



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109844579 A

(43)申请公布日 2019.06.04

(21)申请号 201780065092.3

(74)专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理
有限责任公司 11258

(22)申请日 2017.10.20

代理人 林强

(30)优先权数据

16306386.0 2016.10.21 EP

(51)Int.Cl.

G02B 5/20(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.04.19

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2017/076835 2017.10.20

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/073407 EN 2018.04.26

(71)申请人 汤姆逊许可公司

地址 法国瑟松塞维涅市

(72)发明人 阿尔乔姆·博里斯金

米特拉·达姆加尼亚

劳伦·布朗德

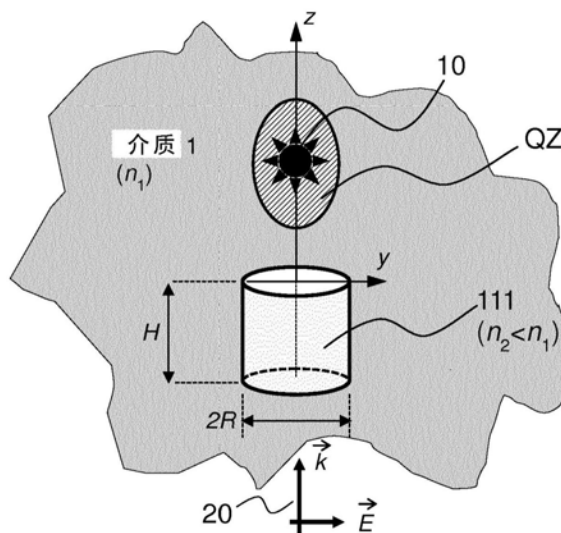
权利要求书2页 说明书14页 附图11页

(54)发明名称

屏蔽至少一个亚波长尺度物体免受入射电磁波的设备和方法

(57)摘要

一种用于屏蔽至少一个亚波长尺度物体(10)免受电磁波(20)的设备,该电磁波(20)入射在所述设备上,所述设备包括至少一层介电材料(介质1),其表面具有形成台阶的至少一个突然的水平变化。至少所述表面的相对于所述台阶下部和侧部与折射指数(n_2)小于所述介电材料的折射指数(n_1)的介质(111)接触。所述至少一个亚波长尺度物体(10)位于电磁场强度小于阈值的静区(QZ)中,所述静区沿着所述电磁波(20)的入射方向在所述台阶附近的所述表面上方延伸。



1. 一种用于屏蔽至少一个亚波长尺度物体(10)免受给定波长的电磁波(20)的设备,该电磁波根据传播方向入射在所述设备上,其中所述至少一个亚波长尺度物体对电磁波敏感,并且其中所述设备包括:

-至少一个介电材料层(112),该至少一个介电材料层的表面具有形成台阶的至少一个突然的水平变化,以及

-折射指数(n_2)小于所述介电材料的折射指数(n_1)的介质,该介质至少与所述表面相对于所述台阶的下部(120)和侧部(121)接触,

并且其中所述至少一个亚波长尺度物体(10)位于所述设备内的静区(QZ)中,所述静区是这样的区域,在该区域中,衍射近场图案内的电磁场强度小于与所述至少一个亚波长尺度物体的电磁灵敏度相关的阈值,并且所述静区沿着与所述入射电磁波(20)的所述传播方向相同的方向在所述台阶附近的所述表面上方延伸。

2. 根据权利要求1所述的用于屏蔽亚波长尺度物体免受电磁波的设备,其中,所述台阶由在所述至少一个介电材料层(112)中制成的至少一个凹槽的边缘形成。

3. 根据权利要求1所述的用于屏蔽亚波长尺度物体免受电磁波的设备,其中,所述台阶由在所述至少一个介电材料层(112)中制成的至少一个腔(111)的边缘形成。

4. 根据权利要求3所述的用于屏蔽亚波长尺度物体免受电磁波的设备,其中,所述静区(QZ)沿着所述电磁波的所述入射方向在所述至少一个腔(111)内部和在所述至少一个腔上方部分地延伸。

5. 根据权利要求3和4中任一项所述的用于屏蔽亚波长尺度物体免受电磁波的设备,其中,所述至少一个腔属于至少一组(141)至少两个腔。

6. 根据权利要求3至5中任一项所述的用于屏蔽亚波长尺度物体免受电磁波的设备,其中,所述至少一个腔的目标是圆柱形或锥形。

7. 根据权利要求3至6中任一项所述的用于屏蔽亚波长尺度物体免受电磁波的设备,其中,所述至少一个腔在所述电磁波的所述入射方向上以及在与所述电磁波的所述入射方向正交的任何方向上的尺寸,在所述介电材料中所述电磁波的波长的一小部分与在所述介电材料中所述电磁波的几个波长之间。

8. 根据权利要求1至7中任一项所述的用于屏蔽亚波长尺度物体免受电磁波的设备,其中,所述设备还包括形成基板的至少一个层(110),所述基板与所述至少一个介电材料层邻接。

9. 根据权利要求8所述的用于屏蔽亚波长尺度物体免受电磁波的设备,其中,所述设备还包括形成覆板的至少一个层(113),所述至少一个介电材料层位于所述基板和所述覆板之间。

10. 根据权利要求9所述的用于屏蔽亚波长尺度物体免受电磁波的设备,其中,所述基板(110)和所述覆板(113)由与所述至少一个介电材料层(112)相同的介电材料制成。

11. 根据权利要求1至10中任一项所述的用于屏蔽亚波长尺度物体免受电磁波的设备,其中,形成所述至少一个介电材料层的所述介电材料属于包括下列项的组:

- 玻璃;
- 塑料;
- 聚合物材料;

-有机或无机光学透明导电氧化物,其中不发生等离子体效应。

12. 根据权利要求8至10中任一项所述的用于屏蔽亚波长尺度物体免受电磁波的设备,其中,所述覆板和/或所述基板材料属于包括下列项的组:

- 玻璃;
- 塑料;
- 聚合物材料;
- 半导体材料;
- 液体;
- 有机或无机光学透明导电材料,其中不发生等离子体效应;
- 气体。

13. 根据权利要求1至12中任一项所述的用于屏蔽亚波长尺度物体免受电磁波的设备,其中,所述亚波长尺度物体(10)属于包括下列项的组:

- 量子点;
- 等离子体粒子;
- 荧光染料;
- 有机元素;
- 纳米结构。

14. 根据权利要求1至13中任一项所述的用于屏蔽亚波长尺度物体的设备,其中,多个电磁波入射在所述设备上,并且与所述设备相关联的所述静区对应于在与电磁波相关联的静区的交叉点处的区域,其中每个所述电磁波与波长相关联。

15. 根据权利要求1至14中任一项所述的用于屏蔽亚波长尺度物体的设备,其中,所述介质是固体或气体或液体。

16. 一种用于屏蔽亚波长尺度物体免受电磁波的方法,其特征在于,所述方法包括:

-制造至少一个介电材料层,该至少一个介电材料层的表面具有形成台阶的至少一个突然的水平变化,

-至少将所述表面相对于所述台阶的下部和侧部放置成与折射指数小于所述介电材料的折射指数的介质接触,

-将至少一个亚波长尺度物体定位在电磁场强度小于阈值的静区中,所述静区沿着所述电磁波的入射方向在所述台阶附近的所述表面上方延伸。

屏蔽至少一个亚波长尺度物体免受入射电磁波的设备和方法

技术领域

[0001] 本公开涉及一种用于屏蔽物体免受电磁波的技术。更确切地说,本公开特别涉及用于屏蔽尺寸小于入射电磁波的波长的物体(也称为亚波长尺度物体)免受这种电磁波的技术。

[0002] 这些技术可用于广泛的领域,例如显示器(电视智能电话、平板电脑)、增强现实(AR)眼镜、数字图像传感器等。

背景技术

[0003] 本部分旨在向读者介绍本领域的各个方面,其可能与下面描述和/或要求保护的本公开的各个方面相关。相信本讨论有助于向读者提供背景信息以便于更好地理解本公开的各个方面。因此,应该理解,这些陈述要从这个角度来阅读,而不是作为现有技术的供认。

[0004] 在光学领域,当今的技术水平使得能够制造具有接近或者甚至小于可见光波长的纳米尺度尺寸的结构元件的高度集成的部件(例如,芯片和光学传感器)(例如,参见H.Mukawa等人发表于《Proceedings of SID》(2009年第17卷第3期第185-193页)中的文章“使用具有反射体积全息图的平面波导的全彩色眼镜显示器(Afull-coloreyewear display using planar waveguides with reflection volume holograms)”,或者S.Nishiwaki等人发表于《Nature Photonics》(2013年第7卷第240-246页)的文章“用于高像素密度图像传感器的高效分色器(Efficient colour splitters for high-pixel density image sensors)”、或者文献US2014/0111677、或H.Hua和B.Javadi发表于《Opt.Express》(2014年第22卷第13484页)的文章“3D积分成像光学透视头戴式显示器(A 3D integral imaging optical see-through head-mounted display)”)。

[0005] 例如,量子点(QD)是纳米级核-壳半导体晶体,通常直径在2nm到20nm之间。它们的光电特性随尺寸、形状和材料成分而变化。特别地,直径范围约5至12nm的量子点可以发射覆盖从蓝色到红色的整个可见光谱的不同颜色的光。市售的量子点通常由硒化镉/硫化锌(CdSe/ZnS)结构制成,其中CdSe形成核并且ZnS壳用作量子点的发光稳定剂。

[0006] QD的一个关键特征是它能够吸收宽电磁谱中的光,同时产生由量子点的参数控制的给定波长的单色光,如C.Dang等人发表于《Nature Nanophotonics》(2012年第7卷第335页)的文章“在胶体量子点薄膜中通过单激子增益实现红色、绿色和蓝色激光发射(Red, green and blue lasing enabled by single-exciton gain in colloidal quantum dot films)”中所描述的。QD精确转换和调谐频谱的能力可用于QD-LCD显示器(用于“量子点-液晶显示器”),从而实现更高能效和更均衡的照明,如C.You等人于专利文献US 2013/0335677A1中所说明的。

[0007] 量子点也可应用于新一代有机发光二极管(OLED)显示器,所谓的QD-LED或QLED显示器,在专利文献US 8,552,416 B2和US 8,508,830 B1中所描述的。QLED的结构类似于OLED技术,其中量子点发光层夹在电子传输有机材料层和空穴传输有机材料层之间。施加的电场使电子和空穴移动到量子点层中,在量子点层中电子和空穴被量子点捕获并重新组

合,从而发射光子。与QD-LCD显示器不同,QLED显示器不需要背光,这使得它们更薄且更轻。与OLED一样,QLED可以使用光学透明材料制造,这使它们可能适用于AR眼镜和透明平板电视屏幕。

[0008] 量子点可以支持大而灵活的显示器,并且不会像OLED一样容易降级,理论上它们是平板电视屏幕、数字照相机和移动设备的理想选择。

[0009] QD显示器是一种新兴的显示技术,其被认为是LCD和OLED显示技术的可能替代品。它将会类似于有机发光二极管(OLED)显示器,因为将会根据需要提供光,从而将实现更加有效的显示器。

[0010] 然而,QD显示器可能出现的潜在问题在于环境光可能会自发激励量子点。这对于透明显示器特别是对于可以暴露于直射阳光的增强现实眼镜尤其重要。为了避免这个问题,能够屏蔽量子点免受来自某个方向的光(例如环境光)(例如,屏蔽量子点免受环境光,同时保持它们被来自确定的光源方向的光激励的能力)将是有帮助的。

[0011] 此外,对入射在量子点上的光的角度选择性过滤的能力将使得能够通过不同的集成光源对QD进行选择性的激励。这对于其操作原理依赖于使用两个或更多个照明源的显示器和发光设备可能是特别感兴趣的。例如,AR眼镜的眼镜显示器可以由发送分解的数字图像的两个(或更多个)微投影仪同时照明。还可应用于平板电视显示器或者非透明显示器,该平板电视显示器的透明屏幕由环境光从后方曝光,该非透明显示器包括至少两个独立的集成光源(例如,用于选择性地照亮各个像素的两个投影仪)。

[0012] 尽管存在许多用例场景,其中量子点上的角度选择性屏蔽或激励将是有益的,但是迄今为止在现有技术中尚未解决该技术问题。

[0013] 如今,用于保护透明显示器免受环境光的常用方法是基于使用智能玻璃,智能玻璃是一种技术玻璃,其在施加电压、光或热时改变光透射性能。通常,玻璃从透明变为半透明,使得能够过滤入射在该玻璃上的一些(或所有)波长。

[0014] 经常用于眼镜中的智能玻璃是光致变色玻璃,其基于通过吸收电磁辐射在两种形式之间的化学物质的可逆转变而在暴露于光时改变其透明度,其中这两种形式具有不同的吸收光谱。

[0015] 这种方法对于动态保护显示器免受环境光是有效的(这里的动态是指可随着外部刺激例如入射光的强度而变化),但是不适合于静态角度选择性地屏蔽一些物体(例如QD)免受入射电磁波。

[0016] 还存在一种用于将物体从电磁波中隐藏的技术,称为超材料隐形,其基于使用超材料来形成不可见性隐形。隐形是指能够重建入射在有限尺寸物体上的电磁波的波前,使得该物体对于观察者是不可见的。基于变换光学的超材料隐形,描述了通过控制电磁辐射来屏蔽物体的过程。隐藏位置中的物体仍然存在,但是在它们周围引导入射波而不受物体本身的影响。例如,W.Cai等人在发表于《Nature Photonics》(2007年第1卷第224-227页)的“超材料光学隐形(Optical cloaking with metamaterials)”中或者在专利文献US 8,488,247 B2中描述了超材料隐形。

[0017] 然而,由于3D超材料(MM)实际实现的困难(即能够实现所谓的负折射的具有特定电磁特性的人造材料),因此该概念的有效性受到限制。实际上,缺乏具有实现隐形现象所必需的负折射指数的天然基体材料,以及实现具有所需电磁特性的人造材料(即超材料)的

某些困难。

[0018] 原则上,超材料可以由复合材料(例如金属或塑料)做成的多个元件的组合制成。材料通常以重复图案布置,其尺度小于它们影响的现象的波长。超材料的特性不是来自基体材料的特性,而是来自它们新设计的结构。它们精确的形状、几何结构、尺寸、取向和布置通过阻挡、吸收、增强或弯曲波而使它们具有能够控制电磁波的智能特性,以实现超越传统材料可能具有的特性的优势。

[0019] 然而,光学超材料的实现是非常具有挑战性的。此外,超材料的电磁特性通常强烈地依赖于入射电磁波的波长,这降低了它们对于需要宽带隐形(wideband cloaking)的应用的吸引力。

[0020] R.Schmied等人在发表于《Opt.Express》(2010年第18卷第23期第24361页)上的“保形地毯和光栅隐形(Conformal carpet and grating cloaks)”中描述了一种基于纯介电结构和变换光学方法创建不可见的隐形的替代方法。然而,这种方法意味着由于光学透明材料的折射指数变化范围有限而导致在光学范围内不可行的折射指数值的显著变化。换句话说,尚未实现可见光谱中的隐形。

[0021] 最后,J.Valentine等人在发表于《Nature Materials》(2009年第8卷第568页)的“由电介质制成的光学隐形(An optical cloak made of dielectrics)”中报道了使用有效介电常数方法产生的介电隐形,这意味着通过产生具有可变尺寸和/或密度的孔来减少基体介电材料的有效指数。该概念需要创建具有良好控制的尺寸/形状和布局的大量孔,这可能与某些技术困难相关联。它只能被实现用于2D平面结构。这种解决方案不能推广用于3D结构。

[0022] 总之,用于屏蔽(隐藏)物体免受电磁场的现有技术解决方案显示出若干缺点,并且对于诸如量子点的单个亚波长尺度元件或者其他类型的纳米尺度物体或较大物体的亚波长尺度部分的角度选择性屏蔽而言似乎不是合适的解决方案。

[0023] 因此,希望提供一种新技术,用于屏蔽亚波长尺度物体或较大物体的亚波长尺度部分免受入射电磁波,特别是用于提供在可见光谱中对这些物体或部分的角度选择性屏蔽,这将不会受到这些缺点的影响。

发明内容

[0024] 说明书中对“一个实施例”、“实施例”、“示例实施例”的引用指示所描述的实施例可以包括特定特征、结构或特性,但是每个实施例可以不必包括特定特征、结构或特性。此外,这些短语不一定是指同一实施例。此外,当结合实施例描述特定特征、结构或特性时,结合其他实施例来实现这种特征、结构或特性在本领域技术人员知识之内,无论这些其他实施例是否被明确描述。

[0025] 本公开提出了一种用于屏蔽至少一个亚波长尺度物体免受电磁波的设备,该电磁波入射在所述设备上。

[0026] 这种设备的显著之处在于它包括:

[0027] -至少一个介电材料层,其表面具有形成台阶的至少一个突然的水平变化,以及

[0028] -折射指数低于所述介电材料的折射指数的介质,该介质至少与所述表面相对于所述台阶的下部和侧部接触。

[0029] 此外,在这种设备内,至少一个亚波长尺度物体位于电磁场强度小于阈值的静区中,所述静区沿着所述电磁波的入射方向在所述台阶附近的所述表面上方延伸。

[0030] 在一个变型中,提出了一种用于屏蔽至少一个亚波长尺度物体免受具有给定波长的电磁波(即单色电磁波)的设备,该电磁波根据传播方向入射在所述设备上。所述至少一个亚波长尺度物体对电磁波敏感,并且所述设备包括:

[0031] -至少一个介电材料层,其表面具有形成台阶的至少一个突然的水平变化,以及

[0032] -折射指数小于所述介电材料的折射指数的介质,该介质至少与所述表面相对于所述台阶下部和侧部接触,

[0033] 并且,所述至少一个亚波长尺度物体位于所述设备内的静区中,所述静区是衍射近场图案内的电磁场强度小于与所述至少一个亚波长尺度物体的电磁灵敏度相关的阈值的区域。静区沿着与入射电磁波的传播方向相同的方向在所述台阶附近的所述表面上方延伸。

[0034] 在一个变型中,至少一个亚波长尺度物体对电磁波敏感,使得它可以被电磁波激励。一旦被激励,至少一个亚波长尺度物体也可以发射另一个电磁波。因此,响应于电磁波的激励,至少一个亚波长尺度物体可以成为发射器。

[0035] 在另一变型中,至少一个亚波长尺度物体对电磁波敏感,使得它可以被降级或改变。

[0036] 根据本公开,亚波长尺度物体可以是具有亚波长尺度(即,光学波长的纳米级尺寸)的物体,或者是较大物体的亚波长尺度部分。例如,这种亚波长尺度物体可以是诸如纳米线或互连线的长薄物体的一部分。它也可以是物体的边缘,其可以产生强烈的不期望的散射和/或背反射。换句话说,贯穿本文使用的术语“亚波长尺度物体”还包括物体的一部分,该部分在至少一个切割平面中具有亚波长尺寸。

[0037] 因此,本发明提供了一种新型设备,用于借助于纯介电微结构对亚波长尺度物体进行角度选择性屏蔽。实际上,与工作原理依赖于基体材料特性的动态变化的智能玻璃不同,这种新型设备使用标准介电材料(如光学透明玻璃、塑料、聚合物等)和与嵌入基体材料中的微观结构元件相关联的衍射现象。

[0038] 实际上,当在光学波长下使用时,这种设备可以在近区(即纳米喷射束)中产生至少一个会聚光束,从而在成像平面中产生至少一个高强度焦斑,该成像平面限定在所述设备的近区中。作为产生纳米喷射束的必然结果,在设备的近区中也出现其中电磁场强度小于阈值的静区。这种设备的使用当然不限于光学波长。

[0039] “静区”的概念在天线理论中是众所周知的,并且通常用于所谓的紧凑型天线测试范围设施和具有零射频信号电平的地理区域。它也用于上述现有技术的超材料隐形技术,其中它被定义为波幅小的区域。如在整个文件中使用的“静区”的概念是通过类比天线理论和电磁学/光学领域中给出的定义得出的,必须被解释为电磁场强度小于阈值的区域,即,电磁场强度足够低以使亚波长尺度物体被认为被屏蔽免受电磁波的区域。因此,阈值的水平可以取决于亚波长尺度物体的类型,以及它应该被屏蔽免受EM波的原因,即取决于潜在应用。例如,这样的阈值可以具有比入射波的场强低10倍的值。

[0040] 本公开利用在基体材料内部产生这样的局部静区,以隐藏一个或几个亚波长尺度的物体免受具有特定波长或特定波长范围的电磁波。

[0041] 更准确地说,表面中突然的水平变化引起入射电磁波的指数阶跃,该阶跃到达介电层中台阶附近的设备。这样的指数阶跃产生复杂的电磁现象,将结合前述公开中的附图更详细地对其进行描述。这种复杂的电磁现象(包括相对于台阶的边缘下部上的入射波的衍射)与台阶的侧部上的衍射波的折射耦合,允许产生会聚束和静区,并因此产生位于近区的成像平面中的不同的场图案,这取决于台阶的特征,并取决于介电材料和覆盖其下表面和侧表面的介质之间的折射指数之比。

[0042] 与台阶的下表面和侧表面接触的介质可以简单地是空气、另一种气体、真空、液体或折射指数小于介电材料的折射指数的任何其他材料。还必须注意的是,台阶的横向部分不一定是垂直的,并且可以相对于介电层表面的法线显示一个角度。而且,它可能不一定是直线段。

[0043] 对介电层的底表面没有限制,其可以是平面的,也可以不是平面。介电层可以尤其是柔性的。

[0044] 如前面更详细描述,静区的位置将尤其取决于电磁波在设备的底表面上的入射角。因此,通过屏蔽物体免受从某个方向入射的电磁波,可以实现亚波长尺度物体的角度选择性屏蔽。

[0045] 与超材料隐形方法相比,根据本公开的设备提供特定的光学功能,即屏蔽(其与超材料不可见隐形不同),其可能对QD显示技术和需要屏蔽亚波长尺度物体免受电磁波的其他光学应用感兴趣。

[0046] 此外,可以根据诸如光刻和纳米压印的标准微制造技术制造这样的设备,从而允许在各种设备中简单且低成本地实现所提出的技术。

[0047] 根据本公开的实施例,所述台阶由在所述至少一个介电材料层中制成的至少一个腔的边缘形成。

[0048] 因此,与介电材料层中的单个台阶相比,腔的所有边缘可有助于在近区中产生场强分布,特别是产生一个或多个静区,在所述静区内亚波长尺度物体可以被隐藏或屏蔽免受入射EM波。取决于腔截面的形状,这种贡献可以组合以产生不同的场图案。

[0049] 根据另一个实施例,所述静区沿着所述电磁波的所述入射方向在所述至少一个腔内部以及在所述至少一个腔上方延伸。

[0050] 因此,由于静区的位置取决于电磁波的入射方向,这种设备实现了物体的角度选择性屏蔽,所述物体可以被隐藏或屏蔽免受来自给定方向的EM(电磁)波而不免受来自另一个方向的EM波。

[0051] 在本公开的特定实施例中,所述至少一个腔属于至少一组至少两个腔。

[0052] 可以将腔布置成腔阵列,或者布置成形成(可能是3D的)特殊图案的非规则布置,以便在近区中产生特定的聚焦光束和对应的静区,或者光束和静区的阵列。可以使用两个或更多个紧密定位的腔的阵列,以便提供对更大区域中的场分布的控制和/或屏蔽亚波长尺度物体免受几个不同入射方向的电磁波。而且,腔阵列可以是平面的(所有腔的所有底面都放置在同一平面)或者不是平面的,并且可以由相同或不同的腔制成。在阵列的情况下,每个腔独立地在其自己的阴影区域中产生静区。

[0053] 根据本公开的实施例,所述至少一个腔的目标是圆柱形或锥形。

[0054] 圆柱形腔在这里和在文件中是指形状是一般化的圆柱体的腔,即通过沿着与

曲线的平面相交的轴投影闭合的二维曲线而形成的表面。换句话说,这种圆柱体不限于真正的圆柱体,而是覆盖任何类型的圆柱体,特别是但不限于,例如长方体或棱柱体。腔也可以具有锥形。其主轴可以与腔底部的表面垂直,或者是倾斜的。由于制造公差,腔也可能具有不完美的形状,并且必须理解,例如,目标为成形为圆柱形的腔,可以在制造过程中变成具有S形截面的锥形腔。

[0055] 更一般地,这种腔形成为具有任意截面的圆柱或圆锥,其可以被调整(优化)以便在xy平面中产生期望的近场图案,即期望的场强分布(通常与入射波传播方向正交)。该图案可以具有一个或多个热点和静区,其具有相同(或不同)场强水平。

[0056] 根据本公开的另一实施例,所述至少一个腔在所述电磁波的所述入射方向上以及在与所述电磁波的所述入射方向正交的任何方向上的尺寸,在所述介电材料中的所述电磁波的波长的一部分和所述介电材料中的所述电磁波的几个波长之间。

[0057] 实际上,水平面(即垂直于入射波的传播方向的平面)中的腔的尺寸与出现或产生的静区的尺寸直接相关。为了屏蔽亚波长尺度物体或物体的一部分,静区的大小必须在腔内的介质中约为一个波长,或者如果在腔后面的阴影区域中出现静区,则静区的大小必须在主体介质中约为一个波长。沿着台阶的静区的长度由台阶的长度限定。在圆柱形腔显示两个相对边缘的情况下,在正交平面中腔的推荐尺寸是大约一到两个波长。如果它明显大于这种尺寸,则可以用两个较小的静区来代替唯一的深静区,每个静区与其自身的台阶指数不连续相关联。

[0058] 在本公开的另一实施例中,台阶由在所述至少一个介电材料层中制成的至少一个凹槽的边缘形成。

[0059] 根据本公开的另一实施例,这种设备还包括形成邻接所述至少一个介电材料层的基板的至少一个层。

[0060] 这种基板可能有助于设备的机械刚性。

[0061] 根据另一实施例,这种设备还包括形成覆板的至少一个层,所述至少一个介电材料层位于所述基板和所述覆板之间。

[0062] 因此,该设备可以采用平面光学透明元件的形式,所述平面光学透明元件包括两个玻璃或塑料板(即基板和覆板),在它们之间嵌入具有空隙或填充的中空微腔的介电材料。覆板当然可以是非平面的,并且例如遵循基板的形状。实际上,当由垂直于基底入射的平面波照射时设备产生的场强分布的图案仅取决于腔截面形状上的腔底角(或台阶角),并且取决于介电材料和填充腔(或相对于台阶覆盖表面的下部)的介质之间的指数比。

[0063] 必须注意的是,对于平面波的倾斜入射,光束的辐射将发生变化,光束和静区的形状在约 $\pm 30^\circ$ 的入射角下保持良好,这取决于腔边缘线的尺寸、底角和曲率。

[0064] 亚波长尺度物体可以位于腔的附近,其阴影区域中,或甚至位于腔内。换句话说,亚波长尺度物体可以集成在介电材料层中,或者位于微腔中,或者部分地位于两者中。

[0065] 根据实施例,所述基板和所述覆板由与所述至少一个介电材料层相同的介电材料制成。

[0066] 根据实施例,形成所述至少一个介电材料层的所述介电材料属于包括以下各项的组:

[0067] -玻璃;

- [0068] -塑料；
- [0069] -聚合物材料，例如PMMA (聚(甲基丙烯酸甲酯)) 或PDMS (聚二甲基硅氧烷)；
- [0070] -有机或无机光学透明导电氧化物，例如氧化铟锡 (ITO) 或掺杂氧化锌 (ZnO)；
- [0071] -陶瓷，其可有利地用于微波范围。
- [0072] 必须注意的是，空气不被认为是根据本公开的设备的候选介电材料。
- [0073] 在所有这些介电材料中，不会发生等离子体效应。
- [0074] 在本公开的一个实施例中，所述至少一个介电材料层是透明导电膜 (TCF)。
- [0075] 因此，这种设备可以使用标准介电材料制造，这种材料易于找到并且便宜。
- [0076] 根据实施例，所述覆板和/或所述基板材料属于包括以下各项的组：
- [0077] -玻璃；
- [0078] -塑料；
- [0079] -聚合物材料；
- [0080] -半导体材料；
- [0081] -有机或无机光学透明导电材料，例如氧化铟锡 (ITO) 或掺杂氧化锌 (ZnO)；
- [0082] -液体；
- [0083] -气体；
- [0084] -凝胶。
- [0085] 因此，在所述覆板和/或所述基板中不会发生等离子体效应。
- [0086] 根据另一实施例，所述亚波长尺度物体属于包括以下各项的组：
- [0087] -量子点；
- [0088] -等离子体粒子；
- [0089] -荧光染料；
- [0090] -有机元素；
- [0091] -纳米结构 (包括例如纳米线和纳米管形式的互连线)。
- [0092] 因此，与入射波相比，这种亚波长尺度物体可以是有源物体，即能够吸收和/或重新发射相同或不同波长的EM辐射的物体；它们也可能是能够散射光的无源物体。实际上，可能需要屏蔽一些无源元件，例如，导致强烈散射和/或背反射的一些金属线或边缘，或者对入射光敏感的一些部件 (例如由石墨烯制成)。
- [0093] 屏蔽等离子体纳米粒子或染料掺杂的聚合物在显示器领域中具有有趣的应用。还可能存在一些医学或研究应用，用于屏蔽有机元素 (例如病毒、细菌或抗体) 免受入射光。在数字光学传感器领域中，通过将纳米线放置在静区中来保护纳米线免受入射光也是有趣的。
- [0094] 本发明还涉及一种屏蔽亚波长尺度物体免受电磁波的方法，所述方法包括：
- [0095] -制造至少一个介电材料层，其表面具有形成台阶的至少一个突然的水平变化，
- [0096] -至少将所述表面相对于所述台阶的下部和侧部放置成与折射指数小于所述介电材料的折射指数的材料接触，
- [0097] -将至少一个亚波长尺度物体定位在电磁场强度小于阈值的静区中，所述静区沿着所述电磁波的入射方向在所述台阶附近的所述表面上方延伸。
- [0098] 应当理解，前面的一般性描述和下面的详细描述都是示例性和说明性的，并不是

对要求保护的本发明的限制。

附图说明

[0099] 参考以下通过示例给出并不限制保护范围的描述和附图,可以更好地理解本公开的实施例,在附图中:

[0100] -图1是说明根据本公开的实施例的由具有台阶的介电层产生的纳米喷射束和静区的形成的示意图;

[0101] -图2示出了根据本公开的实施例的在介电材料层中形成的微腔的拓扑;

[0102] -图3示出了根据本公开的实施例的设备的拓扑,其包括圆柱形微腔和待隐藏或屏蔽的物体;

[0103] -图4a至图4e示出了在xz平面中在不同波长的平面波从下方照射时由具有圆柱形状的图3的腔形成纳米喷射束和静区;

[0104] -图5a至图5e示出了在xy平面中在不同波长的平面从下方照射时由具有圆柱形状的图3的腔形成纳米喷射束和静区;

[0105] -图6a和图6b呈现在图4和图5的不同波长处沿垂直和水平平面的场强分布的线轮廓;

[0106] -图7a和图7b示出了本公开的实施例的复杂电磁现象;

[0107] -图8a至图8c示出了根据本公开的实施例的当由单位振幅平面波从下方照射时由不同高度的圆柱形腔产生的纳米喷射束和静区的近场图;

[0108] -图9a至图9d示出了在XZ平面(顶行)中和在XY平面(底行)中在单位振幅平面波的不同入射角下由中空圆柱形腔产生的纳米喷射束和互补静区;

[0109] -图10提供了根据本公开的实施例的用于实现部件的示意图;

[0110] -图11a至图11f示出了图10的部件的替代实施例的侧视图;

[0111] -图12示出了本公开的具体实施例,根据该实施例,用于屏蔽亚波长尺度物体的部件基于嵌入在主体介质中的相同中空圆柱体腔的 2×2 平面阵列;

[0112] -图13提供了根据本公开实施例的用于制造用于屏蔽亚波长尺度物体的设备的方法的框图。

[0113] 附图中的部件不一定按比例绘制,而是将重点放在示出本发明的原理上。

具体实施方式

[0114] 本发明的一般原理依赖于新的介电微结构的设计,该新的介电微结构可用于屏蔽亚波长尺度物体或较大物体的亚波长尺度部件免受从给定方向入射到微结构上并在给定波长范围内的电磁波。其用途不限于光学波长。介电微结构中的折射指数的台阶产生衍射现象,该衍射现象又与折射和干涉现象耦合,并且允许当介电微结构被平面波照射时产生电磁场强度低于阈值的静区和近区中的会聚的辐射束,这取决于结构的形状和尺寸。

[0115] 通过将亚波长尺度物体放置在静区中,因此可以屏蔽它们免受入射电磁波。在平面(或局部平面)波入射在该设备上的情况下,在近区中形成一个或多个静区和纳米喷射束。可以通过设置台阶的边缘线长度和曲率以及其底角和介电材料的折射指数来控制。

[0116] 这样的一般原理允许设计新的部件,这对于透明QD显示器和其他基于QD的设备而

言是有趣的,其操作需要防止QD受到从给定方向入射在设备上的电磁(EM)波的偶然和不期望的激励,所述电磁波来自太阳或来自环境中可能强烈的任何光。这些部件当然也可以用于屏蔽其他类型的亚波长尺度物体,所述物体是由需要隐藏免受EM波(无论它们的波长如何)的任何材料(例如电介质、金属、半导体、石墨烯)制成的有源物体(例如QD、等离子体粒子、染料)或无源物体(例如纳米线)。

[0117] 这些部件可以应用于显示器(TV、智能电话、平板电脑)和增强现实(AR)眼镜的领域以及诸如数字图像传感器的其他领域。

[0118] 以下讨论主要集中在光学应用上,因此涉及与纳米级结构和波长相关的材料特性和制造方法。然而,所提出的设计概念可以容易地缩放到其他波长范围,其包括微波、毫米波、太赫兹、红外、可见光和紫外线。

[0119] 本公开的发明人已经得出结论,平面电磁波在该表面的突然的水平变化(也称为台阶)附近的介电材料的底表面上的衍射,当发生衍射的表面与折射指数小于介电材料的折射指数的物质(材料或气体)接触时,可以导致形成会聚的光束(所谓的纳米喷射)。每个单独光束的光束数量和形状可以通过台阶尺寸和与台阶的侧表面和下表面相邻的台阶边缘线的形状的变化来控制。在近区中形成EM场强低的一个或多个静区,与纳米喷射束的形成互补地出现。

[0120] 图1至图7允许理解解释根据本公开如何隐藏或屏蔽亚波长尺度物体免受入射EM波的物理现象。

[0121] 图1示出了本公开的实施例,其中在介电层112的表面的水平中发生突然变化,从而在层中形成台阶,该台阶包括水平部或下部120和侧部121(它也可以相对于z轴倾斜)。图1示出了介电层112的侧视图。

[0122] 如图1所示,该设备被沿着z轴的入射波20照射,入射波20来自设备的底部并且垂直于介电层112的底表面。

[0123] 如将结合图7更详细地解释的,组合的干涉和衍射现象引起纳米喷射束55(即在腔外部朝向更密集的介质的锥形形状的聚焦束)以及互补的静区QZ的形成,该静区在台阶区内部和后面具有低场强水平。

[0124] 图2示出了本公开的实施例,根据该实施例,在介电材料层的表面处形成的台阶实际上是在介电材料层112中制成的微腔111的边缘。本公开当然不限于这样的实施例,并且靠近介电材料表面的水平和指数的任何突然变化足以产生将在下文中描述的物理现象。这个台阶确实可以被认为是与波长相比无限大小的腔的边缘。

[0125] 为简单起见,因此在下文中集中于在介电材料层112中形成的微腔111的示例,如图2所示。

[0126] 可以观察到,这种腔是圆柱形的,截面为任意形状。圆柱形腔在这里和整个文件中是指形状是圆柱体的腔,即通过沿着与曲线平面相交的轴来投影闭合的二维曲线而形成的表面。换句话说,这种圆柱体不限于真正圆柱体,而是覆盖任何类型的圆柱体,特别是但不限于,例如长方体或棱柱体。

[0127] 可以观察到,腔浸没在折射指数为 n_1 的主体介质介质1 112中,并且是空的或者填充有折射指数为 n_2 的材料(空气、气体、液体、聚合物材料.....)介质2,使得 $n_2 < n_1$ 。

[0128] 例如,腔具有圆柱体的形式,填充有真空($n_2 \approx 1$)并嵌入示例折射指数 $n_1 = 1.49$

的均匀非色散电介质中。

[0129] 在图3中示出了这样的示例,其中腔111具有圆柱体的形式。为简单起见,假设腔111嵌入无界电介质(均匀、线性、非色散)中。图3给出了一些符号,这些符号将在下文中用于文档中:腔111是直径为 $2R$ 且高度为 H 的圆柱体。平面波20沿 z 轴入射在腔的底部,因此垂直于圆柱体的底表面。静区QZ沿着平面波20的传播方向形成在腔后面,并且基本上沿着 z 轴延伸。它位于腔111附近,甚至可以(尽管在图3中未示出)在腔111内部分地延伸。一个或多个亚波长尺度物体10可以放置在静区QZ中,以便隐藏或屏蔽免受入射的EM波20。

[0130] 例如,为此目的,量子点或等离子体纳米粒子可以嵌入光学透明聚合物的薄膜中,该薄膜填充和/或补仓腔。在有机元素的情况下,它们可以悬浮在填充空腔或形成其覆板的液体层中。

[0131] 图4和图5示出了这种腔111在平面波20照射时形成的静区或阴影区。更准确地说,图4a至图4e各自对应于入射电磁波的不同波长,即 $\lambda_0=450、550、600$ 和 650nm ,并针对嵌入在折射指数 $n_1=1.5$ 的介质中的中空圆柱体($n_2=1, R=360\text{nm}, H=1100\text{nm}$)的情况示出了根据时间平均坡印亭矢量绘制的XZ平面中的近场图。腔由沿 z 轴入射($\theta=0^\circ$)的单位振幅 E_y -偏振平面波从下方照射。位置 $z=0$ 对应于腔111的顶表面。图5a至图5e各自对应于入射电磁波的不同波长,即 $500、550、600$ 和 650nm ,并且针对图3的同一腔示出了根据时间平均坡印亭矢量绘制的XY平面中的近场图。图5a至图5e的切割平面是 $z=500$ 。

[0132] 图6a和图6b分别呈现了在图4和图5的五个不同波长 $\lambda_0=450、500、550、600$ 和 650nm 处沿垂直和水平平面的场强分布的线轮廓。即,图6a示出了沿 z 轴的归一化场强的线轮廓,而图6b示出了在 $z=500\text{nm}$ 处沿 x 轴的归一化场强的线轮廓。在图6a中,散列区表示腔的内部。可以观察到,在给定波长下,可以产生直径约 100nm 的静区,其特征在于场强抑制因子为1000。可以为较低的场抑制水平产生更宽和更稳定(在带宽方面)的区。例如,这种静区可用于例如屏蔽一个或多个QD(或任何其他类型的亚波长尺度物体)免受沿 z 轴传播的EM波。必须理解,静区中场强的可接受衰减范围取决于预见的应用,以及隐藏或屏蔽的物体的大小。然而,为了有效地屏蔽亚波长尺度物体,静区应至少为一个波长宽。

[0133] 纳米喷射束和互补静区QZ的起源可以通过三种电磁现象的组合来解释,这三种电磁现象发生在中空腔的底边缘附近(或更通常,在介电材料的表面中的突然的水平变化附近),即:

[0134] -来自与腔的底部120(或者更通常,与在主体介质中形成的台阶的较低水平的表面)相关联的指数阶梯不连续性的衍射,

[0135] -衍射波在腔的横向边缘121处(或更通常在台阶的侧部)的折射,

[0136] -在腔内泄漏出的波和腔外(或更通常在主体介质中)的入射平面波的干涉,导致纳米喷射束形成,以及

[0137] -在腔内泄漏的波和通过腔传播的波(或更通常在腔内和腔后面的阴影区域中)的干涉,导致静区形成。

[0138] 在图7a和7b中给出了说明这三种现象的示意图(除了先前关于图1描述的内容之外)。如图2和图3所示,假设主体介质是折射指数 $n_1=1.5$ 的光学透明非色散介电材料(例如塑料或玻璃),并且腔填充有真空, $n_2=1$ 。入射平面波从图中的下方到达。

[0139] 图7a和图7b中所示的复杂电磁现象的关键要素如下:

[0140] -入射平面波在与腔底部相关联的电介质-空气边界120处感应出电流(或更通常,当到达主体介质中的折射率的台阶时由其表面中的突然水平变化感应);

[0141] -这些感应电流被认为是惠更斯的次级源50至53;

[0142] -根据衍射理论,由惠更斯源辐射的球面波54导致朝向腔的横向边界121的一些功率泄漏;

[0143] -当穿过横向(垂直)边界时,惠更斯源辐射的波经历折射,导致根据斯涅尔-笛卡尔定律折射波在一定角度上倾斜。

[0144] -在图7b中,可以注意到,在腔外部,波前沿与沿腔基线的不同惠更斯源位置一致,从而产生局部场增强。这些前沿的平面形状证明了产生从腔中传播出的定向光束。

[0145] -最后,在腔外部,折射波与从下方入射的平面波相长干涉56、57,产生纳米喷射束55。

[0146] 因此,纳米喷射束产生由本质上低色散的现象解释,即(i)边缘衍射,(ii)波在两个电介质的界面处的折射,以及(iii)干涉。

[0147] 换句话说,纳米喷射束55是由于如下两个波的干涉而产生的:第一个波完全传播到腔外,保留了入射平面波的方向和相速度,另一个波作为通过与腔的底表面相关联的台阶折射指数不连续性的衍射结果而出现。后一个波更快(由于腔内介质的折射指数较小),因此当它从圆柱体泄漏时,第一波可能产生相长干涉和相消干涉,这取决于与圆柱体底部的距离和折射指数比。

[0148] 所提供的NJ形成现象的描述也可以用于解释在腔内(和后面)形成静区QZ。实际上,腔内部和阴影区域中的静区的形成也可以通过经过腔并穿过腔的两个波之间的干涉来解释,这对于平面波的波前的一部分起到一种“负延迟线”的作用。

[0149] 更确切地说,并且如图1中示意性地所示,由于通过腔的侧边界121在内部泄漏的波与由通过腔传播的惠更斯源50至53产生的次级波之间的相消干涉而产生静区。

[0150] 在纳米喷射NJ束和静区(QZ)形成的情况下分别观察到的相消和相长干涉通过在腔内部和外部传播的EM波的相速度的差异来解释。

[0151] 可能也有助于形成静区的次要影响是从空气-电介质边界反射的EM波的 180° 相位跳跃,其发生在从腔内部入射到垂直边界上的波的情况下。

[0152] 此外,对于在低损耗电介质中产生的腔底部上的平面波的法向入射的情况,纳米喷射束辐射角由斯涅尔定律(Snell law)定义,因此,仅是两个参数的函数:

[0153] (i) 主体介质和腔材料的折射指数之间的比率,以及

[0154] (ii) 棱柱腔的底角。为简单起见,在上文中,仅考虑具有等于 90° 的底角的圆柱形腔,因此具有带有垂直边缘的圆柱形状。

[0155] 如图7b所示,对形成腔外部的折射波的平面波前的主要贡献来自靠近腔的侧边缘121的惠更斯源50-53。因此,向腔外辐射的波的折射角接近于从外部入射到同一边界上的波的临界角(图7a):

[0156] $\theta_1 \approx \theta_{\text{TIR}}$, 其中 $\theta_{\text{TIR}} = \sin^{-1}(n_2/n_1)$ 是临界角。 (1)

[0157] 由于折射波和从下方入射的平面波之间的相长干涉,最终产生纳米喷射束55,纳米喷射束的辐射角(θ_B)由两个波的矢量和定义,如图7a所示。这些考虑使得纳米喷射束的辐射角的近似公式如下:

[0158] $\theta_B \approx (90^\circ - \theta_{\text{TIR}}) / 2$ (2)

[0159] 根据公式(2),在折射指数 $n_1=1.49$ ($\theta_{\text{TIR}}=41.8^\circ$)的主体介质的情况下,纳米喷射束辐射角应为 $\theta_B \sim 24^\circ$,其略大于全波模拟中观察到的。这种差异可以通过定性分析中的一些假设来解释。首先,该分析没有考虑折射波和入射波的振幅差异。其次,没有考虑由位于靠近腔边缘的惠更斯源从外部发射的光线,这些光源经历腔侧边缘上的全内反射。被完全反射后的这些光线也可能有助于纳米喷射束的形成。注意,这两种效应与全内反射现象有关。然而,这两种效应(i)取决于两种介质的折射指数之比,并且(ii)导致纳米喷射辐射角的减小。因此,实际的纳米喷射辐射角可以小于由公式(2)预测的角度。

[0160] 图8a至图8c示出了当单位振幅平面波从下方照射时由不同高度((a) $H=370\text{nm}$, (b) $H=740\text{nm}$, (c) $H=1110\text{nm}$)的圆柱形腔($n_1=1.49, n_2=1, R=370\text{nm}$)产生的纳米喷射束和静区QZ的近场图。可以观察到,纳米喷射现象对于在主体介质中从约一个波长到几个波长变化的腔体尺寸(即 $1/2\lambda_1 < H < 3\lambda_1$)是很明显的。

[0161] 较高的圆柱形空腔(图8c)倾向于产生更宽的静区,这对于隐藏亚波长尺度物体可能更有效。

[0162] 如图8a至8c所示,取决于腔形状和尺寸,纳米喷射束的长度可以在主体介质中从少许波长变化到几个波长。

[0163] 基于图7b的2D射线追踪分析,纳米喷射束形成的主要贡献来自靠近腔侧边缘(或台阶的侧部)的进给。负责形成纳米喷射束的对应的“有效孔径”估计为在腔内介质中约半个波长($1/2\lambda_2$),其将从侧边缘向腔内计数。对于具有任意形状的腔,该孔径沿着与腔截面边界S垂直的线限定(参见图2)。

[0164] 图9a至图9d示出了在XZ平面中单位振幅平面波的不同入射角(即图9a中的 $\theta=0^\circ$,图9b中的 $\theta=10^\circ$,图9c中的 $\theta=10^\circ$ 和图9d中的 $\theta=30^\circ$)下由中空圆柱腔($n_1=1.49, n_2=1, H=740\text{nm}, R=370\text{nm}$)产生的纳米喷射束和静区QZ。

[0165] XY平面中的近场图案的对称性(参见图9a)证明,对于入射波的TE(横向电)和TM(横向磁)偏振,束形状和辐射角几乎保持恒定。

[0166] 此外,在倾斜入射的情况下,在图9中可以观察到,光束辐射角对应于平面波的入射角而变化。对于高达约 θ_B 的入射角,束的形状和场强增强保持几乎恒定。

[0167] 补充地,静区相对于腔的位置随电磁波的入射角而变化。根据必须被屏蔽的亚波长尺度物体的位置,因此可以屏蔽其免受来自某个方向但不来自其他方向的电磁波。因此,本公开允许实现亚波长尺度物体的角度选择性隐藏或屏蔽。

[0168] 图10提供了根据本公开实施例的用于屏蔽亚波长尺度物体的部件的实施方式的示意图。

[0169] 这种设备呈现多层结构,所述结构包括:

[0170] -形成基板的第一层110,其可以例如由玻璃或塑料制成;

[0171] -邻接基板110的介电材料的第二层112;

[0172] -在介电材料层112的顶部上形成覆板113的第三层。覆板可以例如由玻璃或塑料制成。在图11的实施例中,相同的材料用于基板110和覆板113,但这不是强制性的。

[0173] 在介电材料层112中形成任意截面的腔111。图10提供腔111的3D视图,以及部件的侧视图和俯视图。

[0174] 在实施例中,图10的设备是平面光学透明(例如玻璃)板,嵌有定向为与其表面正交的圆柱形微腔。基板110和覆板113都是玻璃板,并且介电材料层112是由诸如PMMA(聚(甲基丙烯酸甲酯))的光学透明聚合物制成的薄膜。

[0175] 图11a至图11f示出了图11的部件的替代实施例的侧视图。

[0176] 在图11a中,部件由单层介电材料112制成。电介质层112的表面水平的突然变化形成台阶,这也引起从底部到达部件的入射波的折射指数的台阶,因为围绕该部件的空气具有比介电材料112低的折射指数。因此,上面关于图1至图7描述的复杂的电磁现象首先通过平面入射波在表面的下部或水平部分120上的衍射,然后通过台阶的侧部121上的衍射波的折射而产生。

[0177] 该部件也可以浸入除空气之外的另一种材料中,例如另一种气体,或者该表面的下部120可以与折射指数小于介电材料112的折射指数的任何其他材料接触。

[0178] 图11b示出了另一个实施例,根据该实施例,该部件包括单层介电材料112,其中形成有作为通孔的腔:腔的高度因此对应于介电层112的厚度。

[0179] 图11c示出了另一个实施例,根据该实施例,该部件包括单层介电材料112,其中形成有腔111,该腔111的高度小于介电材料层112的厚度。腔的高度和其截面都可以任意选择,作为由部件隐藏的亚波长尺度物体的数量和尺寸的函数,以及必须隐藏它们免受的电磁波的入射方向的函数。特别地,腔的顶部不一定对应于介电层112的顶表面。

[0180] 与波长相比腔111具有无限大的尺寸的特定实施例对应于图11a的实施例,台阶对应于腔111的边缘。

[0181] 图11d示出了又一个实施例,根据该实施例,该部件呈现双层结构,即形成基板的第一层110,其顶部放置第二层112的介电材料。在介电材料层112中形成腔111。其中第一层110和第二层112由相同材料制成的特定实施例对应于图11c的实施例。必须注意的是,可以使用两种不同的材料在腔111的任一侧上形成第二层112。例如,第一材料可以用于在腔的右侧形成层112,并且第二材料可以用于在腔111的左侧形成层112。

[0182] 图11e对应于又一个实施例,其中该设备呈现三层结构,如在图10的实施例中。然而,基板110和覆板113不一定必须由相同的材料制成。

[0183] 图11f示出了又一个实施例,其中该部件包括在介电材料层中形成的一组的两个或更多个腔。腔可以以规则的阵列布置,或者根据要生成的束(多个束)以任何数量和任何图案分组。可以在图11b至图11e的任何单层或多层实施例中形成这样的多个腔。

[0184] 图12示出了本公开的特定实施例,根据该实施例,聚焦部件基于嵌入主体介质中的 2×2 中空圆柱体阵列141。图12a示出了这种部件的拓扑,而图12b提供了当部件被沿z轴传播的单位振幅平面波照射时的时间平均功率分布的模拟结果($n_1 = 1.49, L_z = 2\lambda_1, R = \lambda_1, S = 0.5\lambda_1$)。

[0185] 圆柱形状有利于制造过程。特别地,这种圆柱形孔可以通过光刻或另一种现有的平面微制造技术(例如,纳米压印或复制成型)制造。

[0186] 图13提供了根据本公开实施例的用于制造用于屏蔽亚波长尺度物体的设备的方法的框图。

[0187] 如图10所示,这种部件的制造过程可以包括:

[0188] 步骤131:形成可能是多层基板的基板(例如玻璃板110),该基板可能具有已经通

过光刻技术沉积的一些微结构元件；

[0189] 步骤132:在基板110上沉积所需厚度的膜。这种膜可以是具有嵌入的纳米粒子、QD、染料和/或等离子体粒子的聚合物层。可以有各种类型或尺寸的亚波长尺度物体(例如,具有不同工作波长的三种类型的QD)嵌入在膜中,其可以在层中均匀分布,也可以按簇分组。在QD和等离子体粒子的情况下,它们可以嵌入作为传感器或显示器的多层结构的一部分的光学透明聚合物的薄膜中。QD可以分组为与显示器或传感器的各个像素相关联的簇;

[0190] 步骤133:沉积塑料、玻璃(SiO_2)或其他介电材料的层112;

[0191] 步骤134:使用任何现有的微制造技术在该膜112中产生腔111。例如,它们可以通过压花或成型来产生。它们还可以通过光刻或激光或电子束写入在介电基板112上沉积的光致抗蚀剂层中产生(例如,使用掩模的UV/DUV光刻或直接写入无掩模激光蚀刻)。

[0192] 步骤135:最后,用诸如另一玻璃板113的另一保护或功能层(例如,偏振滤光器)覆盖该结构。

[0193] 因此,与现有的类似物不同,这种部件可以使用现有的平面制造技术(例如,光刻和纳米压印)制造,这归功于其简单的拓扑和具有所需折射指数的介电材料的可用性。

[0194] 在本公开的另一实施例中,用于屏蔽至少一个亚波长尺度物体的设备包括在显示设备(例如如同文献US2016223739中描述的量子点显示设备)中以便保护(或遮蔽)量子点免受外部电磁波(例如,由于房间内的照明而产生)。这些量子点通过使用背光单元(例如OLED面板,或LED矩阵背光或CCFL(冷阴极荧光灯)背光,或文献US2015243096、US9389424或US2015268415中提到的一组光纤扫描单元)来激励,并且不受外部电磁波的干扰。

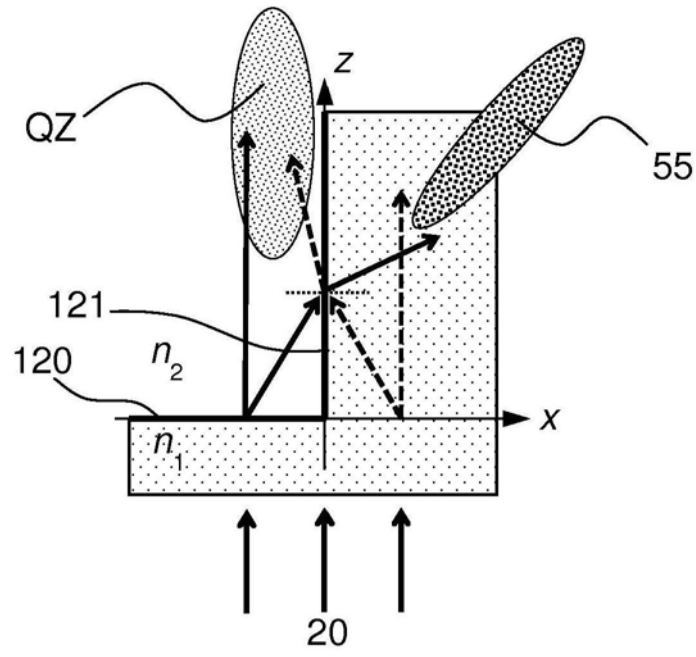


图1

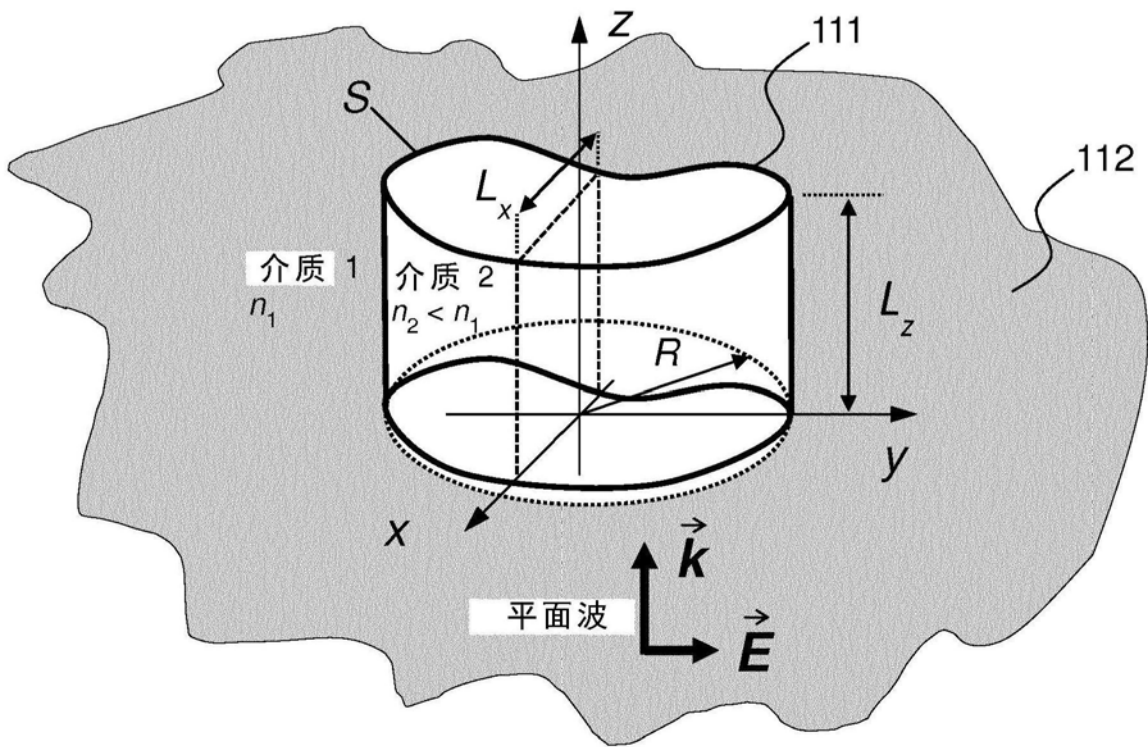


图2

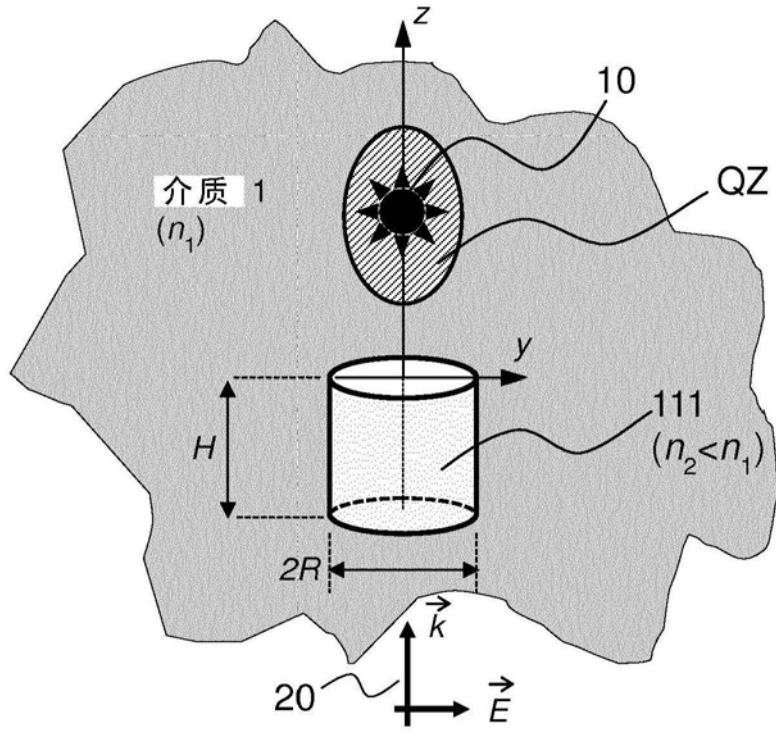


图3

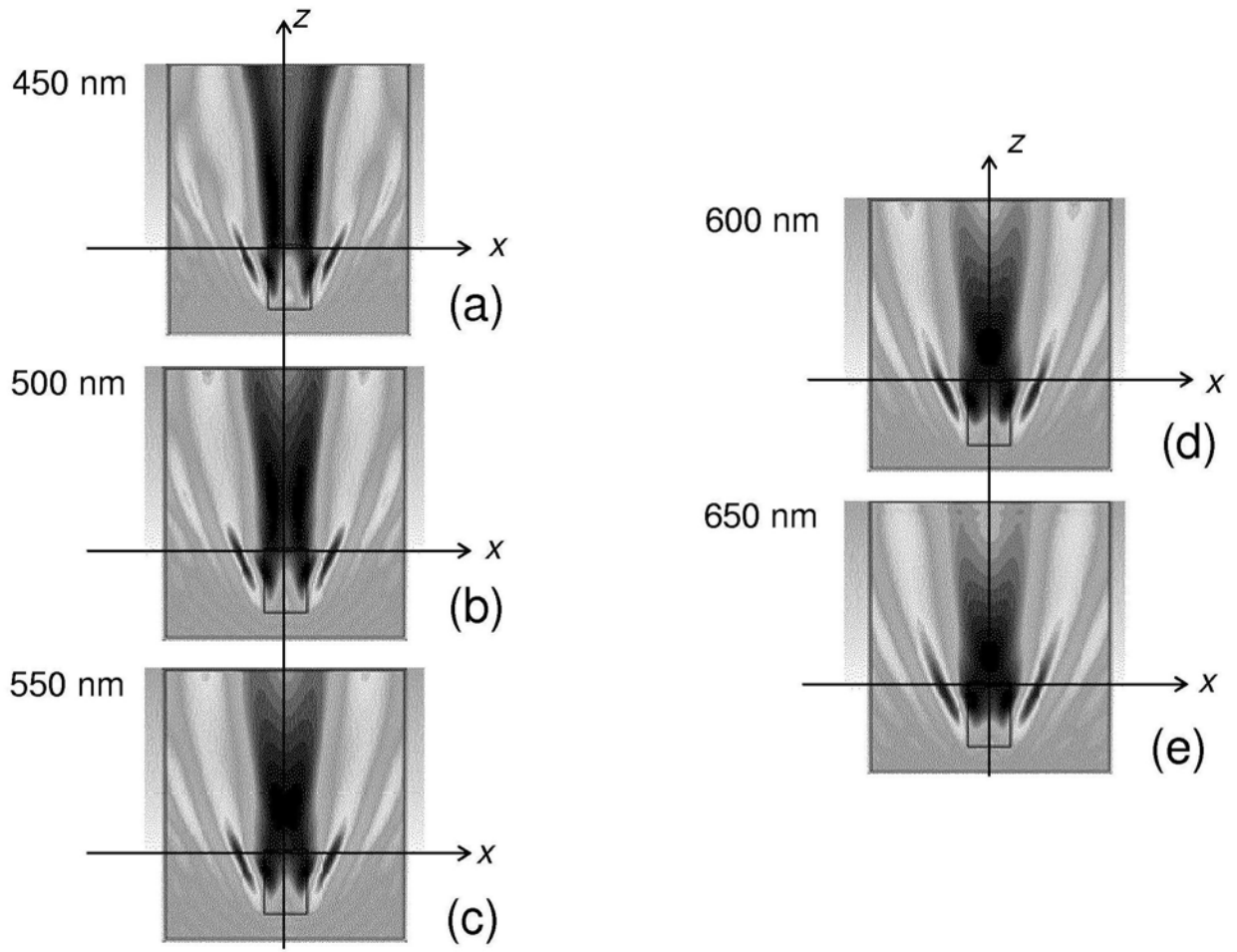


图4

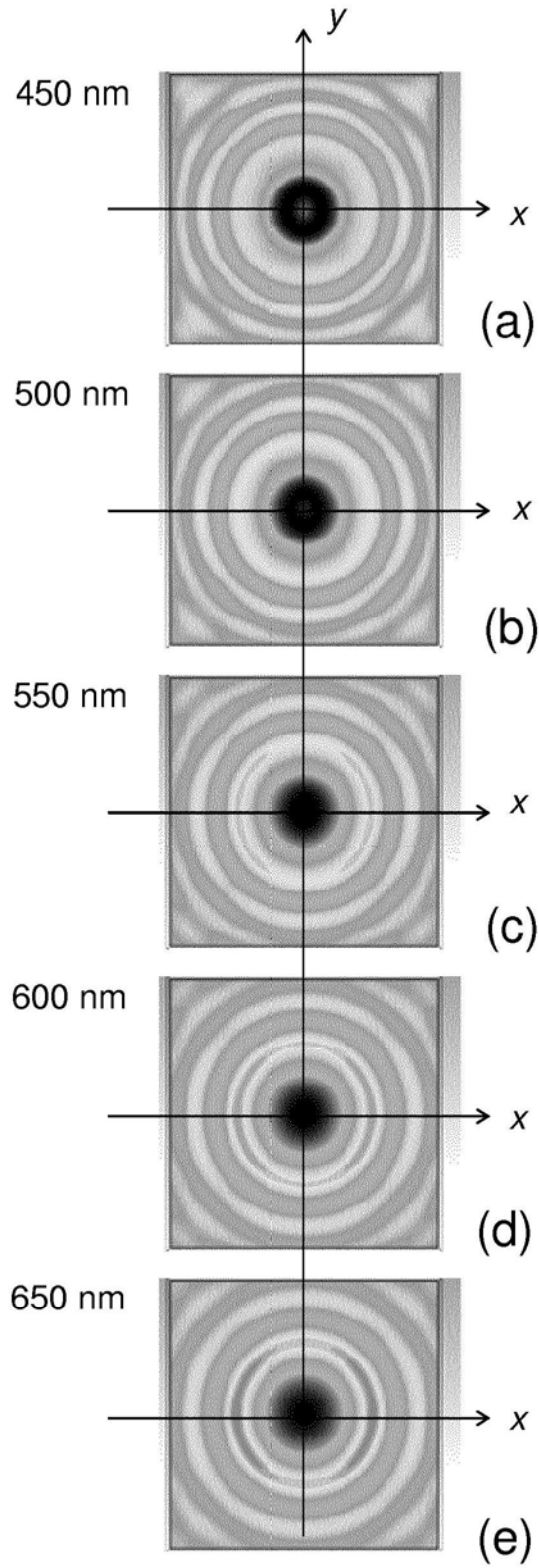


图5

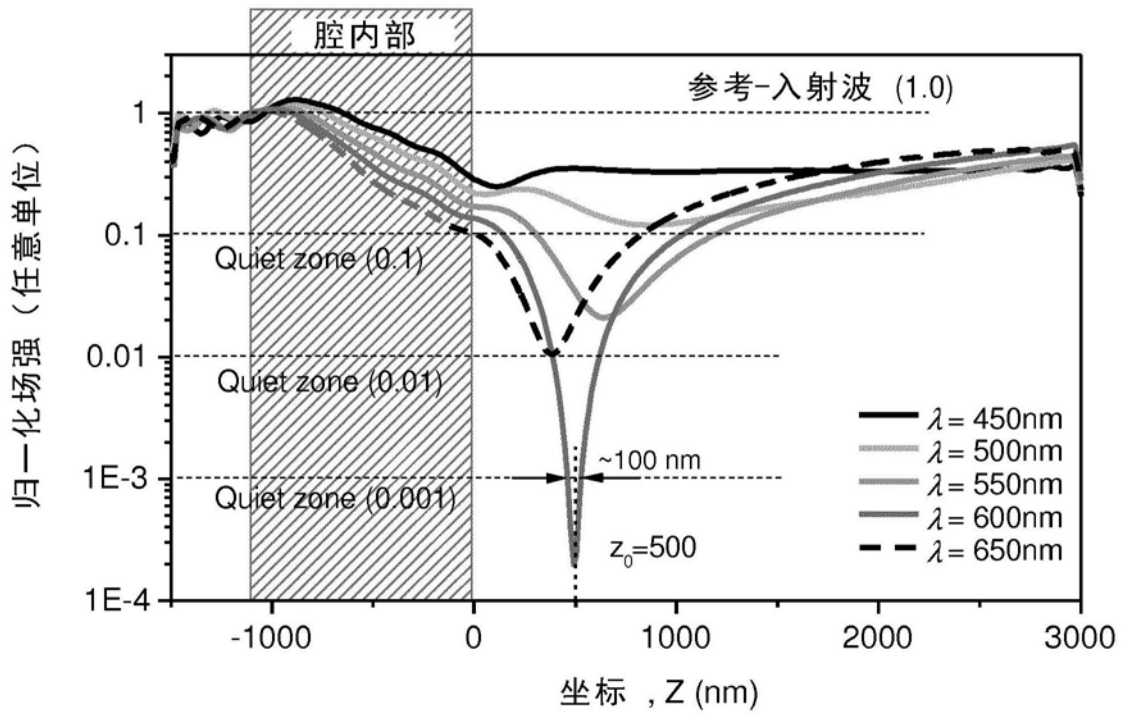


图6a

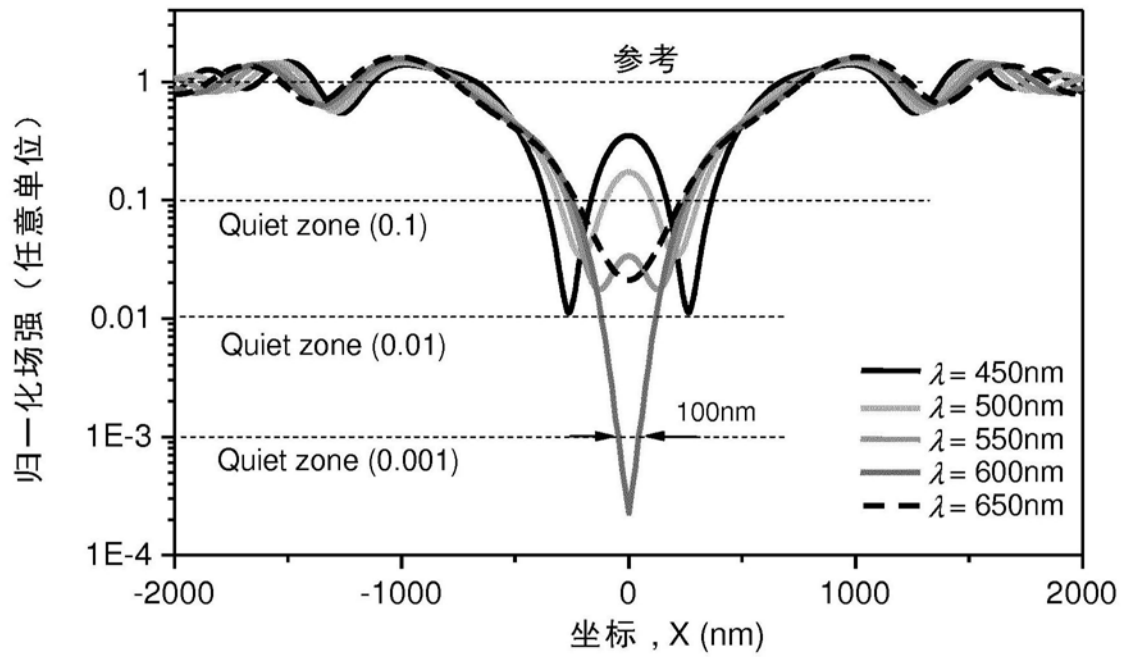


图6b

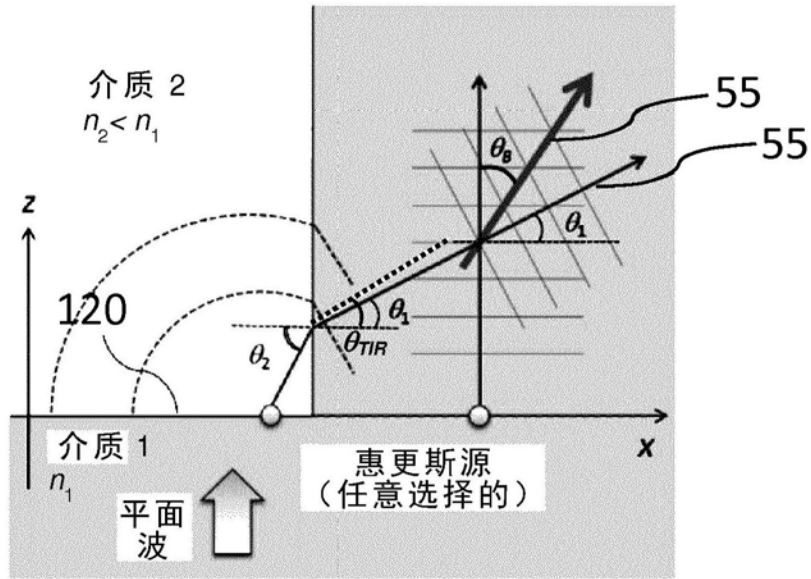


图7a

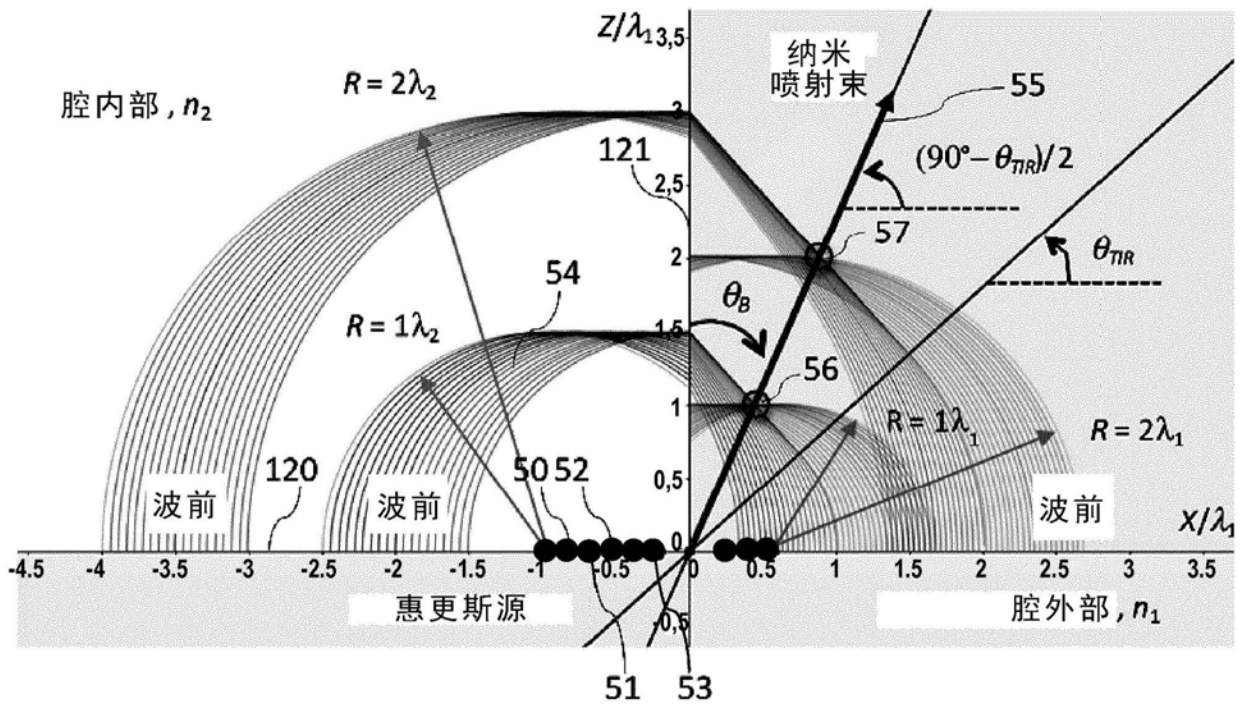


图7b

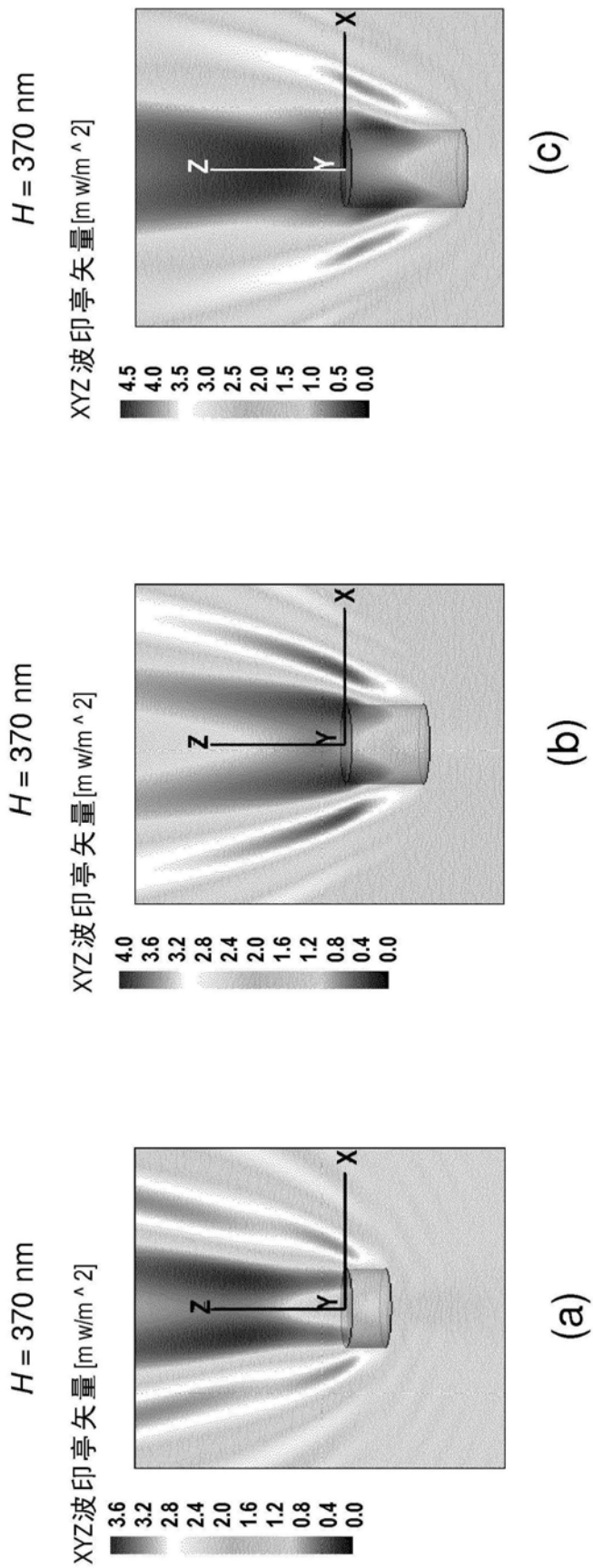


图8

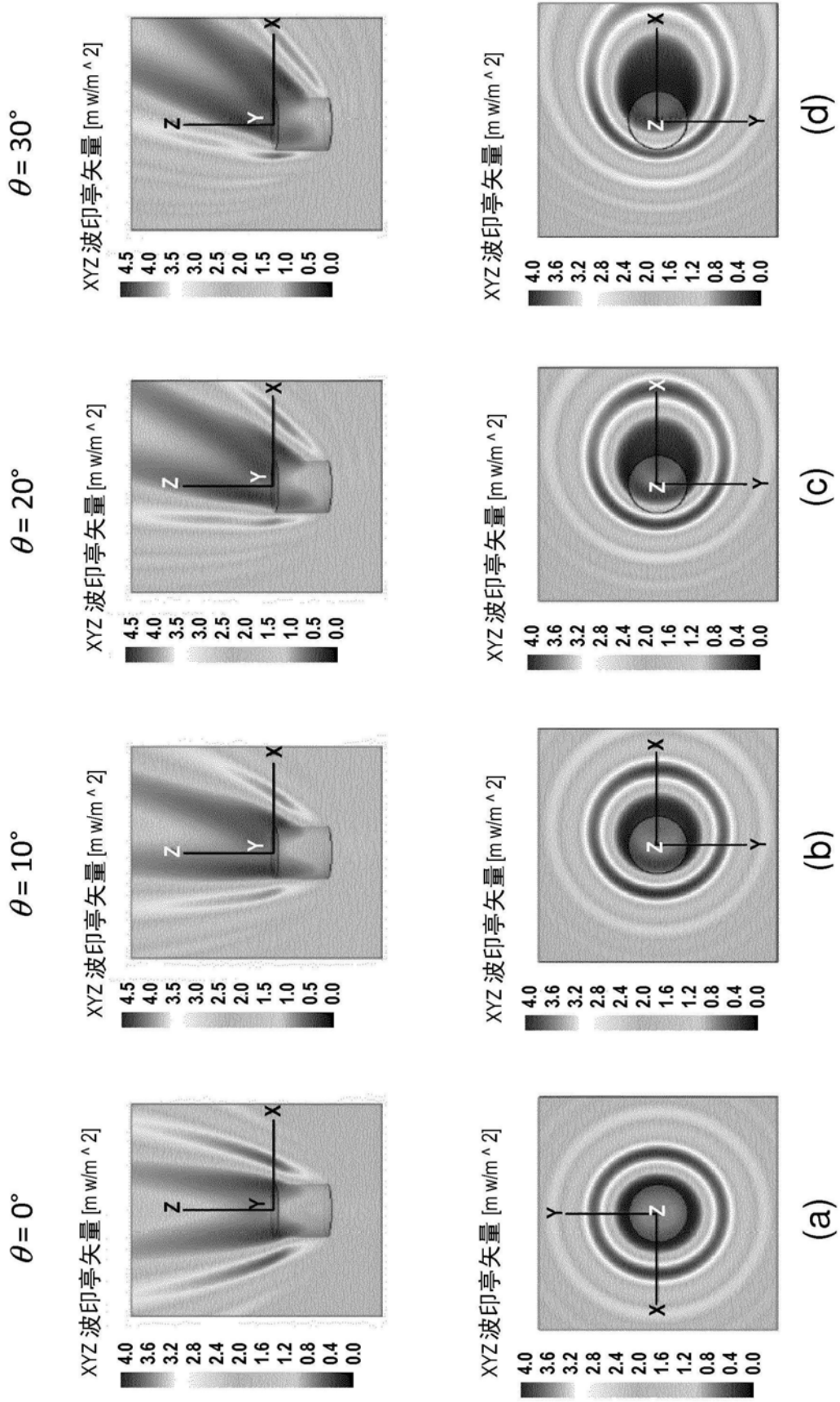


图9

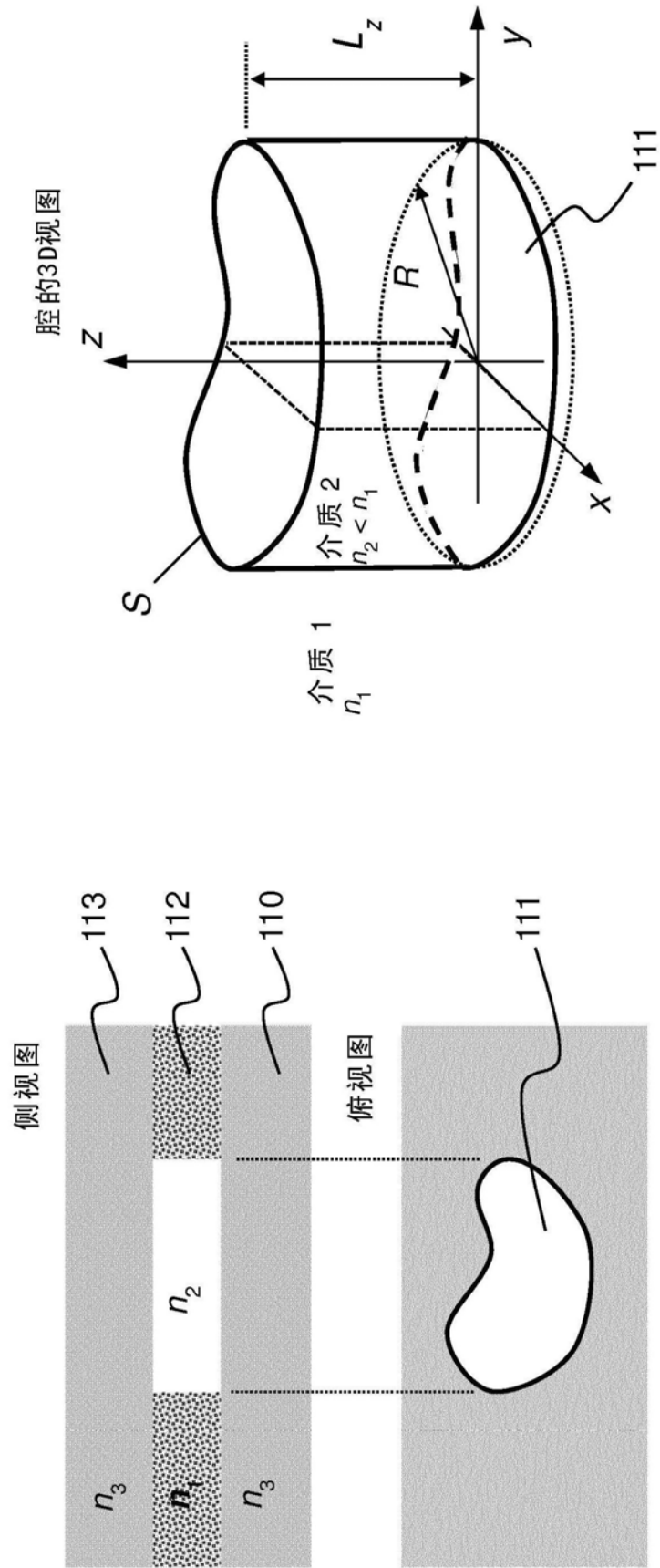


图10

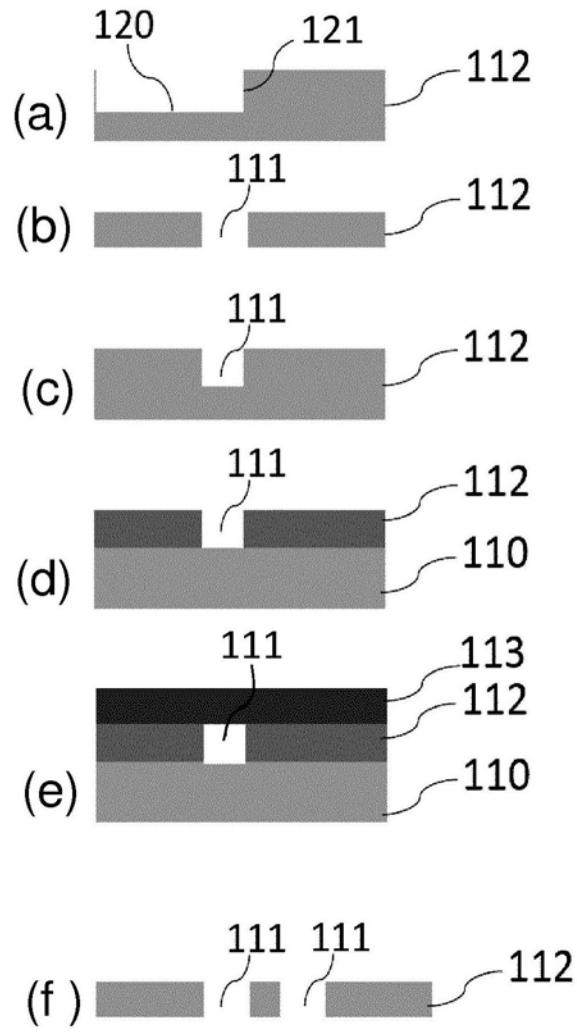


图11

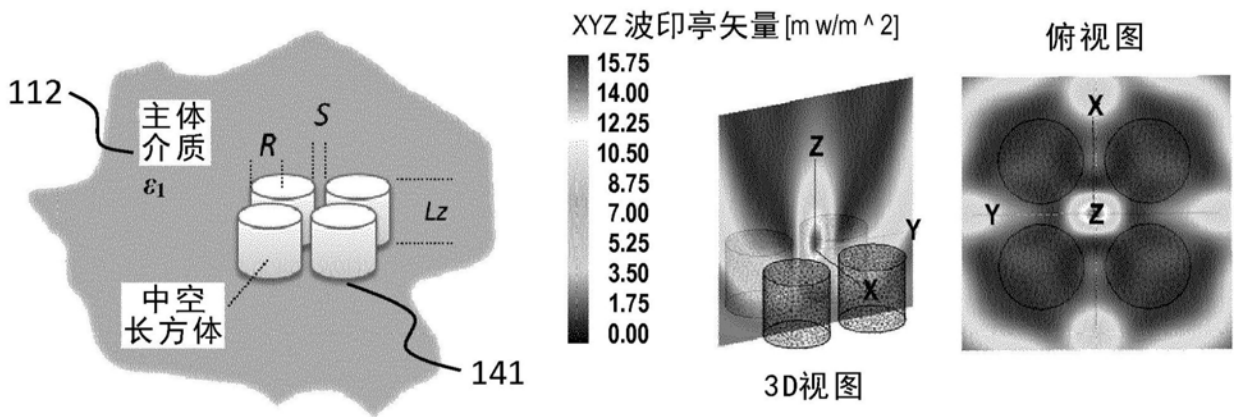


图12

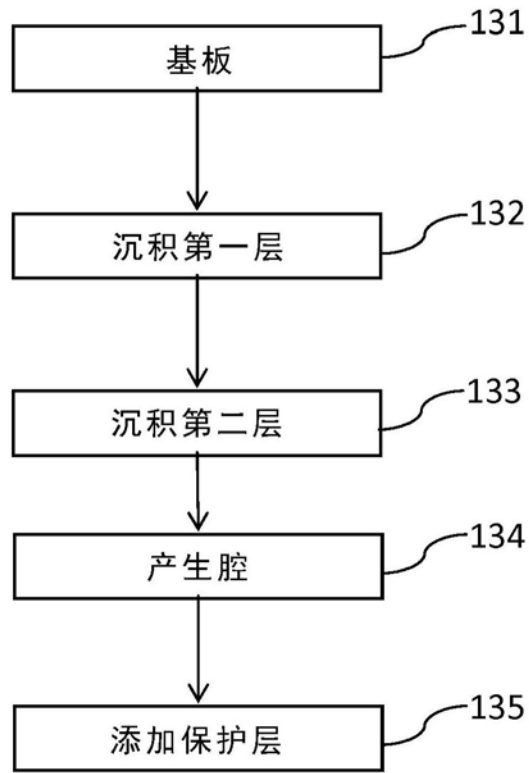


图13