务。

风险提示

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向本公司或其他专业人士咨询并谨慎决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，请公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司的证券研究报告。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投资建议。

任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。本公司、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

郑重声明

本报告版权归国海证券所有。未经本公司的明确书面特别授权或协议约定，除法律规定的情况外，任何人不得对本报告的任何内容进行发布、复制、编辑、改编、转载、播放、展示或以其他方式非法使用本报告的部分或者全部内容，否则均构成对本公司版权的侵害，本公司有权依法追究其法律责任。

国海证券 · 研究所 · 机械研究团队

心怀家国，洞悉四海



国海研究上海

上海市黄浦区绿地外滩中心C1栋
国海证券大厦

邮编：200023

电话：021-61981300

国海研究深圳

深圳市福田区竹子林四路光大银
行大厦28F

邮编：518041

电话：0755-83706353

国海研究北京

北京市海淀区西直门外大街168
号腾达大厦25F

邮编：100044

电话：010-88576597