

230 GHz 接收机准光学元件的测试与评价

王士杰

G. A. Ediss, N. J. Keen

(中国科学院上海技术物理研究所)

(联邦德国马普学会射电天文研究所)

亚毫米波的辐射传输和探测包括微波和光学技术。由于这一波段的元件尺寸与辐射波长可相比拟, 因此采用高斯束理论进行计算和分析比较理想。

本文阐述 230 GHz 接收机准光学元件的测试方法, 并对组成系统的各准光学元件进行了评价。

1. 波纹馈源喇叭

波纹馈源喇叭由波纹壁产生的理想边界条件能得到对称的 E 平面和 H 平面的电磁场辐射图形, 并消除了旁瓣, 十分接近高斯模。与一般锥形馈源喇叭相比, 它们的电磁场辐射图形有显著的差别。230 GHz 切割波纹馈源喇叭的 E 平面、 H 平面高斯束腰半径分别为 2.88 mm 和 2.97 mm, 测得的溢出损耗仅 4%; 而锥形馈源喇叭的 E 平面、 H 平面束腰分别为 3.44 mm 和 3.19 mm, E 平面的旁瓣为 9.6 dB。

2. 透镜

为了减小透镜的反射, 在两个表面上均车制槽纹。对焦距为 110 mm、膜孔直径为 75 mm 的 Rexolite 和 Teflon 透镜在 230 GHz 时进行测试, 其损耗前者为 1.14 dB, 后者为 0.63 dB。作者采用逐次逼近法对透镜焦距进行了验证, 其误差在工程设计容许范围内。

由于描绘准光学系统和元件的高斯束方程仅在远场有效, 因此在设计和测试中必需满足远场条件。同时应注意输入束和输出束参量在某些区域的明显的依赖关系。

3. 分束片和双工器

作为弱信号接收, 要求分束片的损耗尽可能低, 并使它的功率反射率和透射率各接近 50%, 以抑制本振噪声。聚合物薄膜和石英薄片的分束片和由它组成的双工器是属于窄带的。190 μm Mylar 薄膜在 230 GHz 时测得的功率反射率为 41.0%, 功率透射率为 54.0%, 损耗为 5.0%; 由它组成的双工器和 Teflon 透镜, 测得的损耗为 1.5 dB。

直径为 20 μm 、间隔为 50 μm 的线栅在 $6\sim 35\text{ cm}^{-1}$ 之间, 其功率透射率和反射率均接近 50%, 损耗为 2.4% 左右。

双工器分束片与反射器的间隔应满足 $\frac{n\lambda_{IF}}{4}$, 这里 λ_{IF} 是中频波长, n 是奇整数, n 应选择得尽可能小, 以减小非交迭损耗。

4. 混频器

调节偏置、分束片和反射器间距离达最佳值, 在 230 GHz 时测试, 室温 GaAs 肖特基势垒混频器单边带变频损耗为 6.34 dB。