文章编号: 1672-2892(2011)03-0296-03

太赫兹波混合器设计

周 逊^a,李赜宇^a,陈洪斌^b,杨存榜^a

(中国工程物理研究院 a.激光聚变研究中心; b.应用电子学研究所, 四川 绵阳 621900)

摘 要:太赫兹波(THz)是频率介于毫米波与红外光之间的辐射。本文设计了一种太赫兹波混 合器,通过透镜将太赫兹波聚焦到 124×124 热释电列阵相机,并对其所生成的图像进行计算机优 化处理,同时,对有无透镜情况下的电场模值分布进行了仿真模拟比较。

关键词:太赫兹波;混合器;仿真;图像处理

Design of THz mixer

ZHOU Xun^a, LI Ze-yu^a, CHEN Hong-bin^b, YANG Cun-bang^a (a.Research Center of Laser Fusion; b.Institute of Applied Electronics, China Academy of Engineering Physics, Mianyang Sichuan 621900, China)

Abstract: THz wave is a kind of radiation whose frequency is between millimeter wave and infrared. This paper presents a THz mixer, which focuses the THz wave to the 124×124 pyroelectric array cameras through lens, and then the generated images are enhanced by means of image processing and analysis. In the end, the comparison of distribution of the electric field modulus with and without lens is presented through simulations.

Key words: terahertz wave; mixer; simulation; image process

太赫兹在生物、材料、通信、雷达等领域有着广泛的应用。其中,太赫兹成像技术发展方兴未艾,具有重大的科学价值和广阔的应用前景^[1-2]。在很多太赫兹成像装置中,需要有较好的辐射特性,使辐射能量能够集中在一个方向上,对于某些辐射源而言,要获得这种特性比较困难,如光电导太赫兹源产生的频谱非常宽,需要超宽频带的天线;返波管振荡器,虽然辐射频率与电压有好的一一对应关系,但是输出模式可能是不同的,这样,仅仅用波导端口进行辐射,不可能得到好的方向性。本文采用波导加透镜的形式,设计出一个辐射器,称为太赫兹波混合器,比较好地解决了太赫兹频率低端的传输和辐射问题。

1 太赫兹波混合器

太赫兹波混合器由1段波导和1个透镜组成,如图1所示。波导采用了3mm标准波导,可以低损耗地传输 太赫兹频率低端的电磁波,包括基模和各种高阶模,太赫兹波传至波导端口进入1个超半球透镜,透镜材料选用 聚乙烯或单晶硅。电磁波在透镜中传播时,可以通过折射而使能量在轴线方向会聚起来,对于不同模式的波亦可 "混合"集聚于轴线方向辐射出去;另一方面,由于透镜材料的相对介电常数为2.3,可以较好地和空气界面相 匹配,减少了反射,提高了辐射效率。







2 物理建模与数值模拟

本文采用 CST 仿真软件平台。首先进行建模,取透镜球的球心为坐标原点,设透镜半径为 R,透镜平面在 z 轴上的切距为 Pos,透镜的相对介电常数为 2.3。采用 BJ-1200 波导(a=2.032,b=1.016)馈电,波导长为 50 mm。应用 CST 进行建模和仿真,图 1 给出了问题的几何模型和仿真时的激励信号波形,激励信号的峰值功率设为 1 W。

当 R=10.48, P_{os}=3.48 时, Z=-10.48 所在平面(即与透镜顶点相切的平面)的电场模值分布情况如图 2(a)所示, 作为对比,图 2(b)给出了相同条件下没有透镜时的分布结果。从图中可以看出,无透镜时的最大电场模值为 825.201 V/m,而有透镜时到达 1 264.59 V/m,增益提高了 3.7 dB。

Clamp to range:(Min: 0/ Max:1259)



Type:E-Field(peak), Monitor:e-field(f=145) [1], Component:Abs, Plane at z:-10.48, Maximum-2d:1264.59 V/m at 0.406357/ -1.07107 / -10.48, Frequency:145,Phase:0 degree

(a) distribution of the electric field modulus with lens when Z=-10.48

Clamp to range:(Min:0/ Max:1259)



Type:E-Field(peak), Monitor:e-field (f=145) [1], Component:Abs,Plane at z:=10.48, Maximum-2d: 825.201 V/m at -1.016 / 2.4944 / -10.48, Frequency:145, Phase:0 degree

(b) distribution of the electric field modulus without lens when Z=-10.48

Fig.2 Comparison of distribution of the electric field modulus with and without lens 图 2 加透镜前后电场模值分布情况的对比

图 3 给出了无透镜和有透镜时远区方向图的模拟结果,可以看出,透镜使主瓣宽度显著变窄,聚焦作用明显。



frequency = 145 GHz, main lobe magnitude = 7.5 dBi, main lobe direction = 151.0°, angular width (3 dB) = 114.2°, side lobe level=-12.5 dB (a) without lens



frequency=145 GHz, main lobe magnitude=12.6 dBi, main lobe direction = 168.0°, angular width (3 dB)= 25.8°, side lobe level =-1.4 dB (b) with lens

Fig.3 Comparison of far zone pattern with and without lens 图 3 加透镜前后远区方向图模拟结果的对比

3 实验研究

本实验由返波管(Backward Wave Tube, BWO)产生 THz 波,采用波导以减少 THz 波输出能量的损失,再配合高密度聚乙烯透镜组成波混合器,使太赫兹波由此向空间辐射。为了测量辐射波的能量分布,采用一个高性能热释电列阵相机(Pyrocam III)作为探测器,相机为 124 × 124 探测列阵元。实验系统如图 4 所示。



Fig.4 Schematic experimental setup 图 4 实验装置原理图

图 5(a)给出波导端口的辐射能量分布(没有加透镜的能量分布),图 5(b)给出增加了透镜的辐射能量分布。



 Fig.5 Radiation energy distribution tested by pyroelectric array camera

 图 5 热释电列阵相机测试的辐射能量分布

4 结论

本文探讨了太赫兹波混合器的设计实现,并对所生成的 THz 光束图像进行了仿真分析,探讨了不同实验条 件下的相应影响;同时,通过计算机图像处理,对其显现的图像进行了重构。

参考文献:

- Pradarutti B,Riehemann S,Notni G, et al. Terahertz imaging for styrofoam inspection[C]// Proceedings of the SPIE,2007. Boston:[s.n.], 2007,6772:67720P-67720P-5.
- [2] Zimdars David, White Jeffrey, Stuk G, et al. Time domain terahertz detection of concealed threats in luggage and personnel[C]// Proceedings of the SPIE, 2006. Boston: [s.n.], 2006, 6212:6212001–6212005.

作者简介:



周逊(1968-),男,成都市人,博士,副研究员,主要研究方向为光电和信息技术. email:zcm_zky@sohu.com. **李赜宇**(1971-),男,重庆丰都县人,博士, 研究员,主要研究方向为毫米波和太赫兹波器件 研究.

陈洪斌(1984-),男,重庆市人,在读硕士研 究生,助理工程师,主要研究方向为图形图像、 信息处理.

杨存榜(1964-),男,四川省射洪市人,博士, 研究员,主要研究方向为信息处理.