

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01S 5/00 (2006.01)

H01S 5/028 (2006.01)

B82B 1/00 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810025450.0

[43] 公开日 2008年10月8日

[11] 公开号 CN 101282022A

[22] 申请日 2008.4.30

[21] 申请号 200810025450.0

[71] 申请人 苏州纳米技术与纳米仿生研究所

地址 215125 江苏省苏州市工业园区独墅湖  
高教区若水路398号

[72] 发明人 李海军 王敏锐 张晓东 张宝顺

[74] 专利代理机构 南京苏科专利代理有限责任公  
司

代理人 陈忠辉

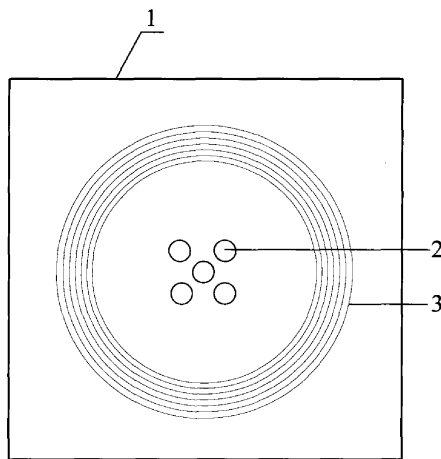
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

## [54] 发明名称

近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器

## [57] 摘要

本发明提供一种近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器，在半导体激光器的出光端面镀金属薄膜层，金属薄膜层上制作有纳米孔阵列，纳米孔阵列的周围具有光栅结构，光栅周期为10~200nm，光栅围绕纳米孔阵列排列成圆形、或半圆形、或多边形、或C形；纳米孔阵列中单孔的形状为方形、或圆形、或椭圆形、或半圆形、或双C形、或双三角形，排列成三角形、或圆形、或多边形、或环形。通过在金属薄膜上制作周期性的纳米孔阵列和光栅结构实现对光波波矢的调制，产生光波电磁场与金属表面自由电子的共振，增强表面等离子体波的激发，表面等离子体波在纳米孔阵列的边缘发生散射激发出光，从而大大增强透过光。同时，纳米孔阵列对透过效率也具有显著的增强作用。



1. 近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器，其特征在于：在半导体激光器的出光端面镀有金属薄膜层，在金属薄膜层上制作有纳米孔阵列，纳米孔阵列的周围具有光栅结构。

2. 根据权利要求 1 所述的近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器，其特征在于：所述金属薄膜层的材质为金、或银、或铝、或铬，金属薄膜层的厚度在 20~300nm。

3. 根据权利要求 1 所述的近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器，其特征在于：所述纳米孔阵列的形状为方形、或圆形、或椭圆形、或半圆形、或双 C 形、或双三角形，其数量为 2~10 个。

4. 根据权利要求 3 所述的近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器，其特征在于：所述的纳米孔阵列排列成三角形、或圆形、或多边形、或环形。

5. 根据权利要求 1 所述的近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器，其特征在于：所述光栅结构的光栅周期为 10~200nm，光栅围绕纳米孔排列成圆形、或半圆形、或多边形、或 C 形。

6. 根据权利要求 1 所述的近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器，其特征在于：所述的半导体激光器为边发射半导体激光器或面发射半导体激光器。

## 近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器

### 技术领域

本发明涉及一种具有纳米尺寸周期结构金属光栅的纳米孔径阵列半导体激光器，用于近场光存储、纳米尺度的光刻技术以及生物传感与检测等技术领域。

### 背景技术

目前，纳米光源在近场光学成像、探测和近场高密度存储等领域有广泛的应用。而广泛应用的纳米孔径镀金属膜的光纤探针，其通光效率低、体积大、不利于器件的集成。

近年来提出的纳米孔径激光器，相比传统的光纤探针光源，输出功率和透过效率都有大幅提高。其基本的制作方法是在现有的半导体固体激光器的出光面镀金属膜，并在金属膜上制作纳米尺寸的孔径，利用表面等离子体激元的近场增强效应得到较高的透过效率。但这种方法并没有最大程度的激发表面等离子体激元，未能得到最大的透过效率。2002年，日本 Tokai 大学的 Kenya Goto 提出了一种通过在纳米通光孔周围按一定规律制备亚波长金属纳米光栅，利用金属光栅对入射光波的调制作用，使光波与金属表面的自由电子相互作用，利用等离子体波诱导使通光增强的方法。尽管这种方法对小孔的透过效率有一定提高，但其输出功率通常为微瓦量级，尚不能满足高密度光储存和纳米光刻等实际应用的需要。

### 发明内容

本发明的目的是提供一种近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器，旨在有效解决纳米孔径激光器透过效率低和输出功率不高等技术问题。

本发明的目的通过以下技术方案来实现：

近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器，特点是：在半导体激光器的出射面镀有金属薄膜层，在金属薄膜层上制作其周围具有光栅结构的多个纳米孔。

进一步地，上述的近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器，所述金属薄膜层的材质为金、或银、或铝、或铬，金属薄膜层的厚度在 20~300nm。

更进一步地，上述的近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器，所述纳米孔的形状为方形、或圆形、或椭圆形、或半圆形、或双 C 形、或双三角形，其数量为 2~10 个。所述的纳米孔排列成三角形、或圆形、或多边形、或环形。

再进一步地，上述的近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器，所述光栅结构的光栅周期为 10~200nm，光栅围绕纳米孔排列成圆形、或半圆形、或多边形、或 C 形。

再进一步地，上述的近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器，所述的半导体激光器为边发射半导体激光器或面发射半导体激光器。

本发明技术方案突出的实质性特点和显著的进步主要体现在：

本发明设计新颖，在出光端面镀金属薄膜层，通过在金属薄膜上制作周期性的光栅结构实现对光波波矢的调制，使其与表面等离子波的波矢一致，从而产生光波电磁场与金属表面自由电子的共振，增强表面等离子体波的激发，表面等离子体波在纳米孔的边缘发生散射激发出光，从而对透过光具有增强的作用。同时，纳米孔阵列对透过效率也有显著的增强作用，通过相邻微小纳米孔间的光波之间的相互干涉作用，也使透过光场得到进一步的增强。在近场光学的范围内，纳米孔阵列的光斑相互叠加，与现有技术相比，本发明具有更大的出射光强密度；使用效果较好，经济效益和社会效应显著。

## 附图说明

下面结合附图对本发明技术方案作进一步说明：

图 1：本发明出光端面的示意图。

图中各附图标记的含义是：

1—出光端面的金属薄膜层，2—纳米孔，3—纳米金属光栅。

## 具体实施方式

本发明基于近场光学表面等离子体激元的通光增强效应和纳米孔阵列孔之间的干涉耦合作用的技术原理，设计一种具有纳米尺寸周期结构金属光栅的孔径阵列半导体激光器。

如图 1 所示，带有环形金属光栅的近场光学增强型纳米阵列通光孔激光器，即在边发射半导体激光器的出光端面上用蒸镀或者溅射的方法镀上一层金属薄膜（为金或银或铝或铬等材料），金属薄膜层 1 的厚度控制在 20~300nm，理想厚度值为 40nm；运用电子束光刻或聚焦离子束刻蚀(FIB)等技术，在金属薄膜层上制作具有一定周期结构的纳米金属光栅 3，在环形纳米金属光栅 3 的中心制作若干个纳米孔 2，纳米孔 2 的直径在 20~200nm，每个纳米孔相距 40~400nm。应用时，因中心位置有对称分布的多个纳米孔 2，环形的金属光栅区域为表面等离子体激元的激发区，使入射光在金属光栅的调制作用下与金属表面的自由电子相互作用产生可沿金属表面传播的表面电子密度波，即表面等离子体波。

具体设计时，半导体激光器可以是边发射半导体激光器，也可以是面发射半导体激光器。金属薄膜层 1 中心位置有对称分布的多个纳米孔 2，其形状为方形、也可以为圆形、椭圆形、半圆形、双 C 形、双三角形等，数量在 2~10 个，多个纳米孔可排列成三角形、圆形、多边形、环形等多种形状，每个微孔直径的具体取值是 20~200nm，孔间的间距为微孔直径的 1.5~4 倍。纳米金属光栅 3 周期为 10~200nm，光栅围绕纳米孔排列

的形状可以为圆形、半圆形、多边形、C形等形状。

要说明的是，表面等离子体激元是一种光子和导体中的自由电子相互作用而被表面俘获的光波，是自由电子和光波电磁场由于共振频率相同而形成的一种集体振荡波。表面等离子体激元可将光场限制在一个较小的区域范围，从而使金属表面的电场大大增强。在平滑的金属薄膜表面由于相位失配和动量不能守恒的原因，很难产生表面等离子波。通过在金属薄膜上制作周期性的各种光栅结构实现对光波波矢的调制，使其与表面等离子波的波矢一致，从而产生光波电磁场与金属表面自由电子的共振，增强表面等离子体波的激发，表面等离子体波在纳米孔的边缘发生散射激发出光，从而对透过光具有增强的作用。同时，孔阵列对透过效率也有显著的增强作用，通过相邻的微小纳米孔之间的光波之间的相互干涉作用，也使透过光场得到进一步的增强。在近场光学的范围内，纳米孔阵列的光斑相互叠加，与现有的纳米孔径激光器相比，本发明具有更大的出射光强密度。

综上所述，本发明带有纳米周期微结构的多纳米孔激光器，设计独特，使用方便，从技术上克服了纳米孔径激光器透过效率低及输出功率不高等缺陷，可作为近场光学的理想光源用于近场光学成像、光谱探测、数据存储、光刻和光学操作等领域，应用前景看好。

以上仅是本发明的具体应用范例，对本发明的保护范围不构成任何限制。凡采用等同变换或者等效替换而形成的技术方案，均落在本发明权利保护范围之内。

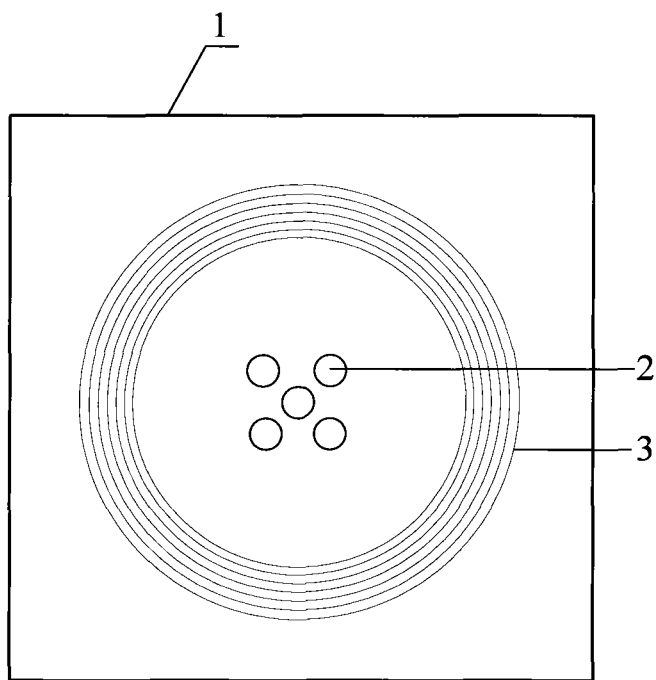


图 1