



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103217739 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 24

(21) 申请号 201310139468. 4

(22) 申请日 2013. 04. 22

(71) 申请人 上海理工大学

地址 200093 上海市杨浦区军工路 516 号

(72) 发明人 陈麟 朱亦鸣 徐嘉明 臧小飞

彭滢 蔡斌 徐公杰

(74) 专利代理机构 上海申汇专利代理有限公司

31001

代理人 吴宝根

(51) Int. Cl.

G02B 6/12(2006. 01)

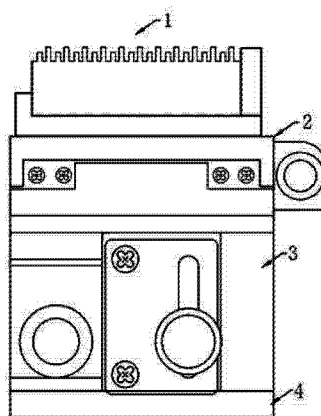
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

## (54) 发明名称

一种复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导及运用方法

## (57) 摘要

本发明涉及一种复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导及运用方法,包括长方体金属块,金属块上面高矮金属柱依次排列,形成数个高矮金属柱对,每对高矮金属柱的柱间距、柱宽、高柱高、矮柱高、柱厚都相同,高矮金属柱对下端的金属块厚度大于高矮金属柱厚。将其放入水平和竖直位移台,置于 TDS 系统中合适的位置,打开太赫兹时域光谱(TDS)系统,调节水平和竖直位移台,调节光斑位置,使之照射到金属光栅波导的中心位置,得到透射电磁波的数据。结构简单,在低阶电磁波模式下,太赫兹波在金属光栅波导表面耦合成表面等离子激(SPP),经过设定几何尺寸的金属光栅波导,重新耦合成电磁波。实现多个密集、对称、等间距、稳定的传输通道。



1. 一种复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导,其特征在于,包括长方体金属块,金属块上面高矮金属柱依次排列,形成数个高矮金属柱对,每对高矮金属柱的柱间距、柱宽、高柱高、矮柱高、柱厚都相同,高矮金属柱对下端的金属块厚度大于高矮金属柱厚。

2. 根据权利要求1所述复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导,其特征在于,所述高矮金属柱间距为 $10 \sim 300 \mu\text{m}$ ,高矮金属柱宽为 $10 \sim 300 \mu\text{m}$ ,高矮金属柱厚为 $0.1 \sim 5 \text{mm}$ ,高柱高度为 $10 \sim 500 \mu\text{m}$ ,矮柱高度为 $0 \sim 500 \mu\text{m}$ ,小于高柱高度。

3. 根据权利要求1所述复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导,其特征在于,所述高矮金属柱对对数在5-300。

4. 根据权利要求1所述复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导,其特征在于,所述长方体金属块材质为铝、铜、银、铁、镍、钛及其合金中的一种。

5. 根据权利要求1所述复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导,其特征在于,所述高矮金属柱对加工方法为:机械加工、化学刻蚀、光学刻蚀及其任意组合。

6. 一种复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导运用方法,包括复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导,其特征在于,将复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导放在水平位移台和垂直位移台上,使高矮柱对按着光路的方向排列,并且水平放置,固定金属光栅波导的两端,两个位移台经样品架4固定在实验平台上,打开太赫兹时域光谱(TDS)系统,实验平台放入到TDS系统中合适的位置,先调节水平和竖直位移台,调节光斑位置,使之照射到金属光栅波导的中心位置,得到透射电磁波的数据。

## 一种复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导及运用方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种信号传输器件光栅波导,特别涉及一种复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导。

### 背景技术

[0002] 太赫兹 (THz) 波是位于微波和远红外线之间的电磁波。近年来,随着超快激光技术的发展,使得太赫兹脉冲的产生有了稳定、可靠的激发光源,从此使得人们能够研究太赫兹。太赫兹在生物医学、安全监测、无损探测、天文学、光谱与成像技术以及信息科学等领域有着广泛的应用。而太赫兹波段的开发和利用离不开太赫兹功能器件,太赫兹波导是太赫兹应用的一种基本的功能器件,也是太赫兹无线通信领域的重要器件,其发展一直备受重视。

[0003] 2003 年,德国学者 A. Christ 在“量子电子学和激光科学”(QELS)会议上报道了一维周期性金属表面存在可以传导的表面等离子激元(SPP)。从而从理论上指出利用金属光栅制作波导的可行性。(Soc. Am. QELS, 1, 2003)。2011 年,浙江大学 Y. G. Ma 等人,率先通过理论和实验方法制备出基于金属光栅分路器和耦合器(Opt. Exp. 19 (22), 21189, 2011)。2012 年,东南大学沈晓鹏等,在太赫兹波段实现了可弯曲式金属光栅波导(Proceedings of the National Academy of USA, 110, (1), 40-45, 2013)。

[0004] 多个通道的波导比起只有一个通道的波导来说,更易于实现波分复用(WDM)。随着太赫兹频段的通讯技术越来越趋于成熟,可以预见在不久的将来,太赫兹波段的通讯会有迅猛地发展。而多个传输通道对于电磁波通讯来说,相当于开通了多个通讯信道。由于光源的频率调节能力有限,所以几个密集、对称、等间距的传输通道能够极大地提高通信系统的性能。但是,以上所引的文章中描述的波导,都只还有一个传输通道,无法产生多个传输通道,使得其在电磁波通讯领域的应用因而受到了限制。

### 发明内容

[0005] 本发明是针对现有的光栅波导只有一个通道的问题,提出了一种复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导及运用方法,其构成仅仅需要一种金属材料,并且使用机械加工或刻蚀的方法,就能在太赫兹范围内可以产生多个传输通道,从而实现波分复用。此外通过改变金属光栅波导的尺寸参数,就能定制特殊频率的传输通道,拓展了金属光栅波导在电磁波通讯领域的应用。

[0006] 本发明的技术方案为:一种复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导,包括长方体金属块,金属块上面高矮金属柱依次排列,形成数个高矮金属柱对,每对高矮金属柱的柱间距、柱宽、高柱高、矮柱高、柱厚都相同,高矮金属柱对下端的金属块厚度大于高矮金属柱厚。

所述高矮金属柱间距为  $10 \sim 300 \mu\text{m}$ ,高矮金属柱宽为  $10 \sim 300 \mu\text{m}$ ,高矮金属柱厚为  $0.1 \sim 5 \text{mm}$ ,高柱高度为  $10 \sim 500 \mu\text{m}$ ,矮柱高度为  $0 \sim 500 \mu\text{m}$ ,小于高柱高度。

[0007] 所述高矮金属柱对对数在 5-300。

[0008] 所述长方体金属块材质为铝、铜、银、铁、镍、钛及其合金中的一种。

[0009] 所述高矮金属柱对加工方法为：机械加工、化学刻蚀、光学刻蚀及其任意组合。

[0010] 一种复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导运用方法，包括复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导，将复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导放在水平位移台和垂直位移台上，使高矮柱对按着光路的方向排列，并且水平放置，固定金属光栅波导的两端，两个位移台经样品架 4 固定在实验平台上，打开太赫兹时域光谱(TDS)系统，实验平台放入到 TDS 系统中合适的位置，先调节水平和垂直位移台，调节光斑位置，使之照射到金属光栅波导的中心位置，得到透射电磁波的数据。

[0011] 本发明的有益效果在于：本发明复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导及运用方法，结构简单，在低阶电磁波模式下，太赫兹波在金属光栅波导表面耦合成表面等离子激(SPP)，经过金属光栅波导几何尺寸的选择，在金属光栅波导的末端重新耦合成电磁波。最终实现多个密集、对称、等间距、稳定的传输通道。拓展了金属光栅波导在电磁波通讯领域的应用。

#### 附图说明

[0012] 图 1 为本发明复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导主视图；

图 2 为本发明复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导左视图；

图 3 为本发明复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导的实验装置图；

图 4 为本发明复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导实例的传输色散效果图。

#### 具体实施方式

[0013] 如图 1、2 所述复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导主视和左视图，一个长方体金属块，金属块上面包含复数个高矮金属柱对，高矮金属柱对依次排列，每对高矮金属柱对的柱间距、柱宽、高柱高、矮柱高、柱厚都相同。高矮金属柱对下端的金属块高度  $h$ ：任意范围，金属块厚度  $l$ ：任意范围，但不能小于  $d$ ，

柱间距  $t$ ：10 ~ 300  $\mu\text{m}$ ，柱宽  $w$ ：10 ~ 300  $\mu\text{m}$ ，柱厚  $d$ ：0.1 ~ 5 mm，高柱高  $h_1$ ：10 ~ 500  $\mu\text{m}$ ，矮柱高  $h_2$ ：0 ~ 500  $\mu\text{m}$  但不超过  $h_1$ 。器件的工作温度是室温，周围的气体氛围为干燥的空气。

[0014] 在本实例中几何尺寸分别为：高矮金属柱对下端的金属块高度  $h$ ：20 mm，金属块厚度  $l$ ：5mm，柱间距  $t$ ：60  $\mu\text{m}$ ，柱宽  $w$ ：65  $\mu\text{m}$ ，柱厚  $d$ ：0.5 mm，高柱高  $h_1$ ：300  $\mu\text{m}$ ，矮柱高  $h_2$ ：150  $\mu\text{m}$ ，同时高矮柱对的个数为 100。

[0015] 先寻找合适的金属块毛坯，金属材质为铝、铜、银、铁、镍、钛及其合金中的一种。长厚高分别不得小于 25 mm, 5 mm, 22 mm。使用机械加工、化学刻蚀、光学刻蚀及其任意组合，在金属块的表面加工出如上尺寸的波导光栅结构。

[0016] 金属光栅波导的数个高矮金属柱对几何尺寸全同且依次排列在金属块的表面。柱对的数量称之为金属光栅波导的周期数。当周期数过小时，金属光栅波导的周期性也较小。由于金属光栅波导周期性不明显，金属光栅波导对特定频率 SPP 传播的选择性也较小，因此无法形成强烈的模式选择，形成的传输通道质量也较差。与之相反，当周期数过大时，过

大的周期数是金属光栅波导的长度显著变长,由于 SPP 在金属与空气表面是以迅衰场的方式传输的,即使是能够稳定传输的特定模式其损耗也非常大,从而影响各个传输通道的透射率。此,必须同时考虑品质因素和透射率,选取合适的周期数。一般周期数设置在在 5-300,在本实施例中,周期数为 100。

[0017] 图 3 为本发明的一种复合周期的三通道太赫兹金属光栅波导的实验装置图。金属光栅波导在水平位移台 2 和垂直位移台 3 上,使高矮柱对按着光路的方向排列,并且水平放置,固定金属光栅波导的两端。两个位移台经样品架 4 固定在实验平台上。

[0018] 打开太赫兹时域光谱(TDS)系统,加工好的金属光栅波导放入到 TDS 系统中合适的位置,先调节水平和竖直位移台,调节光斑位置,使之照射到金属光栅波导的中心位置。就能够得到透射电磁波的数据,经过数据处理能够得到所加工的金属光栅波导的传输色散关系(图 4)。

[0019] 图 4 为本发明的一个实例的传输色散效果图。前 3 阶模式的传输色散效果图,从图中可以看到,频率在 0 ~ 426.78 GHz 内的电磁波在金属光栅波导表面都能得到耦合,但能够稳定传输的模式只有 3 个(不考虑高阶模式)。当传输达到稳态时(对应波矢为正无穷,形成驻波),3 个模式对应的波长分别为 :225.3、327.5 和 429.7 GHz,证明本实例实现多个密集、对称、等间距的传输通道。除 1 阶模外,其他模式都有频率下限,2 阶模和 3 阶模分别为 :182.2 和 334.9 GHz,使其能够在实验中得到区分检验。

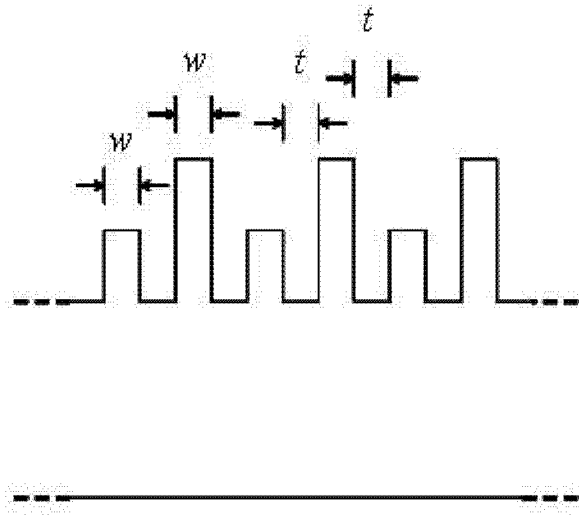


图 1

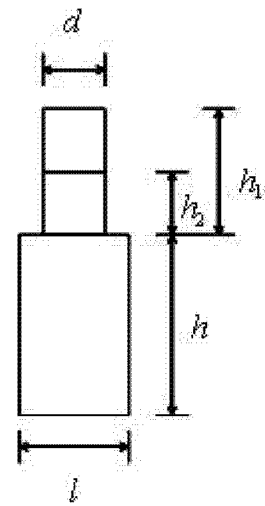


图 2

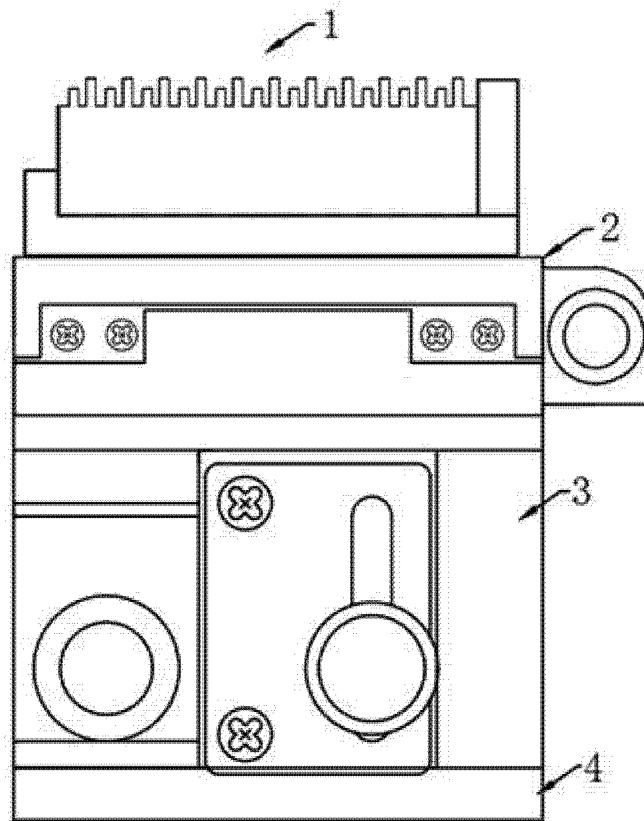


图 3

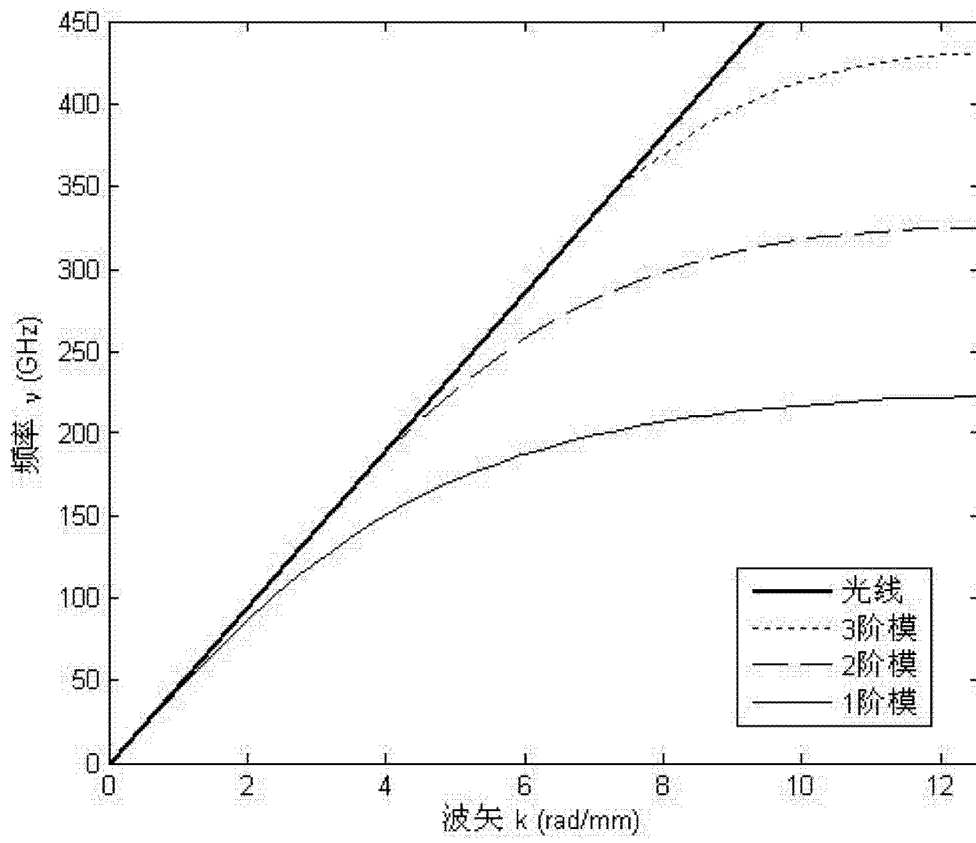


图 4