

小型遥控刺激器

上海师范大学生物系 针麻协作组
上海中医学院附属曙光医院

刺激器是生理学及医学实验中广泛应用的一种电子仪器。近年来,随着针刺麻醉原理和临床研究的不断深入,广大科技工作者和医务人员研制了不少不同性能的刺激器,各有特点。为了适应慢性动物实验的需要,我们研制了一套用无线电控制、性能可靠、便于动物系带、可在一定距离进行实验的小型刺激器。现将本仪器的性能及原理介绍如下。

一、结构及性能

既要使刺激器的接收机容易系带于动物身上,而又不影响动物的自由活动,其体积应尽量小,重量要尽可能轻。我们采用小型电池、印刷线路、超小型元件,整个接收机安装在一个 50 毫米×30 毫米×20 毫米的塑料盒内(图 1),重量为 46 克。实验时用一条布带将接收机缚于动物身上(图 2)。

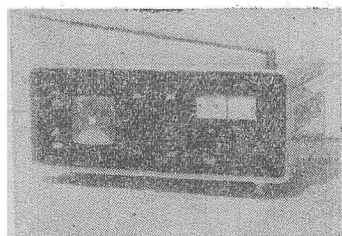
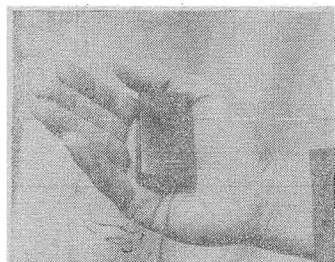


图 1 全套小型刺激器

上: 接收机 下: 发射机

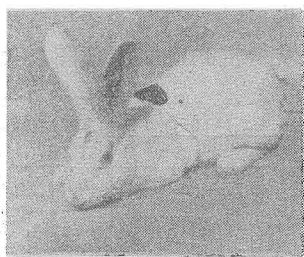


图 2 接收机缚于实验动物身上

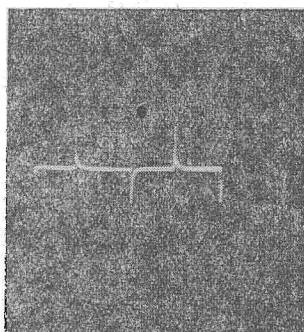
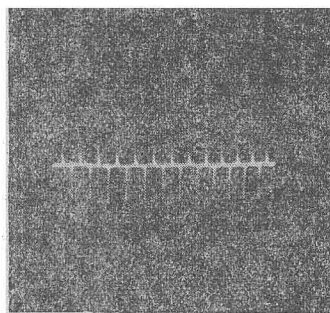


图 3 接收机输出波形(刺激信号)

其性能指标是

刺激波形: 尖脉冲。由方波经微分后由脉冲变压器输出(图 3);

频率范围: 2.5—1,500 赫, 分四档连续可调;

刺激幅度: 0—100 伏, 连续可调(峰—峰)

值);

可控距离: 不小于 10 米。

二、工作原理

刺激器发射机将低频方波调制在高频载波上, 高频调幅波经变频、中频放大、检波后获得方波。此方波经放大、微分后通过脉冲变压器输出双向尖脉冲。

1. 发射机

图 4 是发射机的电路原理图。为了避免电

台广播及其它信号引起干扰, 我们选取发射频率范围为 1.8—2.2 兆赫。为了能够遥控调节刺激电压及频率, 我们采用方波调幅。只要变动调制信号(方波)的幅度, 即改变调幅度 m , 就可使刺激电压随之改变。

$$\text{调幅度 } m = \frac{U_{K\text{最大}} - U_{K\text{最小}}}{U_{K\text{最大}} + U_{K\text{最小}}}$$

(式中 $U_{K\text{最大}}$ 为调幅波的最大幅值, $U_{K\text{最小}}$ 为调幅波的最小幅值)。当调幅度等于零时, 相当于没有调制, 此时有等幅高频输出。当调幅度大

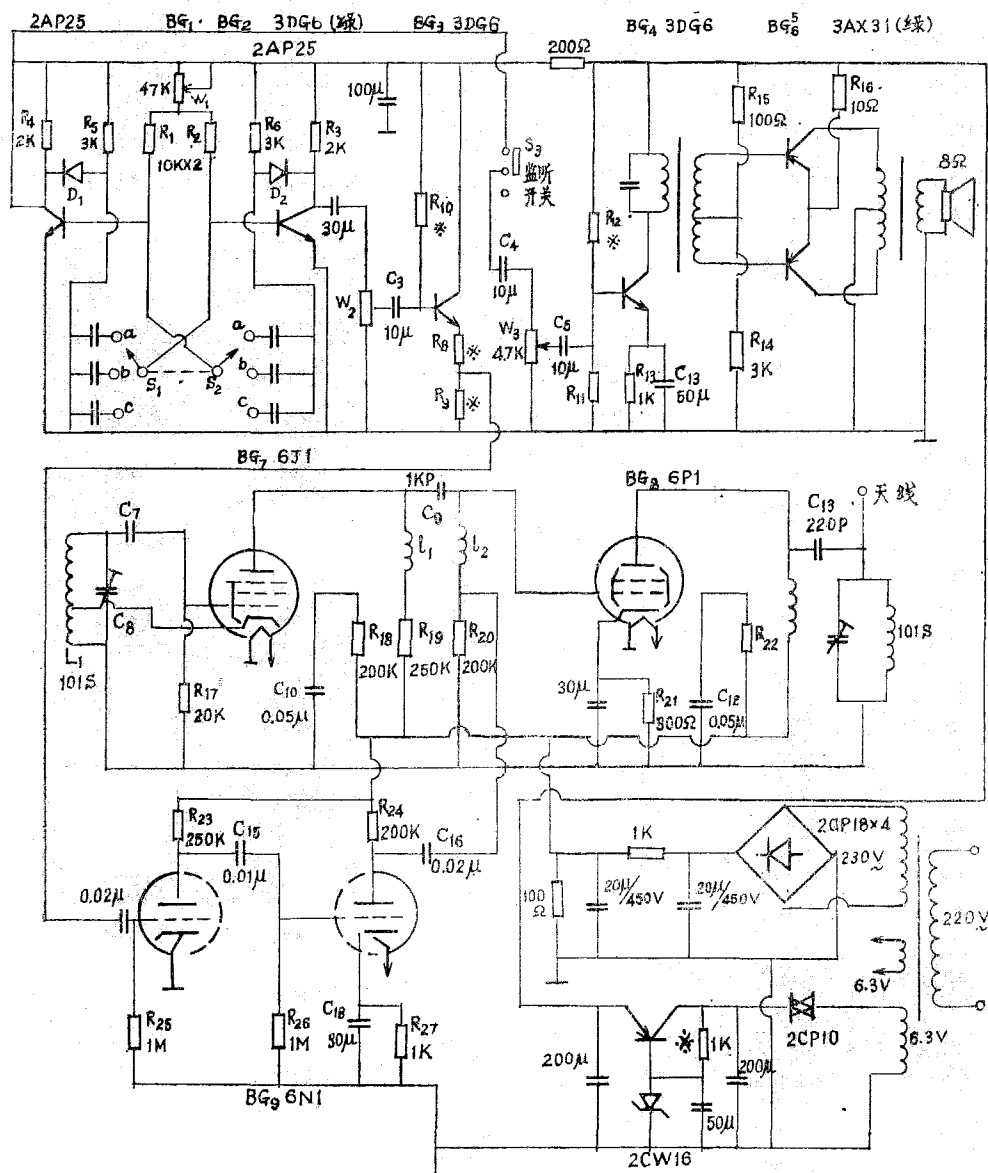


图 4 发射机电路原理图

于1时,称为过调制,即过载失真。在过调制区域内改变调幅度,调幅深度将保持不变,然而刺激电压却始终在饱和输出状态。在本仪器中,我们把调幅波的最大调幅度定为30%,并可在0—30%范围内连续改变。这样,接收机便可输出从零到一定值的刺激电压。

电路中的 BG_7 与 L_1C_8 组成高频振荡电路,产生高频振荡信号。通过耦合电容 C_9 交连至 BG_8 的栅级,进行放大输出。 BG_8 放大器对高频信号作选频放大。电路中的 l_1-l_3 是高频扼流圈,有效地防止了高频信号的泄漏。 BG_9 是二级低频电压放大器,使来自 BG_1 , BG_2 所产生的方波放大后通过 l_2 线圈,且同时送入 BG_8 的栅极,由于方波信号的电压及频率的变化,便可使调幅度及频率相应的改变。

BG₁, BG₂ 组成集基耦合多谐振荡器, 产生周期方波。其振荡频率取决于电容器 C₁C₂ 的放电持续时间, 即 $\tau_1\tau_2$ 脉冲宽度取决于放电回路的时间常数。

$$\tau_1 = 0.7R_1 \cdot C_2, \quad \tau_2 = 0.7R_2 \cdot C_1$$

电路振荡周期 $T = \tau_1 + \tau_2$ 。

其与频率的关系为： $T = 1/f$ 。

当电路对称时, $T = 1.4R \cdot C$, 改变 R 或 C 的数值, 可使振荡周期 T 发生改变, 因而可获得所需的刺激频率。

电路中 S_1S_2 为频率粗调, W_1 为频率细调。

$D_1 D_2 R_5 R_6$ 是为了改善方波脉冲上升边沿的陡度,消除原来集电极输出脉冲的圆角,提高刺激效果。 BG_3 构成射极跟随器,对电压放大管 BG_1 与 BG_2 振荡器起隔离作用,使振荡频率及幅度稳定。 W_2 、 R_8 、 R_9 组成分压器,使最大调幅度为 30% 左右。

BG₄BG₅BG₆ 组成方波监听器, 通过扬声器监听刺激频率。

2. 接收机

为了提高灵敏度和选择性,我们采用了超外差式接收机电路(图5)。外来高频信号(调幅讯号)经过变频以后变换成固定的中频信号。我们取 465 千赫为固定谐振中频信号。这个变

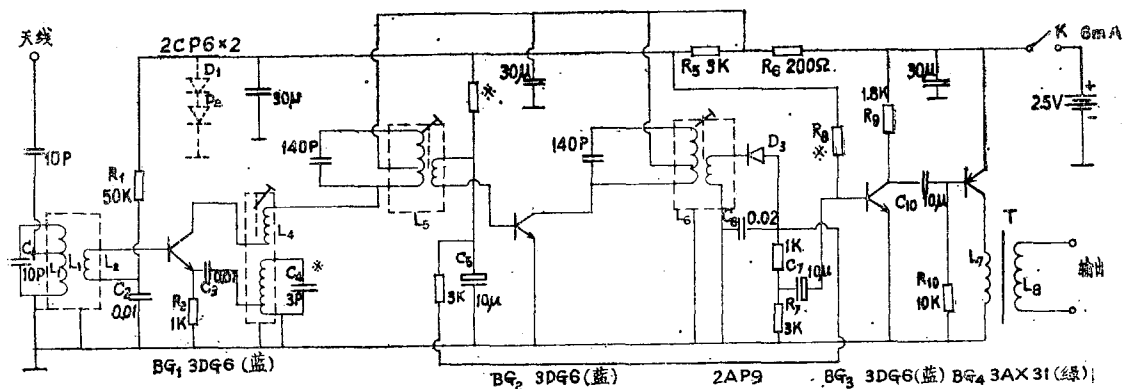


图 5 接收机电路原理图

频后的中频信号,只是变换了载波的频率,加在它上面的调制信号并没有发生改变,也就是说,原来载波中方波的频率和调幅度都没有发生改变。 BG_1 为典型的射极注入变频电路。接收机振荡回路产生一个比输入频率高一中频的频率。输入回路高频信号选择由 L_1C_1 完成。通过磁芯线圈 L_1L_2 的耦合作用,使高频信号进入 BG_1 基极。本机振荡由 C_4L_3 并联谐振,通过集电极正反馈线圈 L_4 产生高于高频信号 465 千

赫的正弦频率,同时注入 BG_1 发射极,完成了单管混频作用,取出了中频分量 f_1-f_2 。

BG₂ 作为共发射极选频放大, 中频信号经放大后由二极管 D₃、电阻 R₇ 及电容器 C₆ 组成线性调幅检波器, 进行解调, 使中频信号分量从 C₆ 中旁路, 而需要的方波信号在电阻 R₇ 上形成压降。为防止各种因素所造成的信号幅度的变化而引起刺激电压的改变, 采用了由 R₃、C₆

(下转第 10 页)

在营养分析方面,重点分析了几种维生素在受照后长期保存中的含量变化情况。先后测定了小麦(照射剂量 8×10^4 伦)、大米 (8×10^4

表 1 经 γ 射线照射后玉米中胡萝卜素含量变化

处 理	胡萝卜素含量 (毫克/100 克)	照后损失情况 (%)
照 射 粮	0.08	27.3
未 照 粮	0.11	

表 2 经 γ 射线照射后,小麦、玉米、大米中硫胺素、核黄素、尼克酸的含量变化

样品	硫胺素 (毫克/100 克)		核黄素 (毫克/100 克)		尼克酸 (毫克/100 克)	
	照射	未照射	照射	未照射	照射	未照射
小麦	0.67	0.66	0.25	0.24	4.96	5.00
大米	0.29	0.29	0.15	0.14	5.72	5.31
玉米	0.30	0.30	0.16	0.16	2.55	2.79

(上接第 23 页)

组成的自动增益控制电路。

BG₃ 为共发射极低频放大器,通过解调后约 200 毫伏的电压在该极放大至数伏级的电压。由于低电压方波直接刺激机体效果低,且易产生极化,所以要通过 C₁₀R₁₀BG₄ 和脉冲变压器进行微分、放大、升压后输出一个高幅双向尖脉冲信号。BG₄ 基极受 BG₃ 集电极输出方波的作用,在集电极回路中产生了脉冲电流。设当 BG₄ 集电极电流上升时, L₇ 由于串联在集电极回路内,其两端电压升高,在变压器耦合作用下, L₈ 便感应出快速上升电压,在输出端产生一个正向尖脉冲。当电流保持不变时,由于变压器的直流磁饱和,将继续导通的直流成

(上接第 20 页)

例如:以 [³H]-胸腺嘧啶核苷参入 DNA 作“淋巴细胞转化”的测定;饮水水源及雨水中的氚含量;在中西医结合抗癌研究中用放射免疫分析法测定 [³H]-皮质醇的含量;以及外科手术用针刺麻醉时测定血浆皮质醇的变化等等。实验结果表明,仪器的灵敏度和稳定性是能令人满意的。

表 3 经 γ 射线照射后小麦、玉米、大米中维生素 E 含量变化

样品	维生素 E 含量(毫克/100 克)		照后损失情况 (%)
	照 射	未照射	
小麦	0.28	0.26	—
玉米	0.15	0.16	—
大米	0.34	0.41	18

伦)、玉米 (100×10^4 伦)、马铃薯 (0.5×10^4 — 2×10^4 伦)等的胡萝卜素(V_A)、硫胺素(V_{B₁})、核黄素(V_{B₂})、尼克酸(P-P)及维生素 E 的含量。实验结果见表 1、2、3。从结果看照射后的粮食,只有玉米经 100×10^4 伦照射后,对脂溶性胡萝卜素及维生素 E 有一定破坏作用,但并不严重,其他含量则变化不大,以上实验证明,利用辐射保藏粮食是一个可行的办法。

分隔绝,脉冲迅速降至零。脉冲持续时间与变压器的导磁率、分布电容和漏电感有关。当 BG₄ 集电极电流下降时, L₇ 中原有储备能量再度释放,在输出端又产生一个负的尖脉冲。可见,变压器 T 起了隔离作用。并由于 L₇L₈ 的匝数比,使输出脉冲的峰值满足刺激要求。我们选用了饱和压降小的锗管 BG₄。

本仪器在我们所进行的慢性动物实验中,已初步取得较满意的效果。如能将接收机改成集成电路,并作进一步改进,使仪器的体积缩小,并可将其埋入实验动物的体内,则效果将更为理想。

[本文于 1975 年 8 月 25 日收到]

本仪器由于研制时间仓促,还有不少需要改进的地方。仪器的灵敏度还可以进一步提高。目前采用的是线性放大器,若改用对数放大器后,只需要一个放大器,就将使结构简化;在使用时就可不必调节几个放大器的放大倍数,操作也大为简化。此外,在逻辑设计、选用元件和结构安排上,还可将体积更为缩小。

[本文于 1975 年 11 月 15 日收到]