

瑞利-布里渊散射光谱测量中 温度和压力的精确控制方法

A Precise Control Method of Temperature and Pressure in Rayleigh-Brillouin Scattering Spectrometry

摘要：针对瑞利-布里渊散射（RBS）包络谱实验装置，用户提出要对测量气室实现温度和压力的高精度控制。本文介绍了具体实施方案，其中高精度温度控制采用半导体TEC模组实现。压力控制采用高精度真空压力控制系统，其中包括高精度压力传感器、精密电动针阀和24位采集精度PID控制器。此温度和压力控制方案已得到广泛应用和证明。

一、技术要求

根据客户要求，要对如图1所示的瑞利-布里渊散射（RBS）包络谱实验装置中的温度和压力（图1中红色方框区域内容）进行精确控制，具体要求如下：

- (1) 温度范围300K~318K；控温精度 $\pm 0.02\text{K}$ 。
- (2) 压力范围30kPa~90kPa（绝压）；控压精度 $\pm 0.1\text{kPa}$ ；气氛99.99%氮气。

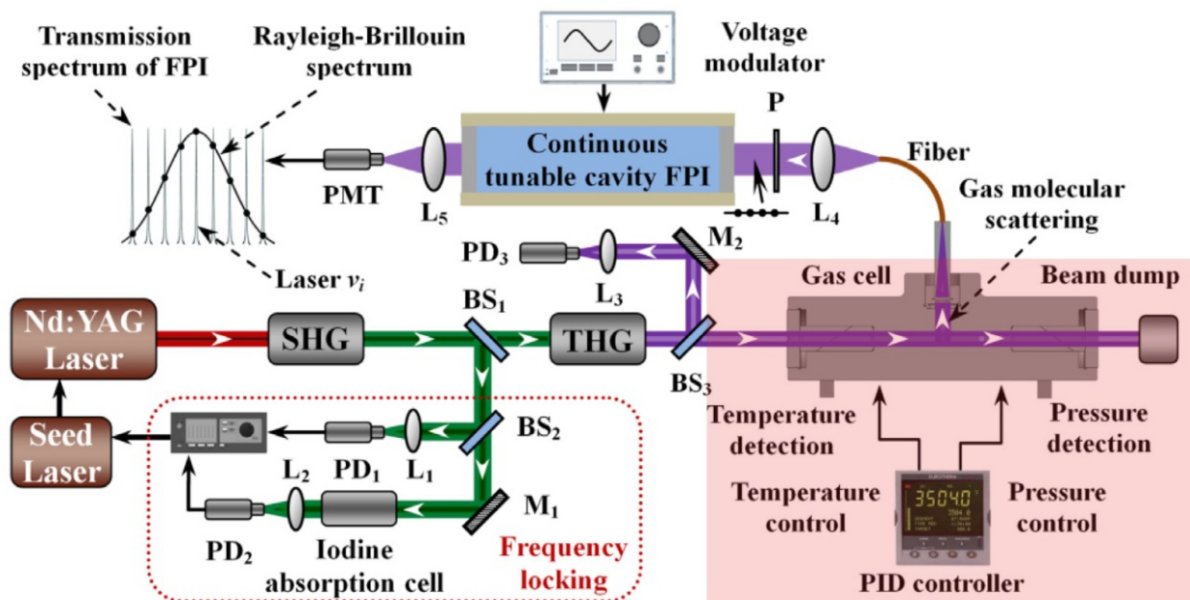


图1 RBS包络谱测量的实验装置

二、温度控制方案

对于室温附近的高精度温度控制，拟采用如图2所示的半导体加热制冷技术予以实现，具体内容如下：

- (1) 加热制冷器：TEC模组。
- (2) 传感器：铂电阻或热敏电阻温度。
- (3) PID控制器：高精度24位温度压力控制器。

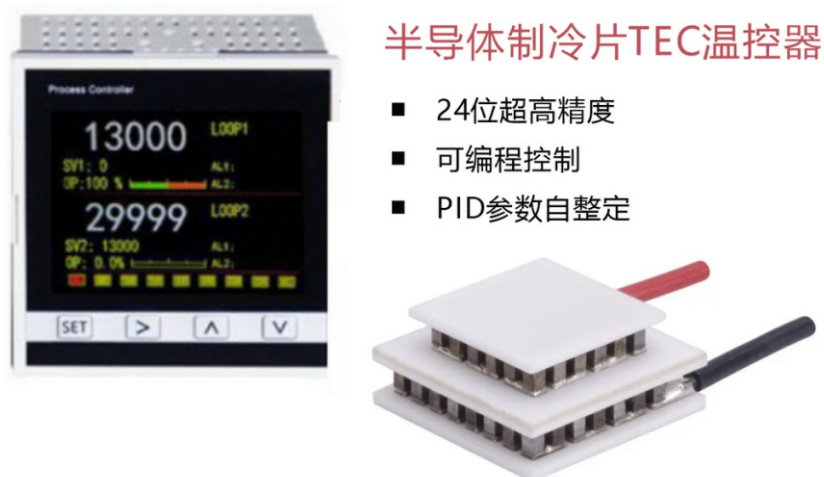


图2 高精度温度控制装置

三、压力控制方案

实验装置要求工作的绝对压力范围为30kPa~90kPa，并要求在此范围内的压力可以在任意设定点上准确恒定。为此，拟采用如图2所示的真空压力控制系统进行实施，具体内容如下：

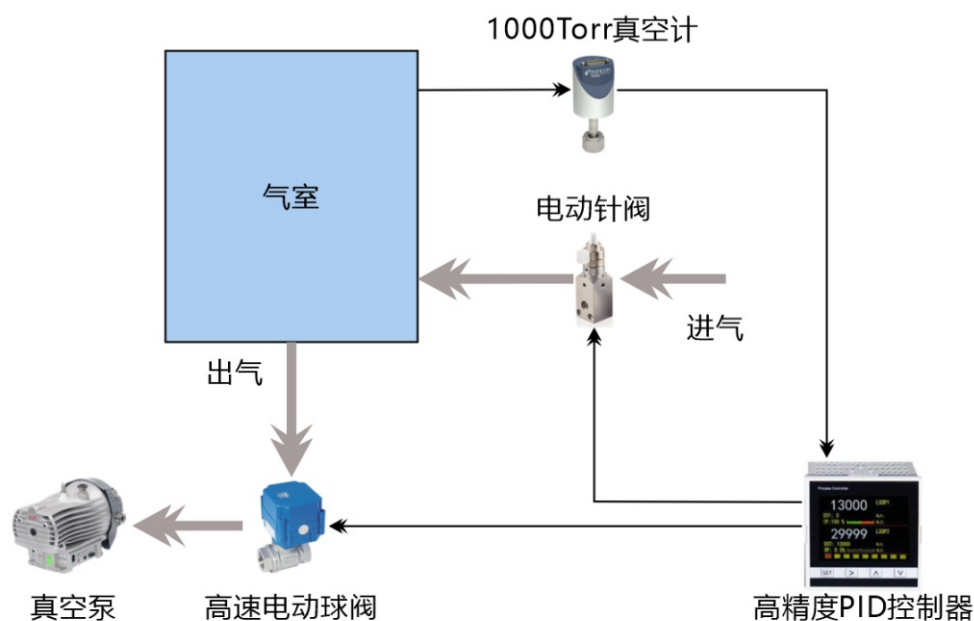


图3 高精度真空压力控制系统

(1) 采用1000torr程的电容压力计进行压力测量，其精度可达 $\pm 0.2\%$ 。也可采用更高精度 $\pm 0.05\%$ 的真空压力传感器进行测量。

(2) 采用24位A/D采集的高精度PID真空压力控制器，以匹配高精度真空压力传感器的测量精度，并保证控制精度。

(3) 在气室的进气口和排气口分别安装电动针阀和电动球阀，电动针阀直接安装在进气口处，电动球阀安装在排气口和真空泵之间。如果气室容积很小，可以用电动针阀代替电动球阀。

(4) 控制过程中，真空泵开启后抽速保证恒定。先将进气电动针阀进行设定，使得进气口压力和流量恒定，然后进行PID参数自整定，通过自动调节排气口流量实现气室压力精确控制。