

D/A-18 数字光强比值测量仪

Abstract: A digital light-flux ratiometer is described in which two beams to be measured are detected by a couple of silicon solar cells. The light signals can then be converted linearly into corresponding electronic signals. By adopting analog-to-digital technique, the data can either be displayed directly or recorded during the measurement. At a ratio of 1:15000 between the minimum and maximum detectable light intensity, the nonlinear deviation of opto-electro conversion is found to be less than 0.05% whereas the resolution is 0.1%.

D/A-18 数字式光强比值测量仪，可测量二束光的强度比。被测量的二束光，用一配对的硅光电池双光束同时检测。被测二光束的强度比值用五位数字直接显示或供数字打印机打印。

由于被测量的二束光的强度是在同一瞬时计量的，因而用来测量晶体的消光比、材料的透明度或者偏振光、偏振棱镜的偏振度时，可以大大减小激光强度波动造成的测量误差，也没有因电流计换档而造成读数偏差。

当在偏振光系统中测量晶体的消光比或者偏振棱镜的偏振度时，我们用渥拉斯顿(Wollaston)棱镜作为检偏振镜以同时获得待测的二束光，在这种场合下，测量装置的光路如图 1 所示。

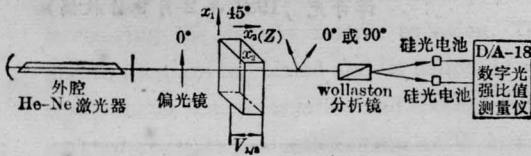


图 1 测量 Z 切 DKDP 晶片消光比装置的示意图

在测量材料的光学透明度时，需在待测材料的前面用分束器获得双光束，测量装置的光路图如图 2 所示。

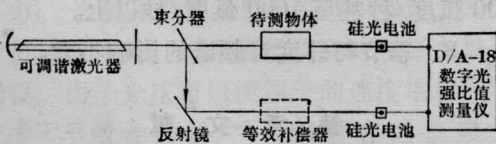


图 2

比值测量装置的原理框图如图 3 所示。待测量的亮场光束 P_1 和暗场光束 P_0 由一配对的硅光电池线性地转换成相对应的光电流。为使光→电

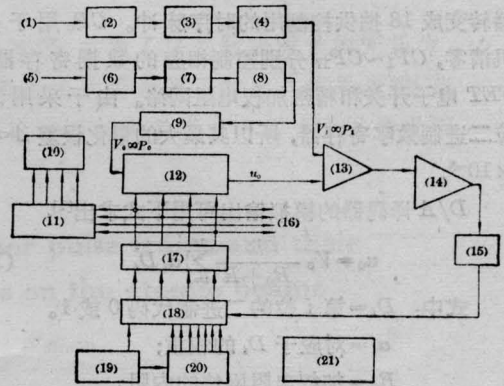


图 3 D/A-18 数字光强比值测量仪原理框图

- (1) — 亮场光束 P_1 ; (2) — 光-电转换器, $I_1 \propto P_1$;
- (3) — 电流-电压转换器, $V \propto I$; (4) — 低通滤波器;
- (5) — 暗场光束 P_0 ; (6) — 光-电转换器, $i_0 \propto P_0$;
- (7) — 微电流放大器, $I_0 = K i_0$; (8) — 电流-电压转换器, $V \propto I$;
- (9) — 低通滤波器及阻抗变换器;
- (10) — 数字显示器; (11) — 二-十译码器; (12) — 逐次比较式加权电阻网络 D/A 变换器; (13) — 差值放大器 A;
- (14) — 检 0 比较器 B; (15) — 功率放大器;
- (16) — 供打字机打印; (17) — 16 位数据寄存器; (18) — 控制电路; (19) — 时钟发生器;
- (20) — 程序器; (21) — 高精度稳压电源

转换达到理想的线性，必须使 $R_L = 0$ 或者使 R_L 尽量接近于 0 并且在整个测量范围内 R_L 与光电流 I 的乘积最好能保持恒定不变，此处 R_L 为硅光电池的等效负载电阻。

我们引用理想运算放大器“虚地”概念，使硅光电池几乎可以认为是在短路的状态下工作。硅光电池后面接入灵敏的微电流放大器，放大后的光电流再经电流→电压转换器转换成电压。至此，亮场光产生的电压 V_1 正比于亮场光的光强 P_1 ，即 $V_1 = K_1 P_1$ ；暗场光产生的电压 V_0 正比于暗场光的光强 P_0 ，即 $V_0 = K_0 P_0$ (其中: K_1, K_0 分别代表亮场光和暗场光

的光→电转换系数)。

V_0 经由一个 16 位、FET 电子开关控制的加权电阻网络, 由 D/A 译码器转换成相应的数字量。D/A 译码器采用增量逐次逼近比较的方式进行工作。其原理如同一架自动天平。例如, 有被测量量 A 与 B , 当已知 $A < B$ 时, 我们将 B 用自动分割器 m 等分后置于天平的一边, 将 A 置于天平的另一边, 当天平衡时, $A = \frac{B}{m}$, 于是被测量量 B 与 A 的比值 $\frac{B}{A} = m$ 。

自动分割器由电子线路自动进行, 其工作过程大致是: 由时钟发生器 CP 产生的序列脉冲, 经程序器转变成 18 拍供控制用的时序脉冲。CP₀ 用于全机清零, CP₁~CP₁₇ 分别控制相应的数据寄存器、FET 电子开关和精密加权电阻网络。由于采用 16 位二进制数字寄存器, 所以其最大的量化误差 $\Delta < 6 \times 10^{-5}$ 。

D/A 译码器的模拟输出可用下式求出^[1]:

$$u_0 = V_0 \frac{R}{R_0 + R} \sum_{i=1}^{16} \alpha_i D_i \quad (1)$$

式中: D_i = 第 i 位的二进制代码 0 或 1。

α_i = 对应于 D_i 的权重;

R_0 = 加权电阻网络的内阻;

R = 加权电阻网络的负载。

u_0 与 V_1 同时被送入差值放大器 A, 由 A 进行线性放大, 放大后的差值信号再由检 0 比较器 B 进行检 0, 当检 0 器平衡时, 我们便得到 $u_0 = V_1$, 即

$$V_1 = V_0 \frac{R}{R_0 + R} \sum_{i=1}^{16} \alpha_i D_i \quad (2)$$

经适当变换后, 我们获得:

$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{K_0 R}{K_1 (R_0 + R)} \sum_{i=1}^{16} \alpha_i D_i \quad (3)$$

设计二→十译码器, 使 $\sum_{i=1}^{16} \alpha_i D_i = \text{显示值}$, 并精心调整电路, 使 $\frac{K_0 R}{K_1 (R_0 + R)} = 1$, 于是我们最终得到:

$$\text{待测的光强比值} = \frac{P_1}{P_0} = \sum_{i=1}^{16} \alpha_i D_i = \text{显示值} \quad (4)$$

本仪器就是根据上述原理, 将测量的结果用五位数字自动显示或送数字打印机打印。在最少可测光强和最大可测光强的比为 1:15000 时, 光电转换的非线性偏差小于 0.05%, 分辨率 0.1%。对暗场光的检测灵敏度为 10^{-9} 瓦(折算到 6328 Å)。

本仪器可测量任意二束光, 或者空间任意二位置的光强比。当 P_0 用标准光源, 或者等于基准单位 1 的时候, 相对值的测量即可转为绝对值的计量。因此本仪器还可转作精密微光功率计使用。

参 考 文 献

- [1] 天津市无线电技术研究所译, “模数与数模转换技术”, 科学出版社, 1972 年, p. 99.

(中国科学院福建物质结构研究所

谭奇光 1981 年 2 月 9 日收稿)

(上接第 40 页)

3. 光束走向对频谱影响不大。

4. 光程 L 对频谱影响还与光束方向有关。沿天顶方向光程的增加可能对频谱影响不大。而沿近地水平方向(例如 $\theta = 89^\circ$) 光程从 1 公里增至 1000 公里时, $\lambda = 10.6$ 微米之 $\omega_{\text{峰}}$ 可从 200 弧度/秒降至 20 弧度/秒。

5. 光束天顶距增加时, 频谱向低频方向移动, 从 $\theta = 0^\circ$ 到 $\theta = 89^\circ$, $\lambda = 10.6$ 微米之 $\omega_{\text{峰}}$ 可从 200 弧度/秒降至 22 弧度/秒。

6. 光束方位对频谱也有影响, 这种影响可能随光程 L 的增加而减小。

7. 光束波长 λ 对频谱有影响, 波长越短, $\omega_{\text{峰}}$ 越向高频移动, 对于短波 $\lambda = 0.6328$ 微米, 4、5 中 $\omega_{\text{峰}}$ 可以从 200 弧度/秒移至 400 弧度/秒甚至 1000 弧度/秒以上。

8. 季节与纬度对频谱的影响不大。

参 考 文 献

- [1] 温景嵩, 顾慰渝, 魏公毅, “1977 上海大气湍流强度的分布模型”, 《气象学报》, 1980, 38, No. 2.
[2] A. Ishimara; Proc. IEEE, 1969, 57, 407.
[3] 温景嵩, 魏公毅; “上海的大气闪烁及其与激光应用的影响”, 《激光》, 1981, 8, No. 7, 47-52.