

图3 差动放大器

明^[4]。由图可知:

$$\text{输出电压 } V_0 = K_0(V_A - V_B)$$

$$\therefore V_A = \frac{V_E R_2}{R_1 + R_2};$$

$$V_B = \frac{V_E R_4}{R_3 + R_4} - \frac{V_0(R_3 // R_4)}{R_f + (R_3 // R_4)}$$

$$\therefore V_0 = \left(1 + \frac{R_f}{R_3 // R_4}\right) \frac{V_E(R_1 R_4 - R_2 R_3)}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} \quad (1)$$

(1) 式中前一因子为放大器的闭环电压放大倍数, 后一因子为桥式电路的输出电压。由于伺服电机存在起动电压, 因此当差动放大器的输入电压 ΔV 小到一定程度时, 即不足以驱动伺服电机转动, 从而产生误差。设 ΔR 为电阻 R_3 、 R_4 的变化增量, 即:

$$R'_3 = R_3 + \Delta R; \quad R'_4 = R_4 - \Delta R,$$

代入(1)式得

$$V_0 = \left(1 + \frac{R_f}{R'_3 // R'_4}\right)$$

$$\times \left[\frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} - \frac{\Delta R}{R_3 + R_4} \right] \cdot V_E \quad (2)$$

由于调节器平衡时

$$\frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} = 0,$$

因此仪器的相对误差为:

$$\delta = \frac{\Delta R}{R_3 + R_4} = \frac{V_0}{K_C \cdot V_E} \quad (3)$$

式中

$$K_C = 1 + \frac{R_f}{R_3 // R_4};$$

V_0 为伺服电机有载时的起动电压 (本装置中约为 1V)。本仪器相对误差 $< 0.1\%$ 。增大 V_E 和 R_f 都能减小误差, 提高仪器的精度, 但 V_E 不能超过运算放大器所允许的最大共模电压。

调节器机械部分由施文龙、季皖中设计, 谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] 朱长龄编:《自动平衡仪表放大器》, 机械工业出版社, 1982, 6。
- [2] 张郁弘等编:《晶体管运算放大器及其应用》, 国防工业出版社, 1978, 9。
- [3] 复旦大学物理系编:《半导体线路》(放大、振荡、电源部分), 上海人民出版社, 1972, 9, P98。
- [4] 童诗白主编:《模拟电子技术基础》(下册), 人民教育出版社, 1981, 1。

[本文于 1983 年 5 月 30 日收到]

国产 F3140B 型运算放大器在进口量子光度计中的应用

王 永 银

(中国科学院上海生化研究所)

近年来, 激光拉曼光谱仪, 紫外分光光度计和荧光分光光度计等新型光谱仪, 在生化研究中的应用日益广泛。低于 10^{-9} Lm 的微弱光信号, 均由静电计或量子光度计检测。本文介绍的国营第七四九厂产的 F3140B 型双极—MOS 运算放大器, 可以替代进口量子光度计的关键器件 LH0042CD 运算放大器。它在光谱

仪中的分辨率, 灵敏度等技术指标, 不低于原来水平。对维修进口的或试制国产的量子光度计, 有一定的参考价值。

一、工 作 原 理

以 1140 型量子光度计为例, 简述其工作原理(图 1):

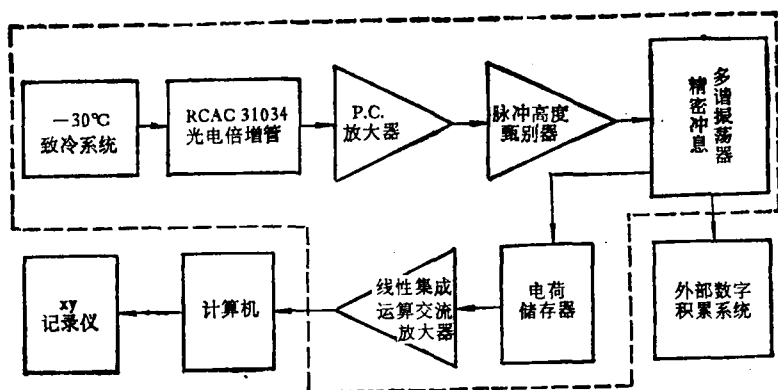


图1 量子光度计方框图

来自样品的微弱光信号，依次进光电倍增管、二级 P. C. 放大器和脉冲高度甄别器放大，转换成信号电平。然后，经冲息多谐振荡器变成与输入信号电平成比例的脉冲频率，其中，一路直接到外部数字积累系统；另一路由电荷储存器转换成信号电平，再由十挡宽量程的线性集成运算交流放大器放大，送计算机作数据处理。最后，被 x、y 记录仪记录下来。

现对量子光度计关键器件——线性集成运算交流放大器，作一简要分析(图 2)：

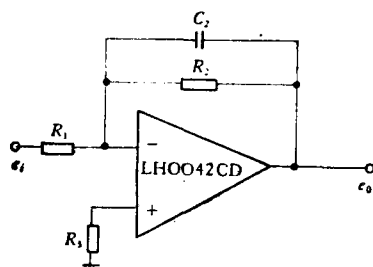


图2 集成运算交流放大器原理图

电路中，

$$Z_1 = R_1; Z_2 = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_2}$$

其幅频特性可用下式^[1]表示

$$|K_C| = \left| \frac{R_2}{R_1(1 + j\omega R_2 C_2)} \right| = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}}$$

式中，

$$\omega_0 = \frac{1}{R_2 C_2}$$

电路的截止频率

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

因经前级处理后的被检测信号，其频率 $f \ll f_0$ ，

那末 $\frac{W}{W_0} \approx 0$ ，可得集成运算交流放大器的增益为：

$$K_C \approx \frac{R_2}{R_1}$$

按上式，对该级放大器的增益作了计算，其 K_C 为 10^1-10^6 。该值与 1140 型量子光度计的技术指标相吻合。

1140 型量子光度计其它各级的增益分配为：

RCAC31034A 光电倍增管增益： $\geq 10^{7[2]}$

二级的 P. C. 放大器增益： $10^{2[2]}$

据上述分析，1140 型量子光度计的总增益可达 10^9-10^{15} 。

二、LH0042CD 器件的故障初步分析

在激光拉曼光谱仪中，导致 LH0042CD 器件损坏原因，大致有下列三点：

1. 当接受低波数的拉曼信息时，由于接近激光主激发线，使光信号突然增强；

2. 光电倍增管的高压电源接触不良, 发生打火;

3. 处于高增益运转时的 LH0042CD 器件, 如将光子计数方式立即切换成静电计方式, 易遭受损坏。

三、二种器件的比较

1. 在相同测试条件($V^+ = +15$ 伏, $V^- = -15$ 伏, $T_A = 25^\circ\text{C}$)下, 比较国产和进口器件的电特性(表 1)。

表 1

电特性 参数	单位	器件 名称	国产 ^[3]	进口 ^[4]
			F3140B	LH0042CD
输入失调电压 V_{IO}	mV		2	20
输入失调电流 I_{IO}	pA		10	10
输入电流 I_I	pA		30	30
大信号电压增益 A_{OL}	dB		94	88
共模抑制比 K_{CMR}	dB		86	70
最大输出电压 V_{OPP}	V		24	20
功耗 P_O	mW		180	120
输入电阻 R_I	Ω		1.5×10^{12}	1.0×10^{12}
电源电压	V		44	30
共模输入电压 V_{ICM}	V		27	24
输入失调电压温漂 $\Delta V_{IO}/\Delta T$	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$		5	25
输出电流 I_{OM}	mA		40	20
增益带宽乘积 f_T	Mc		4.5	1.0
压摆率 S_R	V/ μs		9	1.0

在该系统中, 线性集成运算交流放大器主要担负微弱电流的线性放大。为此, 该器件除具有高输入阻抗、低漂移和抗干扰能力强的特性外, 还须具备增益稳定、非线性失真小和高转换速率的特性。

由表 1 可知, F3140B 器件的电特性均优于 LH0042CD 器件。

2. 按 F3140B 器件的管脚标号要求, 对应地插进线路板的管座中。经测试表明: 未经调零, 在低、中增益的量程, F3140B 器件输出为 0 伏; 仅在高增益的量程, 其输出为 1 伏左右。只要微调其同相端的参考电压, 就能使输出也为 0, 并无漂移现象。

在上述静态工作点的基础上, 方可向量子光度计送进标准样品 CCl_4 的拉曼信号, 并记下该样品的拉曼光谱图。由谱图分析表明: 在相同条件下, 其灵敏度和分辨率等重要指标, F3140B 器件的性能均不低于 LH 0042 CD 器件。经一年多的使用, 该计的各项技术指标, 均稳定可靠。

此外进口器件价值几千美元, 而国产器件仅需 120 元。使用国产器件不仅节省外汇, 保证及时维修, 并为试制国产量子光光计创造条件。这对我国的光谱技术发展有一定的促进作用。

在工作中得到方一行、朱自莹、何大钧等同志的热情支持, 以及江寿平副教授提出宝贵的意见, 一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 孔有林: 《集成运算放大器及其应用》, 人民邮电出版社, 8, 216, 1980。
- [2] Jobin-Yvon: T-800 Laser Raman Spectroscopy Instruction manual.
- [3] 国营第七四九厂应用实验室: 《模拟集成电路手册》, 153—154 页, 1982 年 2 月出版。
- [4] Linear integrated circuits, D. A. T. A. Book, Edition 25.

【本文于 1983 年 11 月 8 日收到】