



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115248469 A

(43) 申请公布日 2022.10.28

(21) 申请号 202210853594.5

(22) 申请日 2022.07.11

(71) 申请人 中国科学院上海技术物理研究所
地址 200083 上海市虹口区玉田路500号

(72) 发明人 孙艳 章晋国 戴宁 文政绩
郝加明

(74) 专利代理机构 上海沪慧律师事务所 31311
专利代理师 郭英

(51) Int. Cl.

G02B 5/22 (2006.01)

G02B 5/20 (2006.01)

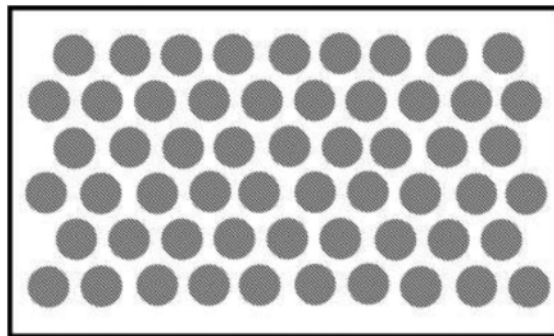
权利要求书1页 说明书2页 附图2页

(54) 发明名称

一种长波红外宽波段吸收结构

(57) 摘要

本发明公开了一种长波红外宽波段吸收结构,所述的长波红外宽波段吸收结构由六角密堆积方式排列的多层半球单元阵列组成,两邻近半球球心之间的距离在 $1-2\ \mu\text{m}$ 之间,所述多层半球单元结构为:在衬底上依次是金属薄膜层、聚合物半球、介质层、金属外层球壳。本发明的优点在于通过选择合适的结构参数该结构可以实现对长波红外大气窗口($8-14\ \mu\text{m}$)的全覆盖,并且达到90%以上的近完美吸收,同时在非大气窗口($5-8\ \mu\text{m}$)吸收率小于35%,实现了波长选择性吸收,有效降低了能量损耗。此外该多层半球壳结构对入射光的角度不敏感,在大角度下(60°)仍保持高吸收率。本发明吸收结构制备工艺简单,价格低廉,可在任意衬底上大面积制备。



1. 一种长波红外宽波段吸收结构,其特征在于:

所述的长波红外宽波段吸收结构由六角密堆积方式排列的多层半球单元阵列组成,两邻近半球球心之间的距离在1-2 μm 之间,所述多层半球单元结构为:在衬底(1)上依次是金属薄膜层(2)、聚合物半球(3)、介质层(4)、金属外层球壳(5)。

2. 如权利要求1所述的长波红外宽波段吸收结构,其特征在于,所述的聚合物半球(3)半径在0.5-1 μm 之间。

3. 如权利要求1所述的长波红外宽波段吸收结构,其特征在于,所述的介质层(4)的材料为Si、Ge、ZnS、YbF₃,介质层厚度在50-500 nm之间。

4. 如权利要求1所述的长波红外宽波段吸收结构,其特征在于,所述的金属薄膜层(2)为Pt、Au、Al、Ag金属,金属薄膜层厚度在50-200 nm。

5. 如权利要求1所述的长波红外宽波段吸收结构,其特征在于,所述的金属外层球壳层(5)为Pt、Au、Al、Ag金属,金属外层球壳厚度在4-20 nm之间。

一种长波红外宽波段吸收结构

技术领域

[0001] 本发明涉及一种针对长波红外的宽波段吸收结构,具体指基于聚合物微球的自主装工艺制备的金属薄膜-聚合物半球-介质层-金属外球壳层的多层半球壳结构。

背景技术

[0002] 长波红外波段宽波段近完美吸收体一直以来都是红外探测器、辐射制冷、红外隐身等领域的重要科研目标。传统多层薄膜堆栈结构以及光陷阱等方案虽然可以实现对长波红外的宽波段吸收,但是对于材料及制备工艺都有一定的要求,并且难以实现波长选择性,带来了不必要的能量损耗。近几年基于表面等离子激元的超吸收结构为该领域的研究提供了一个新的思路,即利用超构材料实现波长选择性宽波段吸收。

[0003] 通常基于超构材料实现选择性吸收的方案有很多,但是由于共振机制较为单一,吸收峰较窄,无法覆盖整个红外大气窗口。为了解决吸收波段过窄的问题,常见的做法是将不同响应波长的共振体系耦合叠加,例如利用多层堆叠的锥型金属结构或不同尺寸MIM方块结构组合构成波长选择性宽波段吸收体。然而这种多结构堆砌的体系非常复杂,需要调节不同的结构参数实现吸收峰的共振叠加。并且制备工艺复杂,需要精密的光刻工艺,难以大面积制备,给实际使用带来了不便。

[0004] 本发明充分利用聚合物微球自组工艺,具有简单制备大面积周期性结构的优势,结合金属薄膜生长工艺,可在任意衬底上组装制备金属薄膜-聚合物半球-介质层-金属外球壳层的多层半球壳结构,从而避开复杂的纳米微加工工艺。本发明的优点是:可大面积的制备,角度不敏感,在长波红外窗口实现波长选择性近完美吸收,且吸收波段可调。

发明内容

[0005] 本发明的主要目的是提供一种大面积,价格低廉,简单可控,波长选择性高吸收,可以在任意衬底上自组装生长的金属薄膜层-聚苯乙烯球-介质层-金属外球壳层的多层半球壳结构。

[0006] 首先在任意衬底上沉积生长金属薄膜,然后在金属薄膜层上自组装聚合物微球单层六角密排阵列,通过氧刻及退火制备半球阵列,然后依次生长介质层及金属球壳,制备金属薄膜层-聚苯乙烯球-介质层-金属外球壳层的多层半球壳结构。本发明所涉及的多层半球壳结构,其结构为:在衬底1上依次是金属薄膜层2,聚合物半球3,介质层4,金属外层球壳。其中:

[0007] 如附图1所示,金属薄膜层2是Pt、Au、Al、Ag等金属。金属薄膜层厚度在50nm以上,以保证在目标波段透过率为零;金属外层球壳厚度在4-20nm 之间。

[0008] 如附图1所示,所述的聚合物半球3由室温下对于0.5-20 μm 波长范围内介质率为1.57-1.62之间的聚合物微球制备而成。所述的聚合物半球(3)半径在 0.5-1 μm 之间,半球阵列以六角密堆积的方式排列,两邻近半球球心之间的距离在1-2 μm 之间,可近似认为是长程有序。半球阵列通过聚合物微球退火得到。

[0009] 如附图1所示,所述的介质层4是在长波红外(8-14 μm)波段透明的介质材料,可为Si、Ge、ZnS、YbF₃。介质层厚度在50-500nm之间。

[0010] 如附图1所示,所述的金属外层球壳6是为Pt、Au、Al、Ag贵金属薄膜层,厚度为4-10nm。

[0011] 本发明的优点在于:可在长波红外大气窗口(8-14 μm)波段达到90%以上,其吸收峰峰位可调,可实现对长波大气窗口的全覆盖。对入射光的偏振特性及入射角度不敏感。工艺简单,价格低廉,可在任意衬底上大面积制备。

附图说明

[0012] 图1为本发明试例多层半球壳结构六角密堆积排列示意图。

[0013] 图2为本发明试例金属多层半球壳单元结构示意图。

[0014] 图3为本发明试例金属多层半球壳结构的吸收谱,中介质层厚度h分别为50nm, 150nm, 500nm。

具体实施方式

[0015] 实施例1

[0016] 在硅衬底上利用电子束蒸发沉积100nm的金薄膜,在该薄膜上通过聚合物微球自组装的方式形成单层六角密排阵列。我们所使用的聚合物微球为 Thermo Scientific公司生产的10wt%的聚苯乙烯(PS)微球水溶液。PS小球直径在2 μm 左右。然后氧刻退火得到理想尺寸的聚苯乙烯半球阵列。然后利用电子束蒸发生长500nm非晶硅,再在最外层利用热电子束蒸发沉积4nm的金薄膜。最终形成如图3所示的反射谱,由于其底层为100nm厚金属薄膜,其厚度超过了红外波段的光穿透距离,可以认为不透光。由吸收谱看出在8-14 μm 波段实现了大于90%的吸收率。

[0017] 实施例2

[0018] 在硅衬底上利用电子束蒸发沉积100nm的金薄膜,在该薄膜上通过聚苯乙烯(PS)球自组装的方式形成单层PS球层。我们所使用的PS球为Thermo Scientific公司生产的10wt%的水溶液。PS小球直径在2 μm 左右。然后氧刻退火得到理想尺寸的聚苯乙烯半球阵列。然后利用电子束蒸发生长200nm非晶硅,再在最外层利用热电子束蒸发沉积4nm的金薄膜。最终形成如图3所示的反射谱,由于其底层为100nm厚金属薄膜,其厚度超过了红外波段的光穿透距离,可以认为不透光。由吸收谱看出在4-7.4 μm 波段实现了大于90%的吸收率。

[0019] 实施例3

[0020] 在硅衬底上利用电子束蒸发沉积100nm的金薄膜,在该薄膜上通过聚苯乙烯(PS)球自组装的方式形成单层PS球层。我们所使用的PS球为Thermo Scientific公司生产的10wt%的水溶液。PS小球直径在2 μm 左右。然后氧刻退火得到理想尺寸的聚苯乙烯半球阵列。然后利用电子束蒸发生长50nm非晶硅,再在最外层利用热电子束蒸发沉积4nm的金薄膜。最终形成如图3所示的反射谱,由于其底层为100nm厚金属薄膜,其厚度超过了红外波段的光穿透距离,可以认为不透光。由吸收谱看出在3.5-6.5 μm 处实现了大于90%的吸收率。

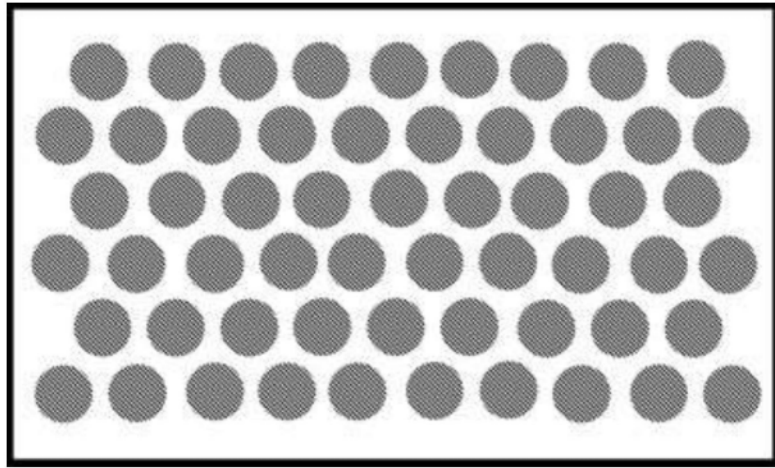


图1

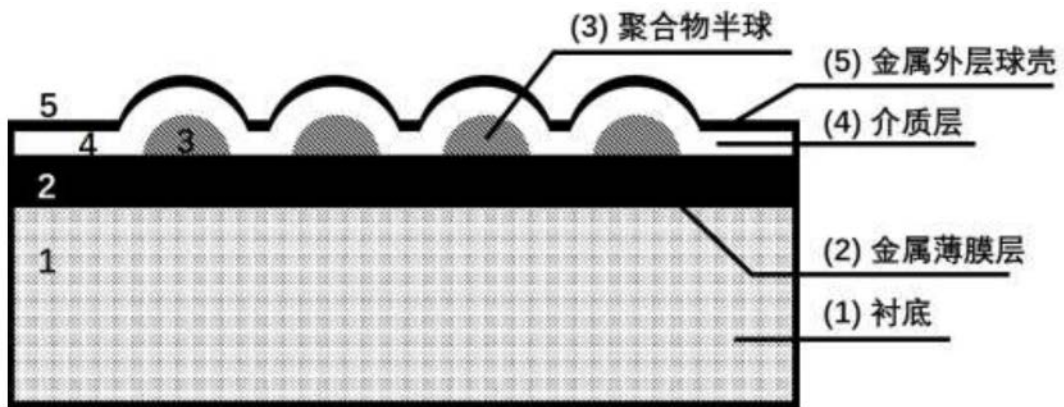


图2

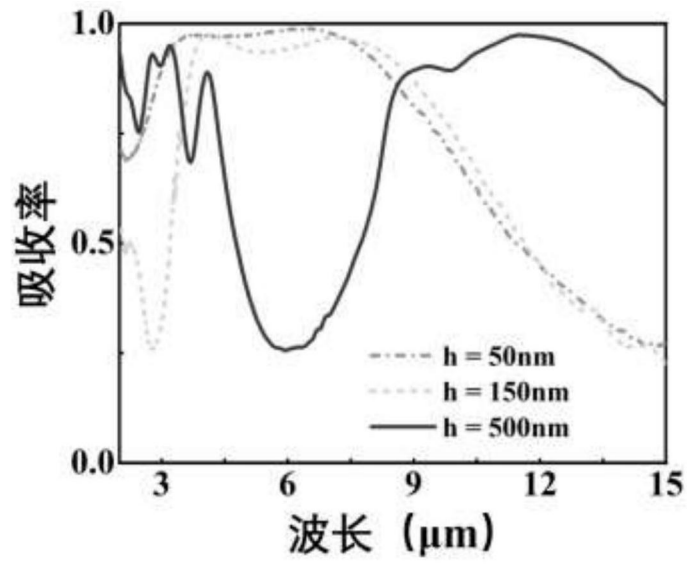


图3