

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; η 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机调,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部位置的敏感函数,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。

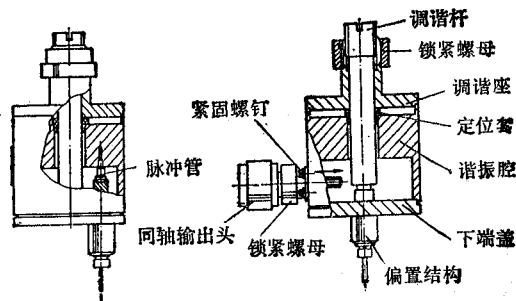


图 1 振荡器结构

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^[1,2]

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

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

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

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

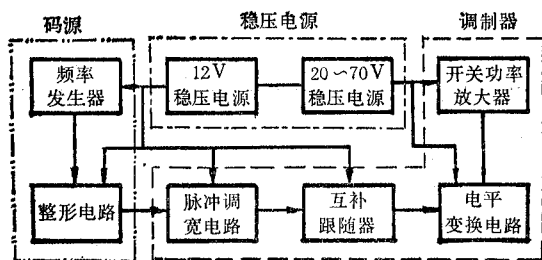


图 2 脉冲调制器电路框图

输出一个幅度为 15—65V, 宽度为 0.8—5 μs , 重复频率为 500—2000 Hz, 电流容量为 15A 的可调矩形脉冲电压。

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。

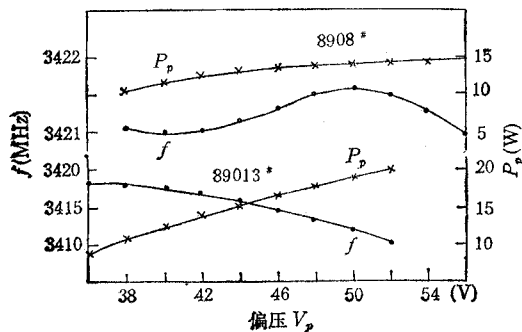


图 3 振荡器频率和功率的偏压特性

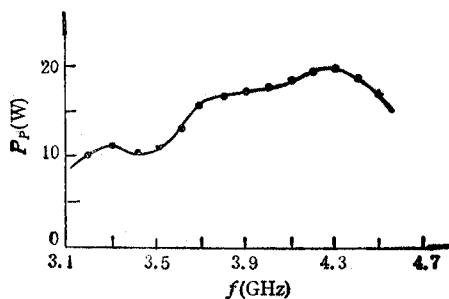


图 4 振荡器机调带宽特性

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畸形成过程、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。

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。

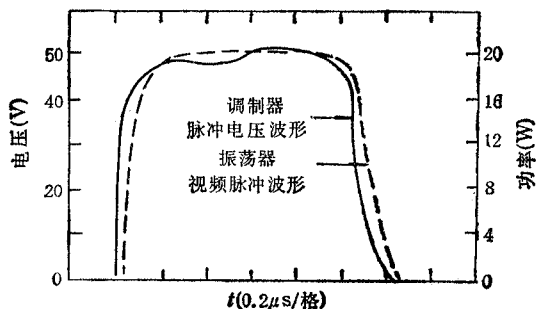


图 5 调制器脉冲电压和振荡器视频脉冲波形

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