

微型机械运动参数测试中弱小信号的提取

李耀斌

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 论述了在“微型机械运动参数测试仪”中的微弱信号提取问题, 由于正确地选择光敏接收器及电路设计, 成功地实现了对微弱信号的提取。

关键词: 微型机械; 弱信号提取; 动态测量

1 前 言

微型机械是一门跨学科、跨行业的综合技术。在医疗、国防、生物工程和工业生产等诸多领域里都有广泛的应用前景和巨大的开发潜力。

近几年来, 不断涌现的微型涡轮机和微静电马达, 标志着微型机械的研究已进入了活跃性阶段。对各种微型机械的运动参数做定量分析, 深入了解其运动过程和运动状态, 无疑会促进各种微型机械的研究和发展。

“微型机械运动参数测试仪”主要是对轴径 $d=0.1\sim 0.05$ mm 的微马达, 转速范围为: $v=50\sim 5000$ r/min, 测量其角位移、角速度和角加速度, 并了解其低速(50 rpm)以下时运动过程中的直、曲线运动状态。在这一领域里我们是首次进行研究和探索。在国内, 这种对微型机械进行综合性运动参数测试也无先例。

2 微型机械运动参数测试中的主要特征和选取措施

对微型机械的运动参数做动态测试, 因其特定的结构, 其主要特征有:

1. 被测目标微小。利用半导体生产工艺制作的微马达, 其轴端面的外观图形如图 1。在这种结构条件下, 无论运动标记做在转子上, 还是做在定子上, 因受轴径截面尺寸的影响, 模拟这种运动标记的最大尺寸只能做到: $\Phi \leq 6\sim 9$ μm 。图 2 是经显微镜放大 400 倍后, 在目镜观察到的目标标记。这种微小的运动目标, 只有在高倍率的显微镜下才能观测到其运动轨迹。对其动态参数的测试, 是在显微镜下实施。图 3 是测试装置方框图。

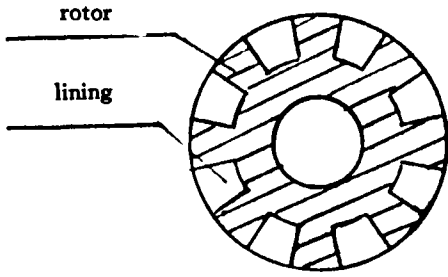


图 1 微马达轴端面图 外径:50 μm

Fig.1 The top of axle section

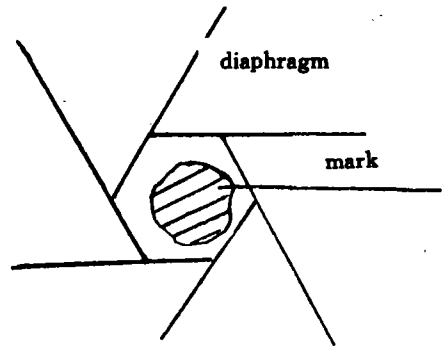


图 2 显微镜观测到的目标 D=7.5 μm

Fig.2 Under microscope look

at moving mark

2. 对比度差。微马达的制造过程象生产大规模集成电路的片芯一样,是以多晶硅或单晶硅作为衬底而完成的。硅晶体表面平整的光洁度,对光的反射率极高,和运动标记表面相比,相差无几。这种极差的对比度,不利于信号的提取。所以,适当地选择运动标记的镀层材料,令目标标记的光谱特性接近光接收器的光谱特性,这样能收到较好地测试效果。

3. 信号弱小。因上述原因光探测器的信号输出幅值非常弱小。所以信号提取电路必须具备足够高的增益和抑制噪声的本领及抗干扰能力。

4. 在规定的转速测量范围内($v=50\sim 5000$ r/min)因微马达的轴截面的形状,有八个极(相当八个齿),实际对光的响应速率最大为: $t=0.0015$ s。所以电路应具备较宽的频率响应。

5. 因信号幅值弱小,相应对目标造成威胁的干扰源较多。如:直流光源的波动性;微马达运动时对光反射率的波动;数字量对模拟量的串扰等等。对电路的线路板工艺要求苛刻。

综上所述,在微型机械运动参测试中,对弱小信号的提取具有较大的难度,也是此研究项目的关键。

3 接收器的选择及电路设计

光信号接收器的选择决定着整个系统的测试效果。合理选择接收器及实施电路设计,才能保证参数测试仪的可靠性。表 1 列出了常用光电器件的主要参量。

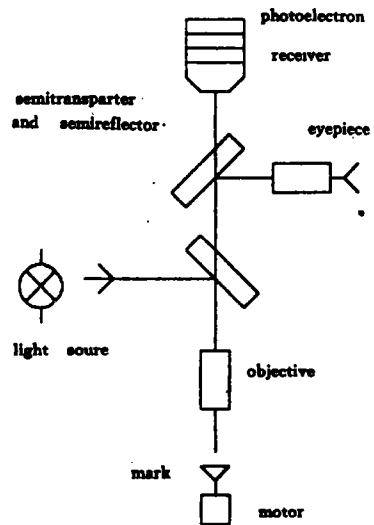


图 3 测试装置方框图

Fig.3 Test device block diagram

Tab. 1 Principal parameters of ordinarily-used photoelectric-device

items	spectrum band(μm)	sensitivity(A/W)	response time(s)
photo-diode	0.4~1.1	0.4~0.6	$10^{-9}\sim 10^{-7}$
photo-triode	0.4~1.1	20~506	$10^{-6}\sim 10^{-5}$
solar cell	0.4~1.1	0.18~0.3	$10^{-6}\sim 10^{-3}$
photomultiplier	ultra-violet~far-infrared	1~100	10^{-9}
photo-diode array	0.4~1.1		longer
CCD image sensor	0.4~1.1		longer

光敏接收器的选择,除了考虑上述参量外,还要考虑感光面积的大小,器件外形尺寸及制造成本。为此,我们选择了经济、简单易用的光敏三极管 3DU52 作为光信号接收器。其光谱特性曲线和照度特性曲线分别为图 4、图 5。

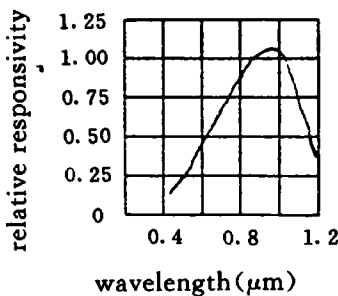


图 4 3DU52 光谱特性曲线

Fig. 4 Typical spectral-response curve of 3DU52

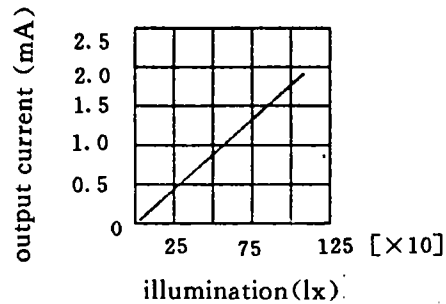


图 5 3DU52 光电流随光强变化曲线

Fig. 5 Output-current vs. illumination curve

由光敏三极管的光谱特性,我们采用金属金作为运动目标的镀膜材料。

用光敏三极管去接收弱光信号要注意:①对光敏三极管的输出端实施箝位输出如图 6。使输出的电信号迭加一直流电位 V_{DC} 上 ($V_{DC} \geq 0.7 \text{ V}$),以保证射随器的基极信号,在任意小的情况下,无工作截止区。②选择发射结电容 C_{be} 和电阻 R_{be} 小的管子,以免影响频率响应。③光敏三极管的暗电流要小。

微机械运动参数测试中的信号提取电路原理框图见图 7。

对弱小信号进行提取时,电路设计和线路板制作应注意:

(1)合理的电路形式。由于信号微弱,在其传输、接收、放大过程中,都对抗干扰问题提出了很高要求。为消除共模噪声给测量造成的误差,信号地与电路地要在同一地电位,要求二者之间的连接线粗而短。在信号作长线传输时,应采用三线式传输方式,如图 8(含虚线部分)。其输出端 $V_o = GV_1 + V_{n1} + V_{n2}$ 。若采用二线传输方式如图 8 中实线部分,则 $V_o = G(V_1 + V_{n1}) + V_{n2}$,与上式相比, V_{n1} 带来

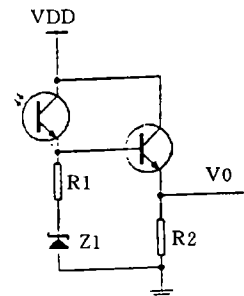


图 6 光电管箝位输出

Fig. 6 PEC clamp voltage output

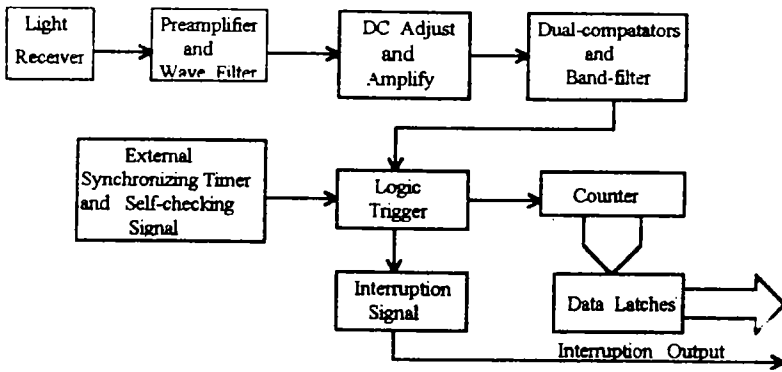


图 7 信号提取框图

Fig. 7 Signal-abstraction block diagram

的误差增加了 G 倍。

(2)注意高频噪声的影响。弱信号提取的接收器和放大器,容易受到周围电磁波的干扰。在通讯、电视广播十分发达的今天,工作环境都具有高频电磁波。因放大器内部半导体检波的作用,结果使高频信号最终以不太高的噪声电压,或以直流电平漂移的形式出现在输出端。不同带宽的放大器对环境高频电磁波的反应效果是不同的。就本文采用的放大器 Lm359 来讲,即使电路中的一段很短的导线和印刷线,都有可能是接收性能良好的天线。所以对放大器等信号提取部分必须进行严格屏蔽。如图 9。同时为排除计算机的高频干扰,利用光耦进行隔离。

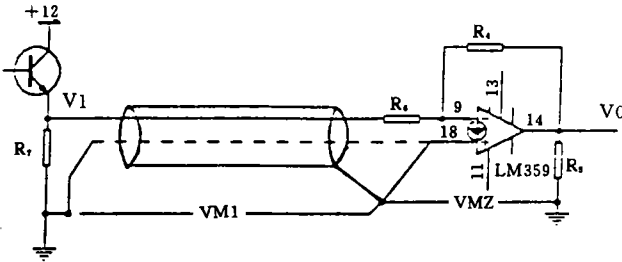


图 8 长线传输中的三线式工作方式

Fig. 8 Three lines for long-distance transmission

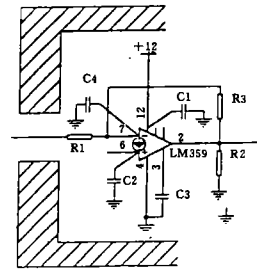


图 9 抗电磁波干扰措施

Fig. 9 Technique of anti-radiation

(3)注意电源对信号提取的影响。弱小信号的提取,一般对电源有二个要求,一是电源稳定性好,二是含有的高频噪声要小。但是性能良好的高档电源受到购买力的束服,本人在实际工作中,采用了计算机的低价开关电源,实施了板上二次稳压技术。整个系统的所有工作电源,在线路板上就近二次稳压,并严格区分模拟量和数字量电源和地线,并合理设计两种地线的公共点。把电源噪声造成的影响控制在有效范围内。

4 测试数据及结果

实际测试中,分段测试了模拟微马达的运动标记 $\varphi=8 \mu\text{m}$, 转速: V_1 为 $45 \sim 1800 \text{ rpm}$, V_2 为 $800 \sim 3300 \text{ rpm}$; V_3 为 $2800 \sim 5200 \text{ rpm}$ 的运动参数。表 2 转速为 $707 \sim 886 \text{ r/min}$ 的数据。

Tab. 2 Testing data

time	velocity	acceleration	time	velocity	acceleration	time	velocity	acceleration
0.085	707.9	8352	1.467	885.9	0	2.823	883.6	-4
0.164	759.5	653	1.535	885.6	-4	2.891	883.4	-3
0.239	799.7	535	1.603	885.9	4	2.959	883.5	1
0.311	834.5	484	1.670	885.7	-2	3.027	882.8	-9
0.381	856.5	313	1.738	885.7	0	3.095	883.2	4
0.450	870.6	204	1.806	886.0	3	3.163	882.2	-13
0.518	877.9	107	1.874	885.4	-8	3.231	881.6	-9
0.586	880.9	44	1.941	885.4	0	3.299	880.9	-10
0.654	883.8	42	2.009	885.0	-6	3.367	880.6	-4
0.722	884.5	10	2.077	885.0	8	3.435	880.7	2
0.790	885.5	15	2.145	884.5	-15	3.503	880.8	1
0.857	885.2	-4	2.213	884.7	3	3.572	879.9	-13
0.925	885.3	1	2.280	884.7	0	3.640	879.7	-2
0.993	885.6	4	2.348	884.6	-1	3.708	879.5	-3
1.061	885.5	-1	2.416	884.6	-1	3.776	878.8	-10
1.128	885.8	4	2.484	884.1	-6	3.845	879.4	7
1.196	885.8	0	2.552	884.7	9	3.913	878.5	-12
1.264	885.6	-3	2.619	884.4	-4	3.981	879.0	7
1.332	885.7	2	2.687	883.9	-6	4.049	878.4	-10
1.399	885.9	2	2.755	883.9	0	4.118	878.7	4

测度结果见图 10。

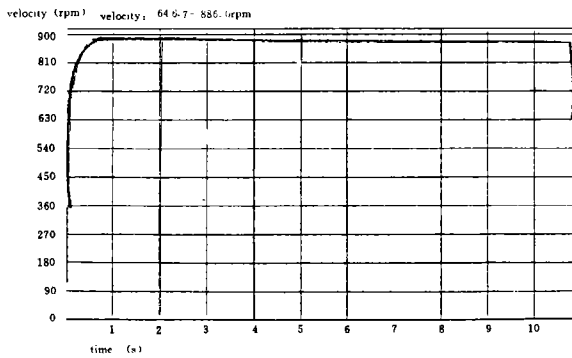


图 10-a 电机由静止到 886 rpm 到静止速度曲线
Fig. 10-a Speed curve (0-886 rpm-0)

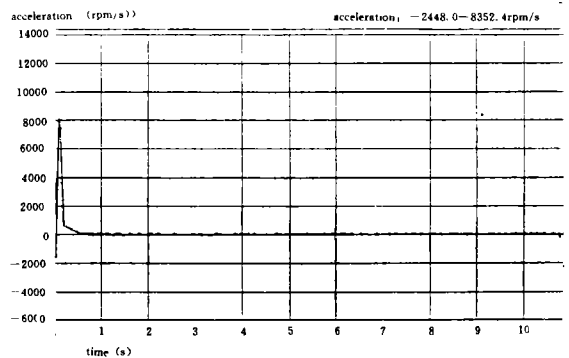


图 10-b 电机由静止到 886 rpm 到静止加速度曲线
Fig. 10-b Acceleration curve (0-886 rpm-0)

参 考 文 献

- [1] 诸邦田编, 电子线路抗干扰技术手册. 北京: 北京科学技术出版社, 1987
- [2] J. M. 佩提著. 柴振明译, 电子放大器的理论和设计. 上海: 上海科学技术出版社, 1964
- [3] Charles. A. Vergers. Handbook of electrical noise, 1979

Drawing to Faint Revolve Signal in the Instrument For Measuring Dynamics of Micromechanism

Li Yaobin

*(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)*

Abstract

This article discusses the problem of drawing faint revolve signal in the course of developing the instrument. Due to the correct choice of photoelectric detector and design of circuit, we have successfully realized the drawing of faint revolve signal.

Key words: Faint revolve signal, Micromechanism, Dynamic measurement

李耀斌 男,1947年生,1981年毕业于吉林大学半导体系、助研,多年来一直从事遥感工作中的光电技术工作。