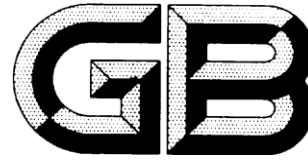


ICS (此处填入 ICS 号)

CCS (此处填入 CCS 号)



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

精密光频测量中光学频率梳性能参数测试方法

Test method for performance parameters of optical frequency comb in precision optical frequency measurement

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(草案)

(本稿完成日期: 2020 年 11 月 30 日)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言.....	II
1 范围.....	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	2
4 一般要求.....	3
4.1 测试环境要求.....	3
4.2 测试仪器.....	3
4.3 其他要求.....	3
5 性能参数测试.....	3
5.1 重复频率调谐范围.....	3
5.2 载波包络相移频率调谐范围.....	4
5.3 单梳齿平均功率.....	4
5.4 重复频率的稳定度.....	5
5.5 载波包络相移频率的稳定度.....	6
5.6 光学频率梳梳齿线宽.....	6
参 考 文 献.....	8

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由全国量子计算与测量标准化技术委员会（SAC/TC578）提出并归口。

本文件起草单位：中国科学技术大学；中国科学院物理研究所；中国计量科学研究院；中国信息通信研究院

本文件主要起草人：

姜海峰，张强，侯磊，韩海年，曹世英，沈奇，管建宇

精密光频测量中光学频率梳性能参数测试方法

1 范围

本文件规定了应用于精密光频测量任务的光学频率梳的关键性能参数测试方法。
本文件适用于精密光频测量中光学频率梳的性能参数测试。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 15313 激光术语

3 术语和定义

GB/T 15313界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 光学频率梳 Optical frequency comb

光学频率梳主要是基于飞秒脉冲激光器的时域和频域特性。其在时域上表现为等间隔的脉冲序列，在频域上表现为等间隔的频率梳齿。

3.2 重复频率调谐范围 tuning range of comb spacing

在规定条件下，光学频率梳重复频率的输出频率范围。

3.3 载波包络相移频率调谐范围 tuning range of CEO frequency

在规定条件下，光学频率梳载波包络相移频率的输出频率范围。

3.4 单梳齿平均功率 average power of single comb teeth

光学频率梳在规定的波长条件下，光学频率梳在该波长下的单个梳齿的平均功率值。

3.5 重复频率的稳定度 stability of repetition rate frequency

光学频率梳在规定条件下，规定时间内输出重复频率的变化程度。

3.6 载波包络相移频率的稳定度 stability of CEO frequency

光学频率梳在规定条件下，规定时间内输出载波包络相移频率的变化程度。根据IEEE在1999年对时间频率计量发布的IEEE1139标准，采用阿伦标准偏差表征。

3.7 光学频率梳梳齿线宽 line width of comb teeth

光学频率梳在规定条件下，光学频率梳梳齿的半高全宽。

4 一般要求

4.1 测试环境要求

除另有规定外，所有测试应在在如下条件下进行试验：

- a) 大气压力：86 kPa~106 kPa；
- b) 环境温度：10°C ~30°C；
- c) 相对湿度：30%~75%；
- d) 仲裁试验的标准大气条件为：温度25°C±1°C、相对湿度48%~52%、气压86 kPa~106 kPa。

4.2 测试仪器

4.2.1 频谱分析仪

频谱分析仪的RBW应为10 kHz。测试时应使用最大峰值进行检波，应使用300kHz分辨率带宽测试待测频率信号。

4.2.2 光谱分析仪

采用光谱分析仪，应至少具有0.5 nm 分辨率，波长应覆盖所测光学频率梳的待测波长。

4.2.3 频率计数器

采用频率计数器的频率分辨率需大于12位，单次时间间隔分辨率指标规定小于100ps。

4.2.4 功率计

采用高分辨率热敏功率计，其功率分辨率为1 μW，响应时间小于2s。

除非另有规定，测试仪器应满足以下要求：

- a) 测试设备应经过检定、校准合格，并在计量有效期内；
- b) 测量设备的量程和精度应满足测试要求；
- c) 测试设备应良好接地；
- d) 测试参数的容差与测试设备精度的比值不小于4:1。

4.3 其他要求

其他要求如下：

- a) 应按被测件要求进行加电，并按照测试设备说明书规定的预热时间充分预热，如说明书没有规定预热时间，一般预热30min；
- b) 测试采用的电源电压、纹波及电源噪声等应满足测试要求；
- c) 测试人员应经过专业技术培训，并严格按照相关操作规程进行操作。

5 性能参数测试

5.1 重复频率调谐范围

5.1.1 目的

在规定的条件下，测试光学频率梳重复频率调谐范围。

5.1.2 测试框图

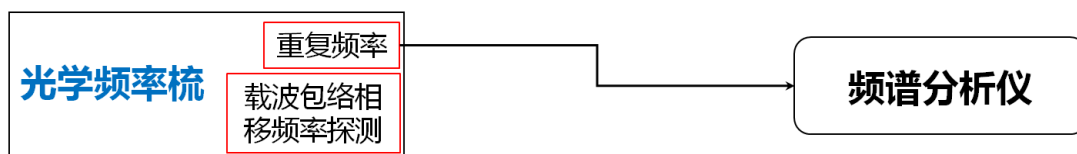


图 1 重复频率调谐范围测试框图

5.1.3 测试步骤

应按以下步骤进行测试

- 按图1连接测试系统，其中光学频率梳与频谱分析仪采用50欧姆的同轴电缆连接；
- 对待测光学频率梳和测试仪器进行预热；
- 设置重复频率控制装置，改变待测光学频率梳的重复频率，记录重复频率最大值 $f_{r\max}$ 和最小值 $f_{r\min}$ ，重复频率调谐范围为 $f_{r\max} - f_{r\min}$ 。

5.1.4 测试报告

测试报告应记录被测光学频率梳重复频率最大值 $f_{r\max}$ 、重复频率最小值 $f_{r\min}$ ，最后计算重复频率调谐范围。

5.2 载波包络相移频率调谐范围

5.2.1 目的

测试光学频率梳载波包络相移频率调谐范围。

5.2.2 测试框图

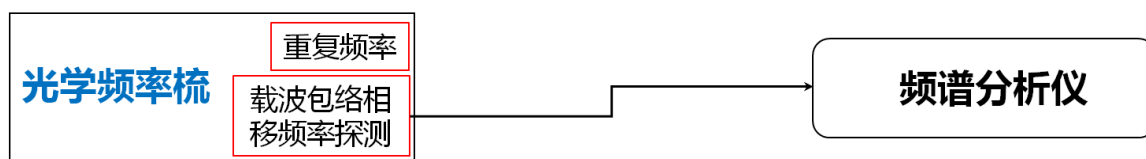


图 2 载波包络相移频率调谐范围测试框图

5.2.3 测试步骤

应按以下步骤进行测试

- 按图2连接测试系统，其中光学频率梳与频谱分析仪采用50欧姆的同轴电缆连接；
- 对待测光学频率梳和测试仪器进行预热；
- 设置重复频率控制装置，改变待测光学频率梳的载波包络相移频率，记录载波包络相移频率最大值 $f_{0\max}$ 和最小值 $f_{0\min}$ ，重复频率调谐范围为 $f_{0\max} - f_{0\min}$ 。

5.2.4 测试报告

测试报告应记录被测光学频率梳载波包络相移频率最大值 $f_{0\max}$ 、重复频率最小值 $f_{0\min}$ ，最后计算载波包络相移频率调谐范围。

5.3 单梳齿平均功率

5.3.1 目的

测试光学频率梳在某一波长下单梳齿平均功率。

5.3.2 测试框图



图 3 输出光谱测试框图

5.3.3 测试步骤

应按以下步骤进行测试

- 按图3连接测试系统，其中光学频率梳与频谱分析仪采用相应的普通单模光纤连接；
- 对待测光学频率梳和测试仪器进行预热；
- 利用光谱分析仪测量光学频率梳的完整光谱曲线S；
- 采用可以覆盖待测光谱完整范围的热电功率计测量其输出功率P；
- 利用所测光谱归一化，并求其积分面积S，利用公式（1），计算不同光谱成分的功率谱 P_s ；

$$P_s = \frac{P}{S} \quad (1)$$

式(1)中：

P——表示光学频率梳输出功率，单位为瓦特（W）

S——表示光学频率梳输出光谱曲线，单位为纳米（nm）；

P_s ——表示光学频率梳的不同光谱成分的功率谱，单位瓦特每纳米（W/nm）

- 根据光学频率梳重复频率 f_{rep} 和计算获得的功率谱 P_s ，计算待测波长 λ 下的单梳齿平均功率 P_λ ，其中c为真空中的光速。

$$P_\lambda = \frac{P_s \lambda^2 f_{rep}}{c} \quad (2)$$

式(2)中：

λ ——表示光学频率梳的测试波长，单位为纳米 nm

f_{rep} ——表示光学频率梳重复频率，单位为兆赫兹（MHz）；

c——表示真空中光速，单位为米每秒（m/s）；

P_λ ——表示待测光学频率梳波长 λ 处单个梳齿平均功率，单位为瓦特（W）

5.3.4 测试报告

测试报告应记录被测光学频率输出平均功率P、光谱S、重复频率 f_{rep} ，最后计算波长 λ 对应的单梳齿平均功率。

5.4 重复频率的稳定度

5.4.1 目的

测试光学频率梳重复频率在规定条件下的频率变化量。

5.4.2 测试框图



图 4 重复频率稳定度的测试框图

5.4.3 测试步骤

应按以下步骤进行测试

- 按图4连接测试系统，其中重复频率与计数器采用50欧姆阻抗的同轴电缆连接，光频梳的射频参考信号同步计数器；
- 对待测光频梳和测试仪器进行预热；
- 采用计数器对重复频率进行测量，计数器门时间设置为1秒；
- 对采集获得的重复频率数据，根据IEEE在1999年对时间频率计量发布的IEEE1139标准计算重复频率阿伦方差。

5.4.4 测试报告

测试报告应记录长时间重复频率数据，最后计算重复频率对应的阿伦方差。

5.5 载波包络相移频率的稳定度

5.5.1 目的

测试光学频率梳载波包络相移频率在规定频率范围内频率的变化量。

5.5.2 测试框图



图 5 载波包络相移频率稳定性测试框图

5.5.3 测试步骤

应按以下步骤进行测试

- 按图5连接测试系统，其中载波包络相移频率与计数器采用50欧姆阻抗的同轴电缆连接，同时光频梳的射频参考信号同步计数器；
- 对待测光学频率梳和测试仪器进行预热；
- 采用频率计数器对载波包络相移频率进行测量，计数器门时间设置为1秒；
- 对采集获得的载波包络相移频率，根据IEEE在1999年对时间频率计量发布的IEEE1139标准计算载波包络相移频率阿伦方差。

5.5.4 测试报告

测试报告应记录长时间载波包络相移频率数据，最后计算载波包络相移频率对应的阿伦方差。

5.6 光学频率梳梳齿线宽

5.6.1 目的

测试光学频率梳梳齿线宽。

5.6.2 测试框图

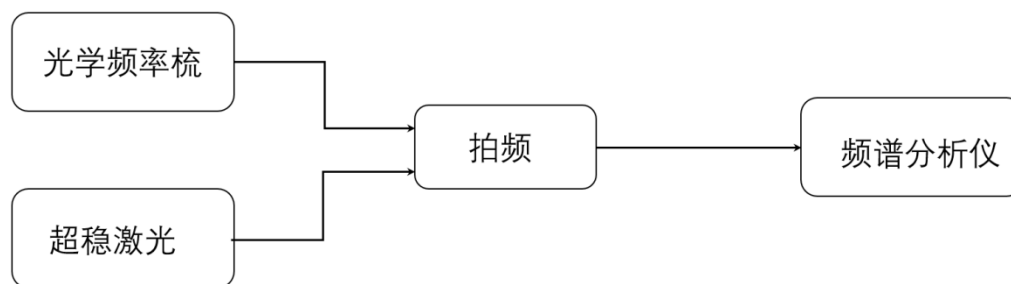


图 6 光学频率梳梳齿线宽测试框图

5.6.3 测试步骤

应按以下步骤进行测试

- a) 按图6连接测试系统，光频梳和超稳激光通过对应波长单模光纤拍频，将拍频信号通过50欧姆阻抗的同轴电缆与频谱分析仪连接。其中所采用超稳激光线宽已知（线宽< Hz量级）
- b) 对待测光学频率梳和测试仪器进行预热；
- c) 采用频谱分析仪对拍频信号线宽进行测量，该线宽对应梳齿线宽。

5.6.4 测试报告

测试报告应记录拍频线宽数据。

参 考 文 献

[1]“IEEE Standard Definitions of Physical Quantities for Fundamental Frequency and Time Metrology—Random instabilities,” IEEE Std. 1139 (July 1999).
