



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115995663 B

(45) 授权公告日 2024.10.11

(21) 申请号 202310116962.2

G02B 6/036 (2006.01)

(22) 申请日 2023.02.15

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115995663 A

孟璐. “基于3D打印的正负曲率空芯太赫兹反谐振波导对比研究”.《中国优秀硕士学位论文全文数据库基础科学辑》.2022,说明书第2-3章.

(43) 申请公布日 2023.04.21

审查员 何丹丹

(73) 专利权人 广东大湾区空天信息研究院

地址 510535 广东省广州市黄埔区开源大道11号B7栋501室

(72) 发明人 衡小波 刘路飞 玄洪文

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

11227

专利代理师 李伟贤

(51) Int. Cl.

H01P 3/10 (2006.01)

G02B 6/02 (2006.01)

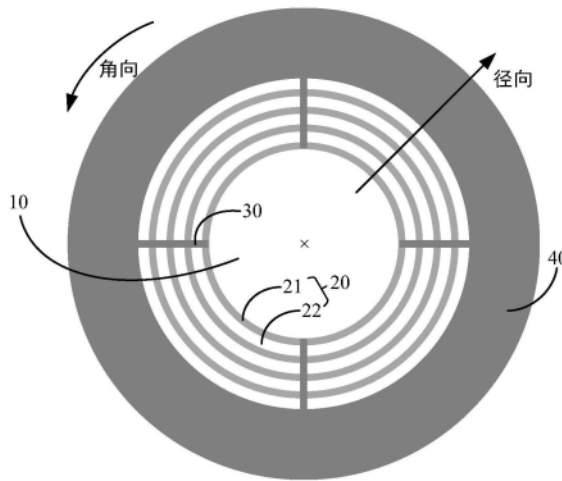
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种少模太赫兹波导

(57) 摘要

本申请公开了一种少模太赫兹波导,其特征在于,包括芯区、反射层、支撑梁和保护层;所述芯区、所述反射层和所述保护层以波导横截面中心为中心,沿着径向向外依次同心分布;所述支撑梁连接固定所述反射层和所述保护层,并以波导横截面中心为中心,沿着角向等间距分布;所述反射层包括从里往外周期性交替设置的第一介质层和第二介质层,所述第一介质层和所述第二介质层的折射率不相等。本申请具有结构简单、易于制备的优点,通过进一步控制所述芯区的半径、所述第一介质层和所述第二介质层的厚度及周期数,可以实现0.22THz频段太赫兹波的少模传导。



1. 一种少模太赫兹波导,其特征在于,包括芯区、反射层、支撑梁和保护层;
所述芯区、所述反射层和所述保护层以波导横截面中心为中心,沿着径向向外依次同心分布;

所述支撑梁连接固定所述反射层和所述保护层,并以波导横截面中心为中心,沿着角向等间距分布;

所述反射层包括从里往外周期性交替设置的第一介质层和第二介质层,所述第一介质层和所述第二介质层的折射率不相等;

所述第一介质层的厚度满足下述方程式:

$$h_1 = \lambda / (\alpha \times n_1)$$

所述第二介质层的厚度满足下述方程式:

$$h_2 = \lambda / (\alpha \times n_2)$$

所述芯区的半径满足下述方程式:

$$r = \beta \times (h_1 + h_2)$$

所述支撑梁的厚度满足下述方程式:

$$h_3 = h_1$$

其中, h_1 为所述第一介质层的厚度, h_2 为所述第二介质层的厚度, h_3 为所述支撑梁的厚度, n_1 为所述第一介质层的折射率, n_2 为所述第二介质层的折射率, λ 为工作波长, α 、 β 分别为预设的第一常系数和第二常系数。

2. 根据权利要求1所述的少模太赫兹波导,其特征在于,所述第一常系数的取值范围为[2,6]。

3. 根据权利要求1所述的少模太赫兹波导,其特征在于,所述第二常系数的取值范围为[5,20]。

4. 根据权利要求1所述的少模太赫兹波导,其特征在于,所述第一介质层和所述第二介质层的周期数的取值范围为[6,20]。

5. 根据权利要求1所述的少模太赫兹波导,其特征在于,所述支撑梁的个数的取值范围为[2,8]。

6. 根据权利要求1所述的少模太赫兹波导,其特征在于,所述第一介质层的折射率高于所述第二介质层的折射率;

所述芯区和所述第二介质层均由空气构成。

7. 根据权利要求1所述的少模太赫兹波导,其特征在于,所述第一介质层、所述支撑梁和所述保护层的材质为吸收损耗率少于预设值的同一种介质。

8. 根据权利要求7所述的少模太赫兹波导,其特征在于,所述第一介质层、所述支撑梁和所述保护层的材质为高密度聚乙烯、低密度聚乙烯、聚四氟乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚碳酸酯、聚甲基戊烯或环烯烃共聚物。

9. 根据权利要求8所述的少模太赫兹波导,所述芯区和所述第二介质层均由空气构成,所述第一介质层、所述支撑梁和所述保护层的材质为环烯烃共聚物,所述第一介质层及所述支撑梁的厚度均为0.223毫米,所述第二介质层的厚度为0.341毫米,所述芯区的半径为5.64毫米,所述第一介质层和所述第二介质层的周期数为10,所述支撑梁的个数为4。

一种少模太赫兹波导

技术领域

[0001] 本申请涉及太赫兹波导技术领域,更具体地说,是涉及一种少模太赫兹波导。

背景技术

[0002] 频率在0.1-10THz范围内的太赫兹 (THz) 波由于其超宽带、非电离性质以及在大多数材料中的深度穿透能力等特性,已经在许多领域发挥重要作用。THz技术的进步和应用价值增加了开发用于有效控制THz波的发射源、探测器、波导和其他组件的需求。由于THz波导对紧凑和鲁棒THz系统的重要性,对THz波导的研究就变得尤为重要。基于以往的光子学经验,光纤型波导设计已成为THz波导的重要研究方向。目前,光纤型THz波导的主要类别包括实心杆光纤、多孔光纤、多孔芯光纤、悬浮芯光纤和空芯光纤。然而,大多数研究都集中在优化THz传输和最小化色散上,并且传导方式以多模传导为主,较少涉及单模传导,而支持少数模式传输的少模太赫兹波导则更是匮乏,这将制约THz技术在许多领域的应用发展。

发明内容

[0003] 有鉴于此,本申请提供了一种少模太赫兹波导,以解决太赫兹波导中少模太赫兹波导匮乏的问题。

[0004] 为实现上述目的,本申请提供了一种少模太赫兹波导,包括芯区、反射层、支撑梁和保护层;

[0005] 所述芯区、所述反射层和所述保护层以波导横截面中心为中心,沿着径向向外依次同心分布;

[0006] 所述支撑梁连接固定所述反射层和所述保护层,并以波导横截面中心为中心,沿着角向等间距分布;

[0007] 所述反射层包括从里往外周期性交替设置的第二介质层和第一介质层,所述第一介质层和所述第二介质层的折射率不相等。

[0008] 优选地,所述第一介质层的厚度满足下述方程式:

$$[0009] \quad h_1 = \lambda / (\alpha \times n_1)$$

[0010] 所述第二介质层的厚度满足下述方程式:

$$[0011] \quad h_2 = \lambda / (\alpha \times n_2)$$

[0012] 所述芯区的半径满足下述方程式:

$$[0013] \quad r = \beta \times (h_1 + h_2)$$

[0014] 所述支撑梁的厚度满足下述方程式:

$$[0015] \quad h_3 = h_1$$

[0016] 其中, h_1 为所述第一介质层的厚度, h_2 为所述第二介质层的厚度, h_3 为所述支撑梁的厚度, n_1 为所述第一介质层的折射率, n_2 为所述第二介质层的折射率, λ 为工作波长, α 、 β 分别为预设的第一常系数和第二常系数。

[0017] 优选地,所述第一常系数的取值范围为[2,6]。

- [0018] 优选地,所述第二常系数的取值范围为[5,20]。
- [0019] 优选地,所述第一介质层和所述第二介质层的周期数的取值范围为[6,20]。
- [0020] 优选地,所述支撑梁的个数的取值范围为[2,8]。
- [0021] 优选地,所述第一介质层的折射率高于所述第二介质层的折射率;所述芯区和所述第二介质层均由空气构成。
- [0022] 优选地,所述第一介质层、所述支撑梁和所述保护层的材质为吸收损耗率少于预设值的同一种介质。
- [0023] 优选地,所述第一介质层、所述支撑梁和所述保护层的材质为高密度聚乙烯、低密度聚乙烯、聚四氟乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚碳酸酯、聚甲基戊烯或环烯烃共聚物。
- [0024] 优选地,所述芯区和所述第二介质层均由空气构成,所述第一介质层、所述支撑梁和所述保护层的材质为环烯烃共聚物,所述第一介质层及所述支撑梁的厚度均为0.223毫米,所述第二介质层的厚度为0.341毫米,所述芯区的半径为5.64毫米,所述第一介质层和所述第二介质层的周期数为10,所述支撑梁的个数为4。
- [0025] 经由上述的技术方案可知,本申请提供的少模太赫兹波导,包括芯区、反射层、支撑梁和保护层。其中,所述芯区、所述反射层和所述保护层以波导横截面中心为中心,沿着径向向外依次同心分布。所述支撑梁连接固定所述反射层和所述保护层,并以波导横截面中心为中心,沿着角向等间距分布。所述反射层包括从里往外周期性交替设置的第一介质层和第二介质层,其中,所述第一介质层和所述第二介质层的折射率不相等,可以实现在径向的周期性折射率调制,形成具有较强局限能力的太赫兹带隙,使得太赫兹波可以在芯区中进行传导。本申请具有结构简单、易于制备的优点,通过进一步控制所述芯区的半径、所述第一介质层和所述第二介质层的厚度及周期数,可以实现0.22THz频段太赫兹波的少模传导。

附图说明

- [0026] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。
- [0027] 图1为本申请实施例公开的少模太赫兹波导的示意图;
- [0028] 图2为本申请实施例公开的少模太赫兹波导中支持的四种模式有效折射率随频率变化的示意图;
- [0029] 图3为本申请实施例公开的少模太赫兹波导中支持的四种模式衰减常数随频率变化的示意图。

具体实施方式

- [0030] 下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0031] 下面介绍本申请实施例提供的少模太赫兹波导。请参阅图1,本申请实施例提供的少模太赫兹波导可以包括芯区10、反射层20、支撑梁30和保护层40。

[0032] 其中,芯区10、反射层20和保护层40以波导横截面中心为中心,沿着径向向外依次同心分布。其中,该波导横截面中心可以理解为图1中圆形区域的中心。

[0033] 支撑梁30连接固定反射层20和保护层40,并以波导横截面中心为中心,沿着角向等间距分布。图1中仅仅示例了支撑梁30的个数为4的情况,实际上,支撑梁30的个数可以是其他情况,如5个或6个等。

[0034] 反射层20包括从里往外周期性交替设置的第一介质层21和第二介质层22,其中,第一介质层21和第二介质层22的折射率不相等。图1中仅仅示例了周期数为4的情况,由各周期的第一介质层21和第二介质层22构成反射层20。反射层20可以实现在径向的周期性折射率调制,形成具有较强局限能力的太赫兹带隙,使得太赫兹波可以在芯区10中进行传导。

[0035] 本申请提供的少模太赫兹波导,包括芯区、反射层、支撑梁和保护层。其中,所述芯区、所述反射层和所述保护层以波导横截面中心为中心,沿着径向向外依次同心分布。所述支撑梁连接固定所述反射层和所述保护层,并以波导横截面中心为中心,沿着角向等间距分布。所述反射层包括从里往外周期性交替设置的第一介质层和第二介质层,其中,所述第一介质层和所述第二介质层的折射率不相等,可以实现在径向的周期性折射率调制,形成具有较强局限能力的太赫兹带隙,使得太赫兹波可以在芯区中进行传导。本申请具有结构简单、易于制备的优点,通过进一步控制所述芯区的半径、所述第一介质层和所述第二介质层的厚度及周期数,可以实现0.22THz频段太赫兹波的少模传导。

[0036] 在本申请的一些实施例中,第一介质层21的厚度 h_1 满足下述方程式:

$$[0037] \quad h_1 = \lambda / (\alpha \times n_1)$$

[0038] 第二介质层22的厚度 h_2 满足下述方程式:

$$[0039] \quad h_2 = \lambda / (\alpha \times n_2)$$

[0040] 芯区10的半径 r 满足下述方程式:

$$[0041] \quad r = \beta \times (h_1 + h_2)$$

[0042] 支撑梁30的厚度 h_3 满足下述方程式:

$$[0043] \quad h_3 = h_1$$

[0044] 其中, n_1 为第一介质层21的折射率, n_2 为第二介质层22的折射率, λ 为工作波长(即待传导的太赫兹波的波长), α 、 β 分别为预设的第一常系数和第二常系数。

[0045] 在本申请的一些实施例中,第一常系数 α 的取值范围可以为[2,6]。

[0046] 在本申请的一些实施例中,第二常系数 β 的取值范围可以为[5,20]。

[0047] 在本申请的一些实施例中,第一介质层21和第二介质层22的周期数的取值范围为[6,20]。

[0048] 在本申请的一些实施例中,支撑梁30的个数的取值范围为[2,8]。

[0049] 在本申请的一些实施例中,第一介质层21的折射率高于第二介质层22的折射率;芯区10和第二介质层22均由空气构成。

[0050] 在本申请的一些实施例中,第一介质层21、支撑梁30和保护层40的材质为吸收损耗率少于预设值的同一种介质。通过选用对太赫兹波吸收损耗较低的材料来构成第一介质层21、支撑梁30和保护层40,可以减少对芯区10内传导的太赫兹波的吸收损耗。

[0051] 在本申请的一些实施例中,第一介质层21、支撑梁30和保护层40的材质为高密度聚乙烯HDPE、低密度聚乙烯LDPE、聚四氟乙烯Teflon、聚甲基丙烯酸甲酯PMMA、聚碳酸酯PC、聚甲基戊烯PMP或环烯烃共聚物TOPAS。

[0052] 在本申请的一些实施例中,提供一种0.22THz频段的少模太赫兹波导,对应于0.22THz太赫兹波的波长 $\lambda=1.364\text{mm}$,芯区10和第二介质层22均由空气构成,那么, $n_2=1$;第一介质层21、支撑梁30和保护层40的材质为环烯烃共聚物TOPAS,那么, $n_1=1.53$;第一常系数 α 取值4,那么,第一介质层21及支撑梁30的厚度均为 $h_3=h_1=\lambda/(\alpha\times n_1)=0.223\text{mm}$;第二常系数 β 取值10,那么,第二介质层22的厚度为 $h_2=\lambda/(\alpha\times n_2)=0.341\text{mm}$,芯区10的半径为 $r=\beta\times(h_1+h_2)=5.64\text{mm}$,第一介质层21和第二介质层22的周期数为10,支撑梁30的个数为4。

[0053] 图2为本发明实施例提供的少模太赫兹波导中支持的四种模式有效折射率随频率变化的示意图。如图2所示,在0.17-0.25THz范围内,该实施例提供的少模太赫兹波导支持 HE_{11} 、 TE_{01} 、 HE_{21} 和 TM_{01} 四种模式。图3为本发明实施例提供的少模太赫兹波导中支持的四种模式衰减常数随频率变化的示意图。如图3所示, HE_{11} 、 HE_{21} 、 TM_{01} 模式的衰减常数在相同频率下依次增加, TE_{01} 模式的衰减常数则在0.184-0.194THz、0.216-0.22THz和0.234-0.242THz范围内最小。

[0054] 综上所述:

[0055] 本申请提供的少模太赫兹波导,包括芯区、反射层、支撑梁和保护层。其中,所述芯区、所述反射层和所述保护层以波导横截面中心为中心,沿着径向向外依次同心分布。所述支撑梁连接固定所述反射层和所述保护层,并以波导横截面中心为中心,沿着角向等间距分布。所述反射层包括从里往外周期性交替设置的第一介质层和第二介质层,其中,所述第一介质层和所述第二介质层的折射率不相等,可以实现在径向的周期性折射率调制,形成具有较强局限能力的太赫兹带隙,使得太赫兹波可以在芯区中进行传导。本申请具有结构简单、易于制备的优点,通过进一步控制所述芯区的半径、所述第一介质层和所述第二介质层的厚度及周期数,可以实现0.22THz频段太赫兹波的少模传导。

[0056] 最后,还需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0057] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间可以根据需要进行组合,且相同相似部分互相参见即可。

[0058] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和和特点相一

致的最宽的范围。

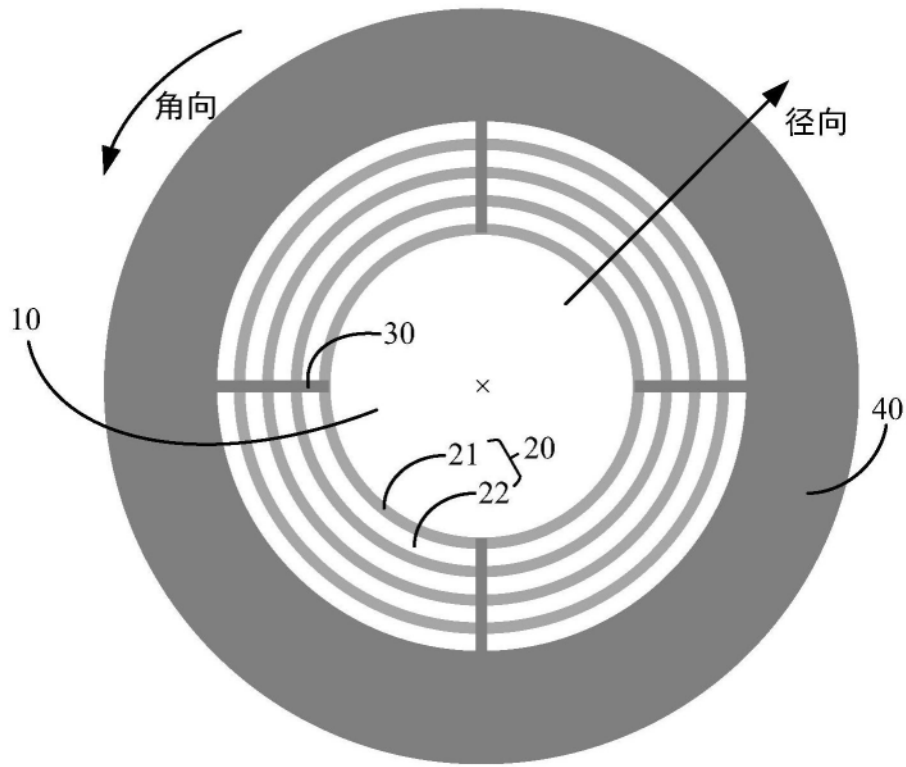


图1

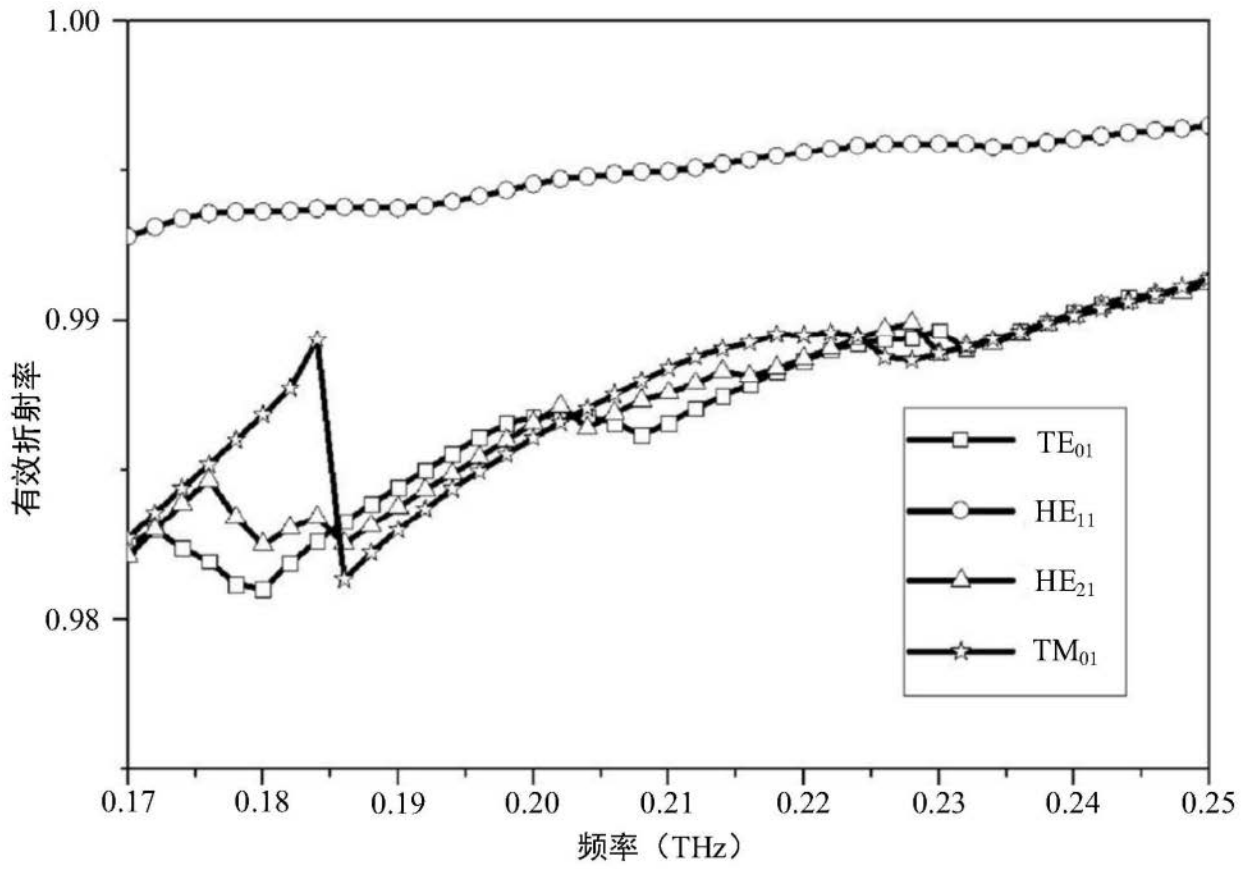


图2

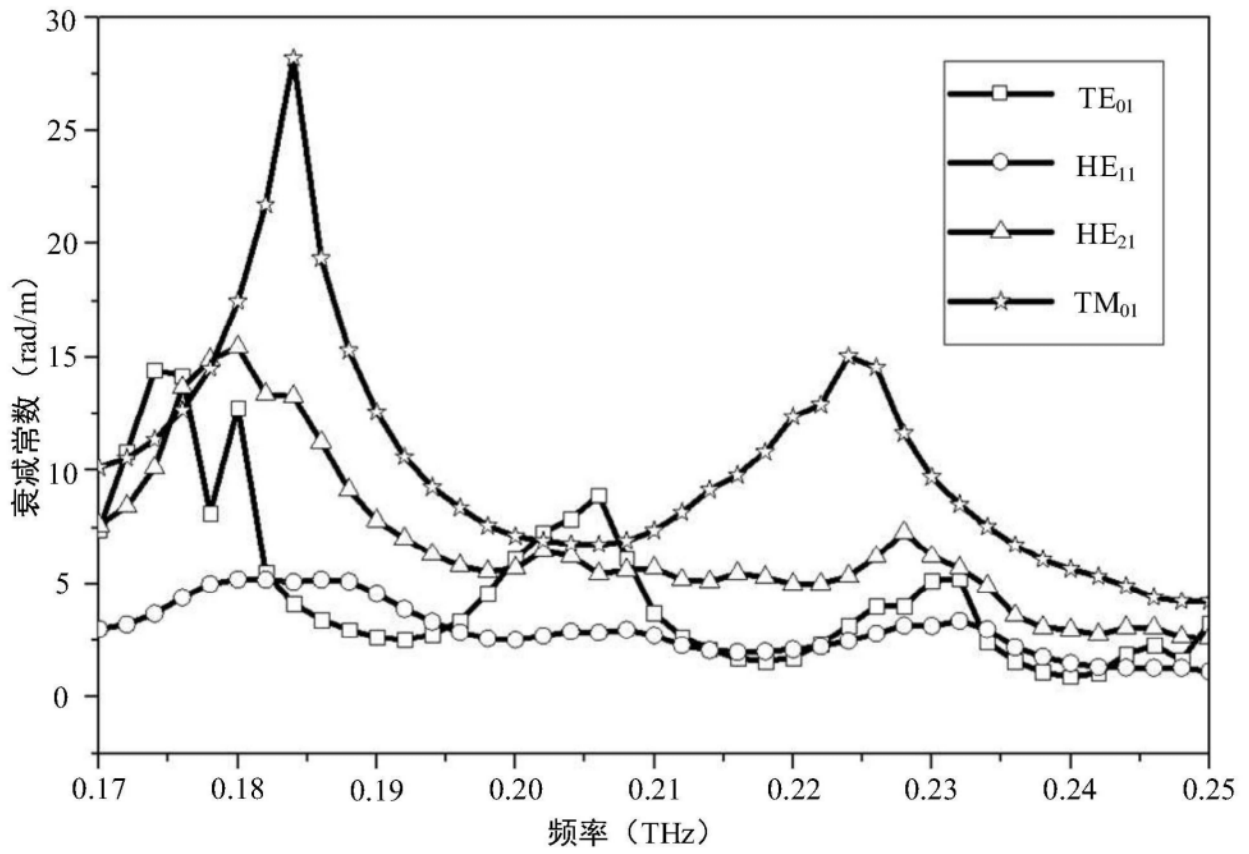


图3