

亚毫米波准光可调功率分配器*

丘茹曼 丘秉生

(中山大学电子系, 广东, 广州, 510275)

摘要: 研制了一种由 TPX 介质双直角棱镜构成的可调功率分配器. 用波长为 $337\mu\text{m}$ 的 HCN 激光器作信号源, 测得相对可调功率范围达 14dB; 用作可变衰减器时, 可变衰减量达 13.5dB, 插入损耗约为 4.5dB.

关键词: 功率分配器, 准光元件, 亚毫米波.

引言

可调功率分配器, 又称双棱镜耦合器 (DPC), 它是一种重要的准光元部件^[1]. 在亚毫米波段, 特别是在典型的 890GHz ($\lambda = 337\mu\text{m}$) 波段, 尚未见到报道. 我们用 TPX 介质棱镜组装成可调功率分配器, 并用于亚毫米波介质特性测量系统, 使系统的测量精度有明显的提高, 并改善了双光束干涉图形的干涉比. 由于 TPX 材料在可见光和亚毫米波段的折射率很接近, 因而便于光路的准直调节. 这种准光元件是一双介质棱镜耦合器, 兼有可变衰减器、双工器及可调功率分配器的功能, 并可应用于其它准光测试系统.

1 工作原理及结构

可调功率分配器由间隙为 d 的 TDX 两块介质直角等腰棱镜构成, 其工作原理如图 1 所示. 随着 d 的改变, 棱镜间隙中场强透射系数 T' 和反射系数 R 的计算公式为^[2]

$$T' = \frac{j2C}{(C^2 - 1)\sinh\alpha d + j2C\cosh\alpha d}, \quad (1)$$

$$R = \frac{-(1 + C^2)\sinh\alpha d}{(C^2 - 1)\sinh\alpha d + j2C\cosh\alpha d}; \quad (2)$$

式中 $C = \sqrt{(n^2 \sin^2 \theta - 1) / n^2 \cos^2 \theta}$, $\alpha = \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_0} \sqrt{n^2 \sin^2 \theta - 1}$. n 为介质折射率, ω 为角频率, μ_0 ,

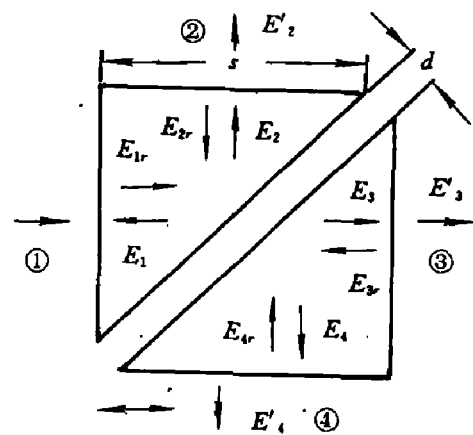


图 1 可调功率分配器工作原理图
Fig. 1 Principle diagram of the variable power divider

本文 1991 年 6 月 25 日收到, 修改稿 1991 年 11 月 4 日收到.

*国家自然科学基金资助项目.

ϵ_0 分别为真空的导磁率及介电常数.

利用信号流图法, 可求得②端和③端的功率透射率为^[2]

$$T_2 = 20 \log \left| \frac{E'_2}{E_0} \right| = 20 \log \left\{ \psi \psi' R e^{-\gamma S} \cdot \frac{[1 - (R^2 - T'^2)] \Gamma^2 e^{-2\gamma S}}{\Delta} \right\}; \quad (3)$$

$$T_3 = 20 \log \left| \frac{E'_3}{E_0} \right| = 20 \log \left\{ \psi \psi' T' e^{-\gamma S} \cdot \frac{[1 - (R^2 - T'^2)] \Gamma^2 e^{-2\gamma S}}{\Delta} \right\}; \quad (4)$$

式中 $\Delta = 1 - 2(R^2 + T'^2) \Gamma^2 e^{-2\gamma S} + (R^2 - T'^2) \Gamma^4 e^{-4\gamma S}$. 其中 γ 为复传输常数, Γ 为空气对介质的反射系数, ψ 和 ψ' 为介质对空气和空气对介质的透射系数.

我们选用 TPX 材料制作棱镜, 当工作波长为 $337 \mu\text{m}$ 时, 其折射率 $n = 1.456$, 损耗角正切为 1×10^{-3} ^[3]. 利用计算机编程, 以棱镜间隙 d 为变量, 我们分别计算了 $S = 35 \text{ mm}$ 和 $S = 21 \text{ mm}$ 时②端和③端功率透射率 T 的曲线 (见图 2). 我们还计算了棱镜间隙的反射系数 R 和透射系数 T' 随 d 而变化的相移特性曲线 (见图 3), 这对某些准光测试系统具有实用的参考价值.

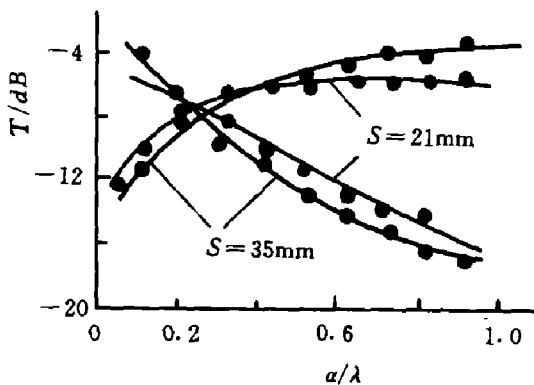


图 2 透射率 T 与棱镜间隙 d 的关系曲线
Fig. 2 Transmissivity T as a function of the gap d of prisms

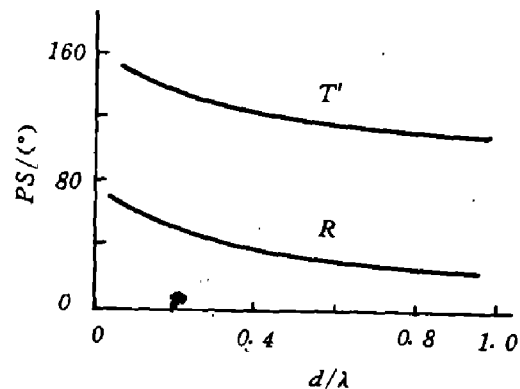


图 3 可调功率分配器的相移特性
Fig. 3 Phase shift characteristic curves of the variable power divider

根据上述原理和计算结果, 我们制作了 2 个可调功率分配器. 直角误差小于 0.2° ; TPX 材料切割后经光学研磨抛光成镜面, 2 组双棱镜的直角棱边长分别为 35 mm 及 21 mm . 1 块棱镜置于铝质固定平台上, 另一块置于活动平台上. 为减少误差, 活动平台用 4 块弹簧片支撑, 并用二级杠杆机械结构减速约 15 倍, 再用螺旋测微计头推动及读数, 使位移平稳可靠. 用千分表检测, 安装移动误差小于 $2 \mu\text{m}$.

2 实验装置

实验装置如图 4 所示.

我们用连续波工作的 HCN 激光器作测试的信号源, 它的工作频率为 890.760 GHz

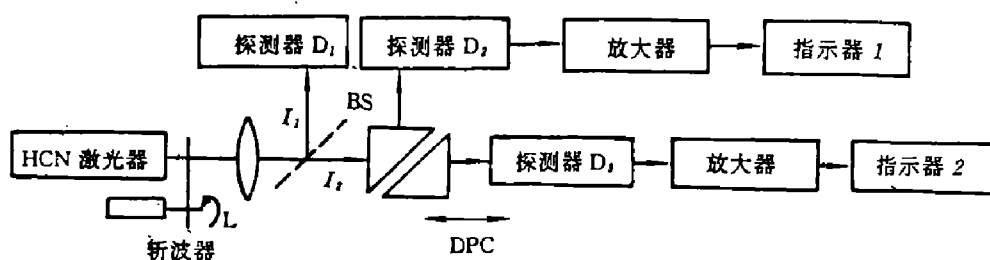


图 4 可调功率分配器实验测试装置

Fig. 4 The set-up for measuring the performances of the variable power divider

($\lambda = 336.6 \mu\text{m}$), 频率稳定度达 2×10^{-7} , 输出功率约为 2.5 mW , 功率稳定度约为 5% ^[4]. 激光信号经分束器 BS 后分成二束, 功率小的一束 I_1 经探测器 D_1 检测及放大后作功率监视用. 功率大的一束 I_2 供测试用. 调节双棱镜间隙 d , 进入探测器 D_2 、 D_3 (均为 GAT-302 型热释电探测器) 的功率将随之改变. 测试结果如图 2 所示.

为了进一步检验该准光元件的性能, 我们将 $S = 35 \text{ mm}$ 的可调功率分配器应用于亚毫米波介质特性自动测试系统, 用厚度为 15.672 mm 的 TPX 作被测样品, 得到的有样品和无样品的双光束干涉曲线如图 5 所示.

实验结果表明, 可调功率分配器的相对功率可调范围达 14 dB . 作可调衰减器用时, 其衰减量达 13.5 dB , 插入损耗约为 4.5 dB . 该元件已应用于 890 GHz 介质特性测量系统, 结果表明, 它可提高系统的测量精度.

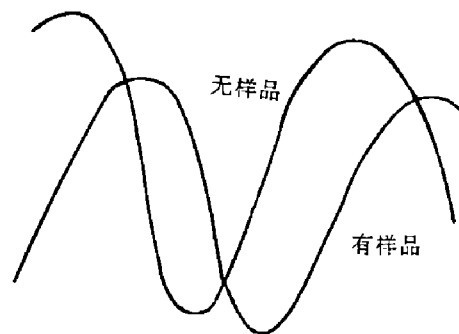


图 5 用可调功率分配器后获得的确定介质折射率的干涉曲线

Fig. 5 The interferogram curves for determining the refractive index by using the variable power divider

参考文献

- 1 Jones C R et al. *Int. J. Infrared and MM Waves*, 1984,5(3),279
- 2 Fellers R G, Taylor J. *IEEE Trans. Microwave Theory and Tech.*, 1964,MTT-12:584
- 3 Goldsmith P G. *Infrared and Millimeter Waves*, Ed. by Button K J, New York, Academic Press, 1982,6:335
- 4 Qiu Bingsheng et al. *Int. J. Infrared and MM Waves*, 1988,9(10):923

SUB-MM WAVE QUASI-OPTICAL VARIABLE POWER DIVIDER*

Qiu Ruman, Qiu Bingsheng

(*Department of Electronics, Zhongshan Univeristy, Guangzhou, Guangdong 510275, China*)

Abstract: One kind of quasi-optical variable power divider consisting of double prisms of TPX material was developed. By using a CW HCN laser with wavelength of $337\ \mu\text{m}$ as the signal source, a variable range of relative power of 14dB was obtained. As a variable attenuator, its insertion loss is 4.5 dB and the amount of variable attenuation is 13.5 dB.

Key words: power divider, quasi-optical component, sub-millimeter wave.

*The project supported by the National Natural Science Foundation of China.