

210—270GHz 短毫米波 3 倍频器*

杨玉芬

(中国科学院半导体研究所, 北京)

摘要 本文描述了频率复盖 210—270GHz 的 3 倍频器, 最高的倍频效率为 5.8%, 最大的输出功率发生在输入功率为 30—50mW 的范围内。3 倍频器是由基波输入波导 WR-12、输出波导 WR-4 和两波导之间的同轴低通滤波器组成。

关键词 毫米波; 3 倍频器; 低通滤波器

1. 引言

从 Gunn 和 IMPATT 器件问世以来, 固态源发展很快。目前 Gunn 器件已复盖 3 毫米频段 (80—100GHz), IMPATT 器件已覆盖 2 毫米频段 (130—150GHz)。在更高的 200—500GHz 频段, 还没有固态源可用。虽然理论预计量子阱负阻振荡器可实现亚毫米波振荡, 但输出功率太小, 目前尚无实用的可能。在短毫米波和亚毫米波频段, 只有采用高次倍频法制造实用的固态源。为了解决短毫米波和亚毫米波接收机的本振源问题, 最近几年来高次倍频器发展很快^[1-3], 我们研制了频率覆盖 210—270GHz 的 3 倍频器, 峰值倍频效率为 5.8%。

2. 电路设计

对毫米波 3 倍频器来说, 要想获得比较高的倍频效率, 不仅要有一个电学参数理想的变容管芯, 而且在电路方面还要求管芯处的微波电路对输入、输出频率来说电路阻抗与变容管芯的阻抗共轭匹配。在二次谐波的空间频率上应无功率损耗, 而且在管芯处二次谐波应是短路的。当然在变容管芯处要求在输入和输出频率上阻抗都能匹配是很困难的。因为变容管的阻抗是由一个大的容性部分和一个较小的电阻组成。在我们研制的 3 倍频器中, 使用的变容管芯零偏压电容值为 13fF, 串联电阻为 9.3Ω, 反向击穿电压 12.7V。

3 倍频器的结构是在输入输出两个正交的波导之间设一个同轴型低通滤波器, 在低通滤波器内导体的顶端压上变容管的管芯。在 210—270GHz 频率范围内, 同轴型滤波器各个单元的几何尺寸都非常小, 故滤波器各个单元都没有使用绝缘介质套, 全靠精密加工内外导体的同心度来保证不发生短路现象。在输入波导的上方同轴段部分有一个偏置滤波器, 它是一种简单的径向线式结构。为了保证滤波器内外导体有足够好的同心度和硬度, 在偏置滤波器部分内导体的几何尺寸被加大了。

对处于输入、输出波导间的低通滤波器, 其设计 requirements 是输入的泵功率全部传输到变容管芯上, 并阻止二倍频和三倍频的功率漏入输入波导。这也就是说从变容管处向滤波

* 1988 年 3 月 9 日收到, 同年 8 月修改定稿。

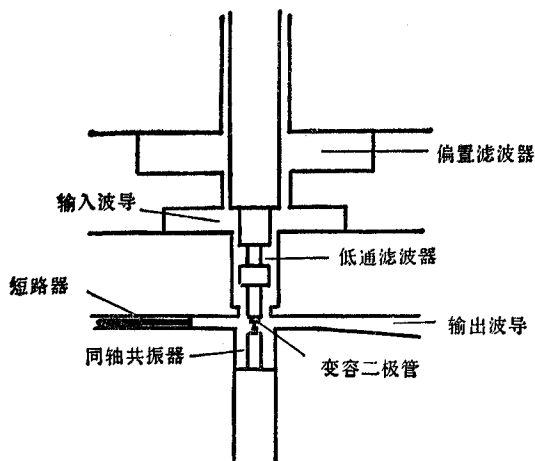


图1 3倍频器的结构示意图

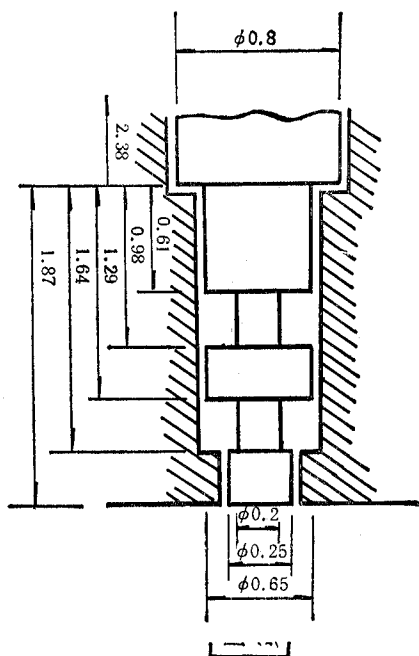


图2 低通滤波器的结构和尺寸

器看去，在输入波导壁处，对二次和三次倍频来说应是短路的。滤波器各节的阻抗为 $Z_{\max} = 70\Omega$ ， $Z_{\min} = 9.9\Omega$ ，五节设计绘出了比较好的传输特性。

为了使基波的泵功率有效地传输给变容二极管，输入波导的阻抗应尽量与滤波器的输入阻抗相匹配。为此把输入波导的高度降到原波导高度的 $1/3$ 。为了使二次谐波完全处于空载状态，要求输出波导的截止频率 f_c 高于输入信号的二次谐波频率，我们采用 WR-4 型波导作为输出波导，它的截止频率为 173GHz。为改善阻抗匹配起见，输出波导的高度减至原高度的 $1/2$ 。从理论上讲，波导高度再减低当然更好，但对 WR-4 波导来说 ($0.47 \times 0.25\text{mm}$) 高度再进一步降低加工太困难。固定在低通滤波器末端的变容管芯应完全处于输出波导的内部。整个 3 倍频器结构示意图如图 1 所示。低通滤波器的结构和尺寸示于图 2。

为了使电路阻抗能与变容管芯阻抗匹配，要求恰当地设计变容管芯下方触丝的参数，并在管芯下部设置一短路同轴段与变容管串联。其长度为输出频率的 $\lambda/2$ ，为输入频率的 $\lambda/6$ ，呈现为感性阻抗。采用这种结构后使变容管芯处的阻抗匹配大为改善。

在实验过程中，调节输入波导的短路器和输出波导的短路器，可使得输出功率达到最大值。改变输入基频的频率时，重复以上的调节过程可在每个频率点使输出功率达到最佳状态。

3. 实验结果

在调节输入频率信号的频率时，同时调节变容管的偏压，使得在每个频率点上输出功率达到最大，变容管的偏置电压在 3—5V 之间，总能调出最佳状态。其偏压值小于击穿

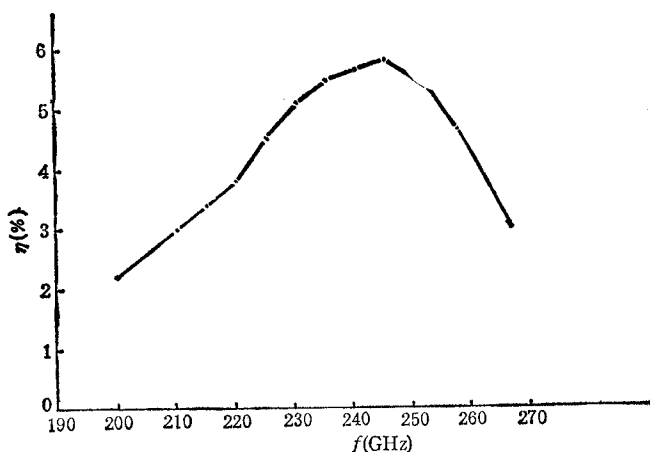


图 3 倍频效率随输出频率的变化

电压的 $\frac{1}{2}$. 倍频效率随输出频率的变化示于图3. 在 250GHz 处峰值倍频效率达到 5.8%, 频率超过 250GHz 后, 倍频效率下降的较快.

4. 结论

我们研制的短毫米波 3 倍频器, 用同轴型滤波器代替 J. W. Archer^[4] 设计的微带线滤波器, 使结构简化, 加工容易, 可靠性提高, 同时获得相当高的倍频效率. 预计采用完全相同的结构, 当输入频率为 150GHz 左右的 2mm 信号时, 3 倍频器的输出频率可高达 450GHz 左右, 它是解决亚毫米波接收机中本地振荡源的一种可行的方法.

参 考 文 献

- [1] J. W. Archer, *IEEE Trans. on MTT*, **MTT-30** (1982), 1247.
- [2] N. R. Erickson, *IEEE Trans. on MTT*, **MTT-29** (1981), 557.
- [3] J. W. Archer, *Rev. Sci. Instr.*, **54** (1983), 1371.
- [4] J. W. Archer, *IEEE Trans. on MTT*, **MTT-32** (1984), 416.

A MILLIMETER WAVE FREQUENCY TRIPLER COVERING 210—270GHz

Yang Yufen

(Institute of Semiconductors, Academia Sinica, Beijing)

Abstract A frequency tripler covering 210—270 GHz frequency band with a peak efficiency of 5.8% is described. The maximum output power occurs at input power of 30—50 mW. The frequency tripler consists of an input waveguide WR-12, an output waveguide WR-4 and a coaxial low pass filter between them.

Key words Millimeter wave; Frequency tripler; Low pass filter