

晶体管黑光灯

上海元件五厂特性应用组



工业技术资料

第132号

上海人民出版社

晶体管黑光灯

黑光灯是一种能辐射出波长为 3600 埃紫外线的汞气荧光灯，这种波长的光人眼是不可见的，但对某些昆虫则是可见的，这是由于昆虫具有向光性的缘故。黑光灯是一种农业生产方面使用的高效能的捕虫器材。原来的黑光灯是采用交流电供电的，它只能在有交流电的地区使用，使用时须要接上较长的电源线，由于这种灯大都用于水稻田旁，电线和开关等很容易沾水受潮，因此操作上不仅比较麻烦，而且使用时也不够安全。然而，晶体管黑光灯可以避免这些缺点，它不需要电源线，为它供电的是一个蓄电瓶，主要是通过一个晶体管直流变换器，将蓄电瓶的直流电变换成交流电，提供黑光灯使用。根据松江县新五公社在大田中的实际使用，黑光灯能诱杀有翅昆虫数十种，如大螟、二化螟、三化螟、稻叶蝉、稻飞虱、蝼蛄、金龟甲、地老虎、红铃虫、棉铃虫、粘虫等，在天气闷热，风力较小，虫害高发的季节，一只八瓦的黑光灯，一个晚上可捕到二市斤左右。本资料对晶体管黑光灯的工作原理以及制作数据作了较为具体的介绍，以供参考。

(一) 概 述

1. 使用范围：农村和园林苗圃诱杀虫害，无电源地区的照明等。
2. 供电电源：6 V 直流(1 A 以上)。
3. 输出电压：60 V(交流) ± 5 V。
4. 起辉电压：80~100 V。

5. 耗电量: 额定 0.3 A, 最大 0.5~0.8 A, 最小 0.05~0.08 A。

6. 振荡频率: 1.9 kHz。

7. 负载功率: 8 W。

晶体管黑光灯使用方便、安全, 能根据不同的需要, 更换不同的灯管(如照明用日光灯等), 它还节约用电、用线, 即使灯管一头或二头断丝(除漏气管)均可使用。

(二) 电路工作原理

晶体管直流变换器线路如图 1 所示。

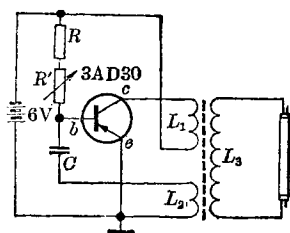


图 1

由图 1 可知, 电源接通后, 通过电阻 R 和 R' 对晶体管注入电流, 晶体管集电极电流便增加, 同时集电极电压朝正方向变化, 通过 L_2 和 L_1 之间的耦合作用, 使得晶体管的基极电压向负方向变化, 即基极注入电流增大, 这又将引起集电极电流

的进一步增加, 致使集电极电压更趋向于正。这就形成了一个强烈的正反馈过程, 结果使得晶体管立即进入饱和状态。管压降接近于零。但是由于这是一个突变过程, 在这个过程中变压器的初级绕组 L_1 表现出的阻抗很大, 因此晶体管饱和时的集电极电流是很小的, L_1 绕组二端的电压为电源电压 E_c , 而此电压保持不变的。电感中的电流(即磁化电流)是线性增长的, 即晶体管的集电极电流是线性增长的。由于基极电压也是不变的, 故 L_2 中的磁化电流也是线性变化的, 它与原注入电流 I_b 的方向相反, 并且变化较小, 所以可以忽略, 而认为基极电流 I_b 基本上是不变的。

当集电极电流增长到 $I_c = \beta I_b$ 时, 晶体管开始退出饱和区, 集电极电流的变化速率下降, 绕组 L_1 上的感应电动势也就从 E_0 向零变化, 这就是说集电极电压向 $-E_0$ 方向变化。通过变压器的耦合作用, 使基极电压向正方向变化。因此, 基极注入电流开始减小, 集电极电流也随之减小, 这又使得集电极电压更低, 基极电压更高, 如此又形成一个正反馈过程, 其结果使得晶体管很快进入截止状态。当晶体管导通时, 电源能量以磁能的形式贮存于绕组 L_1 中, 当晶体管截止时, 此贮能向负载泄放, 贮能放光后, 由于变压器磁芯里的磁通减少, 因而在初级绕组 (同样也在反馈绕组) 上又开始出现与前相反的感应电动势。也就是说, 基极电压又开始下降, 而当基极电压下降到晶体管导通时, 集电极电流又开始增加, 集电极电压开始向零上升, 于是一个正反馈过程便又形成, 直至晶体管又进入饱和。上述过程不断重复, 在晶体管集电极上便输出一个矩形波。一旦电路正常工作后可调整 R' , 适当减小注入电流。鉴于黑光灯的电源是用蓄电池的, 因此为了尽量减小损耗功率, 在该灯点燃后电流调节为 0.3 A 左右, 此时用于诱杀害虫, 亮度已够。但这样一来就没有达到黑光灯的标称功率值, 对灯管的寿命就产生了影响。如需照明则可按图 2 所示电路安装, 图 2 所示电路的输出功率比图 1 较大。

图 2 不仅可获得较大的输出功率, 而且还略去了图 1 中的电容和 R' (可变电阻), 这就可减少由于元件而引起的线路故障, 同时对晶体管的要求也可放低, 但是, 此电路的缺点是电流较大些。

图 1 所示的电路对晶体管的要求

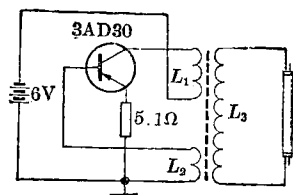


图 2

$L_1-50\text{ T}; L_2-50\text{ T};$
 $L_3-920\sim 1800\text{ T}$

求是晶体管的 BV_{ceo} 大于电源电压的 2 倍以上, 而图 2 所示的电路, 由于在晶体管的发射极接有 $51\ \Omega$ 的电阻, 只须使 BV_{ceo} 大于电源电压的 2 倍左右即可, 对管子的要求大为下降, 这可使农村人民公社在制作时成本相应降低。

图 1 所示电路的各元件参数如下: (仅供参考)

C : $0.22 \sim 0.25\ \mu\text{F}/15\ \text{V}$;

R : $30\ \Omega \left(\frac{1}{4} \text{ 或 } \frac{1}{8}\ \text{W} \right)$ 炭膜电阻;

R' : $1\ \text{k}\Omega/3\ \text{W}$ 电位器;

BG : 3AD6 或 3AD30 ($\beta \geq 20$)

变压器: L_2 最好绕在 L_1 与 L_3 的中间, 以利于起振, 磁芯采用 E12 或 E34 型铁氧体磁芯。线圈用直径 $0.29 \sim 0.33$ 毫米 QZ 型漆包线绕制, L_1 绕 78 圈, L_2 绕 20 圈, L_3 绕 440 圈或者 $540 \sim 640$ 圈。

一般 8 W 黑光灯的供电电源是一个 6 V 的小电瓶, 每晚点十个小时的话可维持 5 至 7 天左右 (注意: 电瓶电不能在用光后再充电), 所以通常每隔 4 到 5 天要充一次电。现介绍二个简易式充电电路, 如图 3 所示。

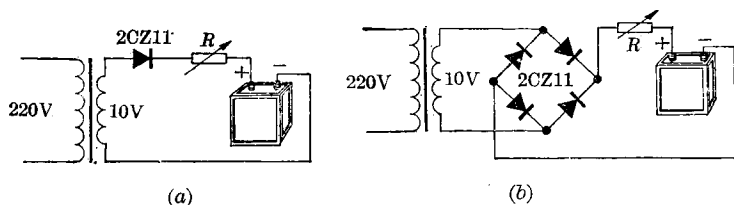


图 3

图中, 串联电位器 R 需线绕电位器, 功率用量在 $10 \sim 25\ \text{W}$ 左右, 电阻值在 $100 \sim 250\ \Omega$ 左右。在初充时, 电流注入可略大一点, 随着时间可调节电位器 R 使充电电流逐步减小。图中所

示的 2CZ11 要求其反向击穿电压 $\geq 50\text{ V}$, 最大整流电流为 1 A , 电瓶为 6 V 的小型教学用电瓶。

使用时对黑光灯的起辉现象应加以注意, 通常灯管正常起辉时有一头呈现青紫色, 起辉后青紫色即消失, 灯管两端的电压立刻下降, 通过调节电位器 R 使灯管最亮时的电流约在 $0.3\sim 0.4\text{ A}$ 左右, 不宜超过 0.5 A , 超过后光度反而会低暗。有时灯管并未起辉而灯管也亮, 但其发亮程度与正常起辉后的亮度不同, 如果此时灯管处于起辉电压的临界点时, 时间一长会使灯管二头发黑, 有时甚至灯丝亦被烧断(断丝后管子仍可使用)。

(三) 农用黑光灯的装置介绍

图 4 所示的是农用黑光灯的外形。

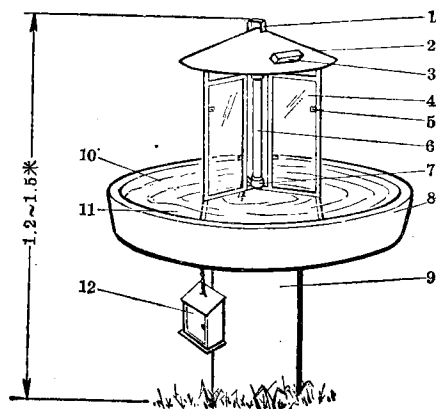


图 4

1—拎攀; 2—灯罩; 3—变换器; 4—玻璃; 5—玻璃夹;
6—黑光灯管; 7—灯座; 8—水泥盆; 9—水泥柱(或用砖砌); 10—废油; 11—水; 12—电瓶

图中，上部为黑光灯的整机部分，下部为水泥做的杀虫盆，整个高度从拎攀处到地为1.2~1.5m为最适宜(指水稻田)。水盆中须加一层废油，昆虫落水后不易逃脱，如有条件可用食用废油，这样盆中昆虫可供鸡鸭等家禽饲料，对发展农村副业也有利。三面装置的玻璃为使昆虫碰撞后跌入水中而设置的。蓄电池可挂在水盆的下面，这样既安全又能防潮。电瓶应经常揩擦，安装牢固，并使电极能保持接触良好，白天电瓶和灯具应收入室内，以防太阳曝晒，风吹雨淋，影响使用寿命。在无灯地区的周围50米的地方必须勤打农药，否则这些地方的虫害更重(因有些昆虫如气虱只停留在附近)。

附：晶体管黑光灯用变压器的计算(请参阅图5、图6)

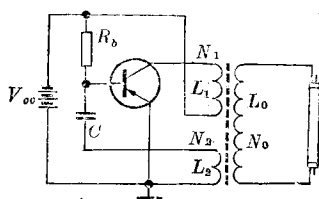


图 5

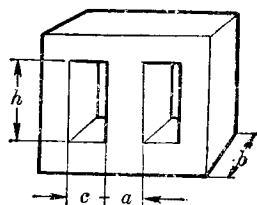


图 6

输出功率： $P_0=8\text{ W}$

输出电压： $U_0=60\text{ V}$

设变换器的效率 $\eta=0.8$ ，电源电压 $V_{cc}=6\text{ V}$

$$\text{晶体管集电极峰值电流 } I_{CM} = \frac{P_0}{\eta V_{cc}} = \frac{8}{0.8 \times 6} = 1.67\text{ A}$$

采用3AD30A，其最大集电极电流为4A， $V_{ceo} > 2V_{cc} = 12\text{ V}$

变压器尺寸计算：采用E型铁氧体

$$A \cdot A_0 = \frac{P \times 10^6}{2 f B_m \delta \eta_{TP} S k_c k_M}$$

式中： P ——变压器标称功率，对于电阻负载 $P \approx 1.3 P_0 \approx 10\text{ W}$ ；

f ——变换器工作频率 $f=2\text{ kHz}$ ；

B_m ——铁芯磁感应值 $B_m=3000$ 高斯;

δ ——线圈中的电流密度 $\delta=4$ A/mm²;

η_{TP} ——变压器效率 $\eta_{TP}=0.8$;

S ——装有线圈的铁芯数目 $S=1$;

k_c ——硅钢片铁芯的填充系数 $k_c=1$;

k_M ——铜芯填充系数 $k_M=0.25$ 。

$$\begin{aligned} A \cdot A_0 &= \frac{P \times 10^6}{2fB_m\delta\eta_{TP}Sk_c \cdot k_M} \\ &= \frac{10 \times 10^6}{2 \times 2 \times 10^3 \times 3000 \times 4 \times 1 \times 0.8 \times 0.25} \\ &\doteq 1.05 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

选用 $a=1.1$ cm, $b=1.1$ cm
 $c=0.9$ cm, $h=2.8$ cm

锰锌铁氧体

$$A=a \times b=1.21 \text{ cm}^2, A_0=c \times b=1.0 \text{ cm}^2$$

$$A \cdot A_0=1.21 \text{ cm}^4 > 1.05 \text{ cm}^4 (\text{可用})$$

确定变压器圈数:

$$\text{铁芯净面积 } A'=0.8 \times A=0.96 \text{ cm}^2$$

$$\text{集电极线圈 } N_1 = \frac{V_{cc} \times 10^8}{2fB_m \cdot A'} = \frac{6 \times 10^8}{2 \times 2 \times 10^3 \times 3 \times 10^3 \times 0.96} = 94 \text{ T}$$

$$\text{负载线圈 } N_0 = 1.1 N_1 \frac{U_0}{V_{cc}} = 1.1 \times 94 \times \frac{60}{6} = 920 \text{ T}$$

$$\text{基极线圈 } N_2 = 1.1 N_1 \frac{V_B}{V_{cc}} = 1.1 \times 94 \times \frac{3}{6} \doteq 48 \text{ T}$$

基极起动电压 V_B 取 3 V。

验算:

$$\text{负载电流 } I_0 = \frac{P_0}{U_0} = \frac{8}{60} = 0.13 \text{ mA}$$

$$\text{导线直径 } d_0 = 1.13 \sqrt{\frac{I_0}{\delta}} = 1.13 \sqrt{\frac{0.13}{4}} = 0.20 \text{ mm}$$

$$\text{集电极有效电流 } I_1 = \frac{I_{OM}}{\sqrt{2}} = 1.2 \text{ A}$$

导线直径 $d_1 = 1.13 \sqrt{\frac{I_1}{\delta}} = 1.13 \sqrt{\frac{1.2}{4}} \approx 0.6 \text{ mm}$

基极电流 设晶体管 $\beta = 20$

$$I_2 = I_B = \frac{I_1}{20} = 60 \text{ mA}$$

导线直径 $d_2 = 1.13 \sqrt{\frac{I_2}{\delta}} = 1.13 \sqrt{\frac{0.06}{4}} = 0.14 \text{ mm}$

N_0 用 36# 漆包线 $d'_0 = 0.21 \text{ mm}$

每 cm 可绕 47.6 圈

N_1 用 24# 漆包线 $d'_1 = 0.6 \text{ mm}$

每 cm 可绕 16.7 圈

N_2 用 39# 漆包线 $d'_2 = 0.15 \text{ mm}$

每 cm 可绕 66.7 圈

变压器有效高度 $H = \frac{h}{1.1} = 2.5 \text{ cm}$

N_0 需层数 $n_0 = \frac{N_0}{44} = \frac{920}{44} = 20.9$ 21 层

N_1 需层数 $n_1 = \frac{N_1}{16} = \frac{84}{16} = 4$ 4 层

N_2 需层数 $n_2 = \frac{N_2}{66} = \frac{48}{66} = 0.73$ 1 层

线圈总厚度

$$B = d'_1 n_1 + d'_0 n_0 + d'_2 n_2 + H'$$

H' 为各线圈垫纸总厚度 取 $H' = 1.5 \text{ mm}$

$$B = 0.6 \times 4 + 0.21 \times 20 + 0.15 \times 1 + 1.5 \approx 8.3 \text{ mm}$$

变压器铁芯 $C = 0.9 \text{ cm} > 0.83 \text{ mm}$, 此铁芯可用。

偏置电阻 R_B 决定:

$$R_B = \frac{V_{cc} - V_B}{I_B}$$

$$V_B = 3 \text{ V}, \quad I_B = \frac{I_c}{\beta} = \frac{1.2 \text{ A}}{20} = 60 \text{ mA}$$

$$R_B = \frac{6 - 3}{60 \times 10^{-3}} = \frac{3}{60 \times 10^{-3}} = 500 \Omega \quad \text{取 } R_B = 510 \Omega$$

C 由实验决定, 一般取 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{F}$ 。

工业技术资料

第 132 号

上海人民出版社出版

(上海绍兴路 5 号)

新华书店上海发行所发行 上海群众印刷厂印刷

1973 年 5 月第 1 版 1973 年 5 月第 1 次印刷 印数 1—20,000

定价 0.02 元