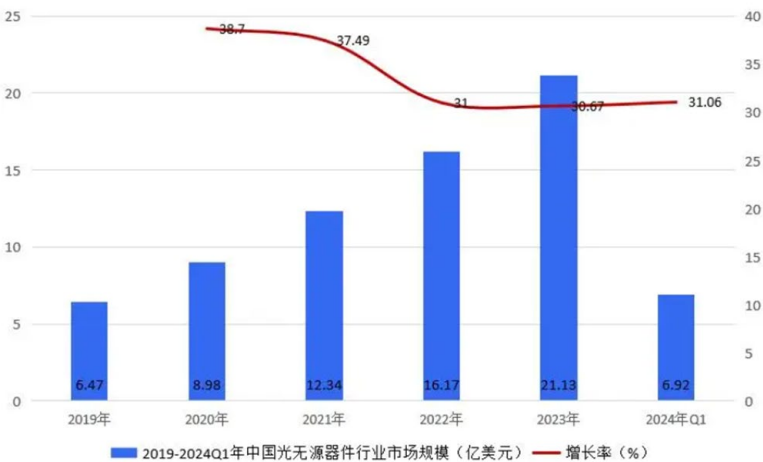


电子行业计量技术规范项目建议书

建议项目名称	光无源器件分析仪校准规范																							
制定或修订	<input checked="" type="checkbox"/> 制定 <input type="checkbox"/> 修订	被修订计量技术规范号																						
计量技术规范性质	<input type="checkbox"/> 检定规程 <input checked="" type="checkbox"/> 校准规范	计量技术规范类别	<input type="checkbox"/> 重点 <input checked="" type="checkbox"/> 基础																					
主要起草单位	工业和信息化部电子第五研究所、广州赛宝计量检测中心 服务有限公司																							
联系人	苏阳	联系电话	13697447951																					
任务年限	2 年	申请经费	5 万																					
参加单位	广州赛宝计量检测中心服务有限公司																							
目的、意义和必要性	<div>1. 目的、意义</div> <p>随着 5G、数据中心、云计算、光纤传感等技术的快速发展，光无源器件的市场需求持续增长。在我国，光无源器件的产量和增速均呈现出强劲的发展势头。光无源器件如硅光芯片、光纤微环、光纤连接器、光衰减器、波分复用器、PLC 阵列等等无源器件是光学系统中的基础部分，它们的性能对光学系统的稳定可靠起着决定性的作用。</p> <div><table border="1"><caption>图 1 光无源器件市场发展趋势图数据</caption><thead><tr><th>年份</th><th>2019年</th><th>2020年</th><th>2021年</th><th>2022年</th><th>2023年</th><th>2024年Q1</th></tr></thead><tbody><tr><td>行业市场规模 (亿美元)</td><td>6.47</td><td>8.98</td><td>12.34</td><td>16.17</td><td>21.13</td><td>6.92</td></tr><tr><td>增长率 (%)</td><td>-</td><td>38.7</td><td>37.49</td><td>31</td><td>30.67</td><td>31.06</td></tr></tbody></table></div> <p>图 1 光无源器件市场发展趋势图</p> <p>随着光无源器件的性能越来越高，使用宽带光源和光谱分析仪这种传统测量的方式，已经不能满足当下光无源器件的测试要求。</p>			年份	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年Q1	行业市场规模 (亿美元)	6.47	8.98	12.34	16.17	21.13	6.92	增长率 (%)	-	38.7	37.49	31	30.67	31.06
年份	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年Q1																		
行业市场规模 (亿美元)	6.47	8.98	12.34	16.17	21.13	6.92																		
增长率 (%)	-	38.7	37.49	31	30.67	31.06																		

基于可调谐激光器、高灵敏度探测器、偏振控制器、波长同步器的光无源器件分析仪，成为当下光无源器件测试行业的主流解决方案。

光无源器件分析仪是目前测量光无源器件精度最高的仪器，其测量波长精度能达到 2pm，分辨力 20fm，动态范围超过 60dB，是一种高分辨力的光谱测量仪器。由于光无源器件分析仪高分辨力的性能特点，使得它不仅可以用于通用的光无源器件的性能分析，还可以用于光纤微环谐振腔和搭配探针台用于硅光芯片的硅光 wafer（晶圆）的性能测试。

光纤微环谐振腔作为集成光子学（PIC）技术中的关键组件，其性能直接影响整个光学系统的表现。通过性能测试，可以验证微环谐振腔的谐振波长、品质因数（Q 值）、光谱响应等关键参数是否达到设计要求，确保器件在实际应用中能够稳定、高效地工作。

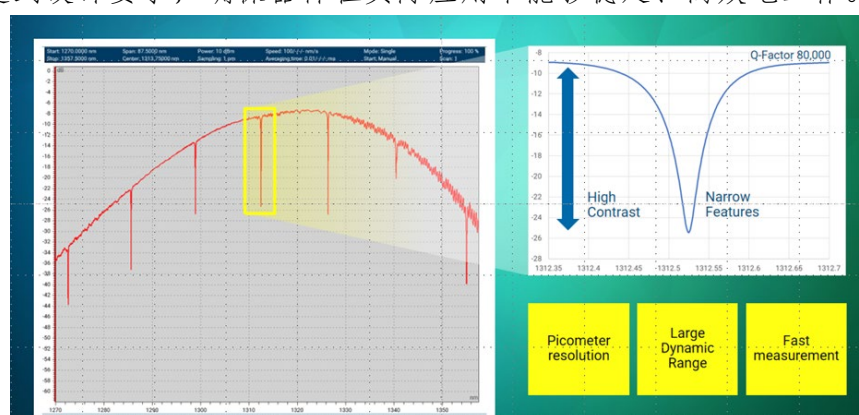


图 2 光纤微环测试

硅光 wafer（晶圆）测试是半导体制造过程中一个至关重要的环节，它确保了晶圆上的每一个芯片（die）在封装前都能满足设计规格和性能要求。

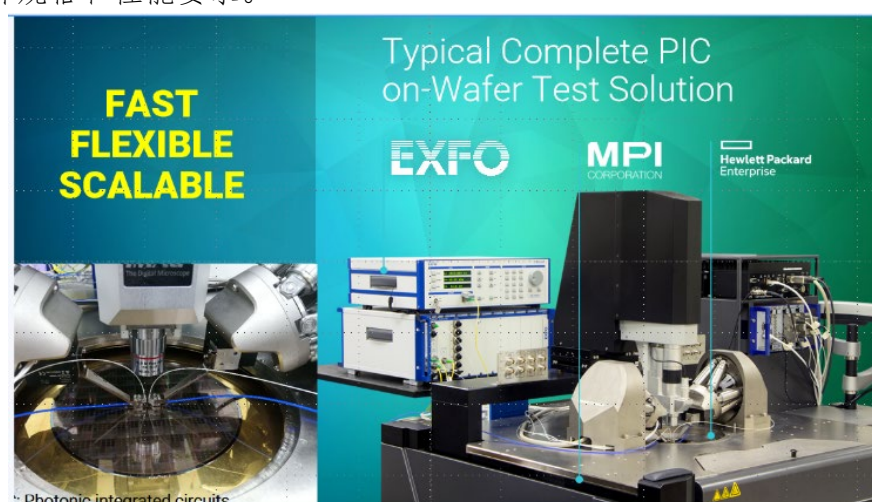


图 3 硅光 wafer 测试

综上所述，无源器件的性能测试是确保器件符合标准、提高系统性能、保障系统可靠性的有效手段，光无源器件分析仪作为光无源器件性能测试的专用仪器，它的性能好坏直接影响着最终的测试结果。然而目前国内却没有针对光无源器件分析仪的校准规范，无

	<p>法保证该仪器量值的准确性和可溯源性，最终影响着光学系统的可靠性。故对于光无源器件的测试来说，编写光无源器件分析仪校准规范，对于 5G、数据中心、云计算、光纤传感行业来说十分迫切。</p> <p>2. 先进性和亮点、社会效益和推广应用前景</p> <p>本规范满足光无源器件分析仪波长测量绝对精度 2pm、波长分辨力 20fm、动态范围超过 60dB 的校准需求，是目前国内可用于动态波长校准的规范之一。</p> <p>光无源器件分析仪在光无源器件的研发和测试中具有广泛的应用，研发、测试人员可以用它直接测量出光无源器件的光谱特性，大大提高了测试效率。光无源器件分析仪校准规范的制定保障了光无源器件分析仪测量数据的准确性、一致性，对提升硅光芯片、光纤微环谐振器、Y 波导、PLC 阵列波导、DWDM 器件的性能和可靠性等方面都具有重要意义。</p> <p>通过研究光无源器件分析仪的校准方法，可以填补目前国内光无源器件分析仪没有计量校准依据的空白，为其量值溯源提供依据，促进 5G、数据中心、云计算、光纤传感等光电子测试行业的发展。</p> <p>3. 查新结果</p> <p>目前国内外还没有相应的计量技术规范，缺乏合适的溯源途径。</p>
产业链应用	<p>1. 重点产业链方向</p> <p>光无源器件分析仪主要涉及集成电路和移动通信行业产业链，包括硅光芯片制造、光纤制造、光纤通信设备制造、光纤传感设备制造等多个环节，是重点发展产业。</p> <p>2. 对本行业重点产业链的支撑作用</p> <p>本校准规范的制定对本行业产业链的支撑作用主要体现在 2 个方面：</p> <p>（1）确保产品质量与一致性</p> <p>提高测量精度：校准规范确保了光无源器件分析仪的测量精度，使得产业链中各个环节所使用的测试数据具有高度的准确性和可靠性。这有助于减少因测量误差导致的产品质量问题，提高整体产业链的产品质量水平。</p> <p>保障产品一致性：通过遵循统一的校准规范，不同厂家、不同批次的光无源器件在测量时能够保持高度的一致性。这有助于产业链下游企业在使用这些器件时，能够准确评估其性能，并与其他组件或系统进行有效集成。</p> <p>（2）推动技术创新与研发</p> <p>促进技术标准化：校准规范为光无源器件分析仪的技术发展提供了标准框架，促进了技术的标准化和规范化。这有助于企业在研发新产品时，能够遵循统一的技术标准，减少技术壁垒，加速技术</p>

创新进程。

支持高精度产品研发：随着光通信技术的不断发展，对光无源器件的性能要求越来越高。校准规范为高精度产品的研发提供了有力支持，使得企业能够开发出具有更高性能、更低损耗、更稳定可靠的光无源器件，满足产业链对高质量产品的需求。

1. 计量技术规范的适用范围

本规范适用于基于光波长扫描技术，波长范围在1240nm~1650nm的光无源器件分析仪的校准。

2. 计量特性

2.1 典型仪器或试验设备

(1) 制造厂商：EXFO、型号：CT440 系列

图 4 CT440 型光无源器件分析仪

规格								
型号		F 全波段 IL	O O 波段 PM IL	SCL SCL 波段 PM IL	PDL-O O 波段 IL 和 PDL	PDL-SCL SCL 波段 IL 和 PDL		
波长	工作波长范围 (nm)	1240至1680	1260至1360	1440至1640	1260至1360	1440至1640		
	波长精度	±5						
	绝对精度 (pm) ^{a, b}	±1						
光端口 (前面板)	TLS输入和输出端口	相对精度 (pm) ^a	±5					
		输入端口数	1至4 (SMF)	1 (PM13)	1 (PM15)	1 (PM15)		
		输出端口数	1 (SMF)	1 (PM13)	1 (PM15)	1 (SMF)		
	检测器阵列	连接器类型	FC/APC窄键					
		偏振消光比 (PER)	N/A	≥20 dB		≥18 dB (推荐)		
		检测器端口数	1、2或4					
电端口 (后面板)	检测器类型		FC/APC宽键					
	触发输出 (5 V TTL)		扫描测量外部同步 (以本地采样分辨率生成脉冲序列)					
	触发输入 (5 V TTL)		在没有激光器扫描控制时触发测量 (在TTL水平 = 高时测量)					
光功率	模拟电压输入 (0-5 V高阻抗)		外接设备电压采样值 (采样分辨率: 1.3 mV)					
	功率范围	在 TLS 输入端口 (dBm)	0至10					
		在检测器端口 (dBm)	-60至7					
	变换函数 (插损)	精度度 (dB) ^{c, d}	±0.2					
		采样分辨率 (dB)	0.02					
		动态范围 ^{d, e}	带1个或2个TLS输入端口时的典型值为65 dB 带3个或4个TLS输入端口时的典型值为60 dB					
		精度度 (dB) ^f	65 dB (典型值)					
	偏振相关损耗	精度度 (dB) ^f	N/A		±0.05 + 4% PDL			
		测量范围 ^g	N/A		0至20			
		可重复性	N/A		±0.05			
采样特征	分辨率 (pm)		1至250					
	本地采样分辨率		N x 100 ±10 MHz (N=1至250)					
TLS兼容扫描速度 (nm/s)		从10到100						

图 5 CT440 技术指标

(2)制造厂商：Viavi、型号：MAP 系列



图 6 MAP 型光无源器件分析仪

参数		规格	
波长			
范围	1520.086 至 1630 纳米		
精度	±2 pm（绝对精度）		
分辨率	用户可在 3、1.5、0.75 或 0.4 pm 之间选择		
测量时间（并行测量所有通道）			
SOM 扫描速率	10、20、40 和 100 纳米/秒		
扫频周期			
C 频段时间			
10 纳米/秒	8		
20 纳米/秒	5.5		
40 纳米/秒	4		
100 纳米/秒	3		
C L 频段时间			
10 纳米/秒	15		
20 纳米/秒	9		
40 纳米/秒	6		
100 纳米/秒	4		
插入损耗			
测量范围 ²			
独立站	70 dB		
分布式站	60 dB		
噪声 ⁴ （10 纳米/秒扫频速率时）	0 至 -20 dB	< ±0.005 dB	
	-20 至 -40 dB	< ±0.02 dB	
	-40 至 -50 dB	< ±0.05 dB	
	-50 至 -60 dB	< ±0.2 dB	
基本不确定性 ³	±0.03 dB		
分辨率	0.001 dB		
10 纳米/秒时的最大坡度跟踪	0 至 -60 dB IL	>0.4 dB/pm	
参数		规格	
回波损耗			
测量范围 ⁵	60 dB		
噪声 ⁴ （10 纳米/秒时）	0 至 -20 dB	< ±0.02 dB	
	-20 至 -40 dB	< ±0.06 dB	
	-40 至 -50 dB	< ±0.2 dB	
	-50 至 -60 dB	< ±0.5 dB	
PDL			
测量范围 ⁶	50 dB		
噪声 ⁴ （10 纳米/秒时）	0 至 -20 dB	< ±0.01 dB	
	-20 至 -40 dB	< ±0.04 dB	
	-40 至 -50 dB	< ±0.1 dB	
分辨率	0.001 dB		

图 7 MAP 型光无源器件分析仪指标

(3) 制造厂商：维度科技公司、型号：WST 系列

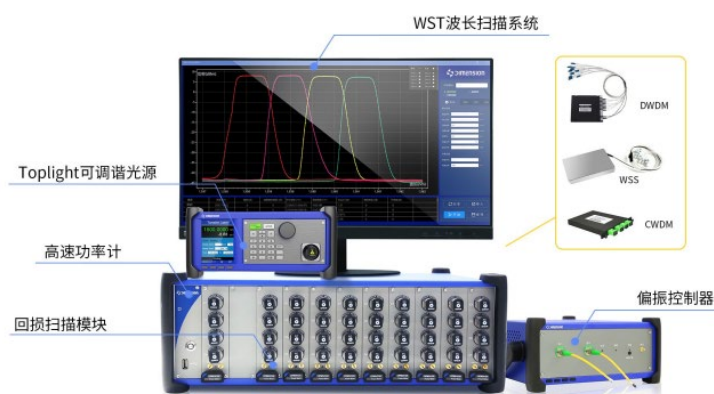


图 8 WST 系列光无源器件分析仪

(4) 制造厂商：林普光电、型号：F1200



图 9 F1200 系列光无源器件分析仪

2.2 计量特性

2.2.1 光波长示值

波长范围：1240nm~1650nm；

最大允许误差：±2pm。

2.2.2 波长分辨力

波长分辨力：优于 0.4pm。

2.2.3 插入损耗（IL）

测量范围：(0.1~60)dB；

最大允许误差：±0.2dB。

2.2.4 偏振依赖损耗（PDL）

测量范围：(0.1~10)dB；

最大允许误差：±(0.05dB+4%×示值)。

2.2.5 回波损耗（RL）

测量范围：(5~60)dB；

最大允许误差：±0.5dB。

2.2.6 动态范围

动态范围：>60dB。

3. 主要测量标准的技术指标

- 3.1 标准光衰减器
 波长范围：满足校准要求的工作波长，应包含 (1310 ± 20) nm 一点和 (1550 ± 20) nm 一点；
 衰减范围：(0.1~60) dB；
 衰减不确定度：0.03 dB；
- 3.2 回损标准器
 工作波长：满足校准要求的工作波长，应包含 (1310 ± 20) nm 一点和 (1550 ± 20) nm 一点；
 回损：(5~60) dB。
 最大允许误差： ± 0.4 dB。
- 3.3 法布里珀罗标准具
 波长范围：满足校准要求的工作波长；
 分辨力：优于 0.2 pm；
- 3.4 分子气室
 波长范围：满足校准要求的工作波长；
 波长最大允许误差： ± 1 pm；
 插入损耗： ≤ 5 dB。
- 3.5 偏振依赖损耗模拟器
 波长范围：满足校准要求的工作波长，应包含 (1310 ± 20) nm 一点和 (1550 ± 20) nm 一点；
 插入损耗： ≤ 5 dB
 偏振依赖损耗范围：(0.1~10) dB，应均匀取 3 个点；
 最大允许误差： $\pm (0.03 \text{ dB} + 4\% \times \text{测量值})$ 。

4. 简要描述主要计量项目的技术原理

4.1 光波长示值校准

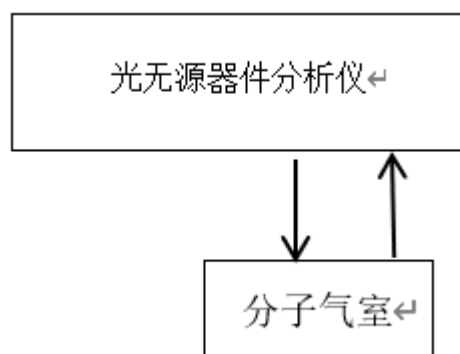


图 10 光波长示值校准连接示意图

按图 10 所示连接仪器，将分子气室接入光无源器件分析仪的输入输出端口，设置波长扫描范围值，启动光无源器件分析仪的测量，读取波长测量结果。

4.2 波长分辨力

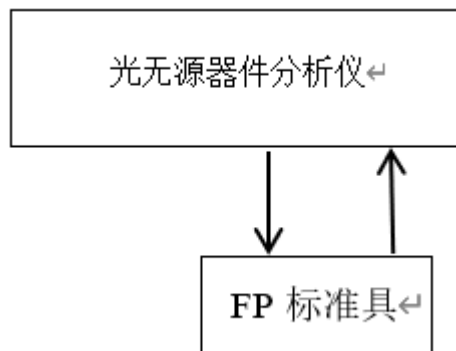


图 11 光波长分辨力校准连接示意图

按图 11 所示连接仪器，将 FP 标准具接入光无源器件分析仪的输入输出端口，设置波长扫描范围值，启动光无源器件分析仪的测量，读取光谱图中峰值下降 3dB 的光谱宽度，即为测量结果。（注：动态范围的波长应根据被校准光无源器件分析仪的波长范围来决定，应在被校设备波长范围内选择常用的工作波长。）

4.3 插入损耗校准

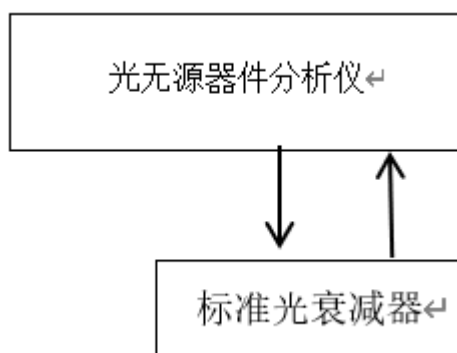


图 12 插入损耗校准连接示意图

测量插损前，应将整套系统进行校准。按图 12 所示连接仪器，将标准光衰减器接入光无源器件分析仪的输入输出端口，启动光无源器件分析仪，读取插入损耗测量结果。（注：标准光衰减器的波长应根据被校准光无源器件分析仪的波长范围来决定，应选择常用的工作波长。如光无源器件分析仪的波长测量范围在 1525nm~1570nm，则光衰减器应设定为 1550nm。）

4.4 偏振依赖损耗校准

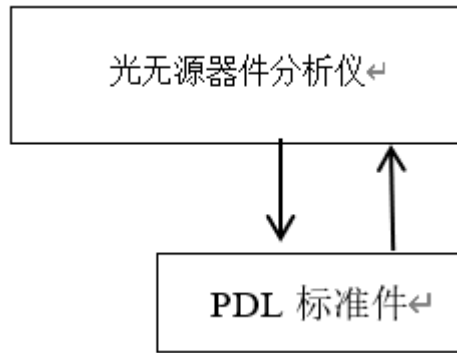


图 13 偏振依赖损耗校准连接示意图

测量 PDL 前，应将整套系统进行校准。按图 13 所示连接仪器，将 PDL 标准件接入光无源器件分析仪的输入输出端口，启动测量，读取偏振依赖损耗测量结果。（注：PDL 标准件的波长应根据被校准光无源器件分析仪的波长范围来决定，应选择常用的工作波长。如光无源器件分析仪的波长测量范围在 1525nm~1570nm，则 PDL 标准件定标波长应为 1550nm。）

4.5 回波损耗校准

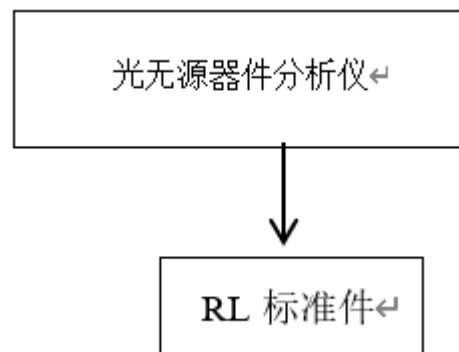


图 14 回波损耗校准连接示意图

测量 RL 前，应将整套系统进行校准。按图 14 所示连接仪器，将 RL 标准件接入光无源器件分析仪的测量端口，启动测量，读取回波损耗测量结果。（注：RL 标准件的波长应根据被校准光无源器件分析仪的波长范围来决定，应选择常用的工作波长。如光无源器件分析仪的波长测量范围在 1525nm~1570nm，则 RL 标准件定标波长应为 1550nm。）

4.6 动态范围

	<div data-bbox="702 210 1161 557"></div> <p data-bbox="708 580 1149 613">图 15 动态范围校准连接示意图</p> <p data-bbox="464 633 1393 913">按图 15 所示连接仪器，将 FP 标准具接入光无源器件分析仪的输入输出端口，设置波长扫描范围值，启动光无源器件分析仪的测量，获得 FP 标准具的光谱图，读取光谱图中峰值点的幅度 P_1，峰值波长偏差 $\pm 0.1\text{nm}$ 的幅度 P_2 和 P_3，取较大值，计算动态范围 $R=P_1-\text{MAX}(P_2、P_3)$。（注：动态范围的波长应根据被校准光无源器件分析仪的波长范围来决定，应在被校设备波长范围内选择常用的工作波长。）</p>
水平	<div data-bbox="596 1173 783 1211"><input type="checkbox"/> 国际先进</div> <div data-bbox="930 1173 1110 1211"><input checked="" type="checkbox"/> 国内先进</div>
国内外情况 简要说明	<p data-bbox="464 1288 1043 1326">1. 与国内相关技术规范之间的关系；</p> <p data-bbox="464 1350 1393 1429">目前国内外还没有相应的计量技术规范，缺乏合适的溯源途径。</p> <p data-bbox="528 1435 1283 1469">该仪表的校准目前没有可依据的部门或国家校准规范。</p> <p data-bbox="464 1496 1382 1534">2. 指出是否发现有知识产权的问题，或涉及专利的情况；</p> <p data-bbox="528 1559 962 1592">不涉及国内外专利等知识产权。</p>
推荐意见	<p data-bbox="464 1615 1393 2018">波长扫描式光无源器件分析仪是目前测量光无源器件准确度最高的仪器，其测量波长准确度能达到 $\pm 2\text{pm}$，分辨力 20fm，动态范围超过 60dB，是一种高分辨力的光谱测量仪器。它不仅可以用于通用的光无源器件的性能分析，还可以用于光纤微环谐振腔和搭配探针台用于硅光芯片的硅光 wafer（晶圆）的性能测试。在集成电路、移动通信设备、仪器仪表等产业的硅光芯片、光纤微环、光纤连接器、光衰减器、波分复用器、PLC 阵列等无源器件测试中应用</p>

		广泛，对其质量控制十分重要，项目书提出的计量特性和技术方案合理可行,建议立项。				
主要 起草 单位	(签字、盖公章) 月 日		技术 委员 会	(盖公章) 月 日	部委托 支撑 单位	(盖公章) 月 日

填写说明：1.表中第 2，3，11 行，请在选定的内容上填写 “■” 的符号。
2.填写制定或修订项目中，若选择修订则必须填写被修订计量技术规范号。