

MMW/IR双模共口径集能器研究

田立松 张均 黄广连 姚德森

国防科大电子技术系

〔摘要〕针对红外与毫米波复合末制导中的关键技术—共口径集能器,讨论了多种案,对其中关键性的波束分离镀膜技术和克服相互影响给出了计算及实验结果,并用红外背面赋形方法较好地解决了红外集能器对毫米波口径面场相位的影响。结果表明,在红外具有较好特性时,毫米波透射率在 $35\pm 1\text{GHz}$ 频段内大于87%,相位起伏小于2度

1. 引言

在精确末制导技术中,毫米波与红外(MMW/IR)共口径复合末制导技术是一个重要的发展方向。MMW/IR共口径复合末制导据有战场适应形强,搜索速度快,跟踪精度高,获取信息量大,反隐身和抗干扰能力好,且占用空间比单一制导方式增加不多等优点,目前许多国家都在积极研究实研。毫米波频段为35G或94G两个窗口,红外则一般在3—5或8—14 μm , MMW/IR共口径末制导中的一个关键技术就是毫米波天线与红外反射镜的共口径集能器波束分离技术。

2. 共口径方案概述

当前国内外研究的红外、毫米波共口径方案主要有如图1所示的三种方案, a是红

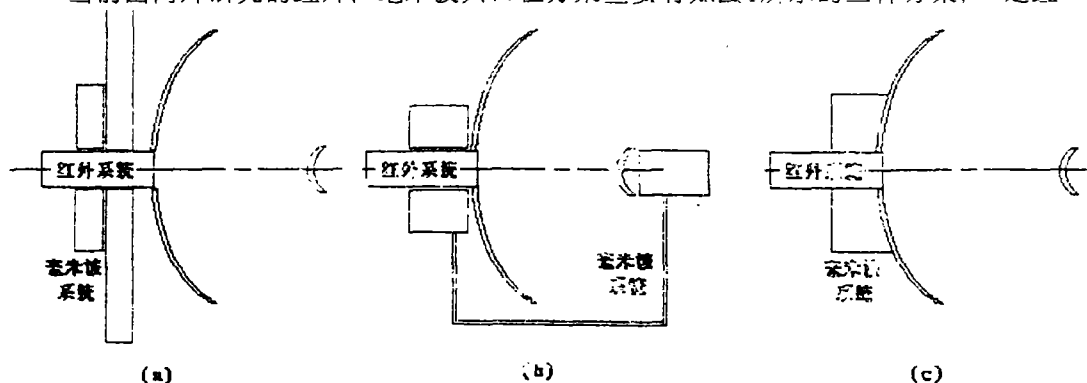


图 1

外用卡塞格伦式,其主反射面由介质制作,毫米波天线采用平面阵;b是红外采用卡塞格伦式,毫米波采用前馈抛物面,主反射面共用,次面为介质制作;c是毫米波采用与红外主反射器共形的贴片阵天线。以上方案中,c显然最为紧凑,但也是最为复杂的方式,红外和毫米波系统不能分开加工、调试,技术难度很大。a和b则可分开

两种系统,技术上较为可行,其中a方式结构较灵活, b方式须将毫米波收发系统小型化。

2、波束分离技术

这些方案中,红外和毫米波波束分离是关键,都需要有对红外高反射、对毫米波高透射的材料,并且要求红外系统和毫米波系统之间相互影响尽量小。方案a中主、次反射面都必需上述材料,且都对毫米波天线波束及阻抗有影响;方案b和c仅次要上述材料。找寻高性能的材料和减小相互影响是提高波束分离效率的关键。

实现这种方法主要是镀膜技术,如图2所示。在对毫米波损耗小的介质基板上镀上对红外高反射的多层薄膜。基板折射率为 N ,镀层为 N_1, N_2 两种材料相间,共度 $2S+1$ 层,奇数层为高折射率,偶数层为低折射率,膜厚皆为四分之一介质波长。将其等效为级联传输线利用A矩阵可分析这种材料对毫米波和红外的透射及反射特性,设计反射膜系。计算表明,毫米波透射率主要决定于基板厚度及其损耗,基板厚度为半波长的整数倍时透射性能好,TE、TM波在入射角 $\leq 30^\circ$ 度时透射率都 $> 80\%$,红外膜层对它影响很小。红外反射率随层数增加而提高,两种膜的红外折射率相差越大反射率越高,但受膜层材料损耗特性影响大,对膜厚也敏感。

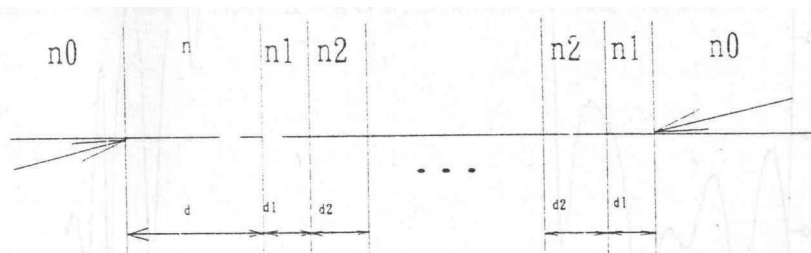


图 2

主、次反射面皆为曲面,介质板实际为曲面板,这对毫米波天线相位及阻抗产生很大影响,为了消除对相位的影响,对主、次反射板的背面进行赋形修正,克服介质板引入的口面场相差不均匀性,采用射线法赋形修正后,仿真计算得入射波在 20° 度内时可将这种相差减小至 2° 度以内。修正后的基板厚度变化很小,当红外采用长焦成像卡塞格伦反射器时,反射面曲率较小,且通常红外口径较之毫米波要小,方案a之主面要向外作平板延伸以克服对毫米波束相位的遮挡不均匀性,此时近似将其等效为离天线阵一定距离的均匀板来分析它对天线阻抗的影响。

3、计算和实验结果

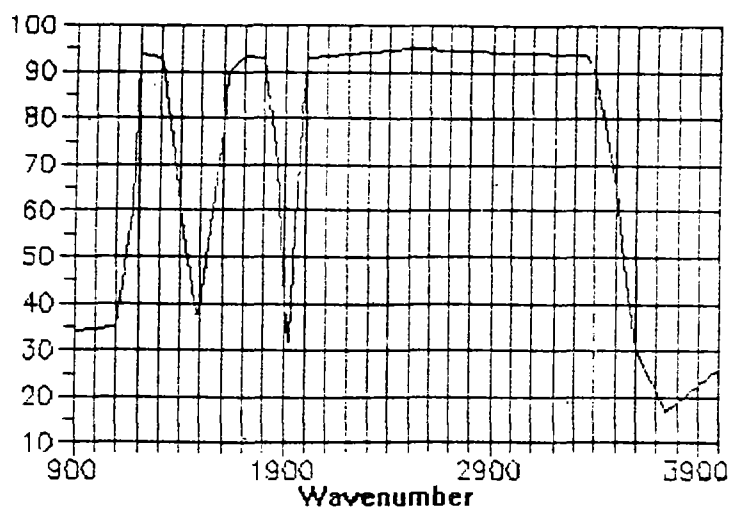


图3 3-5微米基板反射曲线

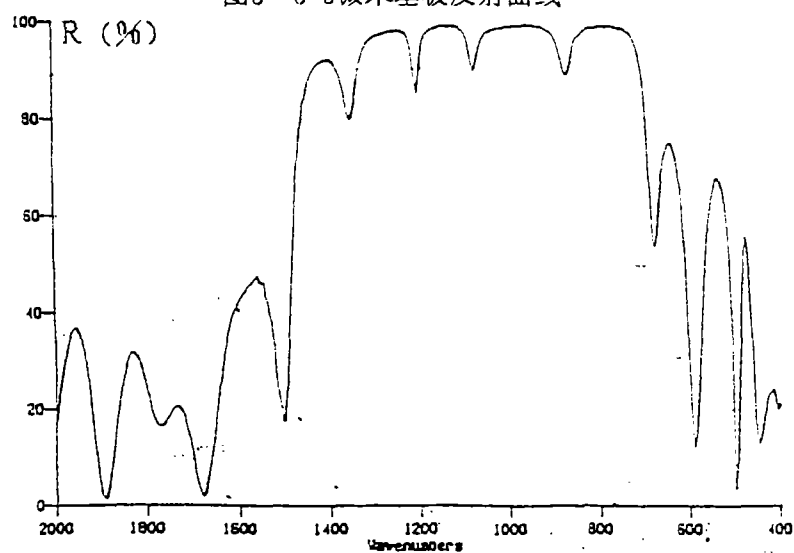


图4 8-14 μm 基板反射曲线

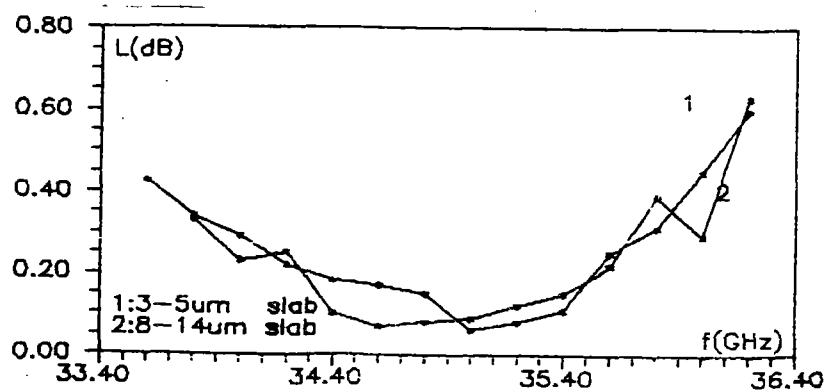


图5 毫米波透射衰减曲线

根据设计在直径为100MM、厚度为8.88MM的石英玻璃基板上蒸镀七层 $N_1=4.1$ 的锗及 $N_2=2.58$ 的硫化锌膜系, 针对8—14 μm 的红外波段, 另一样品镀针对3—5 μm 的七层锗和氧化硅膜系, 实测反射率曲线如图3图4, 除个别点外反射率 $>93\%$, 分析和实验表明

膜材料的损耗及厚度误差使得反射率比计算值略低。35G毫米波频段透过衰减曲线如图5, $35\pm 1\text{G}$ 的频段内衰减 $<0.6\text{dB}$ (相应透射率 $>87\%$), 波束分离效率已达到较高的水平。

虽然在波束分离技术研究中取得了很大进展, 在红外和毫米波共口径复合导引头研究中仍有许多问题在探讨中, 如红外反射板影响下的平板天线阵的设计和馈电及和差网络设计问题, 但可以预见不久的将来MMW/IR共口径复合制导导引头将投入实用。

参考文献

- (1) IR/MMW Dual-mode Common Aperture Optics. SPIE Vol. 819
- (2) Millimeter-Wave Dielectric Properties of Infrared Window Materials. SPIE Vol. 750
- (3) 毫米波/红外复合制导中的共口径集能器研究的研制报告. 国防预研基金报告