

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G02B 5/18

//B32B03/26



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 01820502.X

[45] 授权公告日 2005 年 6 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 1207582C

[22] 申请日 2001.12.11 [21] 申请号 01820502.X

[30] 优先权

[32] 2000.12.13 [33] FI [31] 20002737

[86] 国际申请 PCT/FI2001/001082 2001.12.11

[87] 国际公布 WO2002/048758 英 2002.6.20

[85] 进入国家阶段日期 2003.6.12

[71] 专利权人 莫丁尼斯有限公司

地址 芬兰赫尔辛基

[72] 发明人 L·哈特亚萨洛 K·林科

审查员 胡 婧

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

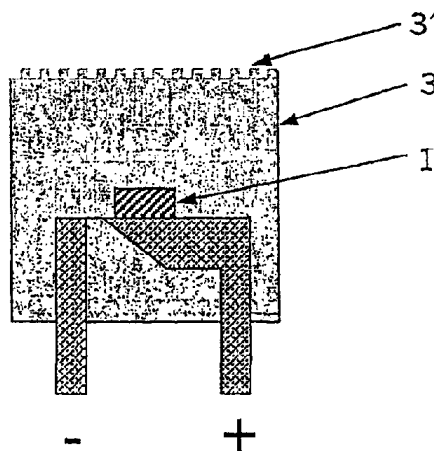
代理人 章社杲

权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 8 页

[54] 发明名称 射束成形器

[57] 摘要

本发明涉及一种射束成形器，其可用于与准单色光源(1)结合使用并由基本上透明的材料制成可引导光传播的透射元件(3)，用于使光束(R)变圆、成为椭圆、准直化、发散、会聚和/或类似的应用。射束成形器具有用于引导光束(R)的透射元件(3')，其结构为至少部分地包括二元表面浮雕型衍射图样，其具有主要根据布喇格衍射形状来相对于纵向和横向以及相对于光轴进行优化的局部光栅周期，以便提供最大的衍射效率。



ISSN 1008-4274

1. 一种射束成形器，其可用于与准单色光源(1)结合使用并由透明的材料制成可引导光传播的透射元件(3)，用于使光束(R)变圆、成为椭圆、准直化、发散、会聚的应用，其特征在于，所述射束成形器具有用于引导所述光束(R)的透射元件(3;3')，其结构为至少部分地包括二元表面浮雕型衍射图样，其具有根据布喇格衍射几何形状来相对于纵向和横向以及相对于光轴进行优化的局部光栅周期，以便提供最大的衍射效率。

2. 根据权利要求1所述的射束成形器，其特征在于，所述用于引导光束的透射元件(3)具有1:1的成像几何形状，所述射束成形器具有表面轮廓(3')，其以衍射的方式设置在平表面上，使得入射角超过 5° 到 30° 的光束(R)的引导至少可部分地通过衍射式布喇格光栅图样来实现。

3. 根据权利要求2所述的射束成形器，其特征在于，入射角超过 15° 的光束(R)的引导至少可部分地通过衍射式布喇格光栅图样来实现。

4. 根据权利要求1所述的射束成形器，其特征在于，所述用于引导光束的透射元件(3)具有不同于1:1的成像几何形状，所述射束成形器具有设置成混合模式的表面轮廓(3')，使得入射角小于 15° 到 40° 的光束(R)的引导可通过折射透镜来实现，而入射角超过 15° 到 40° 的光束(R)的引导至少可部分地通过衍射式布喇格光栅图样来实现。

5. 根据权利要求3所述的射束成形器，其特征在于，入射角小于 30° 的光束(R)的引导可通过折射透镜来实现，而入射角超过 30° 的光束(R)的引导至少可部分地通过衍射式布喇格光栅图样来实现。

6. 根据权利要求1所述的射束成形器，其特征在于，所述用于引导光束的透射元件(3)具有明显不同于1:1的成像几何形状，所述射束成形器具有设置成混合模式的表面轮廓(3')，使得在非球形或球形折射

表面上形成了衍射式布喇格光栅图样，以便满足布喇格条件并得到较高的衍射效率。

7. 根据权利要求 1 到 6 中任一项所述的射束成形器，其特征在于，所述射束成形器与准单色光源(1)集成在一起，所述射束成形器直接设置在所述光源(1)的表面上，和/或在一个整体结构中围绕着所述光源，
5 从而同时构成了至少部分地围绕着所述光源(1)的保护基体。

8. 根据权利要求 1 到 6 中任一项所述的射束成形器，其特征在于，所述射束成形器与准单色光源(1)集成在一起，所述射束成形器通过机械连接和/或化学粘合设置成作为单独元件，与位于其表面上和/或围绕着所述光源的所述光源(1)接触，从而构成了至少部分地围绕着所述光源(1)的保护基体。
10

9. 根据权利要求 8 所述的射束成形器，其特征在于，所述射束成形器通过光学明亮的纳米类夹具设置。

10. 根据权利要求 8 所述的射束成形器，其特征在于，单独元件
15 为薄膜、覆层或透镜。

11. 根据权利要求 1 到 6 中任一项所述的射束成形器，其特征在于，所述射束成形器与准单色光源(1)集成在一起，所述射束成形器可用于对一个或多个单独的光源(1)的辐射场和强度分布进行成形。

12. 根据权利要求 11 所述的射束成形器，其特征在于，所述光源
20 (1)为发光二极管、有机发光二极管、谐振腔发光二极管、垂直空腔激光器、半导体二极管或激光器

13. 根据权利要求 11 所述的射束成形器，其特征在于，所述射束成形器可用于对两个或多个光源(1)或光源矩阵(1')的辐射场和强度分布进行成形。

14. 根据权利要求 1 到 6 中任一项所述的射束成形器，其特征在于，
25 所述射束成形器由光学透明的材料制成，其用作绝缘的不导电的组合物(3)，其粘度被优化以符合应用制造工艺的要求。

15. 根据权利要求 14 所述的射束成形器，其特征在于，所述光学

透明的材料为纳米材料、聚合物、弹性体、陶瓷。

16. 根据权利要求1到6中任一项所述的射束成形器，其特征在于，所述射束成形器由一种或多种光学透明的材料制成，其用于至少部分地导电和/或传热的组合物(3'')，以便提供增强所述光源(1)的电流密度/光强、光束的衍射或加热元件。

17. 根据权利要求1到6中任一项所述的射束成形器，其特征在于，通过采用由电子束、激光束印刷机成型的扁平和/或多形式的印刷块和/或镶块来提供可用于与待制品接触而进行复制的成型表面轮廓(3'')，可以实现所述射束成形器的大批量制造，注射模制、反应注射模制、铸造、热模压印、喷射、涂镀、丝网印刷。

18. 根据权利要求17所述的射束成形器，其特征在于，所述大批量制造为注射模制、反应注射模制、铸造、热模压印、喷射、涂镀、丝网印刷。

射束成形器

5 本发明涉及一种射束成形器，其可用于与准单色光源结合使用并由基本上透明的材料制成可引导光传播的透射元件，用于使光束变圆、成为椭圆、准直化、发散、会聚和/或类似的应用。

对于上述应用来说，目前已知有例如下述的透射元件：a)折射式透镜系统，b)衍射式透镜系统，以及c)混合式组件。

10 除上述之外，目前还采用所谓的布喇格反射器，在这种应用中使用的组件是部分反射和部分可透过的。还知道可以在光纤应用如所谓的光纤光栅中采用布喇格结构，其可用作选择性输出组件，但不能作为实际的透镜式透射元件。然而在这种应用中所介绍的方案无法实际应用于当今的射束成形中。

15 因此，特别是美国专利 5966399 公开了一种布喇格反射器或所谓的菲涅耳透镜，其与垂直空腔激光器(VCSEL)集成在一起，但垂直空腔激光器并不构成半导体的实际保护基体。然而关于这一点，并未介绍过能够直接应用于大批量生产的方案。此外，国际专利申请 PCT/US98/17295 介绍了一种集成在半导体激光器内并包括单独的透
20 镜元件的射束成形器。这种特殊的透镜基于传统的折射式和衍射式装置，以及由它们构造而成的混合式组件。然而，上述对比文献中介绍的透镜元件并不构成与光源集成在一起的部件，在这种情况下甚至没有任何对比文献利用了布喇格效应。另外，美国专利 607550 公开了一种射束成形器，其包括同样基于折射或衍射表面的单独的
25 柱面透镜，这种透镜已被改进以用于对主要由激光二极管产生的光波阵面进行成形。另一方面，此对比文献没有介绍以任何方式与光源集成在一起的任何方案，也未介绍布喇格光栅的任何应用。

本发明的射束成形器的一个目的是提供一种关于上述技术的明

确的改进，因而能够实质上提高现有技术的技术水平。为了实现这个目的，本发明的射束成形器的主要特征在于，它的可引导光束的透射元件具有这样的结构，即至少部分地包括二元的表面浮雕型衍射图样，其具有主要根据布喇格衍射几何形状来相对于纵向和横向以及相对于光轴进行优化的局部光栅周期，以便提供最大的衍射效率。

由本发明的射束成形器所提供的最重要的优点包括其在理论意义上和实际应用上的理想结构，因而尤其是被集成为光源的一个周边部件的射束成形器能够提供最大的理论效率，在透镜式透射元件组件的成型工艺中利用布喇格效应时尤其如此。另外，本发明的射束成形器的集成特性使得能实现非常有效的大批量生产，并且从实用角度来看此光学系统非常简单、有效和耐用。利用本发明还可以改善例如由 LED 和边发射半导体激光器发出并在较宽范围的入射角上发散的光束，它很难采用传统的光学元件以足够高的效率来进行校直或成像。

在下面的说明中将通过参考附图来详细地介绍本发明，在图中：

图 1-5 显示了主要与布喇格效应的应用有关的说明的视图，和

图 6-12 显示了用于本发明的射束成形器的各种优选的可选择的实施方式。

本发明涉及一种射束成形器，其可用于与准单色光源 1 结合使用并由基本上透明的材料制成可引导光传播的透射元件 3，用于使光束变圆、成为椭圆、准直化、发散、会聚和/或类似的应用。可引导光束 R 的射束成形器的透射元件 3;3' 具有这样的结构，即至少部分地包括二元表面浮雕型衍射图样，其具有主要根据布喇格衍射几何形状来相对于纵向和横向以及相对于光轴进行优化的局部光栅周期，以便提供最大的衍射效率。

下面的介绍将通过参考附图 1-5 说明布喇格效应来解释本发明的基本概念。图 1 显示了位于平表面上的纯衍射元件，即成像几何形

状为 1:1。光源 1 包括例如激光器或 LED，其设有折射率为 n 的基体 2、衍射透镜 3 和多模纤芯 4。为了实现 1:1 的成像几何形状，需要：

$$b = a/n \quad (1)$$

和

$$n \tan \theta_1 = \tan \theta_2 \quad (2)$$

衍射透镜具有局部光栅周期 $d(r)$ ，其中 r 是离光轴的距离，由下述光栅方程式确定：

$$\sin \theta_2 = n \sin \theta_1 - \lambda/d(r), \quad (3)$$

其中 λ 表示波长。因此，方程式 3 提供了可得到在各位置处的局部周期的方法。

例如在 E.Nojonen, J.Turunen 和 A.Vasara, “根据电磁理论的多级衍射式光学元件的参数化优化”, *Applied Optics*, 31, 5010-5012(1992), 以及 E.Nojonen, J.Turunen 和 A.Vasara, “电磁理论和衍射透镜阵列的设计”, *Journal of the Optical Society of America A*10, 434-443(1993)的基础上已经知道, 衍射式聚焦或准直透镜的最佳表面轮廓很大程度上取决于大入射角处的局部周期, 并且大入射角的最佳多级轮廓的制造是非常困难的。在成像透镜、尤其是成像几何形状为 1:1 的情况中, 在大入射角处仍然可利用布喇格效应, 这已经应用于衍射元件的二元编码, 例如在 J.Turunen, P.Blair, J.M.Miller, M.R.Taghizadeh 和 E.Nojonen, “具有二元合成的表面浮雕轮廓的布喇格全息图”, *Optics Letters* 18, 1022-1024(1993)中所公开的, 然而对于透镜来说并不如此。在上述情况下, 透镜的中央具有正常的衍射图样, 然而沿其边缘具有已被进一步优化的二元布喇格图样, 例如在 E.Nojonen 和 J.Turunen, “二元高频载体衍射式光学元件: 电磁理论”, *Journal of the Optical Society of America A* 11, 1097-1109(1994)中所公开的那样。

图 2 显示了典型的衍射光栅图样(出现在图 1,3 和 4 的表面上), 其根据布喇格条件被加以改进。角度 θ_1 和 θ_2 与图 1 中的相同, d 继

续表示局部光栅周期， c 为顶端宽度， h 为顶端高度。如果满足布喇格条件

$$n \sin \theta_1 = -\sin \theta_2 = \lambda/2d \quad (4)$$

并且局部光栅周期处于 $0.5\lambda < d < 2\lambda$ 之间，就可以选择参数 c 和 h ，以
5 得到非常高的光栅衍射效率。因此，实际上如果 $\theta_2 > 15^\circ$ ，就可以使用布喇格光栅。

比较上述方程(2)和(4)可知，布喇格条件 4 在图 1 的几何形状中只是近似地得到满足。当 $\sin\theta_1 \approx \tan\theta_1$ 和 $\sin\theta_2 \approx \tan\theta_2$ （即尤其在大入射角下会产生误差）时此近似性有效。然而，对于在很高效率下工作的
10 光栅来说，布喇格条件不必精确地有效（见上述 E.Nojonen 和 J.Turunen 的文章）。另外，可以稍稍地偏离 1:1 的成像几何形状，使得布喇格条件在入射角 θ_{\max} 处得到最佳的满足，在此入射角上强度分布可达到其最大值。

因此，替代方程式(1)，结果为

$$b = a \frac{(1 - n^2 \sin^2 \theta_{\max})^{1/2}}{n \cos \theta_{\max}}. \quad (5)$$

15 作为另选，可用非零入射角来代替 θ_{\max} ，其取决于强度分布的形状，并考虑到使整体衍射效率最大化来进行选择。

在原理上可通过下述方式来改进图 1 所示的透镜，即在中央区域设置折射透镜，同时只在超过 30 度的入射角下使用衍射透镜，在这样的角度上布喇格光栅具有很高的效率。图 3 显示了这样的结构；
20 光束 R1 经折射表面前进，而光束 R2 经衍射表面前进。这种方案对 RC-LED 有意义，但对激光器来说并不如此，这是因为折射和衍射部分之间的边界在空间相干域中造成了麻烦。

图 4 显示了成像几何形状与 1:1 的成像几何形状显著不同的状态（即光纤离透镜的距离更远，因而光可接合或连接到具有更小数值孔径的光纤内）。这样，混合式透镜就具有带衍射图样的折射表面 1。
25 采用混合式组件的原因是，图 4 中 II 处的角 θ_2 比图 1 中的更小，然

而仍然必须满足布喇格条件以便得到较高的效率。这可在图 2 所示的二元结构设于适当弯曲的表面上、即以使布喇格光栅的顶端具有局部垂直或正交于此曲面的垂直壁的方式来旋转几何形状时实现。最佳表面轮廓可以计算出来，结果是一个近似然而并不完全的球面。之后需要确定作为空间函数的透镜的局部周期，它也可根据上述内容而计算出。与采用纯折射表面相比，其表面曲率很小，这意味着菲涅耳损耗也显著地降低。同样在此情况下，可以在透镜的中央区域采用纯折射的方式，如图 3 所示。

图 5 显示了透镜系统 3 使光束发散（即透镜系统上的光束的入射角小于其出射角）的状态。

另一方面，本发明的射束成形器试图使尤其由光学半导体器件如 RC-LED 或 VCSEL 1 产生的辐射场在远场中实现准直和形状成形，并通过衍射式或混合式元件馈送到光纤中。这类元件例如可直接设置在 RC-LED 或 VCSEL 的周围或其上方，从而同时密封地包围所述元件。

下面将讨论关于本发明基础的更具体的分析。在第一近似算法中（其足以适用于上述工业应用），根据相干性理论进行下述假设：

1. 光源和布喇格结构之间的作用区域无限薄，因而可认为是平面的或扁平的光源。
2. 作用区域中的各点用作全相干的贝塞尔-高斯光束（即由 VCSEL 产生的光束具有相同的图样）的光源。
3. 光源可假定为完全非相干（准均匀），因此从其各点处发出的相干的贝塞尔-高斯光束以几乎破坏性的方式产生干涉。

在这些假设的基础上可以设想，能够设计出关于由光学半导体器件产生的部分相干辐射场的传播的理论，它又可在辐射场近似为部分相干的锥形波的假设基础上对光学元件进行优化设计。

如果光学半导体器件的辐射场可由部分相干的贝塞尔-高斯场来成型，那么设计可用于平表面的衍射元件就相当容易，因此这些场

能够实现准直，可调节远场的衍射分布以实现所需的强度分布，或者可将光功率引导到例如光纤中。光源的精确空间相干特性不太可能对理论模型的建立具有任何显著影响。

5 首先来看来自光源的光到多模光纤的连接，多模光纤的一个很好的例子包括塑料光纤。

如果光源的辐射场具有比光纤的数值孔径更小或相等尺寸的数值孔径，并且光源的发射区域具有比纤芯直径更小或相等尺寸的直径，那么光到光纤的连接就最简单。采用 1:1 的成像透镜就足够了。这种透镜可衍射式地设置和平表面上（即设置在光源周围的柱形基体的顶面），例如如下所述：透镜包括位于其中央部分处的传统的微型菲涅耳透镜，即其轮廓是连续的。在光源的光输出功率最大的大入射角处，这类透镜的衍射效率即使在理论上说也是很低的，并且所能采用的制造技术甚至无法达到理论极限。另一方面，本发明采用了二元结构或模式，其在布喇格入射角处具有很高的效率（高达 97-98%），其制造或生产也可采用现代技术来进行，即使在局部光栅周期与光波长处于相同级别下时也是如此。通过以标准方式在抗蚀层上进行电子束光刻术，之后制造出可用于铸模的镍垫片，就可以制出透镜。

20 如果成像几何形状不是 1:1，情况就变得有些复杂。这种情况在光纤的数值孔径小于光源辐射场的数值孔径时发生，尤其在光束被校直而不是与光纤相连时发生。在这种情况下，布喇格条件的满足（它是在二元透镜中得到高效率的先决条件）需要使其上存在有衍射图样的表面弯曲或偏转。因此，可以在非球形的折射表面上制出衍射图样，即问题是关于混合式结构（其因与当前可用的方案完全不同的原因而得以实现）。根据目前的知识，与纯折射表面的曲率相比，此表面曲率相当小，因而衍射图样的制造例如可如下所述地完成：首先在抗蚀层上制出主元件，然后制出沿由金刚石车削产生的非球形表面（甚至采用球形表面也可满足工业应用的要求）为柔

性的硅垫片，之后利用此结构复制出例如适用于铸模的镍垫片。

因此，无论图像侧的数值孔径大于（或小于）物体侧的数值孔径，上述技术均适用。关于光纤连接的另一应注意的限制是，此特定光源是基本上非相干光源，因此其作用区域的图像必须适合处于纤芯的直径内。因此，成像所需的放大并不是任意大的比例。相同技术也可应用于光的校直，在这种情况下表面的曲率半径达到其最大值。

另一方面，如果希望对准直光束关于其远场衍射图样进行构造或成形以提供具有矩形的平顶，那么它也可以基本上比较简单的方式来完成，例如通过将衍射图样的局部周期改变为空间函数，从而为场提供受到控制的误差。

根据上述内容，在本发明的一个优选应用中，具有用于引导光束的成像几何形状为 1:1 的透射元件 3 的射束成形器具有表面轮廓 3'，其以衍射方式设置在平表面上，使得入射角超过 5° 到 30° 、最好 15° 的光束 R 的引导可通过衍射式布喇格光栅图样来实现。

在另一优选应用中，其中用于引导光束的透射元件 3 具有稍稍不同于 1:1 的成像几何形状的射束成形器具有表面轮廓 3'，其设置成混合型模式，使得入射角小于 15° 到 40° 、最好 30° 的光束 R 的引导可通过折射透镜来实现，而入射角超过 15° 到 40° 、最好 30° 的光束 R 的引导可通过衍射式布喇格光栅图样来实现。

在另一优选应用中，其中用于引导光束 R 的透射元件 3 具有明显不同于 1:1 的成像几何形状的射束成形器具有表面轮廓 3'，其设置成混合型模式，使得在非球形或球形折射表面上形成了衍射式布喇格光栅图样，以便满足布喇格条件并得到较高的衍射效率。

在另一优选应用中，射束成形器与准单色光源集成在一起。在这种情况下，射束成形器可直接设置在光源 1 的表面上，和/或在一个整体结构中围绕着光源 1，例如根据图 6-8 所示的原理，从而同时构成了至少部分地围绕着光源 1 的保护基体。

在另一优选应用中，射束成形器以另一种方式与准单色光源集成在一起，它通过机械连接和/或化学粘合、如光学明亮的纳米类夹具和/或类似装置设置成作为单独元件如薄膜、覆层、透镜等与光源 1 接触，例如位于其表面上和/或围绕着光源 1，从而构成了至少部分地围绕着光源 1 的保护基体，例如图 9-11 中原理性地显示。

在另一优选应用中，与准单色光源集成在一起的射束成形器尤其可用于对一个或多个单独光源 1 的辐射场和强度分布进行成形，光源例如为发光二极管、有机发光二极管、谐振腔发光二极管(RC-LED)、垂直空腔激光器(VCSEL)、一些其它的半导体二极管和/或激光器，和/或类似物。可以考虑的另一光源包括光纤(例如通信网络)，其接头/剖面接口可设有本发明的射束成形器，其可作为单独元件或整体结构。

另一方面，在一种其它的方案中，射束成形器尤其可用于对两个或多个光源 1 或图 12 中所示的光源矩阵 1' 的辐射场和强度分布进行成形，光源矩阵 1' 例如为发光二极管和激光器矩阵和/或类似装置。

在一个实施例中，射束成形器由基本上光学透明的材料制成，例如纳米材料、聚合物、弹性体、陶瓷和/或类似材料，其用作绝缘的不导电的组合物 3，其粘度被优化以符合应用制造工艺的要求。

在另一方案中，射束成形器由一种或多种基本上光学透明的材料制成，例如纳米材料、聚合物、弹性体等，用于至少部分地导电和/或传热的组合物 3''，以便提供各种其它的品质，例如增强光源 1 的电流密度/光强、光束的衍射、加热元件和/或类似用途。

在另一优选应用中，通过采用由电子束、激光束印刷机和/或类似装置成型的扁平或/或多边形或多形式的印刷块和/或镶块来提供可用于与待制品接触而进行复制的成型表面轮廓 3'''，可以实现射束成形器的大批量制造，例如注射模制、反应注射模制、铸造、热模压印、喷射、涂镀、丝网印刷和/或类似工艺。

显然，本发明并不限于所公开的或上述实施例，而是可在本发

明的基础概念内以多种方式进行改进。另外，本发明的结构方案可用于例如下述用途：

- 用于近程或中程通信网络的脉冲源/发送器（例如 RC-LED、VCSEL），
- 5
- 警报和信号源/发送器（例如发光二极管手电筒），
 - 信息源/发送器（例如引导标志），
 - 光源/发送器（例如发光二极管/激光灯具），
 - 光源矩阵（例如发光二极管显示器），
 - 光电元件（例如集成 CCD 单元）。

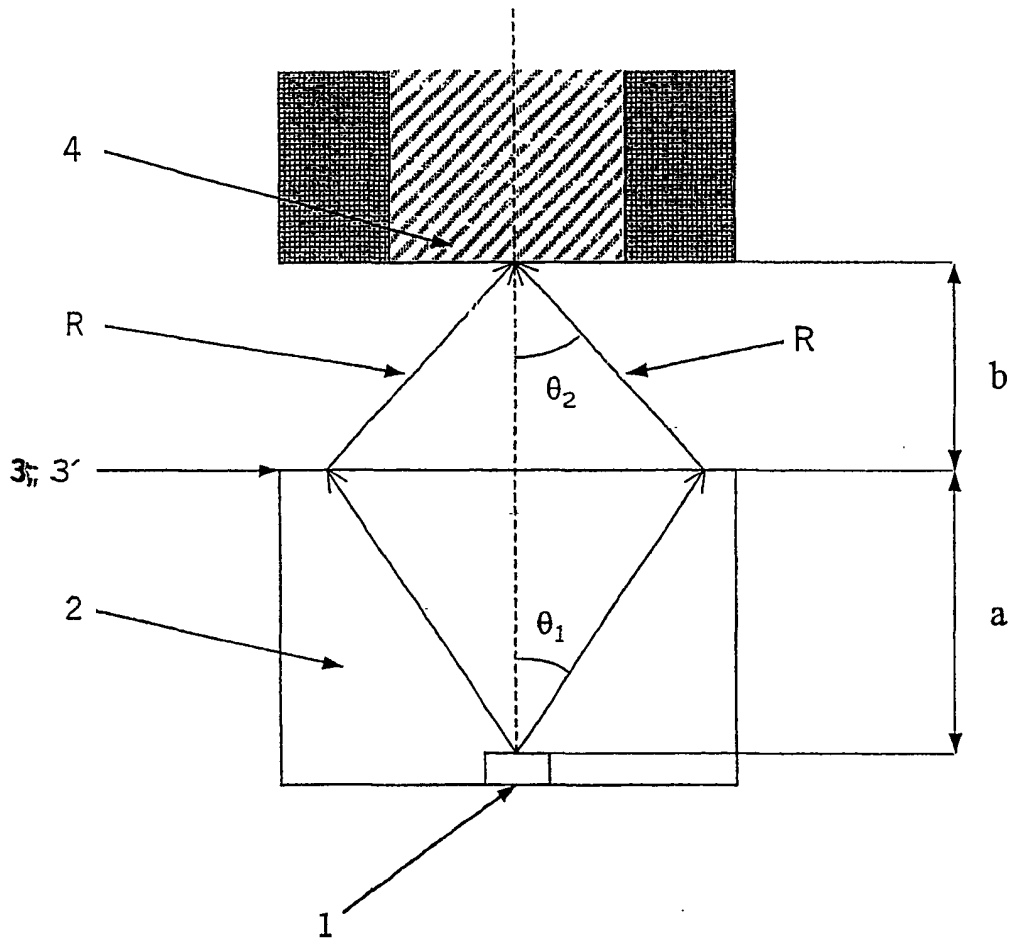


图 1

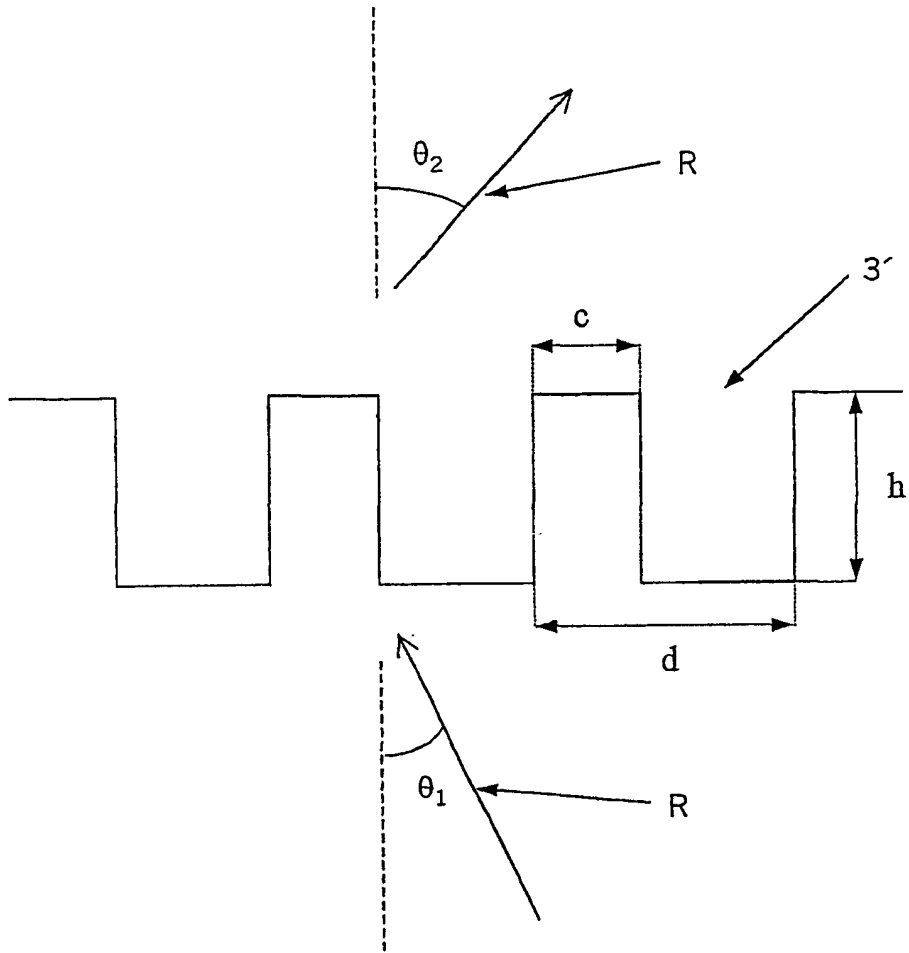


图 2

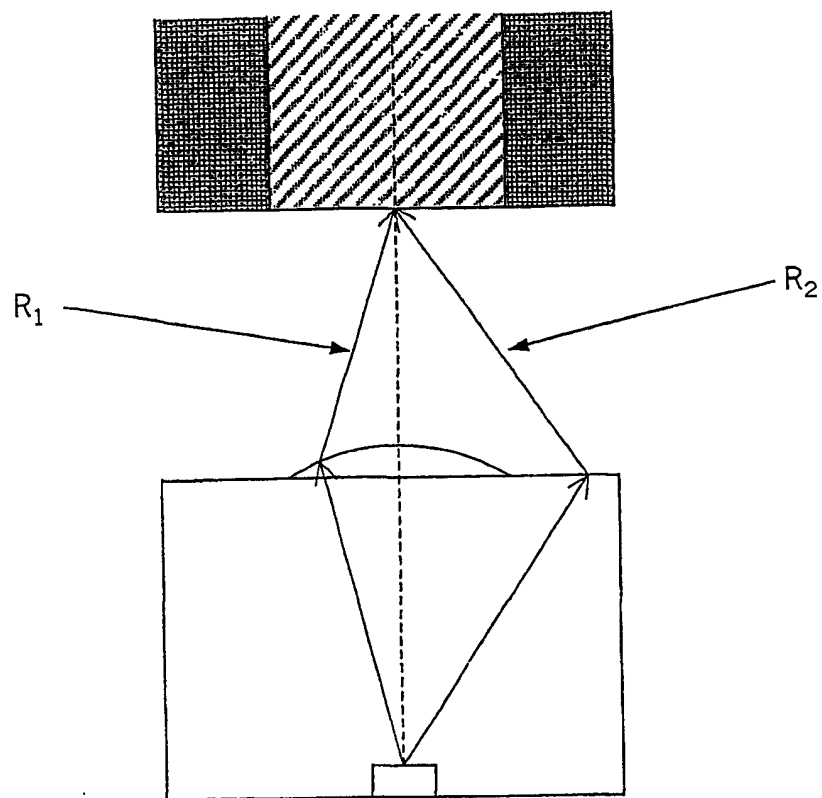


图 3

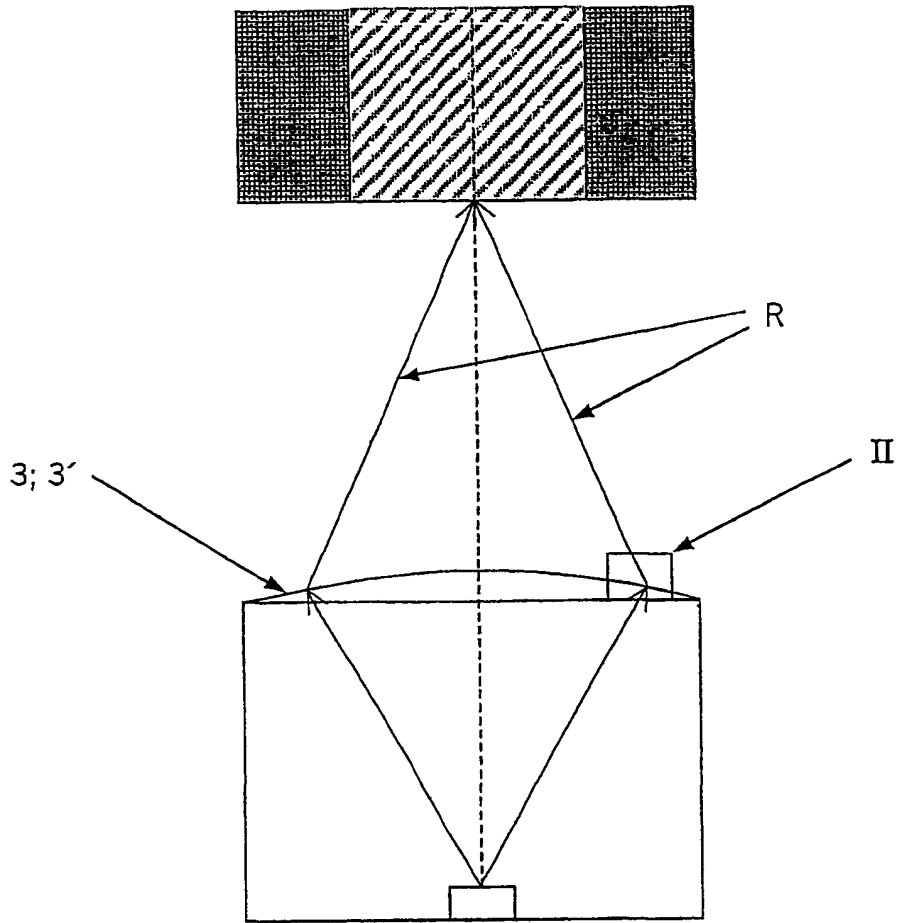


图 4

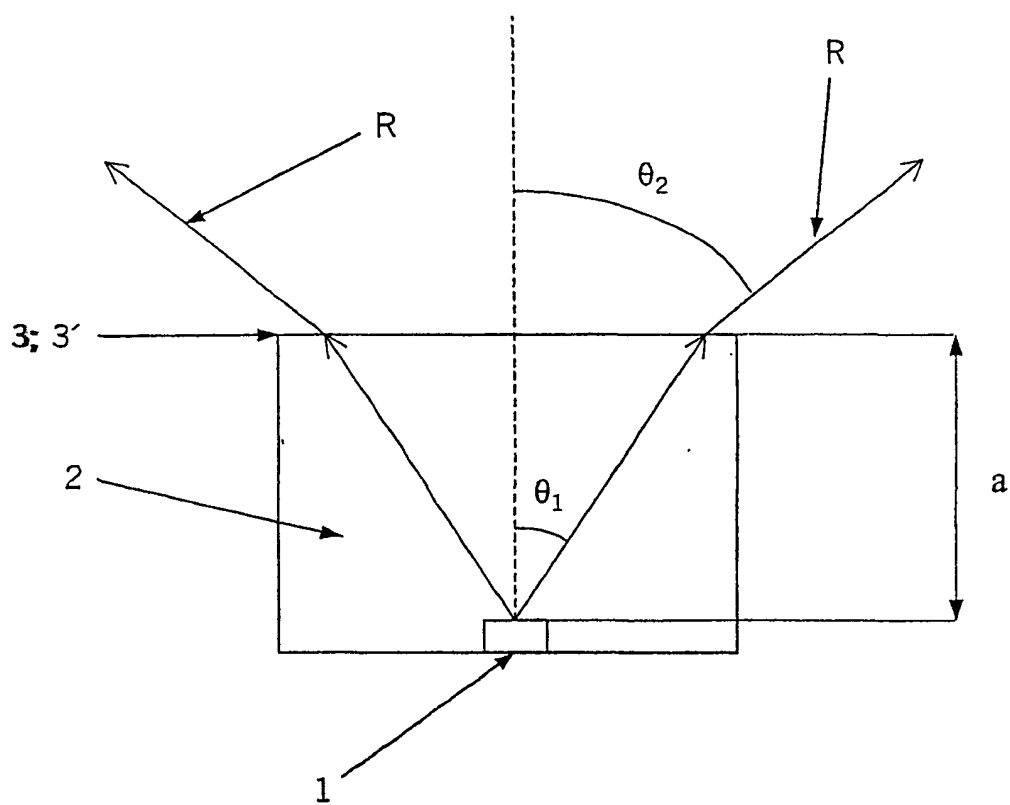


图 5

图 6

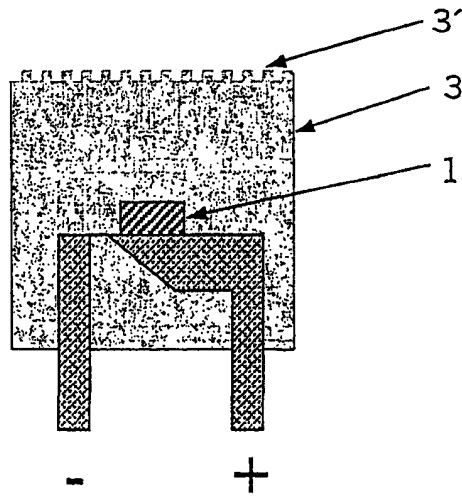


图 7

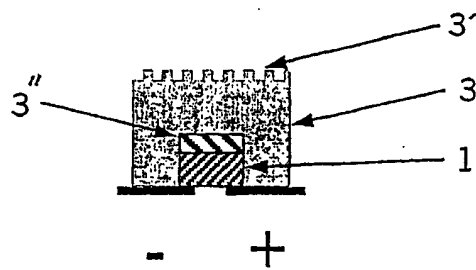
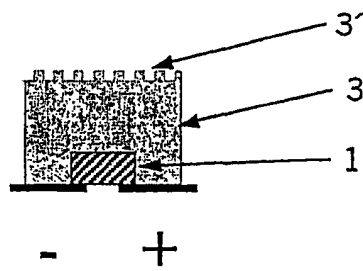


图 8

图 9

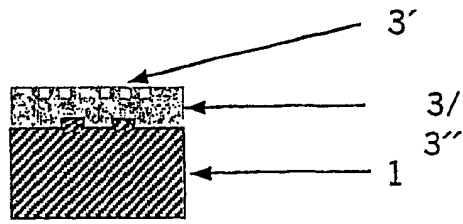


图 10

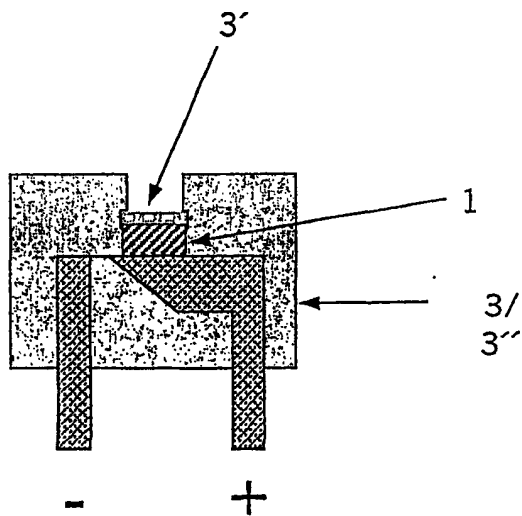
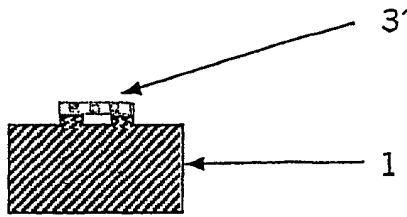


图 11

图 12

