

附件 3

通信行业计量技术规范项目建议书

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |            |                                                                       |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 建议项目名称    | 平衡光电接收机校准规范                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            |                                                                       |
| 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<br><input checked="" type="checkbox"/> 校准规范                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 计量技术规范类别   | <input type="checkbox"/> 重点<br><input checked="" type="checkbox"/> 基础 |
| 主要起草单位    | 中国信息通信研究院                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |            |                                                                       |
| 联系人       | 周轩羽                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 联系电话       | 13671096571                                                           |
| 任务年限      | 2026 年至 2027 年                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 申请经费       | 1 万                                                                   |
| 参加单位      | /                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |            |                                                                       |
| 目的、意义和必要性 | <div>1. 指出该计量技术规范项目编制的目的、意义，描述涉及安全、节能、环保、自主创新等方面的特点和发挥的作用，解决行业、产业的问题和必要性、迫切性。</div> <div>平衡光电接收机是一种具有两个对称输入端口和一个差分输出端口的高精度光电探测器件。其核心工作原理是利用两个匹配的高灵敏度光电二极管，对输入的两路光信号进行差分探测，从而有效抑制共模噪声（如光源强度噪声），极大提高信号的信噪比。</div> <div>随着 5G/6G 通信、量子信息技术、激光雷达以及光纤传感技术的飞速发展，对平衡光电接收机的需求日益增长。特别是在高速相干光通信（如 400G/800G 及以上系统）、量子密钥分发、精密光谱测量以及引力波探测等前沿领域，平衡探测器作为核心光电转换器件，其性能指标直接决定了整个系统的灵敏度和准确性。</div> <div>衡量平衡探测器的主要技术指标包括工作带宽、共模抑制比(CMRR)等。目前，国内外缺乏专门针对这些关键参数进行系统性计量校准的技术文件。现有的通用光电探测器校准规范主要针对单路探测，无法覆盖差分探测、共模抑制比等核心特性的评估。</div> <div>制定本规范的意义在于：首次系统性地规定平衡光电接收机的计量</div> |            |                                                                       |

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | <p>特性和校准方法。通过规范工作带宽、共模抑制比等核心参数的校准工作，保证量值溯源的准确可靠，解决因缺乏专用规范而导致的高端探测器“测不了、测不准”的问题，为国产高端平衡探测器的自主研发提供计量支撑。</p> <p>2. <u>先进性和亮点，社会效益和推广应用场景</u></p> <p>本校准规范所规定的工作带宽（覆盖 DC 至 100GHz 及以上）、共模抑制比（CMRR）等计量特性及其校准方法，能覆盖目前广泛使用的通用及超高速平衡光电接收机。通过研究差分探测模式的计量校准方法，具备显著的自主创新性。</p> <p>本规范的制定，可以填补目前国内平衡光电接收机没有计量校准依据的空白，为其量值溯源提供依据，有效保证其在高速光通信、量子保密通信、激光雷达等应用中的准确性和可靠性，促进光电子产业和量子技术产业的健康发展。</p> <p>3. <u>查新结果</u></p> <p>《JJF 2076-2023 高速光电探测器校准规范》：该规范于 2023 年发布，2024 年 4 月 12 日正式实施，适用于上升时间为 3 ps ~ 100 ps 的光纤耦合型高速光电探测器的校准。主要校准项目包括上升时间和脉冲宽度、直流响应度、3dB 带宽参数。这是目前与高速光电探测相关的最新国家计量技术规范，但其校准对象仍为单路输入探测器。此外，目前国内外尚无针对平衡光电接收机的专用校准规范，因此制定《平衡光电接收机校准规范》具有重要的现实意义和紧迫性。</p> |
| 产业链应用 | <p>1.<u>重点产业链方向</u></p> <p>平衡光电接收机广泛应用于高速光通信，作为相干光模块的核心器件，用于 100G/400G/800G 及以上速率的信号接收；在量子信息的量子密钥分发（QKD）、量子随机数发生器中作为单光子级别的探测单元；在激光雷达中，平衡光电接收机在 FMCW 激光雷达中作为相干探测的核心器件。平衡光电接收机还可用于引力波探测、精密光谱测量、微波光子学等前沿领域的科学研究。</p> <p>2.<u>对本行业重点产业链的支撑作用</u></p> <p>高质量的平衡光电接收机对于高速大带宽通信网络建设（支撑“东</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       | <p>数西算”等国家战略)、量子保密通信干线建设、高精度光纤陀螺制造(支撑航空航天、航海导航)等产业有着重要的支撑作用。只有通过校准的方式对平衡探测器的带宽、共模抑制比等关键参数进行规范,才能对国产高端光电子制造业起到质量保障作用,促进光通信和量子技术产业的健康发展。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p>范围和主要<br/>计量特性</p> | <p>1. <u>计量技术规范的适用范围:</u></p> <p>本规范适用于工作波长在 800 nm ~ 1700 nm 范围内的平衡光电接收机(涵盖通用型及超高速型)的校准。</p> <p>2. <u>以典型仪器或试验设备等(注明仪器型号)为依据,提出计量特性的技术指标,包括其名称、测量范围和最大允许误差:</u></p> <p>典型仪器:</p> <p>(1) 型号: PDB450C-AC</p> <div data-bbox="678 1041 1189 1568" data-label="Image"> </div> <p>图 2 PDB450C-AC 增益可调平衡放大光电探测器</p> <p>技术指标:</p> <p>工作波长: 800 nm ~ 1700 nm</p> <p>工作带宽 (3dB): 最高 150 MHz (多档位增益可调)</p> <p>共模抑制比 (CMRR): &gt;25 dB</p> |

(2) 型号: BPDV21x0R

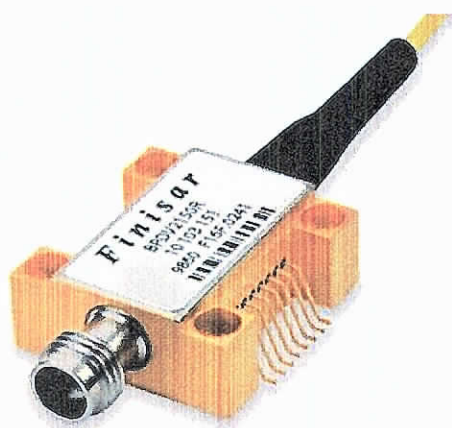


图 3 BPDV21x0R 平衡光电接收机

技术指标:

工作波长: 1550 nm 附近 (典型通信波段)

工作带宽 (3dB): 典型值 43 GHz

共模抑制比 (CMRR):  $\geq 18$  dB

(3) 型号: DSC720



图 4 DSC720 平衡光电接收机

技术指标:

工作波长: 800 nm ~ 1650 nm

工作带宽 (3dB): 最高 20 GHz

共模抑制比 (CMRR):  $> 30$  dB

(4) 型号: PD100B

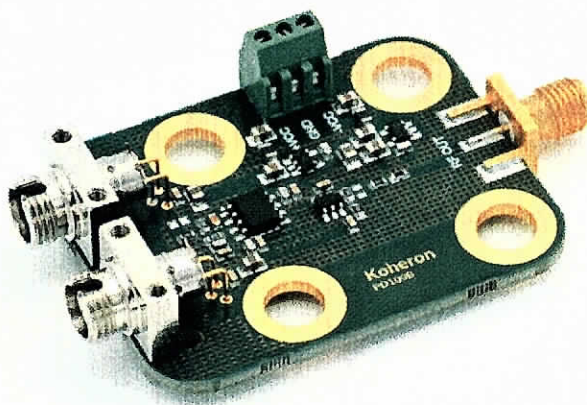


图 5 PD100B 平衡光电接收机

技术指标:

工作波长: 900 nm ~ 1700 nm

工作带宽 (3dB): DC ~ 100 MHz (DC 耦合版) 或 160 Hz ~ 100 MHz  
(AC 耦合版)

共模抑制比 (CMRR): 35 dB (@ 1 MHz, 典型值)

(3) 型号: KG-BPR-350M



图 6 KG-BPR-350M 平衡光电接收机

技术指标:

工作波长: 900 nm ~ 1700 nm

工作带宽 (3dB): DC ~ 350 MHz

共模抑制比 (CMRR): >25 dB (典型值 30 dB)

3. 参考典型平衡光电接收机的技术要求，计量特性如下：

3.1 工作带宽（3dB 带宽）

DC ~ 100 GHz 及以上

3.2 共模抑制比（CMRR）

$\geq 10$  dB

4.主要标准器的技术指标

4.1 可调谐激光源

- (1) 波长覆盖范围满足被测件需求（如 800 nm ~ 1700 nm）；
- (2) 波长最大允许误差优于 $\pm 0.5$  nm；
- (3) 具备良好的波长和功率稳定性。

4.2 光波元器件分析仪（LCA）

- (1) 频率范围应覆盖被测探测器的上限（最高可至 110 GHz 以上）；
- (2) 幅度测量不确定度优于 $\pm 0.5$  dB；

4.3 高精度光功率计

- (1) 工作波长匹配测试光源；
- (2) 光功率测量相对示值误差 $\leq 3\%$

4.4 频谱分析仪

- (1) 频率范围覆盖被测探测器的工作带宽；
- (2) 偏振消光比： $\geq 50$ dB

5 主要计量项目的技术原理

5.1 工作带宽（3dB 带宽）

方法 1：

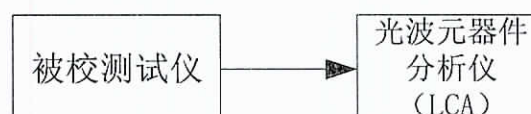


图 8 工作带宽特性测量示意图

采用光波元器件分析仪（LCA）进行扫频测试。将 LCA 输出的高频扫频调制光信号输入至平衡光电接收机，其差分电输出端口连接至 LCA 的射频接收端。通过测量探测器的电光频率响应曲线，幅度较直流或低频参考点下降 3 dB 时对应的频率，即为该探测器的工作带宽。

方法 2:

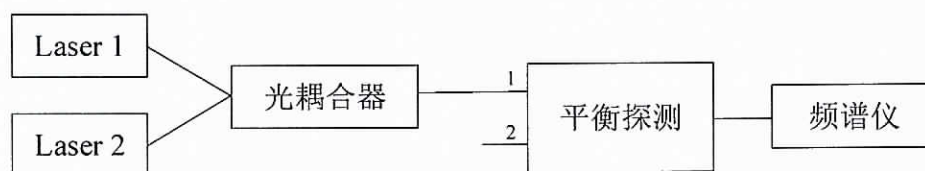


图 9 工作带宽特性测量示意图

利用两台波长极其相近且线宽极窄的可调谐激光源，产生两路连续光信号。将这两路光信号通过光耦合器合束后输入至平衡光电接收机的单侧端口。两束光在探测器内部发生外差干涉，产生等于两者光学频率差的射频拍频电流。

探测器的电输出端连接至频谱分析仪。保持一台激光器波长不变，微调另一台激光器的波长以改变拍频频率，使用频谱分析仪记录不同拍频点下的射频输出幅度。通过描绘各频率点的数据，拟合出探测器的幅频响应曲线，进而求得幅度下降 3 dB 处的带宽极限。

## 5.2 共模抑制比 CMRR

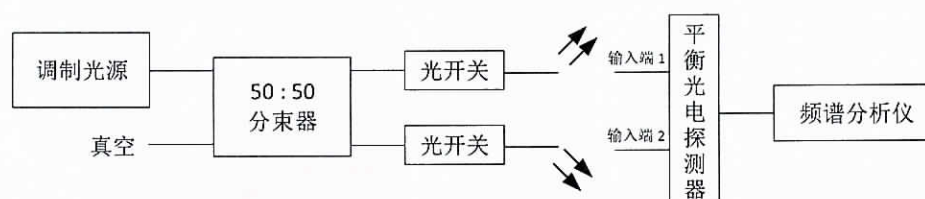


图 10 共模抑制比测量示意图

CMRR 是衡量平衡探测器抑制共模噪声（如光源强度噪声）能力的核心指标。利用高对称性的光分路器，将同一路强度调制的光信号等功率、等相位地同时输入探测器的两个端口（营造共模输入状态）。此时在电输出端测量其剩余的共模射频功率  $P_{\text{bal}}$ （单位 dBm）；随后断开其中一路光输入，测量单路差模输入时的射频功率  $P_{\text{unbal}}$ （单位 dBm）。共模抑制比的计算公式可表示为：

|                |                                                                                                                                                                                                                 |               |                                                                                                |                 |                                                                                                  |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | <div>CMRR = P<sub>unbal</sub> - P<sub>bal</sub> + 6</div> <div>此项测试需在探测器的工作频段内进行多频点或扫频测量，以评估全带宽内的抑制能力。</div>                                                                                                    |               |                                                                                                |                 |                                                                                                  |
| 水平             | <div><input type="checkbox"/>国际先进</div> <div><input checked="" type="checkbox"/>国内先进</div>                                                                                                                      |               |                                                                                                |                 |                                                                                                  |
| 国内外情况<br>简要说明  | <div>与国内相关技术规范之间的关系，是否发现有知识产权的问题，或涉及专利的情况。</div> <div>《JJF 2076-2023》针对的是通用型高速光电探测器（单路输入），重点校准其时域特性（上升时间和脉冲宽度）和频域特性（3dB 带宽）。然而，平衡光电接收机具有双路差分输入结构，其核心性能指标——共模抑制比（CMRR）——在上述规范中均未涉及。本规范制订无知识产权的问题，或涉及专利的情况。</div> |               |                                                                                                |                 |                                                                                                  |
| 推荐意见           | <div>本项目拟制定的《平衡光电接收机校准规范》，立项建议书内容全面，提出的平衡光电接收机计量特性及主要测量标准的技术指标合理，溯源链完整；描述的相关测量方法技术原理先进/科学、可操作性强，该校准规范的制定能满足行业的量值溯源需要，推荐立项。</div>                                                                                |               |                                                                                                |                 |                                                                                                  |
| 主要<br>起草<br>单位 | <div></div>                                                                                                                  | 技术<br>委员<br>会 | <div></div> | 部委托<br>支撑<br>单位 | <div></div> |

填写说明：1.表中第 2，3，8 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。