

# S波段20W脉冲耿氏振荡器

谢家德 徐寅生 底海英

(亚光电工厂,成都 610051)

**摘要** 本文描述了脉冲耿氏二极管、微波电路、脉冲调制器的结构和设计原则;给出了脉冲耿氏振荡器研制结果:在3—4GHz范围内,最大脉冲功率为20W,最大效率为5%,工作比 $\leq 1\%$ 。

**关键词** 脉冲耿氏管;微波电路;脉冲调制器

## 1. 引言

由于脉冲耿氏振荡器工作比小,器件结温低,因此不仅工作寿命长,可靠性高,而且电源简单,体积小和重量轻,易于实现微波系统整机小型化和全固态化。在远程雷达、脉冲目标信号模拟器、星载和弹载应答机以及电子对抗等领域中,具有广阔的应用前景。

根据工程需要,作者采用偏压调制方法研制出最大工作比为1%,脉冲功率大于20W的S波段脉冲耿氏振荡器,已成功地用于脉冲雷达目标信号模拟器等设备。

脉冲耿氏振荡器包括脉冲耿氏管,微波电路和脉冲偏压调制器。本文将分别叙述它们的结构特点,设计原则和S波段脉冲耿氏振荡器的研制结果。

## 2. 脉冲耿氏二极管

脉冲耿氏管对于脉冲耿氏振荡器性能优劣至关重要。当器件处于脉冲工作状态时,其峰值功率 $P_p$ 由下式表示

$$P_p = \eta V_p I_p = \eta a M V_T^2 / R_0 \quad (1)$$

式中, $V_p, I_p$ 为器件两端的峰值电压和电流; $\eta$ 为器件的工作效率; $M$ 为器件的耐压倍数,即 $V_p/V_T, V_T$ 为器件阈值电压; $R_0$ 为器件的低场电阻,与管芯面积成反比; $a$ 为比例常数,通常在0.8—1之间选择。

由此可见,增大器件管芯面积,减小低场电阻 $R_0$ 是提高器件峰值功率的有效途径。然而随着管芯面积加大,制管材料本身的缺陷数增加。因此,必须挑选参数合格的优质GaAs外延材料,同时在制管过程中,应减少热应力和机械应力所造成的缺陷和断裂。为此,宜用低温低气压及低能量结合完成制管,以减少对GaAs材料的损伤,从而提高器件的可靠性。

## 3. 微波电路

微波电路的优化设计对于充分挖掘有源器件潜力、提高和改善电路性能极为重要。整个微波电路包括谐振腔、调谐装置、偏置和输出结构。本节着重介绍谐振腔和调谐装置的结构特点 and 设计原则。

选用如图 1 所示具有中等  $Q$  值的圆柱腔结构,取  $E_{010}$  工作模式。设计一根不接触式金属杆伸入腔内,实现工作频率的宽频带调,并且形成了电容压缩效应,构成压缩形圆柱腔。由于振荡器工作频率是调谐杆端位置的敏感函数,据此设计双金属补偿装置,使振荡器频率温度性能得到显著改善。同时,考虑到脉冲耿氏管的低阻抗特性,设计并修正压缩形圆柱腔。并根据阻抗匹配原理,将器件安装位置和输出结构设计成可调式,以便实现器件与电路、电路与负载的最佳阻抗匹配,从而获得最大功率输出。

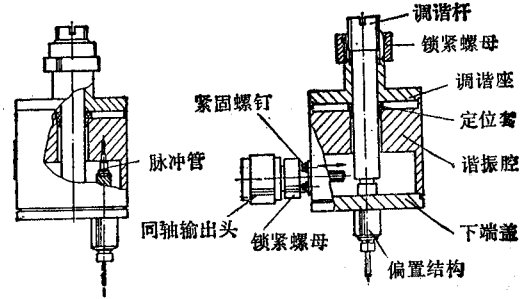


图 1 振荡器器结构

压缩形圆柱腔脉冲耿氏振荡器结构尺寸、工作频率和振荡器频率温度系数  $S_T$  的经验公式为<sup>[1,2]</sup>

$$D = K_1/f_0, h = K_2D, d = K_3D \quad (2)$$

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \left[ \frac{dh}{2} \left( \frac{d}{4l} + \frac{2}{\pi} \ln \frac{eL_M}{l} \right) \ln \frac{D}{d} \right]^{-1/2} \quad (3)$$

$$S_T = \alpha_0 + [(H_1\alpha_1 - H_2\alpha_2)(df/dl)/f_0] - \pi \times 10^{-3}/Q_L \quad (4)$$

式中,  $D, h, d$  分别为压缩形圆柱腔直径、温度和频率调谐杆直径,单位为 mm;  $K_1, K_2, K_3$  为修正系数, S 波段分别为  $1.54 \times 10^5, 0.5, 0.27$ ;  $f_0$  为圆柱腔中心频率,单位为 MHz;  $l$  为调谐杆端部到腔底距离,单位为 mm;  $L_M = [(D/2 - d/2)^2 - h^2]^{1/2}/2$ ;  $c$  为光速;  $e = 2.718$ ;  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$  分别为谐振腔、调谐座和调谐杆的膨胀系数;  $H_1, H_2$  为调谐座高和调谐杆长度,并且  $H_2 = H_1 + \lambda_g/4 + 5$ ;  $df/dl$  为振荡器机械调谐率,单位为 MHz/mm;  $Q_L$  为电路有载  $Q$  值,与电路和负载有关。

由 (2) 式可求出压缩形圆柱腔结构尺寸;(3) 式两端对  $l$  求导并代入结构尺寸,即可求得  $df/dl$  值;将  $df/dl$  代入 (4) 式中,选择不同的  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$  和  $Q_L$  值,便可得到频率温度系数  $S_T$  与具有补偿作用的调谐座高  $H_1$  的关系。

#### 4. 脉冲调制器

脉冲电压调制器由稳压电源、码源和调制器组成,其电路结构框图如图 2 所示。它输出一个幅度为 15—65V, 宽度为 0.8—5  $\mu$ s, 重复频率为 500—2000 Hz, 电流容量为 15A 的可调矩形脉冲电压。

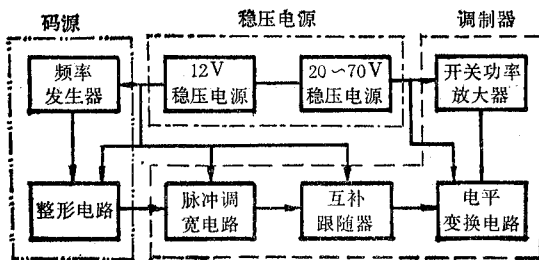


图 2 脉冲调制器电路框图

调制器具有良好的电压脉冲波形、开关机性能和大电流特性;同时,设置有过流、过压、工作比极限保护和特殊的隔离措施,以便防范调试过程中的过载、瞬间短路和来自供电系统的电冲击和各种干扰。

#### 5. 脉冲耿氏振荡器特性

振荡器频率、功率与偏压的关系如图 3 所示。由图可见,脉冲功率随偏压升高而增大。当脉冲偏压为 50V, 脉冲电流为 8A, 脉冲工作比  $\leq 1\%$  时, 振荡器脉冲功率可达 20W, 效率为 5%。

振荡器机调带宽特性如图 4 所示。图中表明,振荡器机调带宽为 1.4GHz, 带内最小功率为 10W, 最大功率 20W。调制器的脉冲电压和振荡器输出的视频脉冲波形示于图 5。

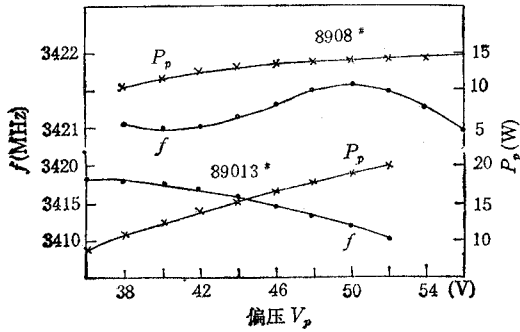


图 3 振荡器频率和功率的偏压特性

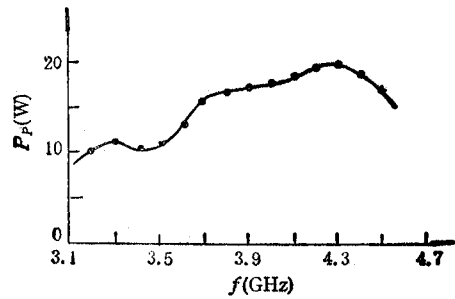


图 4 振荡器机调带宽特性

研究表明,振荡器视频脉冲波形存在的滞后效应与耿氏器件渡越畴形成过程、脉冲电压幅度和检波器特性及其所处的工作状态等因素有关。

实验发现,对于同类电路,脉冲耿氏振荡器的频谱较连续波耿氏振荡器的差。原因在于脉冲工作状态下存在频调效应。它对载频进行调制,产生附加调频噪声。而频调效应则是脉冲工作期间,器件结温升高引起的阻抗变化导致的频率变化。频调速度和带宽与脉冲电压波形、幅度、宽度、重复频率、管芯面积和热阻等因素有关。

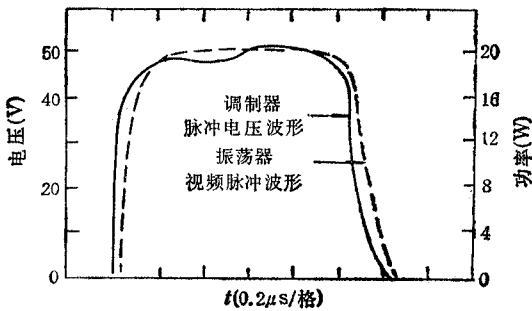


图 5 调制器脉冲电压和振荡器视频脉冲波形

### 6. 结语

由于脉冲耿氏振荡器工作比小,器件结温低,因此可采用单腔多管合成技术将脉冲功率提高到 60—80W,从而使 S 波段脉冲耿氏振荡器具有更广阔的应用前景。

脉冲耿氏振荡器的频调效应和视频脉冲滞后效应的物理数学模型,以及如何抑制、改善直至消除,尚须进一步研究。

### 参 考 文 献

[1] 谢家德,微波,1987年,第3期,第35—43页。  
 [2] 谢家德,电子学报,1988年,第4期,第118—119页。

## AN S-BAND 20W PULSE GUNN OSCILLATOR

Xie Jiade Xu Yinsheng Di Haiying

(Yaguang Electronic Engineering Factory, Chengda 610051)

**Abstract** The design principles and structure, characters of a kind of pulse Gunn diode, microwave circuit and pulse modulator are described. The performances of the developed pulse Gunn oscillator are as follows: in the frequency range of 3~4 GHz, the maximum pulse power is 20W, the highest efficiency is 5% and the maximum pulse duration ratio is less than 1%.

**Key words** Pulse Gunn diode; Microwave circuit; Pulse modulator