



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101082680 B

(45) 授权公告日 2012. 06. 13

(21) 申请号 200710104989. 0

US 6359735 B1, 2002. 03. 19, 说明书第 2 栏  
第 56 行 - 第 3 栏 53 行、附图 1.

(22) 申请日 2007. 05. 15

审查员 张小丽

(30) 优先权数据

2006-134906 2006. 05. 15 JP

(73) 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府门真市大字门真 1006 番地

(72) 发明人 吉川智延 山口博史 山田和宏

田村隆正 石丸和彦

(74) 专利代理机构 上海市华诚律师事务所

31210

代理人 孙敬国 张惠萍

(51) Int. Cl.

G02B 1/11 (2006. 01)

G02B 7/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2004/0140516 A1, 2004. 07. 22, 全文.

US 2005/0093210 A1, 2005. 05. 05, 全文.

WO 2005/116695 A1, 2005. 12. 08, 说明书第  
7 页第 21 行至第 9 页第 19 行, 第 12 页第 24-25  
行、附图 9, 10, 12.

US 5503897 A, 1996. 04. 02, 全文.

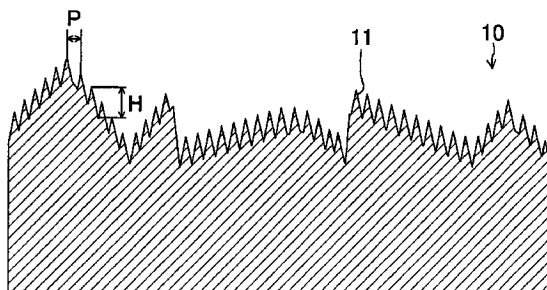
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 7 页

(54) 发明名称

光吸收防反射构造体, 光学单元, 透镜镜筒  
单元和光学装置

(57) 摘要

透镜镜筒的内周表面被形成为具有表面粗糙  
度大于入射光波长的粗糙表面, 在所述粗糙表面  
上形成有多个微小凹凸部, 所述微小凹凸部以小  
于或等于入射光波长的周期规则地排列。



1. 一种光吸收防反射构造体,用于抑制波长等于或大于规定波长的光的反射并吸收该反射被抑制的光,其特征在于,所述光吸收防反射构造体具有表面粗糙度大于所述规定波长的粗糙表面,

在所述粗糙表面上形成有多个微小凹凸部,所述微小凹凸部是以小于或等于所述规定波长的周期规则地排列的;

所述粗糙表面呈非周期性粗糙形状;其中,所述粗糙表面,形成为使以所述粗糙形状的中心周期归一化后的周期的分布宽度大于或等于该中心周期的 0.4 倍。

2. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,所述每个微小凹凸部,是呈圆锥体/棱锥体状的凹部或凸部,或者是细长状的凹部或细长状的凸部。

3. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,由 ISO4287:1997 所规定的最大高度粗糙度  $R_z$  表示的所述粗糙表面的表面粗糙度大于所述规定波长。

4. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,由 ISO4287:1997 所规定的最大高度粗糙度  $R_z$  表示的所述粗糙表面的表面粗糙度小于  $100\ \mu\text{m}$ 。

5. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,由 ISO4287:1997 所规定的最大高度粗糙度  $R_z$  表示的所述粗糙表面的表面粗糙度小于  $50\ \mu\text{m}$ 。

6. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,由 ISO4287:1997 所规定的最大高度粗糙度  $R_z$  表示的所述粗糙表面的表面粗糙度小于  $30\ \mu\text{m}$ 。

7. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,所述多个微小凹凸部在所述粗糙表面的基准面的法线方向上各自的高度大致相等。

8. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,所述粗糙表面,形成为使以所述粗糙形状的中心周期归一化后的周期的分布宽度大于或等于该中心周期的  $2/3$  倍。

9. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,在通过对所述粗糙表面的在基准面的法线方向上的高度分布进行傅里叶变换而得到的频谱中,由于所述粗糙表面的粗糙形状而形成的高峰宽度,大于所述频谱中由于所述微小凹凸部而形成的高峰宽度。

10. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,所述粗糙表面被配置成使得所述粗糙表面的粗糙形状的切面的法线矢量与所述粗糙表面的基准面的法线矢量所成的角度的平均值在 5 度以上。

11. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,所述粗糙表面被配置成使得所述粗糙表面的粗糙形状的切面的法线矢量与所述粗糙表面的基准面的法线矢量所成的角度分布的峰值大于 0 度。

12. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,所述粗糙表面被配置成使得所述粗糙表面的粗糙形状的切面的法线矢量与所述粗糙表面的基准面的法线矢量所成的角度在 5 度以下的部分在每单位面积中的面积百分比小于 80%。

13. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,所述粗糙表面被配置成使得所述粗糙表面的粗糙形状的切面的法线矢量与所述粗糙表面的基准面的法线矢量所成的角度在 10 度以下的部分在每单位面积中的面积百分比小于 90%。

14. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,所述粗糙表面基本上由这样的面构成,在该面中所述粗糙表面的粗糙形状的切面的法线矢量与所述粗糙表面的基

准面的法线矢量所成的角度小于或等于 90 度。

15. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,所述多个微小凹凸部中的每一个微小凹凸部都是圆锥体 / 棱锥体状凹部或凸部,所述多个微小凹凸部的将每一个微小凹凸部的底部中心和顶部连接起来的中心轴相互大致平行。

16. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,所述多个微小凹凸部中的每一个微小凹凸部的高度都大于或等于所述反射被抑制的光的波长的 0.4 倍。

17. 根据权利要求 1 所述的光吸收防反射构造体,其特征在于,所述光吸收防反射构造体呈筒状并且所述多个微小凹凸部形成在内周表面上。

18. 一种光学单元,其特征在于,包括:

光学系统;以及

光吸收防反射构造体,用于抑制来自所述光学系统的光的反射并且吸收来自所述光学系统的光,所述光吸收防反射构造体被配置成使得来自所述光学系统的光进入该光吸收防反射构造体中,

其中,所述光吸收防反射构造体包括来自所述光学系统的光进入的表面,该表面形成成为表面粗糙度大于来自所述光学系统的光的波长的粗糙表面,并且

在所述表面上形成有多个微小凹凸部,所述微小凹凸部是以小于或等于来自所述光学系统的光的波长的周期规则地排列的;

所述粗糙表面呈非周期性粗糙形状;其中,所述粗糙表面,形成为使以所述粗糙形状的中心周期归一化后的周期的分布宽度大于或等于该中心周期的 0.4 倍。

19. 一种透镜镜筒单元,其特征在于,包括:

光学系统;以及

透镜镜筒,用于在内部存放所述光学系统,抑制来自所述光学系统的光的反射并且吸收来自所述光学系统的光,

其中,所述透镜镜筒形成为使得内周表面是粗糙表面,该粗糙表面具有比来自所述光学系统的光的波长大的表面粗糙度,并且在所述内周表面上形成有多个微小凹凸部,所述微小凹凸部是以小于或等于来自所述光学系统的光的波长的周期规则地排列的;

所述粗糙表面呈非周期性粗糙形状;其中,所述粗糙表面,形成为使以所述粗糙形状的中心周期归一化后的周期的分布宽度大于或等于该中心周期的 0.4 倍。

20. 一种光学装置,其特征在于,包含权利要求 18 所述的光学单元。

21. 一种光学装置,其特征在于,包含权利要求 19 所述的透镜镜筒单元。

## 光吸收防反射构造体, 光学单元, 透镜镜筒单元和光学装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光吸收防反射构造体、包括该光吸收防反射构造体的光学单元和透镜镜筒单元、以及包括该光学单元和透镜镜筒单元的光学装置。

[0002] 背景技术

[0003] 例如, 在 2003-266580 号日本专利申请公开公报中, 通过向衬底表面涂敷黑色材料形成一层涂膜, 然后使该涂膜干燥, 同时形成贝纳尔旋流窝, 从而提供一种具有增强的光吸收特性的光吸收构件。

[0004] 在 W02005/088355 号 W0 公报中, 本发明人提出了一种由黑色材料形成的光吸收构件, 该光吸收构件具有曲面, 在曲面上形成有微小凹凸部。

[0005] 发明内容

[0006] 但是, 在 2003-266580 号日本专利申请公开公报和 W02005/088355 号 W0 公报中公开的已知的光吸收构件具有光反射不能被充分抑制的问题。具体地说, 在 W02005/088355 号 W0 公报中公开的光吸收构件呈现较高的防反射效果, 但发生规则反射的情况除外。也就是说, 规则反射的发生不能被充分抑制的问题仍然存在。

[0007] 鉴于上述论点而提出了本发明, 因此本发明的目的是提供一种反射被充分抑制的光吸收防反射构造体。

[0008] 为了实现上述目的, 根据本发明的光吸收防反射构造体致力于一种抑制波长等于或大于规定波长的光的反射并且吸收该反射被抑制的光的光吸收防反射构造体, 其特征在于, 该光吸收防反射构造体具有表面粗糙度大于规定波长的粗糙表面, 以及在该粗糙表面上形成有多个微小凹凸部, 这些微小凹凸部以小于或等于规定波长的周期规则地排列。

[0009] 根据本发明的光学单元的特征在于, 该光学单元包括光学系统和光吸收防反射构造体, 光吸收防反射构造体用于抑制来自光学系统的光的反射并吸收来自光学系统的光, 光吸收防反射构造体被配置成使来自光学系统的光进入该光吸收防反射构造体中, 该光吸收防反射构造体包括来自光学系统的光进入的表面, 该表面被形成为具有表面粗糙度大于来自光学系统的光的波长的粗糙表面, 以及在该表面上形成有多个微小凹凸部, 这些微小凹凸部以等于或小于来自光学系统的光的波长的周期规则地排列。

[0010] 根据本发明的透镜镜筒单元的特征在于, 该透镜镜筒单元包括光学系统和用于在内部存放该光学系统、抑制来自光学系统的光的反射并吸收来自光学系统的光的透镜镜筒, 所形成的透镜镜筒形成为使得内周表面是粗糙表面, 该粗糙表面具有大于来自光学系统的光的波长的表面粗糙度, 以及在该内周表面上形成有多个微小凹凸部, 这些微小凹凸部以等于或小于来自光学系统的光的波长的周期规则地排列。

[0011] 根据本发明的光学装置的特征在于, 该光学装置包括根据本发明的光学单元或透镜镜筒单元。

[0012] 根据本发明, 能够实现较高的防反射效果。

### 附图说明

- [0013] 图 1 是说明成像装置 1 的主要部分的结构示意图。
- [0014] 图 2 是透镜镜筒 5 的正视图。
- [0015] 图 3 是透镜镜筒 5 的一部分的放大的截面图。
- [0016] 图 4 是透镜镜筒 5 的一部分的进一步放大的截面图。
- [0017] 图 5 是显示入射角和反射系数之间的关系的曲线图。
- [0018] 图 6 是显示 45 度入射角的入射光的反射光强度的图表。
- [0019] 图 7 是显示在形成有微小凹凸部 11 的表面上入射角和反射系数之间的关系的图表。
- [0020] 图 8 是显示  $\theta_{ave}$  和反射系数之间的关系的图表。
- [0021] 图 9 是说明图 4 所示的内周表面 10 的一部分的粗糙形状的截面图。
- [0022] 图 10 是说明  $\theta$  大于 90% 的情况的截面图。
- [0023] 图 11 是对内周表面 10 的在基准面的法线方向上的高度分布进行傅里叶变换而得到的频谱。

### 具体实施方式

[0024] 下文将参考附图叙述本发明的实施例。在本文中,根据本发明实施的光学装置将参考作为实例的成像装置进行叙述。但是,根据本发明的光学装置不限于所述成像装置,而可以是诸如照明装置、放映机等的其他光学装置。

[0025] 图 1 是说明根据本实施例的成像装置 1 的主要部分的结构示意图。

[0026] 成像装置 1 包括装置本体 3 和作为光学单元的透镜镜筒单元 2。在该情况下将叙述透镜镜筒单元 2 安装到装置本体 3 的实例。但是,例如,透镜镜筒单元 2 可以构造成可拆卸的单元。

[0027] 透镜镜筒单元 2 包括筒状(更具体地为圆筒状)的透镜镜筒 5 和安装在透镜镜筒 5 中的光学系统 4。装置本体 3 包括置于光学系统 4 的光轴 AX 上的成像装置 6。光学系统 4 在成像装置 6 的成像区域上形成光学图像。由光学系统 4 在成像区域上形成的光学图像由成像装置 6 转换成电信号。然后,例如,电信号被储存在装置本体 3 中设置的存储器(或外存)中,并通过连接到装置本体 3 的缆线输出到其他装置。成像装置 6 可以由 CCD(电荷耦合器件),CMOS(互补金属氧化物半导体)等形成。

[0028] 只要能够在成像装置 6 的成像区域上更适宜地形成光学图像,光学系统 4 不特别限制于一定的结构。例如,如图 1 所示,光学系统 4 可以包括三个透镜(或透镜组),即第一透镜(组)L1、第二透镜(组)L2 和第三透镜(组)L3。或者,光学系统 4 可以具有这样的结构,即三个透镜(透镜组)L1、L2 和 L3 中的至少一个透镜(组)可在光轴 AX 方向上移位,并且允许进行聚焦和/或变倍。

[0029] 图 2 是透镜镜筒 5 的正视图。

[0030] 图 3 是透镜镜筒 5 的一部分的放大的截面图。

[0031] 图 4 是透镜镜筒 5 的一部分的进一步放大的截面图。

[0032] 透镜镜筒 5 被构造成吸收从像侧进入光学系统 4 的入射光(通常是可见光)。这样,以等于或大于光学系统 4 的总体视角的角度从像侧进入透镜镜筒单元 2 的光束和由于在构成光学系统 4 的透镜等的表面的反射引起的散射光被透镜镜筒 5 吸收。相应地,幻像,

寄生光斑等的产生受到抑制,因此,本实施例的成像装置 1 具有高光学性能。

[0033] 具体地,在透镜镜筒 5 中可以分散地混入光吸收材料(例如染料和颜料)。作为另一种选择,实质上透镜镜筒 5 可以由光吸收材料形成。作为吸收可见光的光吸收材料,可以使用通过混合诸如青绿,品红和黄色的多种着色剂得到的黑色染料(例如可从 Arimoto Chemical Co.Ltd 获得的 Plast Black9850 和 8970)以及碳黑等。这样的染料或颜料被分散地混入到主体中,这些主体可以是例如玻璃、诸如丙烯酸树脂和聚碳酸酯树脂(最好是玻璃转变温度大于等于 90℃且小于等于 170℃的树脂)的树脂、或含有树脂的玻璃纤维。进一步,从抑制脏物和灰尘黏附透镜镜筒 5 出发,透镜镜筒 5 最好含有防静电材料。另外,透镜镜筒 5 最好具有优良的耐光性(特别是对于紫外光的耐光性)。

[0034] 成像装置 1 中,在透镜镜筒 5 的内周表面 10 上形成有用于抑制光反射的多个微小凹凸部 11。更具体地,多个微小凹凸部 11 被形成为以小于规定波长的周期(在该情况下为小于来自光学系统 4 的入射光的波长即可见光的波长的周期,最好是来自光学系统 4 的入射光的最小波长的周期)遍布透镜镜筒 5 的整个内周表面 10 规则地排列。在本文中,“规定波长”是指其反射要求被抑制的光的波长,或其反射应该被抑制的光的波长。下文中,规则排列微小凹凸部 11 的结构有时将被称为“SWS”。通过这样的结构,透镜镜筒 5 和空气层之间的折射率的突变可受到抑制,使包括微小凹凸部 11 的内周表面 10 的表面层部分中的折射率逐渐变化。因此,如图 5 所示,通过形成在内周表面 10 上的微小凹凸部 11(SWS),透镜镜筒 5 的内周表面 10 处的表面反射能受到更有效的抑制。

[0035] 只要微小凹凸部 11 具有缓和变化透镜镜筒 5 的内周表面 10 和空气层之间的界面处的折射率的功能,每个微小凹凸部 11 的形状没有特别的限制。例如,每个微小凹凸部 11 可以是大致呈圆锥体状的凹部或凸部(其顶部可进行倒角或 R 倒角),棱锥体状的凹部或凸部,或其截面形状为三角形、梯形、矩形等的细长状凹部或凸部(其边缘部可进行 R 倒角)。

[0036] 从实现高防反射效果出发,微小凹凸部 11 的周期(即当在形成为是粗糙表面的内周表面 10 的基准面的法线方向上从顶部看时相邻的两个微小凹凸部 11 的顶点之间的距离)最好小于等于从像侧进入透镜镜筒单元 2 的入射光的波长。本文中,“基准面”是指通过切除作为高频成分的微小凹凸部 11 和粗糙形状后得到的平面。本文中,“粗糙形状”是指通过从包括微小凹凸部 11 的内周表面 10 的形状(下文中,包括微小凹凸部 11 的内周表面 10 的形状将仅被称为“内周表面 10 的形状”)切除作为高频成分的微小凹凸部 11 后得到的形状。每个微小凹凸部 11 的高度(严格地说,被定义为在形成粗糙表面的内周表面 10 的基准面的法线方向上从该基准面算起的距离)最好大于等于从像侧进入透镜镜筒单元 2 的入射光的波长的 0.4 倍,大于等于该波长更好,大于等于该波长的三倍则还要更好。严格地说,如在本实施例中,假设入射光具有波长宽度。微小凹凸部 11 的周期最好小于等于入射光的最小波长,并且每个微小凹凸部 11 的高度最好大于等于入射光的最大波长的 0.4 倍(与最小波长相同更好,大于等于最大波长的三倍则还要更好)。

[0037] 考虑成像装置 1 的设计,微小凹凸部 11 不必对所有入射光呈现防反射效果。例如,当入射光的波长处于包括紫外光、近紫外光、可见光、近红外光和红外光的宽波长范围但是成像装置 6 仅能够探测从 400nm 到 1000nm 范围内的光时,就并不总是要求抑制小于 400nm 波长和大于 1000nm 波长的光的反射。在这样的情况下,微小凹凸部 11 的周期最好小于等于 400nm。每一个微小凹凸部 11 的高度最好大于等于 1000nm 的 0.4 倍,即 400nm 或更大。

[0038] 微小凹凸部 11 可以形成为使微小凹凸部 11 的高度在内周表面 10 的各个不同的部分之间不同。但是,从简化该形成方式出发,微小凹凸部 11 最好形成为使各个不同部分的微小凹凸部 11 各自的高度大致相同。当微小凹凸部 11 包括圆锥体/棱锥体形的凹部或圆锥体/棱锥体形的凸部时,微小凹凸部 11 最好形成为使每个圆锥或棱锥的连接其底部中心和顶部的中心轴大致平行于其他圆锥或棱锥的中心轴。在该情况下,透镜镜筒 5 通过注塑模制的制造简单。由于同样的原因,当微小凹凸部 11 包括每一个都具有三角形截面的细长状凹部或细长状凸部时,多个微小凹凸部 11 最好形成为使每个细长部分的连接其各自的顶部和底部的中心的中心轴大致平行于内周表面 10 的每个部分(例如具有  $1\text{mm}^2$  尺寸的部分)中其他细长部分的中心轴。

[0039] 如上所述,在本实施例中,透镜镜筒 5 吸收从像侧进入透镜镜筒单元 2 的入射光(严格地说,为具有其反射应该被抑制的波长的光),并且在内周表面 10 上形成有用于抑制这样的光的反射的多个微小凹凸部 11,使透镜镜筒 5 的内周表面 10 处的光反射大大减小。但是,例如,当该内周表面 10 为光滑表面时,该内周表面 10 处的规则反射就不能被充分抑制。

[0040] 图 6 是显示 45 度入射角的入射光的反射光强度的图表。

[0041] 如图 6 所示,当在光滑表面上形成有微小凹凸部 11 时,观察到输出角约 45 度的反射光即规则反射。以这样的方式,当形成有微小凹凸部 11 的内周表面 10 是光滑表面时,从像侧进入透镜镜筒单元 2 的入射光的规则反射不能被充分抑制。相反,如图 6 所示,当在具有大于入射光波长的表面粗糙度的粗糙表面上形成 SWS 时,基本上没有观察到规则反射。在本实施例中,如图 3 和图 4 所示,透镜镜筒 5 的内周表面 10 被形成为具有大于入射光波长的表面粗糙度的粗糙表面。更具体地,内周表面 10 被形成为使由 ISO4287:1997(JIS B0601:2001) 所规定的最大高度粗糙度  $R_z$  表示的表面粗糙度大于入射光的波长。这样,在本实施例的透镜镜筒 5 中,内周表面 10 处的规则反射能被充分抑制。因此,能够实现幻像、寄生光斑等的产生被充分抑制的成像装置 1。注意,当内周表面 10 的表面粗糙度太大时,抑制产生规则反射的效果往往会减小。内周表面 10 的表面粗糙度  $R_z$  的优选范围为  $100\ \mu\text{m}$  或更小。表面粗糙度  $R_z$  为  $50\ \mu\text{m}$  更好,为  $30\ \mu\text{m}$  则还要更好。

[0042] 进一步,形成有微小凹凸部 11 的内周表面 10 被形成为具有大于入射光的波长的表面粗糙度的粗糙表面,使相对大入射角的入射光的反射系数能够被减小。下文将参考图 5 和图 7 详尽叙述该效果。

[0043] 图 7 是显示在形成有微小凹凸部 11 的表面上入射角和反射系数之间的关系关系的图表。注意,图 7 中的  $\theta$  指内周表面 10 的粗糙形状的切面 13 的法线矢量  $N_2$  和内周表面 10 的基准面 12 的法线矢量  $N_1$  之间的角度(见图 9)。

[0044] 如图 7 所示,假设  $\theta$  为 0 度(或者说内周表面 10 为光滑表面)。例如,当入射角具有大角度即大于 50 度,或者甚至更大的角度即大于 70 度时,即使通过在光滑表面上形成的微小凹凸部 11,反射系数往往也随着入射角度的增加而增加。

[0045] 通常,在诸如透射光的透镜的光学装置的情况下,只需稍许考虑如此大入射角的光的反射。但是,如在本实施例中,在光吸收防反射构造体(所谓“黑体”)的情况下,入射光不总是相对小入射角的光,例如 45 度角或更小。因此,最好光吸收防反射构造体具有抑制相对大入射角的入射光的反射的结构。抑制相对大入射角的光的反射的问题对于光吸收

防反射构造体是独特的问题。

[0046] 在本实施例中,内周表面 10 是粗糙表面,因此与内周表面 10 是光滑表面的情况相比,实质上入射角平均较小。因此,如图 5 所示,在本实施例中,相对大入射角的入射光的反射能被有效抑制。还有,如图 5 所示,当在光滑表面上形成 SWS 时,可以实现对于相对小入射角的入射光的相对高的防反射效果。但是,不能实现对于相对大入射角的入射光的充分的防反射效果。也就是,当在光滑表面上形成 SWS 时,难以充分抑制反射系数对角度的依赖性。

[0047] 从更有效地抑制相对大入射角的入射光的反射出发,下面将考虑内周表面 10 的粗糙形状的切面 13(更具体地,为通过从包括微小凹凸部 11 的内周表面 10 的形状切除作为高频成分的微小凹凸部 11 得到的粗糙形状的切面)的法线矢量  $N_2$  和内周表面 10 的基准面 12 的法线矢量  $N_1$  之间的角度 ( $\theta$ ) 为 5 度或更小的部分。 $\theta$  为 5 度或更小的部分在每单位面积(例如每  $1\text{mm}^2$ ) 中的面积百分比最好小于 80%。或者说, $\theta$  最好为 5 度或更大的部分在每单位面积中的面积百分比为 20%或更大。另外, $\theta$  为 10 度或更小的部分在每单位面积中的面积百分比最好小于 90%。或者说, $\theta$  为 10 度或更大的部分在每单位面积中的面积百分比为 10%或更大。在这样的情况下,与光滑表面上形成微小凹凸部 11 的情况相比,89 度入射角的光的反射系数可以减小约 30%以上。

[0048] 更可取的是, $\theta$  为 5 度或更小的部分在每单位面积中的面积百分比最好小于 50%。或者说, $\theta$  为 5 度或更大的部分在每单位面积中的面积百分比最好为 50%或更大。另外, $\theta$  为 10 度或更小的部分在每单位面积中的面积百分比最好小于 80%。或者说, $\theta$  为 10 度或更大的部分在每单位面积中的面积百分比最好为 20%或更大。在这样的情况下,与光滑表面上形成微小凹凸部 11 的情况相比,89 度入射角的光的反射系数可以减小约 50%以上。

[0049] 更可取的是, $\theta$  为 5 度或更小的部分在每单位面积中的面积百分比最好小于 30%。或者说, $\theta$  为 5 度或更大的部分在每单位面积中的面积百分比最好为 70%或更大。另外, $\theta$  为 10 度或更小的部分在每单位面积中的面积百分比最好小于 50%。或者说, $\theta$  为 10 度或更大的部分在每单位面积中的面积百分比最好为 50%或更大。在这样的情况下,与光滑表面上形成微小凹凸部 11 的情况相比,89 度入射角的光的反射系数可以减小约 70%以上。

[0050] 下面将叙述  $\theta$  的平均值  $\theta_{\text{ave}}$  的优选范围。

[0051] 图 8 是显示  $\theta_{\text{ave}}$  和反射系数之间的关系的图表。

[0052] 如图 8 所示,当  $\theta_{\text{ave}}$  增加时,对入射角的依赖性减小,因此可以实现对于相对大入射角的光的高防反射效果。具体地, $\theta_{\text{ave}}$  最好为 5 度或更大。在这样的情况下,与光滑表面上形成微小凹凸部 11 的情况相比,89 度入射角的光的反射系数可以减小约 30%以上。更可取的是, $\theta_{\text{ave}}$  为 10 度或更大。在这样的情况下,与光滑表面上形成微小凹凸部 11 的情况相比,89 度入射角的光的反射系数可以减小约 50%以上。还要更可取的是, $\theta_{\text{ave}}$  为 15 度或更大。在这样的情况下,与光滑表面上形成微小凹凸部 11 的情况相比,89 度入射角的光的反射系数可以减小约 30%以上。

[0053] 另外, $\theta$  分布的峰值(即最频繁包括的  $\theta$  值)最好大于 0 度。该峰值为 2 度或更大更好,为 5 度或更大则还要更好。

[0054] 从制造的方面出发,如图 10 所示,最好不存在  $\theta$  大于 90 度的部分。或者说,最好内周表面 10 基本上由具有  $\theta \leq 90$  度的粗糙形状的面形成。如图 10 所示,当  $\theta$  大于 90 度的部分存在时,在面向,凹陷部 17 的表面上难以形成微小凹凸部 11。

[0055] 进一步,内周表面 10 最好形成为从入射光中不产生衍射光。具体地,内周表面 10 的粗糙形状最好形成为非周期的形状。或者说,如图 11 所示,在对内周表面 10(包括内周表面 10 上形成的微小凹凸部 11)的基准面的法线方向上的高度分布进行傅里叶变换得到的频谱中,由于内周表面 10 的粗糙形状而形成的峰 16 的峰宽(例如半峰高处的峰宽) $W_2$  最好大于微小凹凸部 11 的峰 15 的峰宽  $W_1$ 。例如,如果在某个周期内形成内周表面 10 的粗糙形状,则可能存在这样的情况,即从进入内周表面 10 的入射光中产生衍射光,并且由于衍射光而产生幻像、寄生光斑等。但是,通过上述结构,能够有效抑制衍射光以及幻像、寄生光斑等的产生。

[0056] 从有效地减小对成像装置 6 的成像区域上形成的衍射光的光学图像的影响出发,内周表面 10 最好形成为使以粗糙形状的中心周期(内周表面 10 上最频繁包括的周期)归一化后的周期的分布宽度大于等于中心周期的 0.4 倍。如果以中心周期归一化后的周期的分布宽度小于中心周期的 0.4 倍,则在内周表面 10 上,其中存在第二级衍射光的衍射角部分和其中存在第三级衍射光的另一个衍射角部分互相隔离,因此就可能产生所产生的衍射光中的不均匀性。另一方面,如果以中心周期归一化后的周期的分布宽度大于等于中心周期的 0.4 倍,则在内周表面 10 上,其中产生第二级衍射光的衍射角部分和其中产生第三级衍射光的另一个衍射角部分互相部分重叠,因此就能减小衍射光中的不均匀性。

[0057] 从进一步减小衍射光的不均匀性出发,以中心周期归一化后的周期的分布宽度最好大于等于中心周期的 2/3 倍。通过该结构,不仅其中产生第二级衍射光的衍射角部分和其中产生第三级衍射光的另一个衍射角部分互相部分重叠,而且其中产生第一级衍射光的衍射角部分和其中产生第二级衍射光的另一个衍射角部分互相部分重叠,因此由于缺失其中既不存在第一级衍射光又不存在第二级衍射光的衍射角部分引起的衍射光中的不均匀性能够被减小。

[0058] 在本实施例中叙述了直接在透镜镜筒 5 的内周表面上形成 SWS 的实例。但是,一种其中形成 SWS 的密封材料可以被黏附或贴附到透镜镜筒的内周表面上以形成透镜镜筒 5。或者说,透镜镜筒 5 不必是单个的单元体,而可以由多个部件形成。

[0059] 在本实施例中叙述了遍布透镜镜筒 5 的整个内周表面 10 形成 SWS 的实例。但是,取决于诸如光学系统 4 的结构等其他条件,SWS 不必遍布透镜镜筒 5 的整个内周表面 10 设置,而可以仅形成在必要的部分中。在这样的情况下,除了设置 SWS 的部分外,内周表面 10 的其他部分也可以是具有与设置 SWS 的部分相同的表面粗糙度的粗糙表面,或者可以是具有小于设置 SWS 的部分的表面粗糙度的光滑表面。进一步,可以在不形成 SWS 的部分中形成包括具有相对低反射系数的薄膜和具有相对高反射系数的薄膜的多层薄膜的其他防反射结构。也就是,只要光进入的光吸收构件的表面的至少一部分被形成为粗糙表面并且在该粗糙表面上形成 SWS,根据本发明的光吸收防反射构造体就完全不受限制。另外,即使在形成 SWS 的部分中,SWS 的高度和周期(节距)在必要时也可以调整。

[0060] 另外,SWS 结构可以形成在诸如构成光学系统 4 的透镜(透镜组)L1、L2 和 L3 的其他构件的表面,以及透镜镜筒 5 的内周表面 10 上。

[0061] 另外,如在本实施例中,当透镜镜筒 5 具有光吸收特性时,就可能存在长期使用成像装置 1 后透镜镜筒 5 发热的情况。进一步,当热量的产生愈加强烈或者高温状态长时间持续时,就可能存在透镜镜筒 5 因发热而损坏的情况。为了抑制因发热引起损坏,在透镜镜筒 5 中可以形成一个空间,在该空间中可以装入冷却剂。或者,透镜镜筒 5 中的所述内部空间可以连接到散热器等,使冷却剂在其中循环继而冷却透镜镜筒 5。注意,可以使用所述冷却剂,含有聚乙二醇和水的防冻液,空气,含有乙醇和水的混合液体等。

[0062] 如上所述,在本实施例中,使用作为根据本发明的光学装置的实例的成像装置特别详尽地叙述了被形成为呈筒状的光吸收防反射构造体(透镜镜筒 5)。但是,根据本发明,对于光吸收防反射构造体,上述透镜镜筒 5 的形状不限于上文叙述的形状,而可以形成诸如平面形、薄片形、其中形成在高度方向上穿透的通孔的截锥形或棱锥形等的各种不同的形状。进一步,可以在黏附表面或贴附表面上形成其中不形成 SWS 的光吸收防反射构造体的表面。具体地,光吸收防反射构造体可以用于诸如电荷耦合器件(CCD)等的图像传感器,诸如光度计,能量计,反射系数测量装置等的光测量装置,微透镜阵列,光盘等。

[0063] 本发明不限于上述实施例,可以进行各种修改而不背离本发明的精神和主要特征。上述实施例仅是所有方面的一个实例,并且对其的解释也不受限制。本发明的范围将由权利要求的范围表示并且不受本说明书的限制。进一步,属于权利要求的等效内容的范围的所有变化和修改都将落入本发明的范围之内。

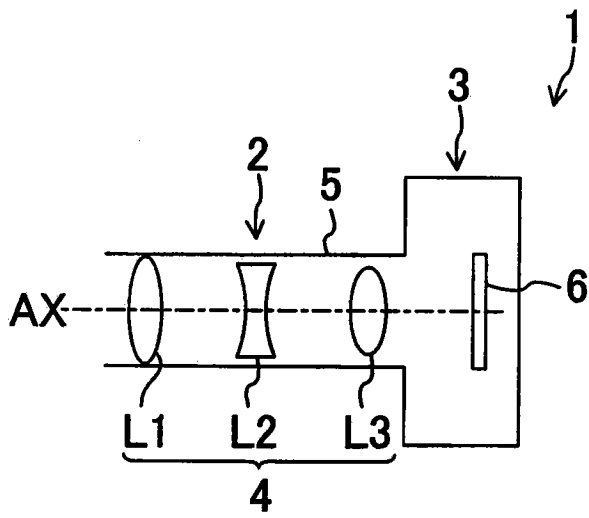


图 1

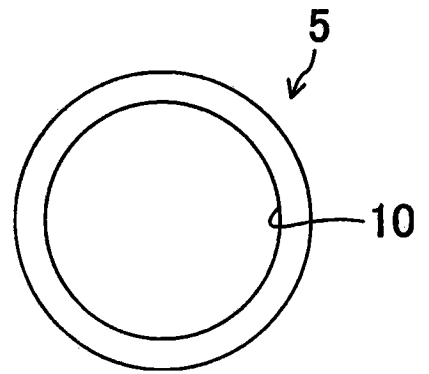


图 2

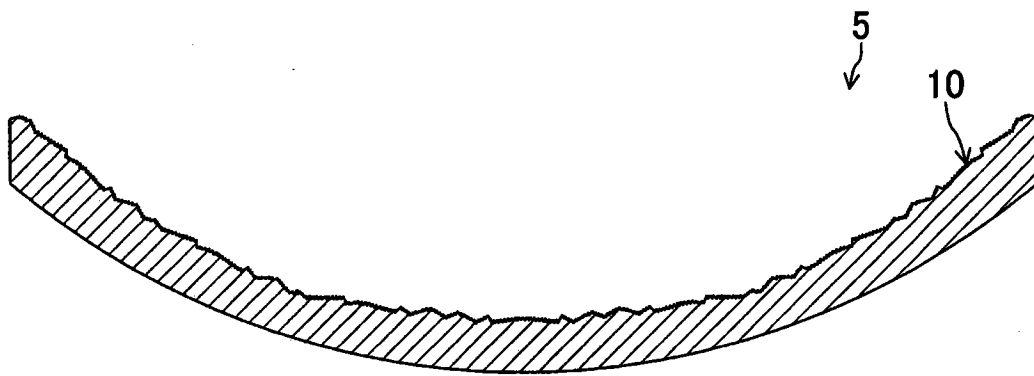


图 3

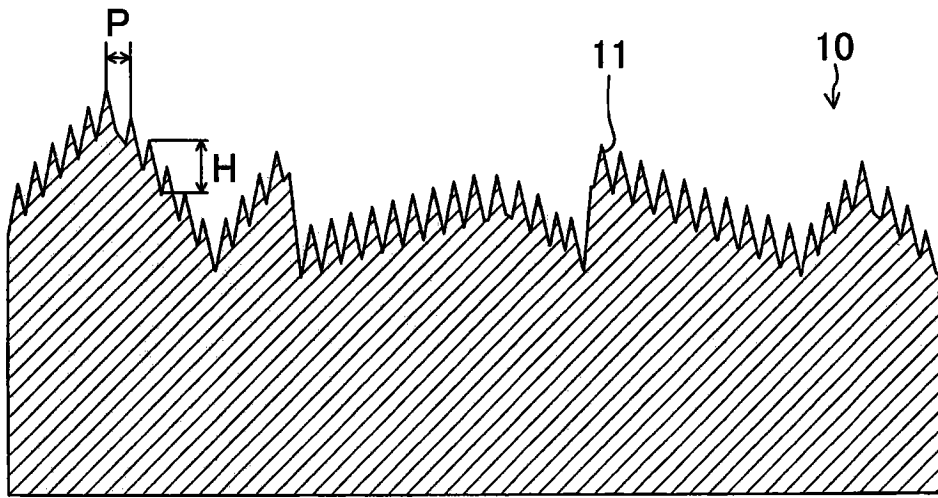


图 4

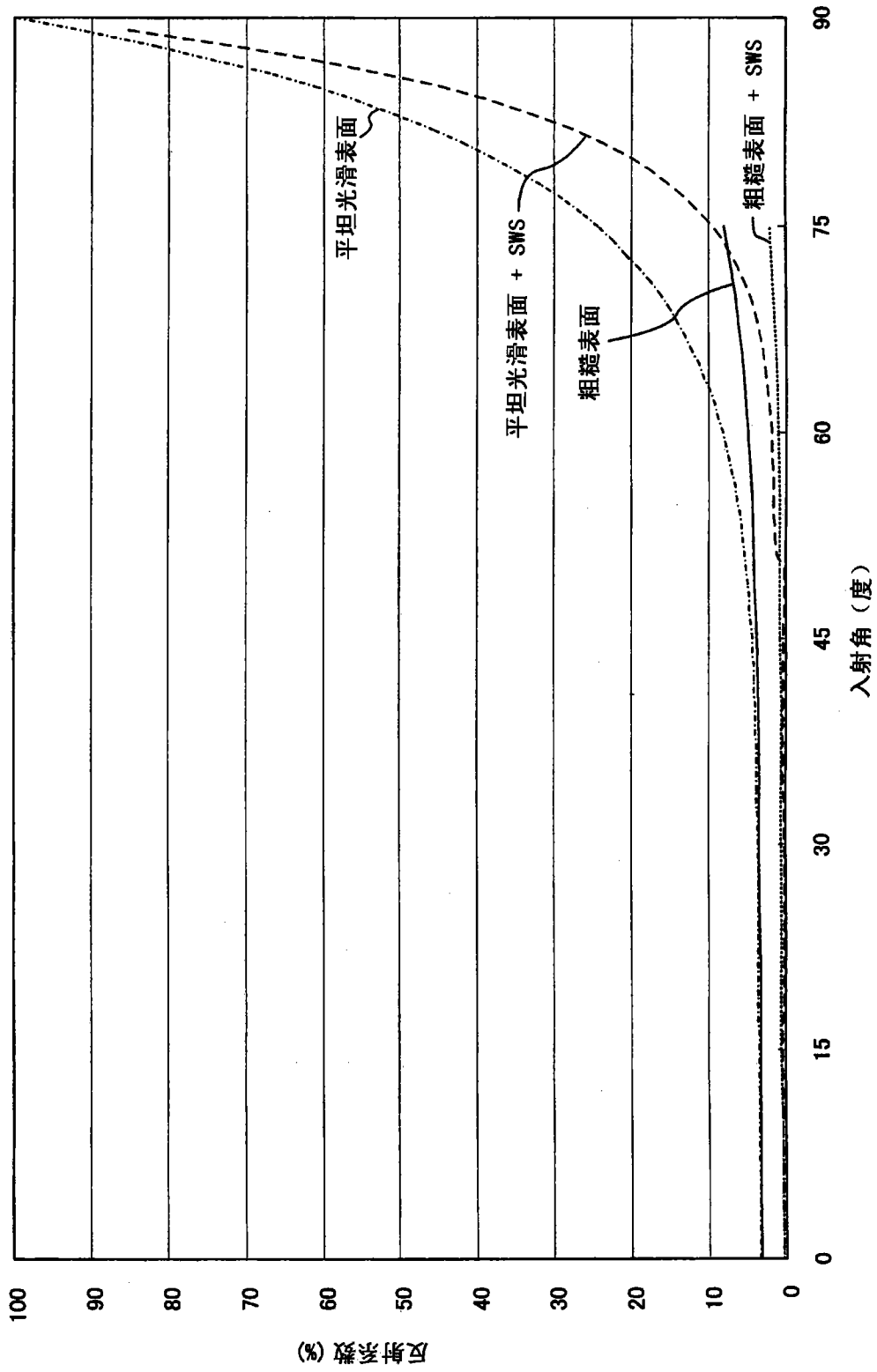


图 5

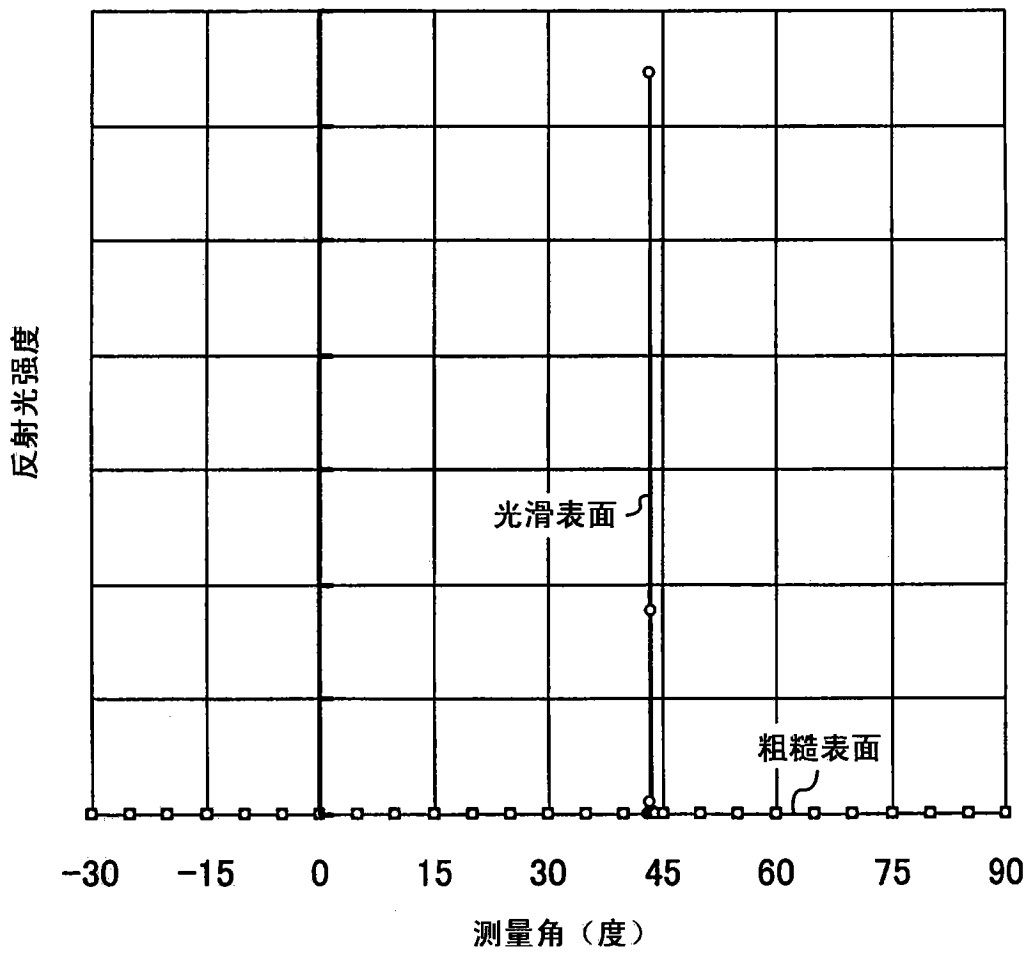


图 6

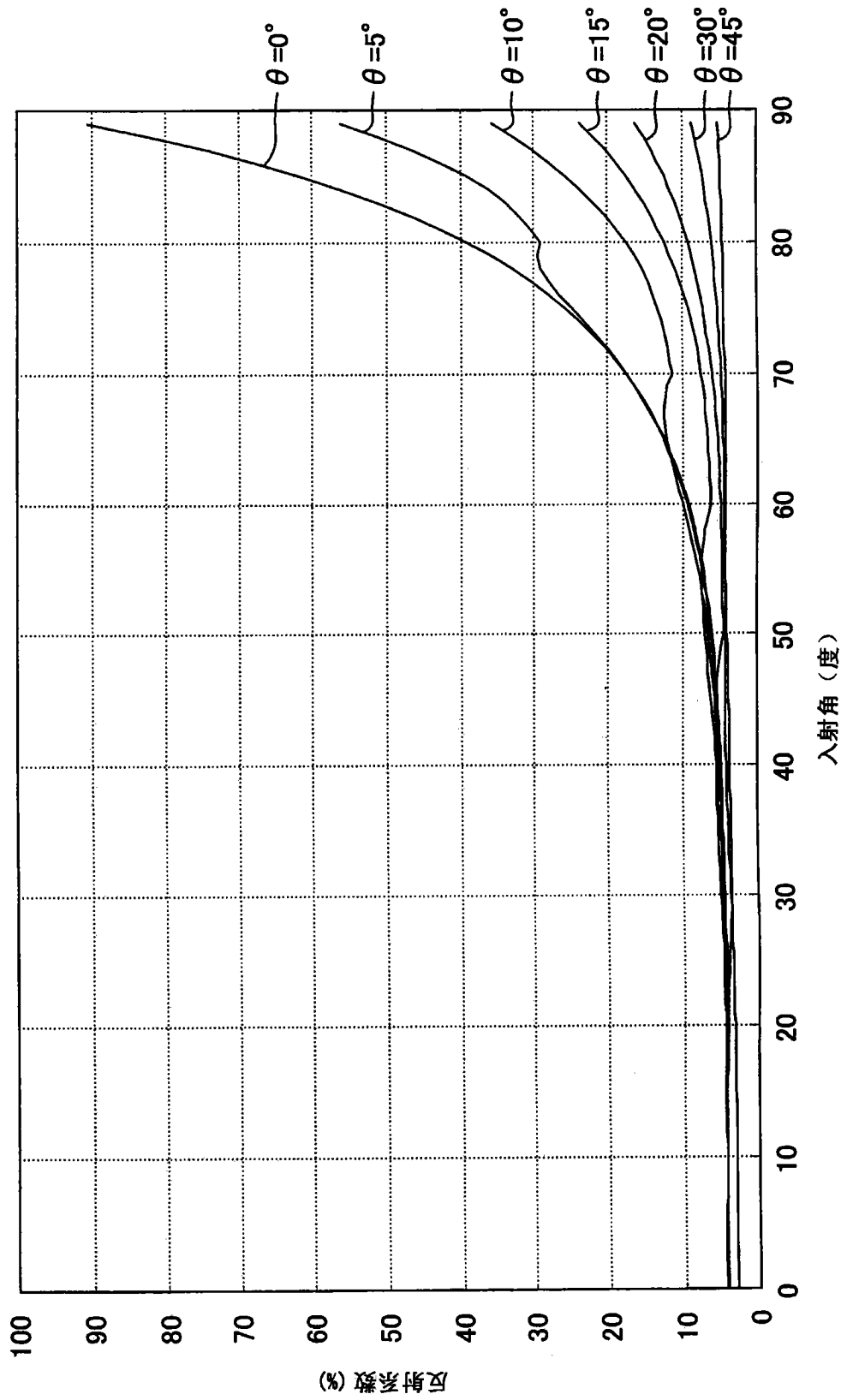


图 7

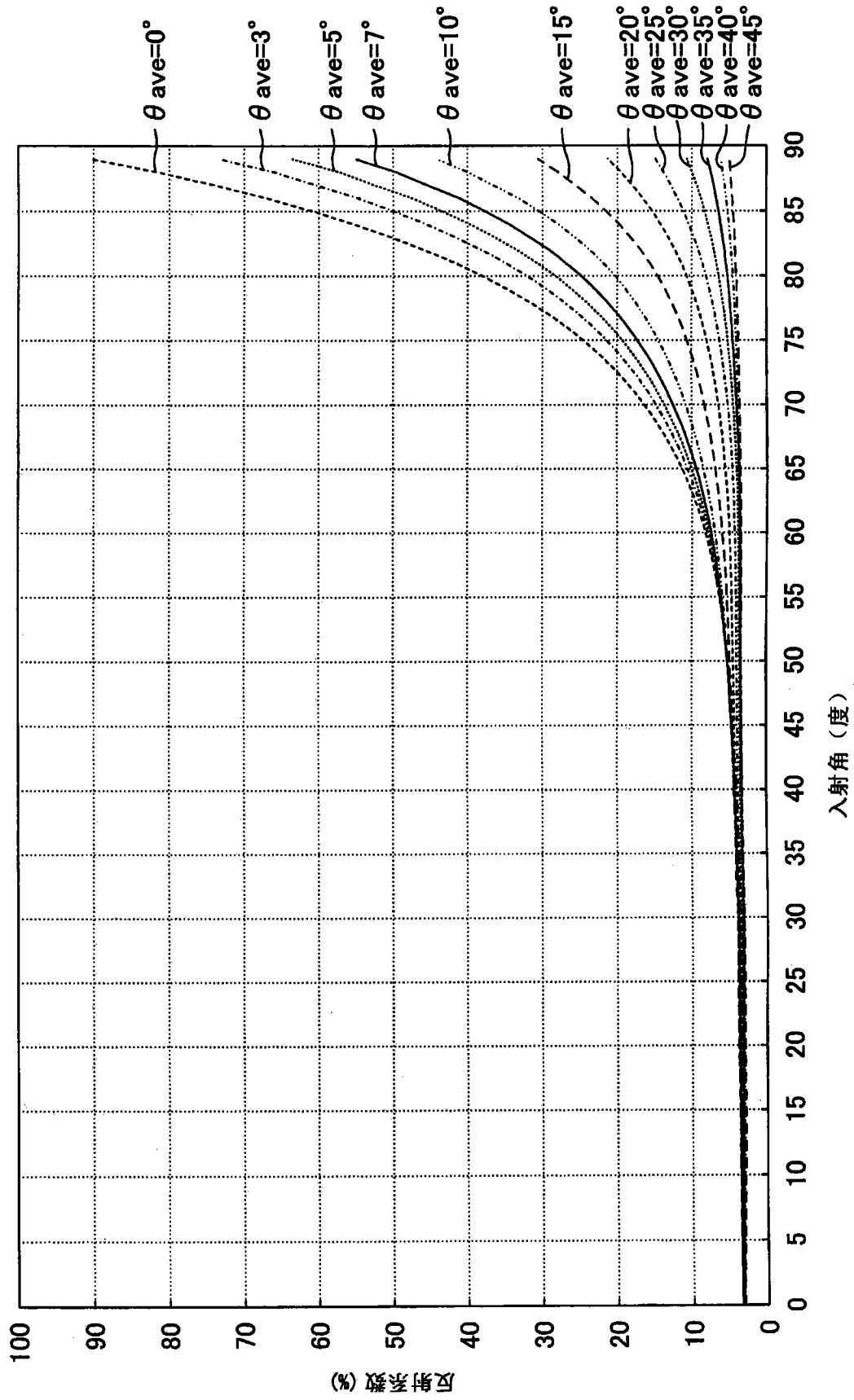


图 8

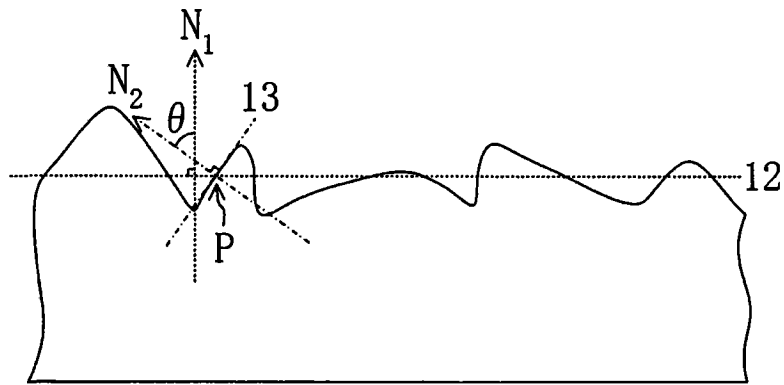


图 9

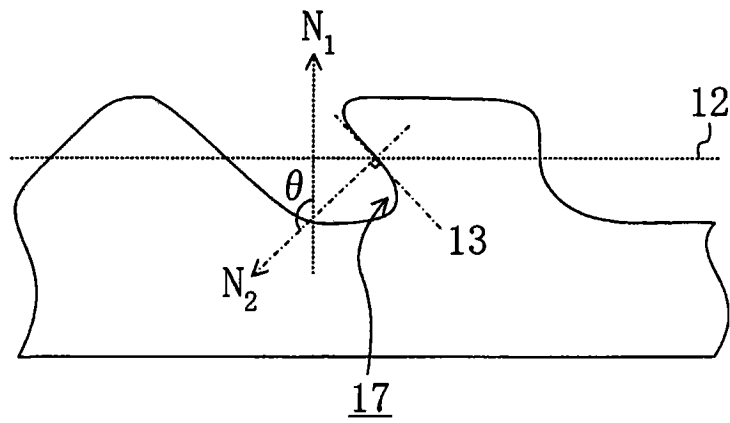


图 10

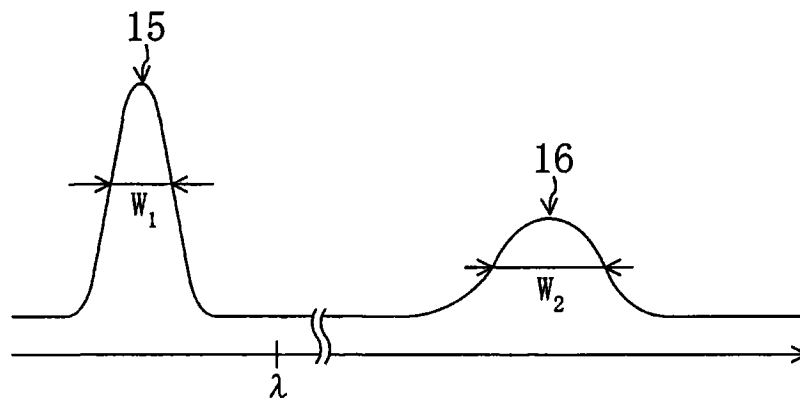


图 11