

用于弱光光谱测量的压电扫描 F-P 干涉仪系统*

翁台蒙 杨建军 叶 慧 孙昌年
(复旦大学原子核科学系)

提 要

本文给出一个具有优良抗温度漂移性能的、能用于弱光光谱测量的压电扫描式 F-P 干涉仪系统。

一、引 言

F-P 扫描干涉仪广泛用于高分辨光谱的测量中。本文介绍一个适用于弱光光谱(例如束箔光谱)测量的 F-P 扫描干涉仪系统。它能稳定地记录微弱信号,具有简便的消多普勒展宽能力。F-P 扫描干涉仪是决定整个系统稳定与否的关键器件。近年来,发展了气压式扫描 F-P^[1,2]。它具有很高的稳定性。只是两个反射面间距难以做得小于 1 mm,自由光谱程很小,这在应用中造成了局限性。压电扫描式 F-P 结构简单,自由程也可以比前者大,但是稳定性差。

本文针对压电扫描 F-P 的缺点,着重介绍了 F-P 温度漂移自动补偿的电子学方法,并给出了以 S-80 多道分析器作为微弱信号记录手段的整体结构。采用这套系统,我们首次测量了由加速器产生的 He⁺ 离子在磁场中运动的 Stark 束箔光谱^[3]。为压电扫描 F-P 用于束箔弱光谱测量提供了方法。

二、压电扫描 F-P 干涉仪系统的结构

图 1 为本系统的方框示意图。

光源 S 经由透镜 L_1 、 L_2 组成的望远镜系统及滤色片 f 后引入 F-P 干涉仪,再经透镜 L_3 在其焦平面上(也即光电倍增管进光光阑平面)形成同心圆环。使同心圆圆心与光阑同轴。适当选取光阑大小,使之既不大大地影响系统的分辨率又不过份地削弱集光本领。

扫描步进脉冲经数模变换器变成相应宽度的阶梯扫描电压,再加给 F-P 干涉仪的压电陶瓷,实现电压-频率扫描测谱。光电倍增管输出的光谱信号经过有关电子学线路再由两条途径予以记录。其一是常规记录,即由 X-Y 记录仪记录;其二是弱光谱记录,即由 S-80 多道分析器记录。X-Y 记录仪的 X 信号为阶梯扫描电压;S-80 的道址推进脉冲则直接取用步进脉冲。256 个步进脉冲为一个扫描周期。光谱扫描之快慢取决于步进脉冲的快慢。步

收稿日期:1986年4月2日

* 中国科学院科学基金资助的课题。

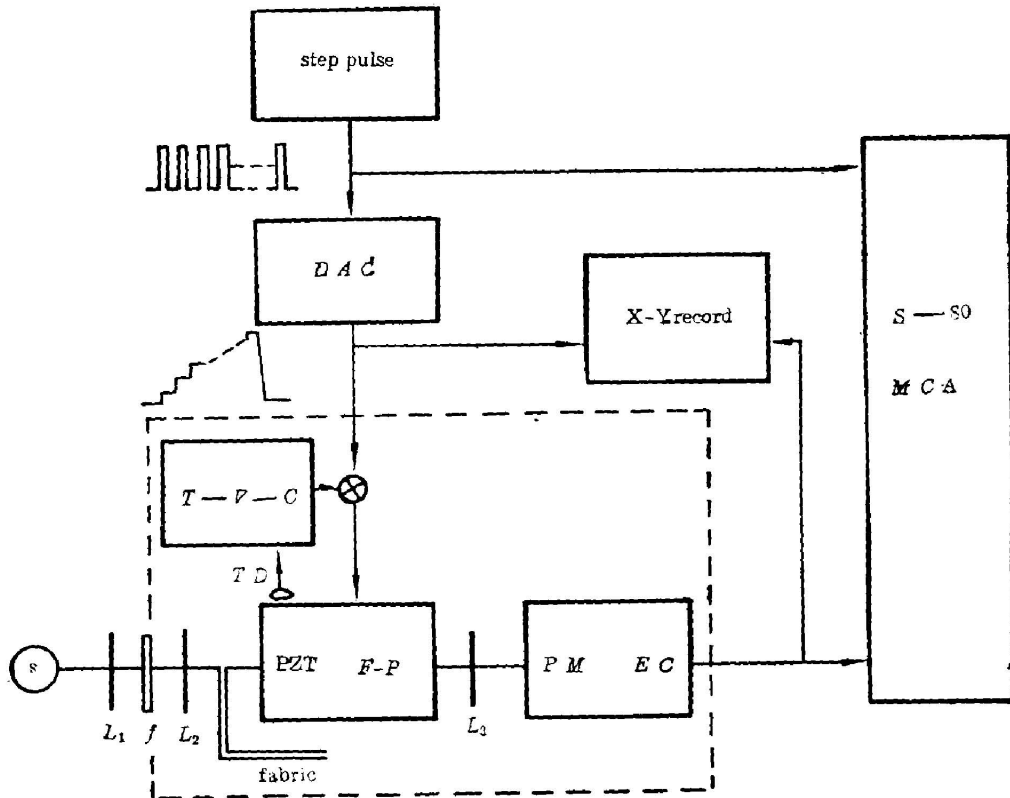


Fig. 1 Optical system of PZT scanning F-P interferometer

DAC: Digital amplitude converter; T-V-C: Temperature voltage converter;
 PM & EC: Photomultiplier and electronic circuits; MCA: Multichannel
 analyser; T. D.: Temperature detector

进脉冲可由两种办法获得。由晶体振荡分频的方法可以得到时间步进脉冲；由光导纤维引入的光子信号经放大整形后被用来产生归一步进脉冲。前者适用于静态光源的光谱测量；后者特别适用于加速器束箔光谱的测量，因为光子归一能有效地克服因加速器束流涨落而造成光源强度涨落这一缺点。

X-Y 记录仪能够记录光谱扫描系统的重复性，但不能实现对多次重复扫描光谱的迭加，这对于弱光测量是不适用的；S-80 多道分析器克服了上述缺点，通过多次扫描迭加实现弱光谱的测量，并且可以直接与计算机相连。

三、压电扫描式 F-P 的温漂及改进

要实现弱光测量，F-P 的稳定性是关键。对于压电扫描式 F-P 而言，环境温度和持续振源是造成其稳定性差的主要原因。由于振动问题具有各自的环境条件的特殊性，解决方法各有不同，我们着重介绍温度漂移及其解决办法。

温度的变化会造成 F-P 压电陶瓷及其金属支架的相对长度变化，导致 F-P 两镜面间距变化而引起谱线漂移。对于我们使用的杭州光学仪器厂生产的 WPZ 型压电扫描式

F-P 来说,大约每 0.5°C 会造成一个自由光谱程的谱线漂移。为此采取了如下措施:

在简易防振台上铺一层厚 9cm 的防振隔热泡沫聚乙烯,并且用同样材料制成防振隔热箱,将主光路系统放置其间(见图 1 虚框)。再在一些主要的持续性振源(如机械泵)下面填一层上述泡沫材料。经此处理后,本系统的抗振性能大为提高。图 2 所记录的汞灯光谱线 (5461Å) 是在机械泵离本系统工作台仅仅 1m 的情况下测得的。同时,由于阻断了热辐射和对流,系统的抗温漂性能也有所提高,不过仍不理想。图 2 中,两条浅色谱线表明,在一小时内由本系统记录的汞 5461Å 谱线仍然漂移了 $3/4$ 个自由光谱程。这说明箱内仍有大约 0.4°C 的温度变化。F-P 压电扫描式干涉仪对于温度非常敏感,要想在较长测量时间内获得重复扫描偏差(即谱线漂移)优于 2% 自由光谱程,除非保证箱内温度恒定在 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 范围内。这是极难办到的。为此有必要进一步采用温度漂移自动补偿的电子学措施。

温度变化造成 F-P 镜面间距变化从而引起谱线漂移;另一方面,温度变化可以转换成电压变化,将此电压变化以负反馈形式迭加到 F-P 压电陶瓷扫描电压上,使之抵消温度变化造成的谱线漂移,从而实现温漂自动补偿。其框图示意,见图 1。

作为温度探头的热敏器件是 MF51 型热敏电阻,将它贴近 F-P 干涉仪的压电陶瓷便能感受 F-P 周围的温度。在 0.5ma 的稳定电流下热敏电阻大约能给出 $0.2\text{V}/^{\circ}\text{C}$ 的输出。再经过温度-电压变换电路适当放大后与扫描电压迭加。这样, F-P 干涉仪在接受了扫描电压的同时还感受到了由温度变化而产生的电压变化。选择压电陶瓷接线极性以保证温度变化电压的负反馈馈送,再适当调节温度-电压变换电路的放大倍数,便能获得极佳的温度漂移补偿效果。

四、结 果

图 2 中也绘出本系统对汞灯 5461Å 谱线重复扫描的实验结果。连续测量 1 小时,重复扫描约 70 次。其中第一次和最后一次扫描不用温度自动补偿。明显可见,有温度自动补偿时,扫描基本重复(浓色),无温度补偿时谱线漂移了约 $3/4$ 个自由光谱程(淡色)。

利用上述系统,我们还测量了由加速器提供的 0.8keV He^+ 离子在 700 高斯磁场下的 4684Å 束-箔光谱线的 Stark 分裂^[2]。此谱线对应着 $\text{He II } 4n \rightarrow 3n$ 的跃迁辐射。光子计数

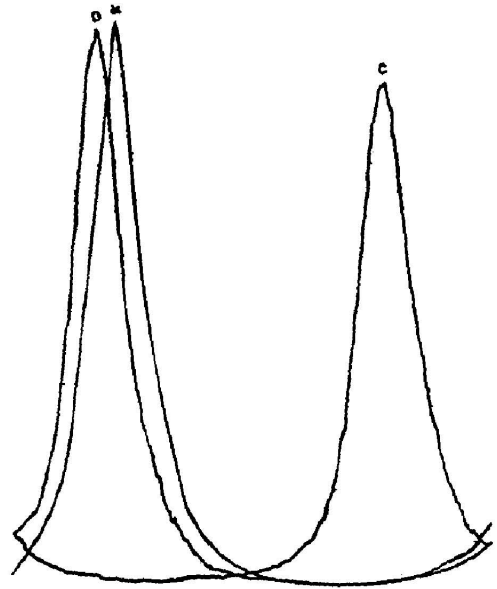


Fig. 2 Repeated scanning curves of 5461-Å Hg line, showing the stability of the system
(a) 70-time repeated scanning with automatic temperature feed-back circuitry (ATFBC) for one hour
(b) Initial single scanning without ATFBC
(c) Single scanning at the end of the one-hour period without ATFBC

约平均每秒 20 次, 光子归一为 300。一张全谱约化费 45 分钟。运动光源谱线的多普勒展宽问题可以用使 F-P 干涉仪倾斜的“离轴多普勒补偿技术”^[4] 给以方便地解决。

由图 2 可见, 温度自动补偿效果虽好, 但仍有偏差。主要原因是点状热敏探头只能感受 F-P 干涉仪上某一点的温度变化, 它不能正确反映 F-P 感受的温度平均变化。如果能将多个点状热敏探头与 F-P 压电陶瓷制作在一起, 那末预期的温度补偿效果必定会进一步提高。这类新型的压电扫描式 F-P 干涉仪肯定会获得更为广泛的使用。

感谢朱良同志给予的电子线路方面的帮助, 感谢钱锺华、李之其同志给予的关于 F-P 干涉仪方面的帮助。

参 考 文 献

- [1] V. G. Cooper, B. K. Gupta *et al.*; *Applied Optics*, 1973, 11, No. 10 (Oct), 2265.
- [2] 朱精敏等; 私人通信。
- [3] 钱钟华等; 私人通信。
- [4] 叶慧等; 《光学学报》, 1986, 6, No. 6 (Jun), 515.

An optical system of PZT scanning Fabry-Perot interferometer for measuring weak optical spectra*

WENG TAIMENG, YANG JIAJUN, YE HUI AND SUN CHANGNIAN
(Department of Nuclear Science, Fudan University, Shanghai)

(Received 2 April 1986)

Abstract

The sensibility of the PZT scanning F-P interferometer to the temperature is a serious problem for the stability of the optical system. Methods to solve this problem are suggested in this paper, so that the system can measure weak optical spectra.

* Supported by the Science Foundation of the Chinese Academy of Sciences. Contract No. (82)066.