

## Ka频段介质稳频振荡器的研制

李桂萍\* 徐军 罗慎独 薛良金

(电子科技大学物理电子学院 成都 610054)

**【摘要】**介绍了毫米波三端器件介质稳频振荡器的研制方法。采用新颖的环路反馈式电路结构,选用了使用方便的HEMT单片电路,利用器件输入/输出间的反馈和介质谐振器的稳频技术。通过对振荡器的相位噪声和输出功率的测试结果表明,这种结构完全可以应用在毫米波波段振荡器的设计中。

**关键词** 毫米波; 介质谐振器; 相位噪声; 输出功率; 频率稳定度

中图分类号 TN752.7 文献标识码 A

## A Ka-Band Dielectric Resonator Oscillator

Li Guiping Xu Jun Luo Shendu Xue Liangjin

(School of Physical Electronics, UEST of China Chengdu 610054)

**Abstract** the study method of millimeter three-ports element oscillator stabilized with a dielectric resonator is presented. The original structure of loop-feedback is used. In the project (Ka-band HEMT oscillator), the integrated microstrip circuit is used, the high-electron-mobility-transistor microwave monolithic integrated circuit is applied and the cylindrical dielectric oscillator is used, not only as a frequency-stabilizing element, but also as a feedback circuit coupled to the O/I of the MMIC. The phasenoise and output power of the oscillator is measured. Experiment results is indicated that this method can be used in millimeter system.

**Key words** millimeter; dielectric resonator; phase-noise; output power; frequency stability

振荡器是微波/毫米波系统的关键部件之一,它的指标直接关系到系统性能的优劣。随着毫米波技术的不断发展和工程实用化要求的进一步提高,对毫米波振荡器的要求也越来越高。除振荡器本身的电性能指标,如频率精度、稳定性、相位噪声、杂散、谐波和输出功率等外,还有一些工程实用要求,如体积、重量、可靠性、集成化、效率等等。毫米波系统正向全固态、全集成方向发展,振荡器的研制也应向该方向发展。三端器件介质谐振器因其具备上述特点而被广泛关注<sup>[1-5]</sup>。

### 1 理论分析

#### 1.1 振荡器基本理论

毫米波固态振荡器的实质是一个能量转换部件,即它是一个通过固态器件和电路之间的相互作用将直流功率转化为毫米波功率的部件。稳定的振荡器必须满足以下平衡条件

$$Z_L(\omega) + Z_d(I, \omega) = 0 \quad (1)$$

上式可分解为幅度和相位平衡条件

$$R_L(\omega) + R_d(I, \omega) = 0 \quad (2)$$

2003年5月14日收稿

\* 女 28岁 硕士 助教 主要从事毫米波混合集成技术方面的研究

$$X_L(\omega) + X_d(I, \omega) = 0 \tag{3}$$

式中  $Z_d(I, \omega)$  是从参考面向器件端看去的阻抗,  $Z_L(\omega)$  则是从参考面向负载方向看去的阻抗。式(3)决定振荡器的频率, 式(2)决定振荡器的输出功率。

### 1.2 三端器件介质稳频振荡器

三端器件振荡器可采用共栅、共漏或共源电路, 它的选择原则要视振荡器的应用场合而定。例如, 用于压控振荡器时, 最好采用共栅电路; 而采用介质谐振器的固定频率振荡器, 最好用共源电路。三端器件介质稳频振荡器共有3种基本电路形式: 1) 栅极耦合式<sup>[3-5]</sup>; 2) 环路反馈式; 3) 输出耦合式<sup>[2]</sup>。采用第一种电路的最多, 但从资料看都存在输出功率小的缺点。而第三种电路则有回滞现象, 基于对振荡器指标及体积、重量和经济等各方面考虑, 本文决定采用环路反馈式三端介质稳频振荡器。其原理如图1所示。

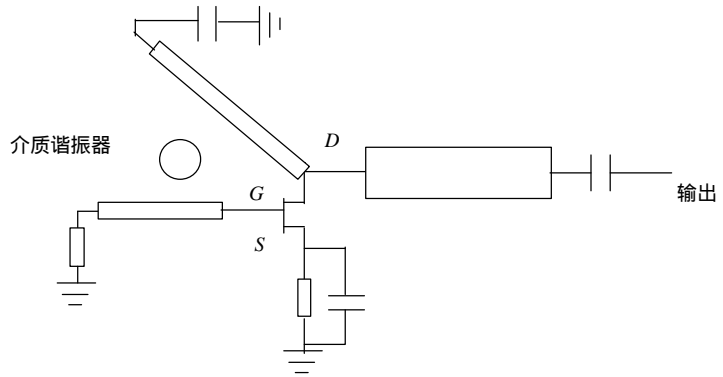


图 1 电路原理图

这种电路在不加介质谐振器时, 振荡器电路是放大器的工作状态, 此时没有振荡。为了获得自激振荡, 把介质谐振器放置在输出微带线和输入微带线之间, 通过磁耦合把输出功率的一部分反馈到栅极, 当反馈相位和反馈功率合适时将产生振荡。这种振荡器的优点是不存在跳模现象。

介质稳频三端器件振荡器的稳频系数是指当环境条件变化时, 加稳频措施后比无稳频措施时频漂的改善倍数。反馈式振荡器的稳频系数表达式为

$$S = 1 + \frac{Q_L}{Q_F} \tag{4}$$

式中  $Q_L$  是介质谐振器有载品质因数,  $Q_F$  是无介质谐振器时放大器电路的等效品质因数。可见稳频系数与  $Q_L$  成正比。为获得足够大的稳频系数, 希望  $Q_L$  越大越好。  $Q_L$  不仅取决于介质谐振器无载品质因数  $Q_0$ , 而且与微带电路耦合的强弱有直接关系。如果耦合减弱, 有载品质因数即可提高, 但是此时通过介质谐振器反馈的功率下降, 为保证有一定的输出功率, HEMT 器件必须有足够高的功率增益。考虑到现在 Ka 波段放大器单片已有产品, 且增益较高, 直接采用了 HEMT MMIC 放大器单片来实现, 并选用介质谐振器作为反馈和稳频元件。传输线采用微带线, 以便于与其他单元电路集成。

### 1.3 介质谐振器建模和电路优化

本振荡器设计的难点在于与微带耦合后介质谐振器模型的建立以及输入、输出间耦合大小的确定即介质谐振器与两微带线间距离的确定。

介质谐振器的谐振频率不仅取决于自身尺寸, 当置于微带电路腔体中时还受腔体高度和微带基片等的影响。当腔体的高度大于谐振器高度的3倍, 腔体边壁距谐振器大于其直径时, 腔体的影响可不予考虑。

很多文章都分析了介质谐振器与微带线间耦合的计算方法, 其计算公式如下

$$R = 2Z_0 \mathbf{b}(s) \tag{5}$$

$$L = \frac{2Z_0 \mathbf{b}(s)}{\mathbf{w}_r(h) Q_u(h)} \tag{6}$$

$$C = \frac{Q_u(h)}{2Z_0 \mathbf{w}_r(h) \mathbf{b}(s)} \tag{7}$$

式中  $Z_0$  是微带线的特性阻抗,  $\mathbf{b}$  是耦合系数,  $h$  是谐振器上表面到腔体的高度,  $s$  是微带线中心到谐振器的距离。  $\mathbf{w}_r$  是谐振器的谐振角频率。

为了实现电路的整体设计, 本文首先用(High-Frequency-Simulation-System, HFSS), 模拟不同间距微带线与介质谐振器间的S参数, 再用微波设计软件进行整体的模拟和优化。考虑到实际技术指标的要求, 在满

足相位噪声和输出功率的情况下,最后所采用的微带线间的距离为2.69 mm。

## 2 实验结果

振荡器电路制作在duroid5880基片上。器件选用了Alpha公司的单片和介质谐振器。在室温下进行实验,测得结果如下:

起振频率为 $f_0=30$  GHz,在两小时内,频漂在2 MHz内,且功率不小于30 mW。稳定后测得其相位噪声在偏离中心频率100 kHz时为-73 dBc/Hz,而在偏离中心频率1 MHz时,其相位噪声小于-103 dBc/Hz。实验表明模拟结果与实验结果基本相符。

## 3 结束语

本文所研制振荡器具有体积小,重量轻,便于集成,功耗低,输出功率较大,稳定性好,杂散低等优点,对小型毫米波系统的开展具有积极的推动作用。

### 参 考 文 献

- [1] G ü tlich U. Active elements used in microstrip dielectric resonator oscillators[J]. Microwave Journal, 1996, 39(4): 92-96
- [2] Khanna A P S. Design a wide range of quiet DRO circuits[J]. Microwave&RF, 1992, 31(7): 95-98
- [3] Eloch J M. Technique allows simple design of microwave DROs[J]. Microwave&RF, 1995, 34(3): 107-112
- [4] Funabashi M. A V-band AlGaAs/InGaAs heterojunction FET MMIC dielectric resonator oscillator[C]. GaAs IC Symposium 1994. Philadelphia, Pennsylvania: 30-33
- [5] Funabashi M. A 60GHz MMIC stabilized frequency source composed of a 30GHz DRO and a doubler[C]. Orlando, Florida, 1995 IEEE MTT-S Digest: 1995. 71-74
- [6] Hosoya K, Inone T. Systematic evaluation and analysis for 60 GHz dielectric resonators coupled to a microstrip line on a GaAs substrate[J]. IEEE Trans-MTT, 1998, 46(4): 352-358
- [7] 言 华. 微波固态电路[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1995

编 辑 孙晓丹

· 科研成果介绍 ·

### WPKCS11公共安全平台

主研人员:余 堃 谭 良 吴 跃 胡 健 谭兴烈 李 新 罗建超 许 立

WPKCS11公共安全平台系统基于PKCS11V2.0规范,在Windows环境下实现。该系统解决了多线程、多进程、多硬件、内存分配与回收和负载均衡调度等4项关键技术。经用户使用表明,系统稳定可靠、操作简便。达到的技术指标如下:1) 在Windows平台上实现了PKCS11V2.0规定的主要接口功能,支持多线程、多进程;2) 用户登录和Session的用户状态变化多端更符合PKCS11规范;3) 实现了对象的访问控制,日志详尽;4) 支持加密设备的拔插功能,执行安全,且功能效率高。

· 甬 江 ·