

7.4um QCL结合空芯光纤气室气体分析系统

理论基础:

1、比尔-朗伯定律

一束激光穿过浓度为C的被测气体时, 当激光器的波长和被测气体某个吸收谱线中心频率相同时, 气体分子会吸收光子而跃迁到高能级, 表现为气体吸收波段激光光强的衰减

2、波长调制光谱技术

A) 激光器的调谐特性

DFB激光器由于具有良好的单色性, 窄线宽特性和频率调谐特性, DFB激光器能够很好的避免其他背景气体的交叉干扰, 使检测系统具有较好的测量精度, 因此被广泛的用于气体检测

B) 谐波检测理论

通过对激光器的驱动电压加高频正弦电压信号, 从而改变电流, 使输出频率也按正弦规律变化。通过给激光器驱动加锯齿波电压, 使其输出波长在气体吸收峰两侧扫描, 利用锁相放大器调制并解调出谐波信号, 进行气体浓度的测量。

3、吸收谱线选取的原则

在进行气体检测时, 对吸收谱线的选取非常关键, 应考虑以下几个方面;

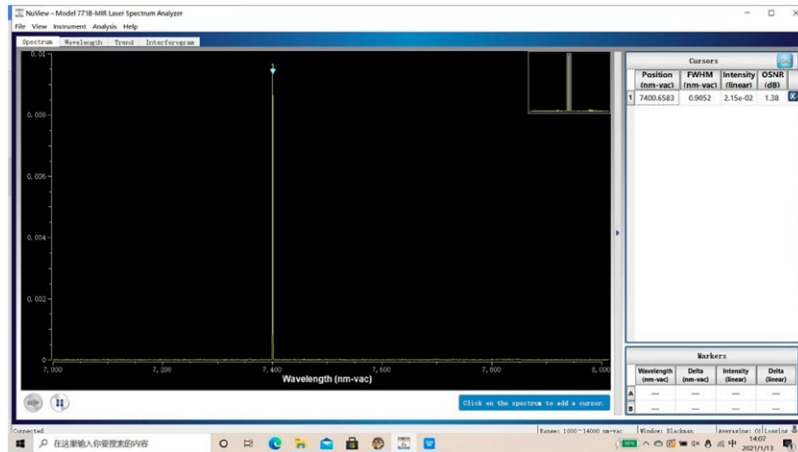
- (1) 气体在选定的谱线处要有较强的吸收峰;
- (2) 谱线波长对应的激光器光源技术要相对成熟;
- (3) 在选定的吸收谱线处没有背景气体吸收的干扰, 或吸收相对较弱, 可以忽略。

实验仪器:

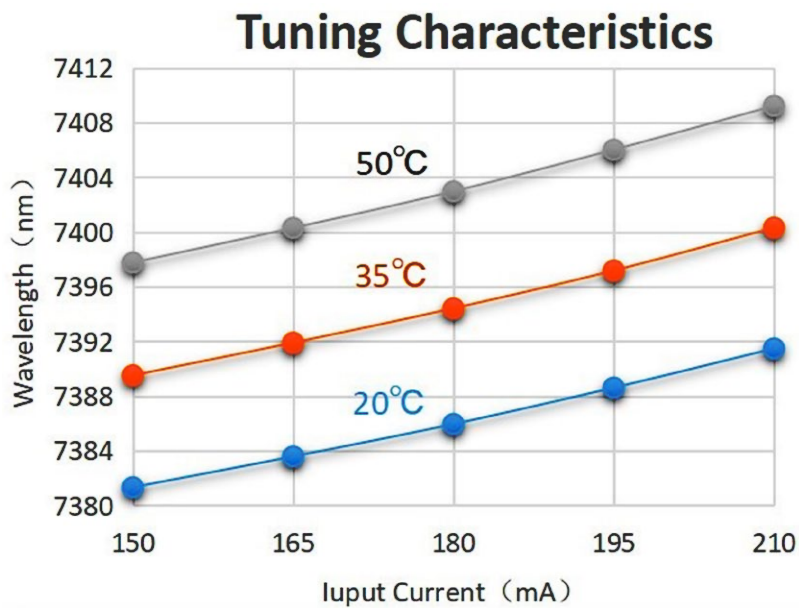
1、7.4um低功耗台式DFB-QCL中红外量子级联激光器



QCL7400-7.4um低功耗台式DFB-QCL中红外量子级联激光器是筱晓2018上半年开发出的国内首台低功耗的QCL DFB激光, 超过100nm的可调谐范围, 输出功率大于25mw满足客户测试气体传感等工业需求。我们的激光器准直输出输出功率稳定, 温度波长稳定性极高比传统大功率的量子级联激光器的稳定性高出好几个数量级。为我们中红外测试的客户提供了最佳的测试光源。

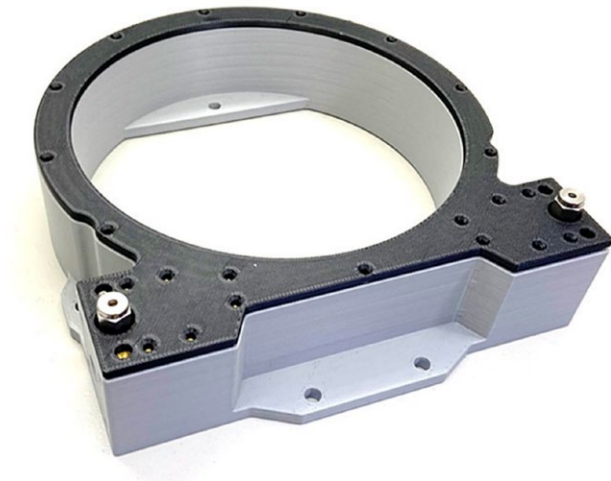


光谱图



波长温度电流调谐曲线

2、5米长光程小型化Mini中红外空芯光纤气体吸收池



HC-5-MIR 5米长光程气体吸收池可应用于光谱分析检测，坚固，紧凑的气室采用了中空光纤盘绕，其排列非常简单。在中空纤维中，探测光束和分析物重叠，从而实现了灵敏的激光吸收光谱，并以最小的样品量进行痕量气体和同位素分析。

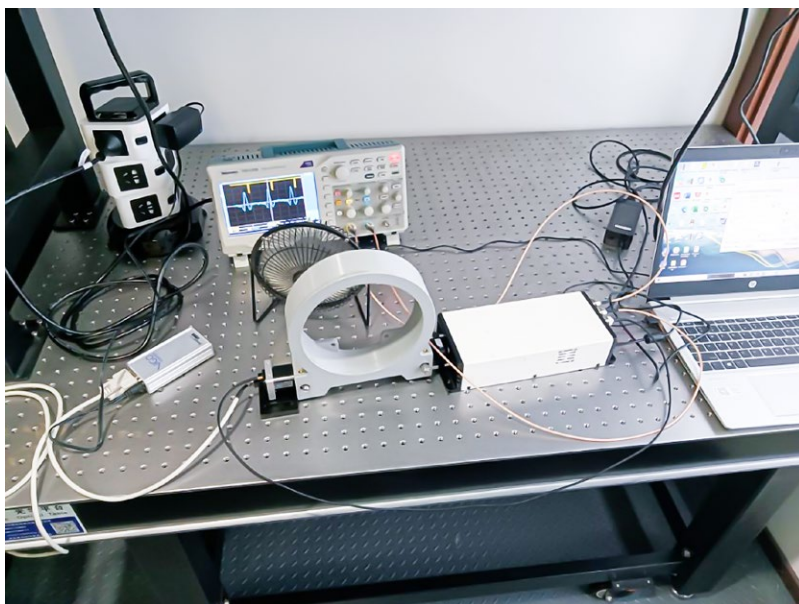
3、2-15um碲镉汞（MCT）中红外光电探测器，带放大，带TEC



MCT-15-4TE放大探测器是一种热电冷却光电导HgCdTe（碲镉汞，MCT）探测器。这种材料对2.0到15 μm 的中红外光谱波段光波敏感。半导体制冷片(TEC)采用一个热敏电阻反馈电路对探测器元件的温度控制在 -30°C ，从而将热变化对输出信号的影响最小化。为了获得最佳效果，我们推荐将输出电缆(不附带)与一个50欧姆的终端连接。由于探测器是AC耦合的，因此它需要一个脉冲或斩波输入信号。交流耦合探测器不会看到未斩波的直流信号，因为它们只对强度变化而不是强度的绝对值敏感。

实验测试:

本次实验使用7.4um QCL激光器结合5米光程空芯光纤气体吸收池测试空气中的H₂O气体。



系统示意图



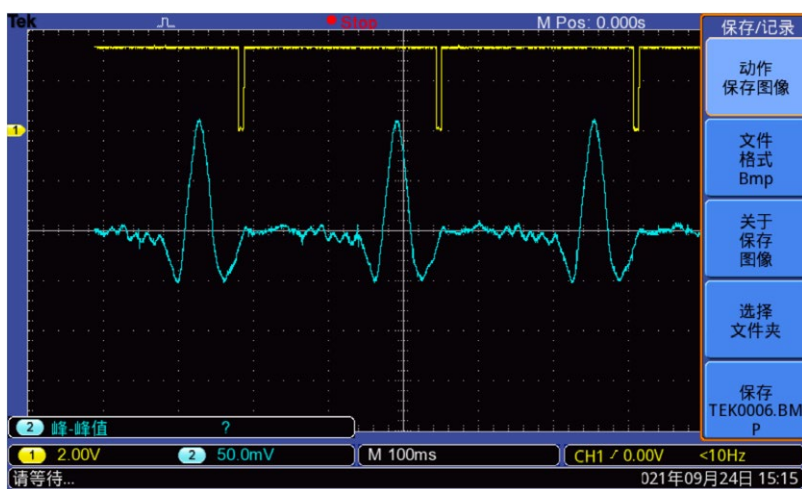
操作步骤:

- 1、安装7.4um QCL激光器, 准直输出到空芯光纤气室的一端
- 2、空芯光纤气室的另一端接入MCT探测器
- 3、用BNC转SMA线连接探测器和7.4um QCL激光器的PREAMP前置放大端
- 4、用一根BNC-BNC线连接示波器和7.4um QCL激光器的DACOUT模拟输出端
- 5、用一根BNC-BNC线连接示波器和7.4um QCL激光器的TRIG OUT触发端
- 6、打开激光器和探测器
- 7、调节软件参数, 在示波器上观察二次谐波信号波形、幅值等信息

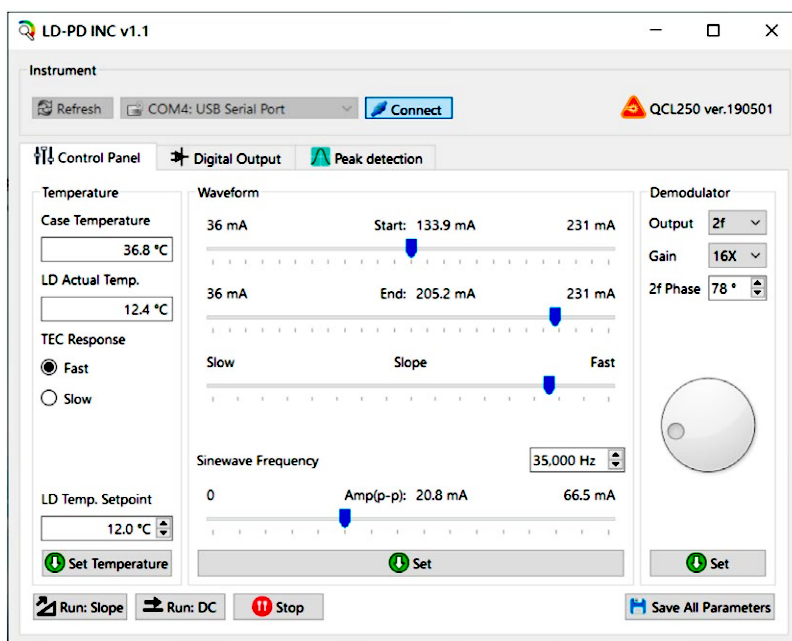
过程分析: 利用电脑端的控制软件调节电流和温度的大小对波长进行调谐, 使激光器实现一定波长范围的扫描, 使输出波长覆盖气体的吸收峰, 锁相放大器提供高频正弦调制信号, 使激光器输出频率得到正弦调制, 激光器发出的光经过气体吸收池, 通过探测器进入PREAMP端前置放大电路, 再经过锁相放大器调制解调, 通过DAC OUT 模拟输出端到示波器通道2, 显示二次谐波的信号。整个过程中, 我们通过调节软件中的各项参数, 同时观察输出波形, 使输出波形最优。

实验结果:

- 1、二次谐波波形及调制参数如下:



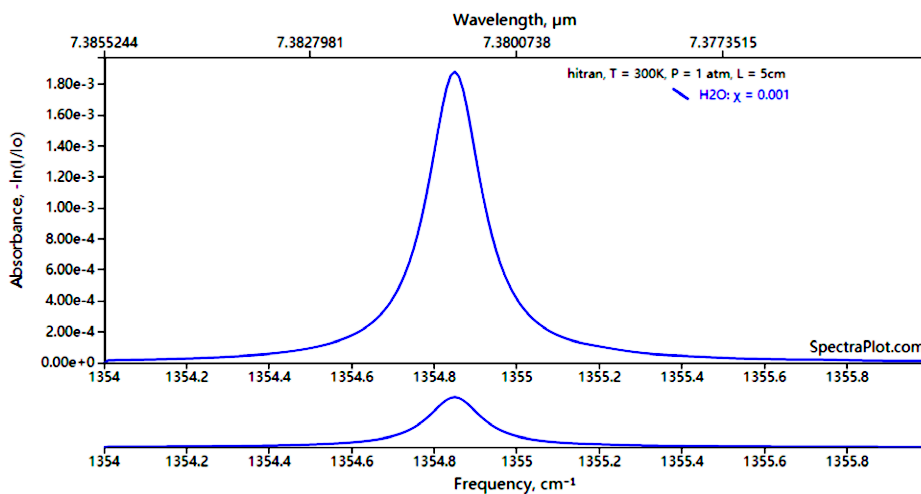
二次谐波



软件调制参数

2、验证分析:

通过查询Hitran数据库得到在波数为 1354cm^{-1} 到 1356cm^{-1} 范围内的吸收谱线如下:



吸收峰波长约为 $7.381\mu\text{m}$, 通过对比二次谐波幅值信息, 与数据库相符合, 由此验证是 H_2O 气体。

3、实验结论:

通过测试, 我们发现使用这套测试系统分析空气中的 H_2O 气体时, 二次谐波幅值可达 150mV , 说明这套测试系统精度很高。



产品清单:

#	名称	描述
1	7.4um中红外量子级联激光器	峰值工作波长7.4um，输出功率5mW，光谱宽度<1MHz，输出隔离度30dB，台式规格尺寸340(L)x240(W)x100(H)mm
2	5米长光程小型化Mini中红外空芯光纤气体吸收池	有效光程5m，波长范围3-12um，输出发散角30mrad，操作大气压0.01-1atm
3	2-15um碲镉汞（MCT）中红外光电探测器	响应波长范围2-15um，光敏面大小2x2mm，工作带宽10Hz-14MHz
4	U盘	含操作软件，产品操作手册

