[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480013888.7

[51] Int. Cl.
G02B 3/08 (2006.01)
G02B 5/18 (2006.01)
G02B 3/10 (2006.01)
H04N 9/31 (2006.01)
H04N 5/74 (2006.01)
G03B 21/62 (2006.01)

[45] 授权公告日 2008 年 10 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 100426006C

[22] 申请日 2004.5.17
[21] 申请号 200480013888.7
[30] 优先权
[32] 2003. 5.20 [33] FR [31] 0306064
[86] 国际申请 PCT/FR2004/050199 2004.5.17
[87] 国际公布 WO2004/106992 法 2004.12.9
[85] 进入国家阶段日期 2005.11.21
[73] 专利权人 汤姆森特许公司
地址 法国布洛涅
[72] 发明人 阿尔诺·舒伯特 帕斯卡尔·贝努特
[56] 参考文献
US5191472A 1993.3.2
US5432636A 1995.7.11
JP59 - 101(A) 1984.1.5
US6052226A 2000.4.18
US2002/0181099A1 2002.12.5
审查员 潘圆圆
[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
代理人 马高平 杨 梧

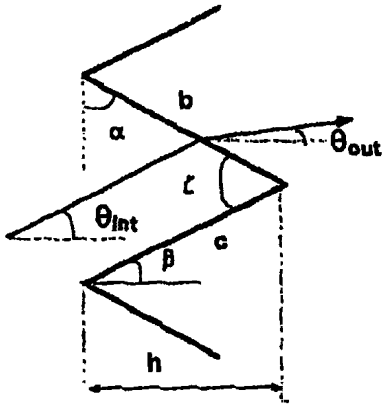
权利要求书 4 页 说明书 15 页 附图 8 页

[54] 发明名称

菲涅耳透镜、投影屏、相应的投影装置和系统

[57] 摘要

本发明涉及菲涅耳透镜。 透镜的每个折射结构由两个面限定，第二面与入射平面(P)的法线形成第二夹角(β)。 至少具有两个折射结构区，其中第二夹角(β)等于光束的入射角(θ_{int})。 每个第一面根据平行于或不平行于透镜的轴线的方向、根据考虑的区而折射光线。 本发明也涉及包括折叠反射镜和菲涅耳透镜的系统，其中第二夹角等于通过在菲涅耳透镜和随后在反射镜上反射获得的寄生光线的入射角。 本发明还涉及屏幕和相应的头顶投影装置。



1. 一种菲涅耳透镜，包括:

位于一平面（P）的第一表面（f1）；和

与该表面相反的第二表面，其平行于第一表面；并包括圆形同心折射结构，每个折射结构定义如下:

第一面（b），用于形成折射屈光器，并与所述平面（P）形成第一夹角（α），和

第二面，没有光学目的，并与所述平面（P）的法线形成第二夹角（β），

每个所述结构用于被光束照明，光束与所述平面（P）的法线形成不同于零度的入射角（θ_{int}），所述光束的方向与所述法线的方向明显不同，

其特征在于，第二表面至少具有分布在所述同心折射结构的中心和所述菲涅耳透镜的周边之间的两个折射结构区:

靠近所述中心的第一区，其中:

每个第一面的第一夹角（α）是这样，即所述折射结构沿相对于所述透镜的光轴（XX′）形成零度夹角（θ_{out}）的方向折射所述光束，和

每个第二面的第二夹角（β）等于所述入射角（θ_{int}）;

第二区，其中:

每个第一面的第一夹角（α）是这样，即所述折射结构沿相对于所述透镜的光轴（XX′）形成小于最大值（θ_{max}）的非零度夹角（θ_{out}）的方向折射所述光束，和

每个第二面的第二夹角（β）等于所述入射角（θ_{int}）。

2. 如权利要求 1 所述的菲涅耳透镜，其特征在于，至少还包括位于所述第二区和所述透镜周边之间的第三区，其中所述第三区中:

每个第一面的第一夹角（α）是这样，即所述折射结构沿相对于所述光轴（XX′）形成等于所述最大值（θ_{max}）的非零度夹角（θ_{out}）的方向折射光;和

每个第二面的第二夹角（β）大于所述入射角（θ_{int}）。

3. 如权利要求 2 所述的菲涅耳透镜，其特征在于，每个第一面与每个相邻第二面形成蚀刻角（ζ），该蚀刻角的角度在所述第二区和所述第三区具有特定值（ζ_{lim}），在所述第一区具有大于该特定值的值。

4. 如权利要求 3 所述的菲涅耳透镜，其特征在于，所述蚀刻角（ζ）的特定值（ζ_{lim}）小于 70°。

5. 如权利要求 1－4 任一项所述的菲涅耳透镜，其特征在于，所述第一表面是平面。

6. 如权利要求 1－4 任一项所述的菲涅耳透镜，其特征在于，所述第一表面接受用于入射光束的高入射角的优化的抗反射处理。

7. 如权利要求 1－4 任一项所述的菲涅耳透镜，其特征在于，f 数等于或小于 0.55。

8. 一种图像背投屏，包括入射面和指向观众的出射面，其特征在于，它包括根据权利要求 1－7 任一项的菲涅耳透镜，并且该菲涅耳透镜沿图像背投屏的入射面设置，具有所述折射结构的透镜表面朝向所述图像背投屏的出射面。

9. 一种用于图像投影的系统，包括:

产生成像光束的光源;

菲涅耳透镜; 和

成像光束偏转反射镜，用于将所述成像光束送回到所述菲涅耳透镜;

该菲涅耳透镜具有:

位于一平面（P）的第一表面（f1）; 和

与该表面相反、平行于第一表面并具有圆形同心折射结构的第二表面，每个折射结构被第一面（b）和第二面限定，所述第一面（b）用于形成折射屈光器，并与所述平面（P）形成第一夹角（α），所述第二面没有光学目的，并与所述平面（P）的法线形成第二夹角（β），其特征在于，形成一第一组结构的所述折射结构的至少一个部分用于被下面的光束照明:

第一光束，称为直接光束，其从所述成像光束发出且不被所述第一表面反射，由于所述直接光束透过所述菲涅耳透镜，所述直接光束形成第一入射光束; 和

第二光束，称为寄生光束，其从所述成像光束发出且被所述第一表面反射，然后被所述偏转反射镜反射，由于所述寄生光束透过所述菲涅耳透镜，所述寄生光束形成第二入射光束;

所述第二入射光束与所述平面（P）的法线形成不同于零度的入射角（θ'_{int}），

所述第一组结构的每个折射结构的第二夹角（β）大于所述第二入射光束的所述入射角（θ'_{int}）减 10 度；并且所述第一组结构的每个折射结构的第二夹角（β）小于一上限，该上限等于所述第二入射光束的所述入射角（θ'_{int}）加 2 度；

从而所述第一和第二入射光束照射折射屈光器的第一面，并透射到两个截然不同的方向；和

其特征在于，所述系统包括滤光装置，该滤光装置包括被所述菲涅耳透镜透射的所述第二入射光束照射的吸收区和透明区，被所述菲涅耳透镜透射的所述第一光束透过所述透明区，

并且，所述第二表面至少包括分布在所述同心折射结构的中心和所述菲涅耳透镜的周边之间的两个折射结构区：

靠近所述中心的第一区，其中每个第一面的第一夹角（α）是这样，即所述折射结构沿相对于所述透镜的光轴（XX′）形成零度夹角（θ_{out}）的方向折射所述第一入射光束，和

第二区，其中每个第一面的第一夹角（α）是这样，即所述折射结构沿相对于所述光轴（XX′）形成小于最大值（θ_{max}）的非零度夹角（θ_{out}）的方向折射所述第一入射光束。

10. 如权利要求 9 所述的系统，其特征在于，所述第一组结构的每个折射结构的第二夹角（β）大于 5 度。

11. 如权利要求 9 和 10 任一项所述的系统，其特征在于，所述第一组结构的每个折射结构的第二夹角（β）等于所述第二入射光束的所述入射角（θ'_{int}）。

12. 如权利要求 9 和 10 任一项所述的系统，其特征在于，所述菲涅耳透镜至少包括两部分，包括：

第一部分，其中所述第一组结构的每个折射结构的第二夹角（β）等于所述第二入射光束的所述入射角（θ'_{int}）；和

第二部分，其中第二组结构的每个折射结构的第二夹角（β）等于所述第一入射光束的入射角（θ_{int}）。

13. 如权利要求 9 和 10 任一项所述的系统，其特征在于，还包括含有滤光装置的微透镜屏，所述滤光装置对被所述菲涅耳透镜折射的第一入射光束是透明的，并滤除被所述菲涅耳透镜折射的第二入射光束，所述滤光装置

与所述菲涅耳透镜并置。

14. 如权利要求 9 和 10 任一项所述的系统，其特征在于，它包括具有入射面和指向观众的出射面的图像背投屏，所述图像背投屏包括所述菲涅耳透镜，该菲涅耳透镜沿图像背投屏的入射面设置，具有所述折射结构的透镜表面指向所述图像背投屏的出射面。

15. 如权利要求 9 和 10 任一项所述的系统，其特征在于， f 数等于或小于 0.55。

16. 一种背投单元，其特征在于，它包括:

如权利要求 8 所述的背投屏或如权利要求 9－15 所述的系统；和

投影仪，其朝所述菲涅耳透镜发射光束。

17. 如权利要求 16 所述的背投单元，其特征在于，所述投影仪放在所述菲涅耳透镜的轴线上，并将图像仅投影到位于其轴线一侧的所述菲涅耳透镜的一部分上。

菲涅耳透镜、投影屏、相应的投影装置和系统

技术领域

本发明应用于设计成用于背投系统的菲涅耳透镜的领域。它也应用于背投屏、背投单元和相应的系统。

背景技术

背投屏主要包括两个元件，即，聚焦或准直光的菲涅耳透镜和将光传递给观众的透镜阵列。

在标准结构中，投影仪放置在屏幕的轴上。菲涅耳透镜的数值孔径限定为约 0.6。该限制的主要原因是菲涅耳透镜在大入射角时的隆起特征的形状和损耗。

而且，为了获得紧凑的背投系统，在投影仪和背投屏之间设置用于折叠光束的偏转反射镜系统（图 1）。这种投影仪的厚度或深度可以减小到屏幕对角线的 1/3。例如，在 16/9 格式中，对于 50 英寸对角线的屏幕可以获得 17 英寸的厚度。

如果我们还希望减小电视背投单元的厚度，可以提供例如偏轴投影到背投屏的背面。这样，可以将单元的厚度减小到只有屏幕对角线的 1/5。图 2a 和 2b 分别示出同轴和偏轴的背投单元。

在偏轴结构或投影到屏幕的图像相对于投影仪物镜的光轴是偏中心的结构中，要解决的一个主要问题是如何可以保证所有投影到屏幕的光传递到观众和发射是最均匀的。特别是，这涉及减小菲涅耳透镜损耗，当在菲涅耳透镜上的照明光的入射角增加时，这种损耗增大。

为了解决这个问题，已经提出各种菲涅耳透镜结构，但是，已知的结构通常具有用于菲涅耳透镜的复杂凸纹特征，导致透镜生产起来相当困难，因而很昂贵。

专利申请 JP59-000101 公开了一种菲涅耳透镜，其中当通过模制加工时，构成菲涅耳透镜的棱镜面形成的角度大得足够让透镜容易脱模。更准确地说，在上述文献中，透镜每个结构的一个表面平行于入射光线。但是，当它

以大入射角照明时，和当这些角度在很大角度范围内变化时，这种透镜的操作受到限制。

发明内容

因此，本发明涉及结构简单并且容易工业规模化生产和允许大入射角操作的菲涅耳透镜。

因此，本发明涉及菲涅耳透镜，包括:

位于平面（P）的第一表面（f1）；和

与该表面相反、平行于第一表面并包括圆形同心折射结构的第二表面。

每个折射结构定义如下:

第一面（b），用于形成折射屈光器，并与平面（P）形成第一夹角（α），和

第二面，没有光学目的，并与平面（P）的法线形成第二夹角（β），每个所述结构用于被光束照明，光束与所述平面（P）的法线形成不同于零度的入射角（θ_{int}）。

第二表面具有多个分布在同心折射结构的中心和菲涅耳透镜的周边之间的折射结构区，例如，至少两个区:

靠近中心的第一区，其中:

每个第一面的第一夹角（α）是这样，即折射结构沿相对于所定义方向（XX′）形成零度夹角（θ_{out}）的方向折射光束，和

每个第二面的第二夹角（β）等于所述入射角（θ_{int}）;

第二区，其中:

每个第一面的第一夹角（α）是这样，即折射结构沿相对于所定义方向（XX′）形成小于最大值（θ_{max}）的非零度夹角（θ_{out}）的方向折射光束，和

每个第二面的第二夹角（β）等于所述入射角（θ_{int}）。

根据可替换实施例，透镜包括位于第二区和菲涅耳透镜周边之间的第三区，其中第三区中:

每个第一面的第一夹角（α）是这样，即折射结构沿相对于所定义方向（XX′）形成等于最大值（θ_{max}）的非零度夹角（θ_{out}）的方向折射光；和

每个第二面的第二夹角（β）大于入射角（θ_{int}）。

根据优选实施例，每个第一面与每个相邻第二面形成蚀刻角（ζ），该角

度在第二区和第三区具有特定值（ζ_{lim}），和在第一区具有大于该特定值的值。

下列等式直接从上述给定的夹角α，β和ζ的定义推导：$\zeta=\beta+\pi/2-\alpha$。在第一区中，本发明提供满足加工要求的最大可能的蚀刻角，同时仍然保持理想的准直（$\theta_{out}=0$），因为α在该区保持相当小。在该区中，蚀刻角保持大于特定值。实际上，该角度通常小于70°。通常还大于40°。根据本发明的一个具体特定特征，一个特征是特别适于紧凑投影，它在30°和40°之间。

在第二区中，夹角α稍微小于容许获得理想准直所必须的角度（容许θ_{out}不等于零，但小于θ_{max}），从而蚀刻角ζ保持大于特定值，或最好等于特定值。在第三区中，尽管夹角α背离要获得理想准值所必须的角度，其具有对应于输出角θ_{out}等于θ_{max}的最大值，但是，容许夹角β相对于入射角的差，但依然是蚀刻角ζ还保持大于特定值，或最好等于特定值。因此，由于其折射结构的大蚀刻角，本发明使它可以提供在最高水平的光学性能和最低水平的制造成本之间最好折衷的菲涅耳透镜。

如果适当的话，第二区和第三区的每个至少具有一个折射结构。

根据本发明的一个实施例，菲涅耳透镜的第一表面优选地为平面。该第一表面还优选地涂敷用于大入射角的优化的抗反射涂层，尤其是用于42°或更大的大入射角。

折射结构优选地为圆形或近似圆形。在一种应用方法中，照明透镜的光束发散，并且来自位于透镜轴线或靠近该轴线的点（没有光学象差）或近似点状区（没有光学象差）。

优选地，蚀刻角（ζ）的特定值小于70°。优选地，蚀刻角（ζ）大约在30°和50°之间。根据一个实施例，其等于60°或在55°和65°之间。

根据本发明的优选特定特征，菲涅耳透镜值得注意的是，至多等于透镜上的点的焦距与该点离开透镜轴的距离的比率的一半的数值孔径（或f数）等于或小于0.55。因此，可以获得有用成像光束相当高的最大入射角（例如，对于等于或小于0.55的数值孔径，等于或大于42°）。这样可以加工相当平的背投单元。

本发明应用于图像背投屏，其包括入射面和指向观众的出射面。上面限定的菲涅耳透镜沿屏幕的入射面放置，具有折射结构的透镜表面朝向出射面。

本发明还涉及用于图像投影的系统，包括：

产生成像光束的光源；

菲涅耳透镜；和

成像光束偏转反射镜，用于将所述成像光束送回到所述菲涅耳透镜；

该菲涅耳透镜具有：

位于平面（P）的第一表面（f1）；和

与该表面相反、平行于第一表面的第二表面，并具有圆形同心折射结构。

每个折射结构被第一面（b）和第二面限定，第一面（b）用于形成折射屈光器，并与所述平面（P）形成第一夹角（α），第二面没有光学目的，并与所述平面（P）的法线形成第二夹角（β）。

系统值得注意的是，形成第一组结构的所述结构的至少一个部分用于被下面的光束照明：

第一光束，称为直接光束，其从成像光束发出且不被第一表面反射，由于所述直接光束透过所述菲涅耳透镜，直接光束形成第一入射光束；和

第二光束，称为寄生光束，其从成像光束发出并被第一表面反射，然后被偏转反射镜反射，由于寄生光束透过所述菲涅耳透镜，寄生光束形成第二入射光束；

第二入射光束与所述平面（P）的法线形成不同于零度的入射角（θ'_{int}）。

优选地，第一组的每个结构的第二表面的第二夹角（β）大于第二入射光束的入射角（θ'_{int}）减 10 度；并且第一组的每个结构的第二表面的第二夹角（β）小于上限，该上限等于第二入射光束的入射角（θ'_{int}）加 2 度。

因此，本发明允许联合使用折叠反射镜和菲涅耳透镜，不会降低投影图像的质量。

此外，第一入射光束和大多数第二光束不直接照射折射结构的第二面，而是照射第一面。同样，第一入射光束沿优选方向朝潜在的观众折射。但是，对应于照射第一面的寄生光束的第二入射光束以不同于第一入射光束的入射角沿另一方向折射，观众通常看不见它。因此，通过消除或大大地减少幻影图像，提高图像的质量，特别是，这种幻影图像由有用的成像光束在透镜的第一表面、然后在折叠反射镜上的反射获得的寄生光线产生，同时仍然让菲涅耳透镜易于加工。

而且，方便透镜的加工（因而增加工具作业），同时消除寄生光线。

根据本发明的一个具体特定特征，第一组的每个结构的第二表面的第二

夹角（β）大于 5 度。优选地，第一组的每个结构的第二表面的第二夹角（β）大于 10 度。

根据本发明的优选特征，第一组的每个结构的第二表面的第二夹角（β）等于第二入射光束的入射角（θ'_{int}）。

优选地，菲涅耳透镜至少包括两部分，包括：

第一部分，其中第一组的每个结构的第二表面的第二夹角（β）等于第二入射光束的入射角（θ'_{int}）；和

第二部分，其中第二组结构的每个结构的第二表面的第二夹角（β）等于第一入射光束的入射角（θ_{int}）。

根据本发明的可替换实施例，第二部分分成两个部分，其不会被在透镜的第一表面、然后在折叠反射镜上的反射而获得的寄生光线照射：

靠近透镜轴线的区，其位于对应于下部入射光束的最低反射光线下面（在结构中，成像光束从底面向上照射）；和

透镜的周边区，其位于被折叠反射镜最后反射的光线上面，其尺寸优选地由用于折叠成像光束的有用部分限定。

根据本发明的另一可替换实施例，第二部分全在一个块中并且只包括周边区。那么，透镜例如包括靠近透镜轴线的区，其中如果从光源产生的成像光束被菲涅耳透镜的向下范围反射并且也被折叠反射镜的向下范围反射，第二组结构的每个结构的第二表面的第二夹角（β）等于或小于预定值，或等于或小于产生的第二入射光线的入射角（θ_{int}）。

根据本发明的一个具体特定特征，第二表面至少包括分布在同心折射结构的中心和菲涅耳透镜的周边之间的两个折射结构区：

靠近中心的第一区，其中每个第一面的第一夹角（α）是这样，即折射结构沿相对于所定义方向（XX′）形成零度夹角（θ_{out}）的方向折射第一入射光束，和

第二区，其中每个第一面的第一夹角（α）是这样，即折射结构沿相对于所定义方向（XX′）形成小于最大值（θ_{max}）的非零度夹角（θ_{out}）的方向折射第一入射光束。

优选地，系统还包括本身含有滤光装置的微透镜屏（lenticular screen），滤光装置对被菲涅耳透镜折射的第一入射光线是透明的，并滤除被菲涅耳透镜折射的第二入射光线，滤光装置与所述菲涅耳透镜并置。因此，消除大多

数存在的寄生光线，尤其是对应于第二入射光线透过第一面的光线。

根据本发明的优选实施例，系统包括图像背投屏，其包括入射面和指向观众的出射面，屏幕包括所述菲涅耳透镜，该菲涅耳透镜沿屏幕的入射面设置，于是具有折射结构的透镜表面指向屏幕出射面。

根据本发明的一个实施例，至多等于透镜上的点的焦距与该点离开透镜轴的距离的比率的一半的数值孔径（或f数）等于或小于0.55。

因此，本发明特别适用于薄的投影仪。

本发明还应用于背投单元，其包括这种背投屏或这种投影系统，投影仪朝出射面发射光束。投影仪优选地设置在菲涅耳透镜的轴线上，并仅仅将图像投影到位于其轴线一侧的一部分菲涅耳透镜上。

根据一个实施例，投影仪物镜的光瞳大约位于菲涅耳透镜的轴线上，并且该物镜的光轴指向位于菲涅耳透镜轴线一侧的菲涅耳透镜的利用部分。

附图说明

在下列描述和附图中，本发明的各个方面和特性化特征将显而易见，其中示出：

图1、2a和2b，现有技术已知和上面已经描述的背投系统的实例；

图3a和3b，本发明应用的菲涅耳透镜的实例；

图4a和4b，解释本发明的图；

图5a－5d，根据本发明生产的菲涅耳透镜的实例；

图6a－6c，图示表征根据本发明的菲涅耳透镜的角度值的曲线；

图7，图示通过根据本发明的菲涅耳透镜的P偏振和S偏振的透射率的曲线；

图8，根据本发明应用到背投单元的菲涅耳透镜的实例；

图9和10，根据本发明的一个具体实施例的背投单元；

图11和15，在图9和10的单元中使用的屏幕详图；

图13和14，根据本发明的实施例的背投单元；和

图12，图示表征图13和14单元中的菲涅耳透镜的角度值的曲线。

具体实施方式

现在描述根据本发明的菲涅耳透镜。

图 3a 表示包括同心棱镜形状折射结构的菲涅耳透镜 FL。从该图中可以看出，只利用透镜圆形平面的一部分，一般小于一半。图 3b 表示该透镜 FL 包括位于平面的平面第一表面，和与该表面相对、平行于第一表面并包括圆形同心折射结构的第二表面。第一表面用位于透镜光轴 XX′的光源 PR 照明，但是，只有该光源的侧向区域的一部分照明透镜。在图 3b 中，该光源 PR 位于透镜 FL 的光轴 XX′上，并且仅照明该透镜位于 XX′轴上面的一部分。它相对于透镜倾斜入射照明透镜。照明光束的下部光线 30 在菲涅耳透镜上形成相对小的入射角 θ_{ext}，而光束的上部光线 31 形成较大的入射角 θ_{ext}。

如图 4a 和 4b 所示，每个折射结构元件由构成该结构的折射屈光器的面 b（或表面 b）和在图 4a 和 4b 构架内没有光学利用的面 c（或表面 c）组合。根据本实施例，菲涅耳透镜由作为平行于参考平面 P 的入射面或入射平面的平面 a，和位于透镜右侧的表面并且每个由表面 b 和 c 组合的折射结构组合。

在下面的描述中：

α 表示表面 b 与菲涅耳透镜入射平面的夹角；

β 表示表面 c 与入射平面的法线的夹角；

θ_{ext} 表示光线在菲涅耳透镜的平面入射面 a 的入射角；

θ_{int} 表示在通过菲涅耳透镜的平面入射面 a 折射后，入射的光线与入射平面（菲涅耳透镜的入射面）的法线的夹角；

ζ 表示两个表面 b 和 c 之间的夹角，其可以称为机械加工角或加工角；和

h 表示折射结构的高度。

在图 4a 中虚线所示的常规结构中，诸如表面 c 与入射平面 P 的法线形成大约 3°的夹角 β。这种结构具有大高度 h 和低角度 ζ 的窄棱镜折射元件，因而它难以大批量地生产。

通常，本发明目的是给出夹角 β 的值是这样，对于每个折射结构，表面 c 平行于折射结构接收的光线。如图 4a 所示，折射结构的高度减小到高度 h′和夹角 ζ 基本上较大。那么，棱镜元件更容易生产。

而且，在图 3b 所示的一个应用结构中，当利用光源 PR 发射的发散光束从菲涅耳透镜输出时，如果期望获得准直光束，例如，沿方向 XX′准直，每个折射结构的表面 b 必须形成夹角 α，其是它接收的光线的夹角 θ_{int} 的函数。

为了获得这个结果，折射结构的每个表面 b 与夹角 α 的值相关，从而：

$$\alpha = \arcsin \{ (n\sin\theta_{int}) / [(1 - n\cos \theta_{int})^2 + (n\sin\theta_{int})^2]^{1/2} \}$$

棱镜折射结构的表面 b 和 c 之间的夹角 ζ 具有等于或大于加工极限值 ζ_{lim}（图 5 a）的值，低于该值，要经济地加工棱镜元件就特别困难。特别是，该加工极限值取决于所用的加工工艺和透镜的尺寸。

但是，当 θ_{int} 太大时，夹角 ζ 的值具有小于值 ζ_{lim} 的风险。为了不低于该极限值，即使增大它们接收的光线的夹角 θ_{int}，必须调整折射结构的每个表面 b 的夹角 α。那么，折射光不再平行于 XX′方向。获得图 5 b 所示的操作。

但是，为了让透射光束的质量不受损，在输出时获得的发散度必须保持在可接受限度内。对于较大的入射角 θ_{int}，需要接受取决于入射角 θ_{int} 和限制输出光束发散角 θ_{max} 的夹角 α 。但是，为了保持夹角 ζ 在其加工极限值 ζ_{lim} 内，必须接受每个表面 c 与入射平面的法线形成的夹角 β 是夹角 α 的函数。这意谓着 $\beta = \zeta_{lim} - 90 + \alpha$（图 5 c）。

图 5 d 示出结合图 5 a-5c 的三种结构的菲涅耳透镜。

在位于菲涅耳透镜光学中心附近的第一区域 Z 1 中，来自光源 PR 的光线入射角最小，提供图 5 a 所示类型的结构。接下来，在中间区域 Z 2 中，提供诸如图 5 b 中的结构。最后，在离透镜光学中心最远的区域，来自光源 PR 的光线入射角最大，提供图 5 c 所示类型的结构。

因此，作为在菲涅耳透镜的第二表面光的入射角 θ_{int} 的函数的夹角 α、β 和 ζ 的值如下：

区域 Z1：

$$\alpha = \arcsin \{ (n\sin\theta_{int}) / [(1 - n\cos \theta_{int})^2 + (n\sin\theta_{int})^2]^{1/2} \}$$

$$\beta = \theta_{int}$$

$$\zeta = 90 - \alpha + \beta，和 \zeta \geqslant \zeta_{lim}$$

在该区域 Z 1 中，输出光束平行于 XX′轴。光束的输出夹角 θ_{out} 相对于平面 P 的法线为零，即，$\theta_{out} = 0$。夹角 ζ 小于极限值 ζ_{lim}。

区域 Z 2：

$$\alpha = 90 - \zeta_{lim} + \beta$$

$$\beta = \theta_{int}$$

$$\zeta = \zeta_{lim}$$

在该区域Z2中，输出光束相对于XX′轴的方向轻微发散，发散角θ_{out}小于事先设定的最大值θ_{max}。夹角ζ也等于极限值ζ_{lim}。

区域Z3：

$$\alpha = \arctan\left[(n\sin\theta_{int} - \sin\theta_{max}) / (n\cos\theta_{int} - n\sin\theta_{int})\right]$$

其中θ_{max}是输出光束的发散角最大可能值；

$$\beta = \zeta - 90 + \alpha$$

$$\zeta = \zeta_{lim}$$

在该区域Z3中，光束相对于XX′轴的方向轻微发散，发散角θ_{out}等于事先设定的最大入射值θ_{max}（$\theta_{out} = \theta_{max}$）。夹角$\zeta$也等于机械加工（或加工）极限值$\zeta_{lim}$。

应该指出，在该最后的区域Z3中，由于光在折射结构的表面c的小部分反射，有轻微损耗。

作为实施例，例如，尺寸为1107mm×622mm的16/9格式的菲涅耳透镜，用直径1.81米和焦距为462mm的“透镜”（模具）加工，并且照明光源PR与屏幕的光轴偏离410mm，可以具有在12°和63°之间变化的外部入射角θ_{ext}。

图6a、6b和6c分别示出夹角α、β和ζ的值提供的曲线604，614和624，为连续线，作为夹角θ_{ext}的函数。对于小于$\theta_{max} = 5°$的θ_{out}值和对于等于60°的ζ_{lim}值给出这些曲线。当然，ζ_{lim}可以是其它值，取决于本发明的各个实施例，例如，在30°和50°之间。入射角θ_{ext}的值在x轴上绘出（轴600）。夹角α、β和ζ的值在各个y轴上绘出（分别是轴601，611和621）。

阴影线所示的是对应于常规菲涅耳透镜的变化曲线602，612和622，而对于在ζ和β中的曲线所示的虚线603和623，分别是变化曲线的截去部分。

从这些曲线中可以看出，在$0° < \theta_{ext} < 28°$的区域对应于上述区域Z1。

θ_{ext}在28°和35°之间的区域对应于区域Z2。

θ_{ext}在35°和63°之间的区域对应于区域Z3。

图7提供图示通过根据本发明的菲涅耳透镜的P偏振和S偏振的透射率曲线。

在x轴（轴70）上绘出的是入射角θ_{int}，在y轴（轴71）上绘出的是透射率。

上面两根曲线 73 和 75 表示 P 偏振的透射。点划曲线 73 表示标准透镜的透射，阴影曲线 75 表示根据本发明的透镜的透射。可以看出高到 $\theta_{ext} = 40°$，效率相同，用根据本发明的透镜效率稍微下降，但在可接受比率之内。

下面两根曲线 72 和 74 表示 S 偏振的透射。连续曲线 72 涉及标准透镜，圆圈围绕的曲线 74 涉及根据本发明的透镜。可以看出高到 30°的效率相同。在 30°和 45°之间，根据本发明的透镜的效率更高。在 45°以上，效率相同。

总体而言，根据本发明的透镜的效率与常规透镜一样高。但是，根据本发明的菲涅耳透镜在大入射角照明的情况下操作，因为相当大的夹角 ζ（大约 60°），它的加工没有造成棘手的问题。

菲涅耳透镜特别是应用于背投屏幕。图 8 表示背投单元。根据本发明、平行于平面 P 放置的菲涅耳透镜 FL 与背投屏 BS 并置，其具有折射结构的表面面对屏幕设置。透镜 FL 的平面表面被投影仪 PR 照明，投影仪 PR 沿透镜的光轴 XX′定位并且在透镜的下面，仅仅示出其有用的部分，也就是说被投影仪 PR 照明的部分，从而以相当大的入射角照明透镜。

根据本发明的一个实施例，物镜的光轴与透镜的光轴 XX′共线。

根据本发明的可替换实施例，物镜光瞳位于菲涅耳透镜的光轴 XX′上。但是，物镜的光轴与菲涅耳透镜的光轴 XX′不共线。例如，物镜可以这样定向，其轴线通过菲涅耳透镜所利用部分的中心，也就是说，通过屏幕的中心。当然，透镜位于物镜提供的图像上并在该图像的平面上。这种结构例如用图 8 图示。

图 9 图示根据本发明一个实施例的背投单元 5，其特别适于消除寄生图像，当到菲涅耳透镜 54 的平面表面和在折叠反射镜 53 上通过反射产生寄生光线时，可以看见寄生图像。本发明的这个可替换实施例也非常适于生产具有高质量图像的小型背投单元，并且还非常适于易于生产的相应菲涅耳透镜。

更准确地说，背投单元 5 包括含有物镜 51 的成像装置 50，其从成像源 PR（光瞳中心）朝第一折叠反射镜 52、然后朝第二折叠反射镜 53（以便使单元 5 紧凑）和菲涅耳透镜 54 发射成像光束。单元 5 的屏幕包括菲涅耳透镜 54、黑底（black matrix）58（用于滤除寄生光线的形成装置）和散光板（diffuser）59。

成像光束具有与投影屏幕匹配的矩形横截面，其底部被光线 57 限制，

其顶部被光线 52 的轴线附近的光线 56 限制，其相对于物镜的光轴偏轴。应该指出，根据上述发明，成像光束的入射角特别大。

图 10 详细解释成像光束的某些光线的传播路径。因此，两入射光线到达菲涅耳透镜 54 上的点 N，即：

形成部分成像光束的直接入射光线 62，用实线表示；和

属于寄生光束的寄生入射光线 60，如虚线所示。

直接入射光线 62 来自光源 PR，在经过物镜 51 后，分别在折叠反射镜 52 和 53 上连续两次反射。寄生入射光线 60 通过在菲涅耳透镜 54 平面表面的点 N′、然后在折叠反射镜 53 的点 N′′上反射直接入射光线 61 而获得。

图 11 表示菲涅耳透镜 54 的一个区的详细结构。在这个图中，用于表面 a，b，c，和用于夹角 α、β、ζ和 ζ_{lim} 的符号与图 4b 所示的符号相同。

根据菲涅耳透镜 54 的实施例，在菲涅耳透镜的第一区域，该区域的折射屈光器的表面 c 平行于在菲涅耳透镜 54 的平面表面 110 上反射寄生入射光线 112 获得的寄生入射光线 1120 的入射光束。因此，夹角 β 等于寄生光线 1120 的入射角 θ'_{int}。

在考虑的区，成像入射光线 113 通过在平面表面 110 上入射分成两束光线，即，通过在平面表面 110 上反射光线 113 获得的成像入射光束 1130，和通过在平面表面 110 上反射获得的寄生光线 1132。入射光线 113 和寄生光线 1132 与平面表面 110 的法线成夹角 θ_{ext1}。入射光线 112 形成小于 θ_{ext1} 的夹角 θ'_{ext1}。

成像入射光线 1130 形成大于 θ'_{int} 的入射角 θ_{int}（θ_{int} 和 θ'_{int} 直接取决于夹角 θ_{ext1} 和 θ'_{ext1} ，作为用于菲涅耳透镜材料的指数函数）。因此，它照射考虑的折射屈光器的表面 b，并且被表面 b 折射，形成平行于 XX′轴的输出光线 1131（输出角是 θ_{out} 为零）。

根据所述实施例，因为表面 c 平行于寄生入射光线 1120，后者也照射考虑的折射屈光器的表面 b，并且被表面 b 折射，形成不平行于 XX′轴的输出光线 1121（输出角是 θ'_{out} 不为零）。

根据本发明可替换实施例，夹角 β 位于等于 θ'_{int} 减 10 度的下限和等于 θ'_{int} 加 2 的上限之间。因此，对光束孔径设置 10 度的公差。也允许大约 2° 的寄生光束公差。因为夹角 β 小于入射角 θ'_{int} 加 2°，消除大多数寄生光线。根据本发明的另一实施例，考虑紧公差和下限等于 θ'_{int} 减 5 度。越大的 β 越

容易加工。较小的β，消除更多的寄生光线。而且，根据又一其它实施例（其可以结合上述对应于具体低限的上述实施例），上限等于入射角θ'_{int}，以便去除通过在折叠反射镜53上反射获得的所有寄生光线。

根据本发明另一实施例，夹角β大于5度，优选大于10度。因此，寄生光线（parasitic ray）顾及了寄生光线的适度或大入射角。

图15图示在黑底58和散射板59的详细顶视图的折射光线1121和1131的路径。

黑底包括:

与透明带分开的垂直黑色带或吸收带116；和

垂直柱面透镜115，其将成像光束的聚焦光线117聚焦到透明带上和将大多数寄生光线118聚焦在黑色带116上。

因此，成像光束通过散射板59朝观众散射，而大多数寄生光线得到消除。特别是，散射板通过向上或向下散射它们消除一些寄生光线，从而它们不会被面向投影仪的观众看见。

根据本发明的可替换实施例，除了黑底58之外或代替黑底58，用于滤除寄生光线的装置包括，具有与透明区分开的同心圆黑色带的滤光片。该滤光片放在透镜54和黑底58之间或透镜54和散射板59(没有黑底58)之间。透明区位于面对折射屈光器的每个表面b，从而让被菲涅耳透镜折射的这些图像光束的光线通过。吸收带或黑色带放在两个透明区之间，以便消除能够透入该区的寄生光线（诸如光线118或1121）。

为了保持夹角ζ在其加工限度值ζ_{lim}，透镜54包括取决于夹角α和β的三个区，其与关于图5a－5d描述的类似。然而，应该指出，夹角β的值取决于寄生入射光线的入射角，并不取决于直接入射光线的入射角。因此，提供下列区:

位于菲涅耳透镜光学中心最近的第一区Z1，其中通过在透镜的平面表面、然后在折叠反射镜上反射来自光源PR的光线获得的寄生光线的入射角较小，其中提供输出光束平行于XX′轴的区结构：光束的输出角θ_{out}相对于平面P($\theta_{out}=0°$)的法线为零。夹角ζ的值小于极限值ζ_{lim}。夹角α，β和ζ的值取决于入射角θ_{int}和θ'_{int}，因此，它们如下:

$$\alpha = \arcsin\{(n\sin\theta_{int}) / [(1 - n\cos\theta_{int})^2 + (n\sin\theta_{int})^2]^{1/2}\}$$

$$\beta = \theta'_{int}$$

$\zeta = 90 - \alpha + \beta$，和 $\zeta \geqslant \zeta_{lim}$

中间区 Z2，其中输出光束相对于 XX′轴向稍微发散，发散角 θ_{out} 小于预定最大值 θ_{max}。夹角等于极限值。因此，在该区，夹角 α，β 和 ζ 的值如下：

$$\alpha = 90 - \zeta_{lim} + \beta$$

$$\beta = \theta_{int}$$

$$\zeta = \zeta_{lim}$$

区 Z3 离透镜的光学中心最远，在该区来自 PR 的光线的入射角最大，并且光束相对于 XX′轴向稍微发散，发散角 θ_{out} 等于预定最大发散值 θ_{max}。（$\theta_{out} = \theta_{max}$）夹角等于极限值。因此，在该区，夹角 α，β 和 ζ 的值如下：

$$\alpha = \arctan[(n\sin\theta_{int} - \sin\theta_{max}) / (n\cos\theta_{int} - \cos\theta_{max})]$$

$$\beta = \zeta - 90 + \alpha$$

$$\zeta = \zeta_{lim}$$

作为实施例，例如，尺寸为 1107mm×622mm 的 16/9 格式的菲涅耳透镜，用直径 1.81 米和焦距为 462mm 的“透镜”（模具）加工，并且照明光源 PR 与屏幕的光轴偏离 410mm，可以具有在 12°和 63°之间变化的入射角 θ_{ext}。

图 13 和 14 分别图示根据本发明一个特定实施例的一种背投单元 5 的菲涅耳透镜 54 和折叠反射镜 53 的侧视图和正视图。根据这种类型，菲涅耳透镜 54 的区 Z1 分成三个部分：

下部 542 和上部 540，其中每个折射屈光器的表面 c 平行于直接入射光线：夹角 β 等于夹角 θ_{int}。因此，属于 540 部分或 542 部分的折射屈光器如图 4b 所示；和

中间部分 541，其中每个折射屈光器的表面 c 平行于在菲涅耳透镜 54 的平面表面、然后在折叠反射镜 53 上直接入射光获得的寄生入射光：夹角 β 等于夹角 θ'_{int}。属于 541 部分的折射屈光器如图 11 所示。

中间部分 541 对应于能够接收寄生入射光的部分菲涅耳透镜 54，如上所述。因此，由点 G 所在的圆弧限定底部。点 G 是通过在菲涅耳透镜 54 的下极限（点 F）、然后在折叠反射镜 53 上反射直接入射光 57 获得的寄生光线 130、在菲涅耳透镜 54 上的入射点。

同样，中间区 541 的顶部由点 D 和 D″所在的圆弧限定。点 D（分别地

D″）是通过在菲涅耳透镜 54 的点 B（分别在点 B″）、然后在折叠反射镜 53 的点 C（分别地 C″）的上部角反射直接入射光 140 获得的寄生光线 141、在菲涅耳透镜 54 上的入射点。

在直接入射光在菲涅耳透镜 54 的点 D′、然后在折叠反射镜 53 的上限的点 C′反射后，位于菲涅耳透镜 54 法线的对称平面上的寄生入射光 132 在中心上部的点 D′照射菲涅耳透镜 54。为了容易加工或模制的原因，点 D′位于标记部分 541 上限的点 E′下面的部分 541 内。点 E′位于与点 D′和 D″相同的圆形折射屈光器上。因为折叠反射镜 53 是矩形的，因此，点 D′不在区 540 的极限上。

根据本发明的一个实施例，中间部分 541 延伸超过寄生光线的可能目标区。特别是，它可以覆盖透镜 54 的整个下部，并且包括上面限定的部分 541 的等同部分，和部分 542 和／或 540 的等同部分。那么夹角β等于寄生光线的夹角θ'_{int}，寄生光线通过在菲涅耳透镜 54 的平面表面所在的平面、然后在折叠反射镜 53 所在的平面上反射来自照明光源 PR 的光束而获得。这实际上是延伸产生寄生光线的反射表面。

图 12 图示折射屈光器的各个夹角（表示沿轴线 121 的读数）作为属于圆形折射结构的半径 r 的函数，沿轴线 120，距离用毫米表示。

曲线 126 和 124 分别表示和θ_{int}的值。

因此，对于小于 75mm 的距离 r:

用曲线 123 表示的β与小于θ_{int}的θ'_{int}相符（部分 541）；那么β与θ_{int}相符；和

用曲线 125 表示的ζ作为α和β的函数，根据等式ζ=β + 90 - α变化。

在相应于区 Z1 所表示的区中，用曲线 122 表示的成像光束的输出角θ_{out}为零。

应该指出，因为优选系统偏轴，被投影的物体和所投影的图像不在轴上。因此，曲线用于严格限定半径 r 为正值。

当然，本发明不限于上述实施例。

本领域的技术人员特别使本发明适合于具有不同结构的背投单元，特别是具有不必要平面的折叠反射镜的单元，特别是非球面反射镜。在包括成像光源、菲涅耳透镜和至少一个返回反射镜的系统中，根据本发明的一个实施例，菲涅耳透镜至少包括一部分，其中夹角β（折射屈光器的光学无用表面

提供入射平面的法线）等于寄生光线的入射角，寄生光线通过在菲涅耳透镜、然后在返回反射镜上反射获得。因此，这些寄生光线的入射角明确地定义为进入的成像光束、最后的折叠反射镜相对于菲涅耳透镜的位置、和最后的折叠反射镜的函数。

而且，在该实施例中，当折叠反射镜是平面时，它不必平行菲涅耳透镜。

同样，根据本发明的该实施例，取决于折射屈光器的最大加工夹角 ζ_{lim}，菲涅耳透镜包括上述区 Z1、Z2 和 Z3 的组合或区 Z1 和 Z2 的组合，或当加工极限值允许时，优选只有区 Z1，可以将区 Z1 分成几个部分（每个部分对应于夹角β的一个值，作为入射光线的入射角的函数，入射光线不是直接入射光线，就是寄生入射光线）。

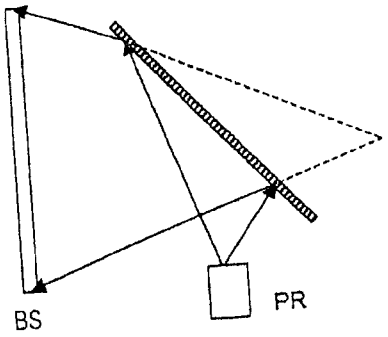


图 1

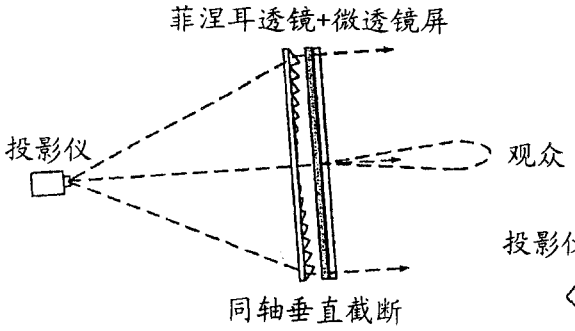


图 2a

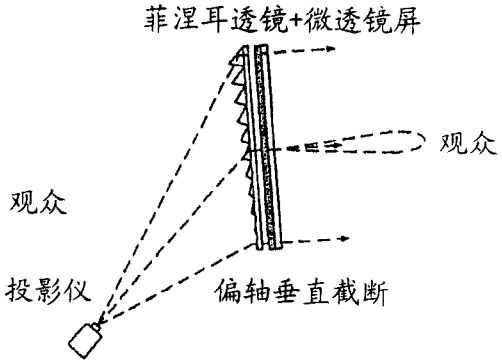


图 2b

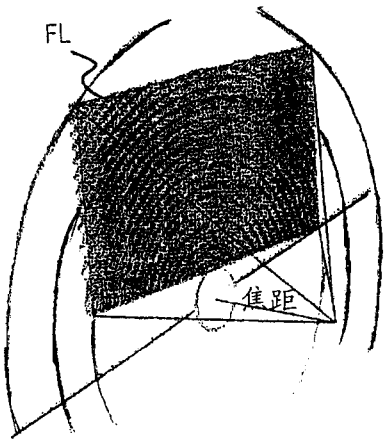


图 3a

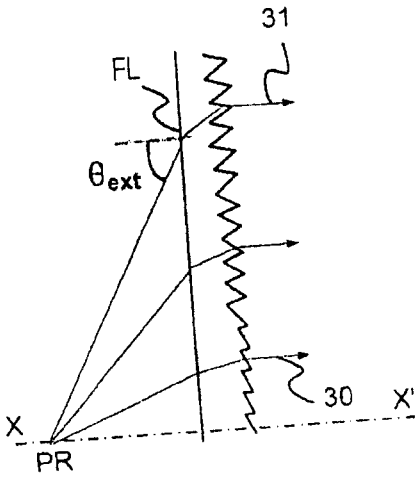


图 3b

图 4a

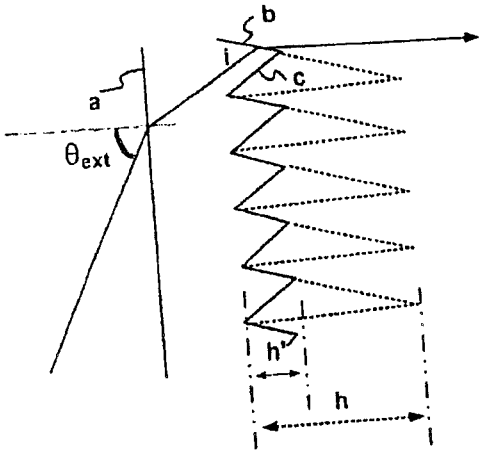
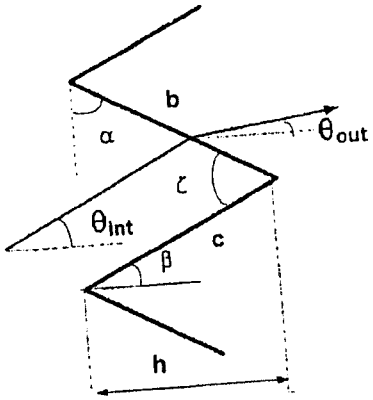


图 4b



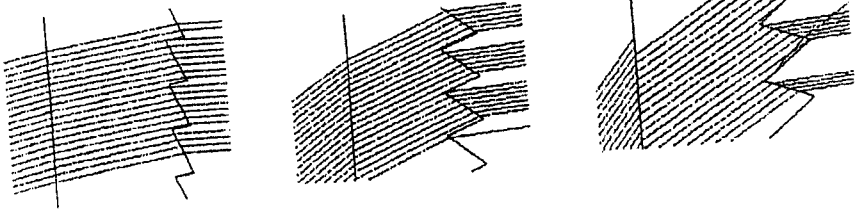


图 5a 图 5b 图 5c

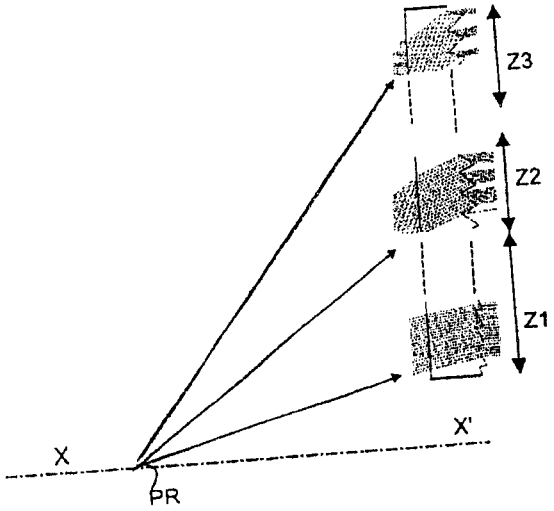


图 5d

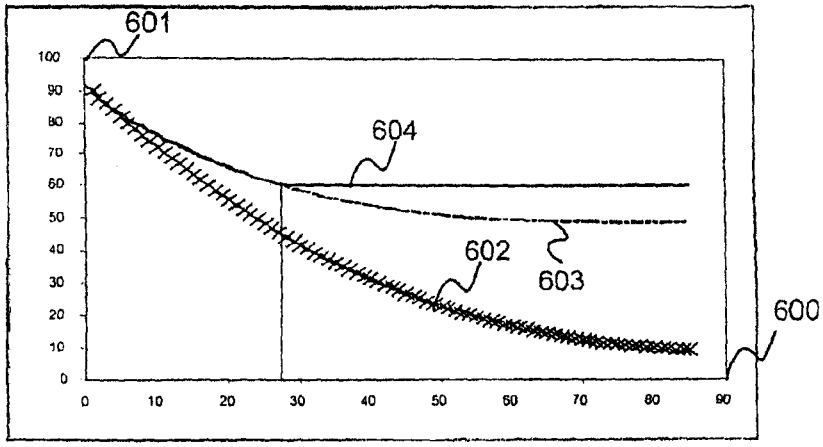


图 6a

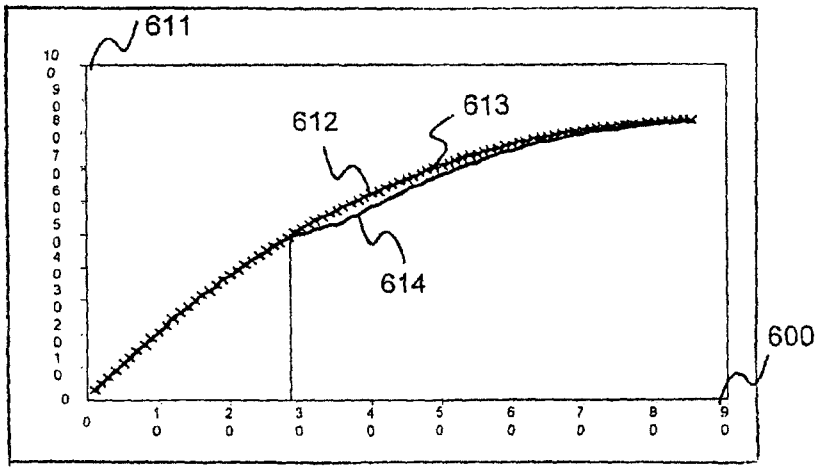


图 6b

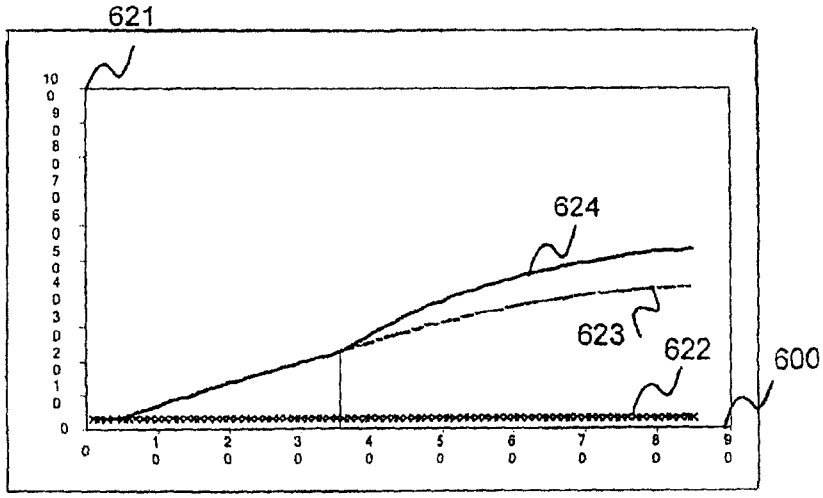


图 6c

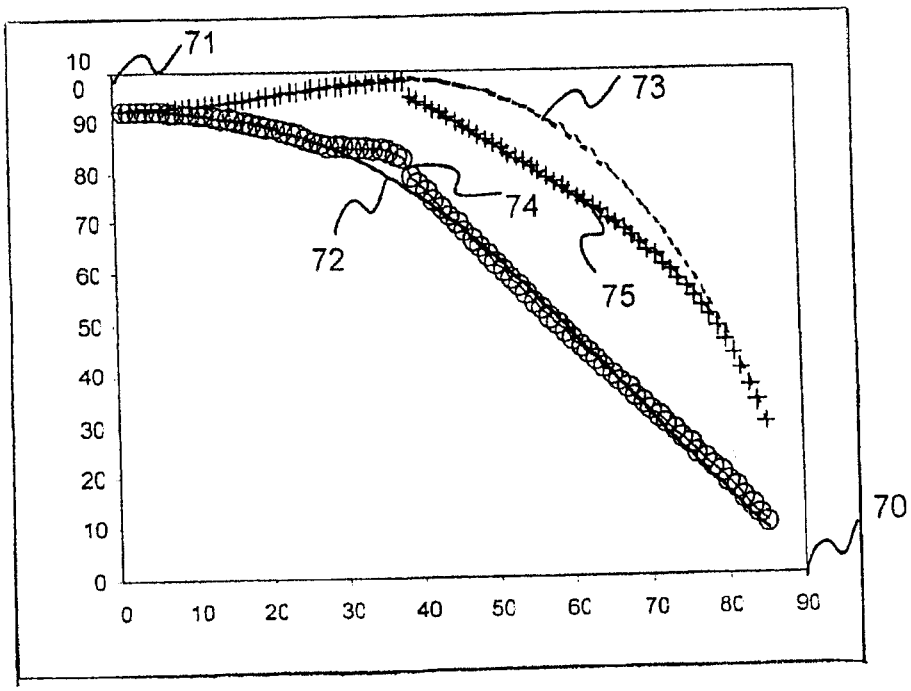

71
73
74
72
75
70
10
0
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90

图 7

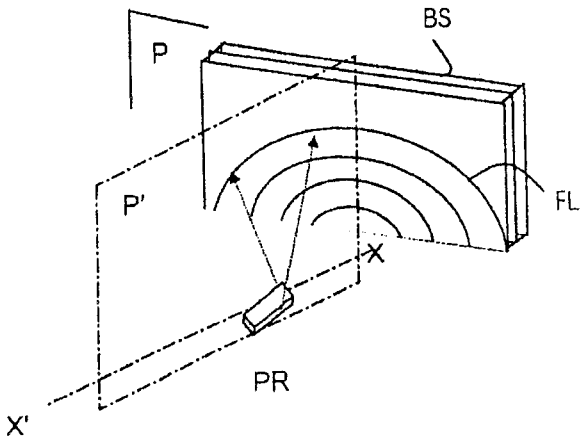

BS
P
P'
FL
X
PR
X'

图 8

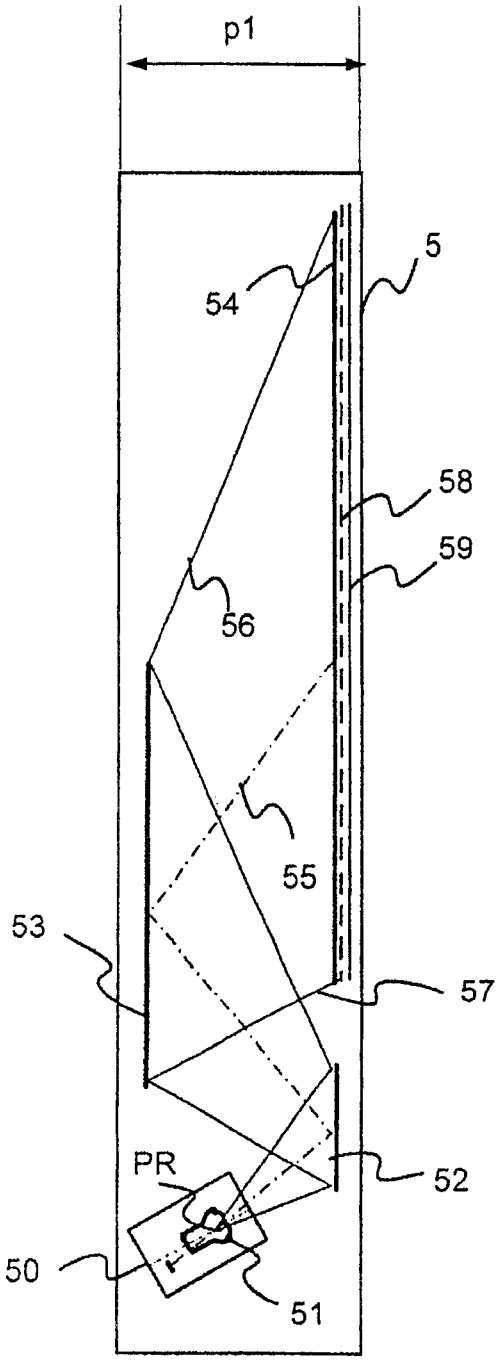

p1
5
54
58
59
56
55
53
57
52
PR
50
51

图 9

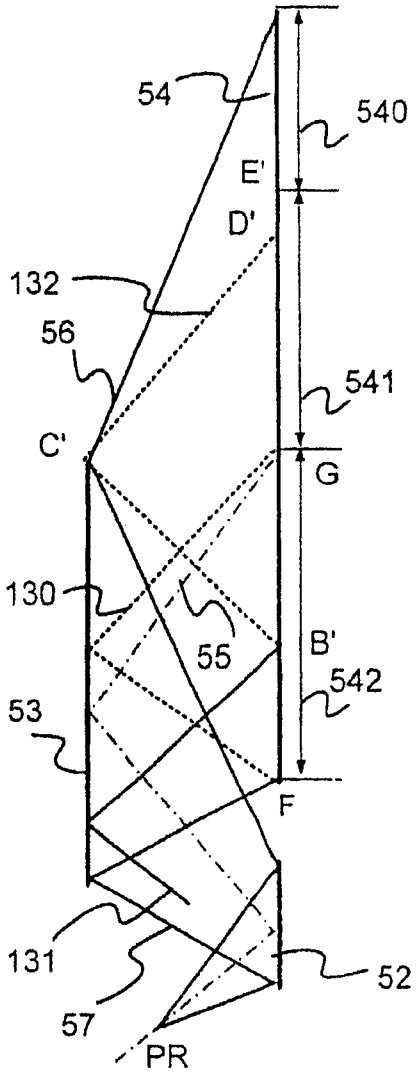

54
540
E'
D'
132
56
541
C'
G
130
55
B'
542
53
F
131
52
57
PR

图 13

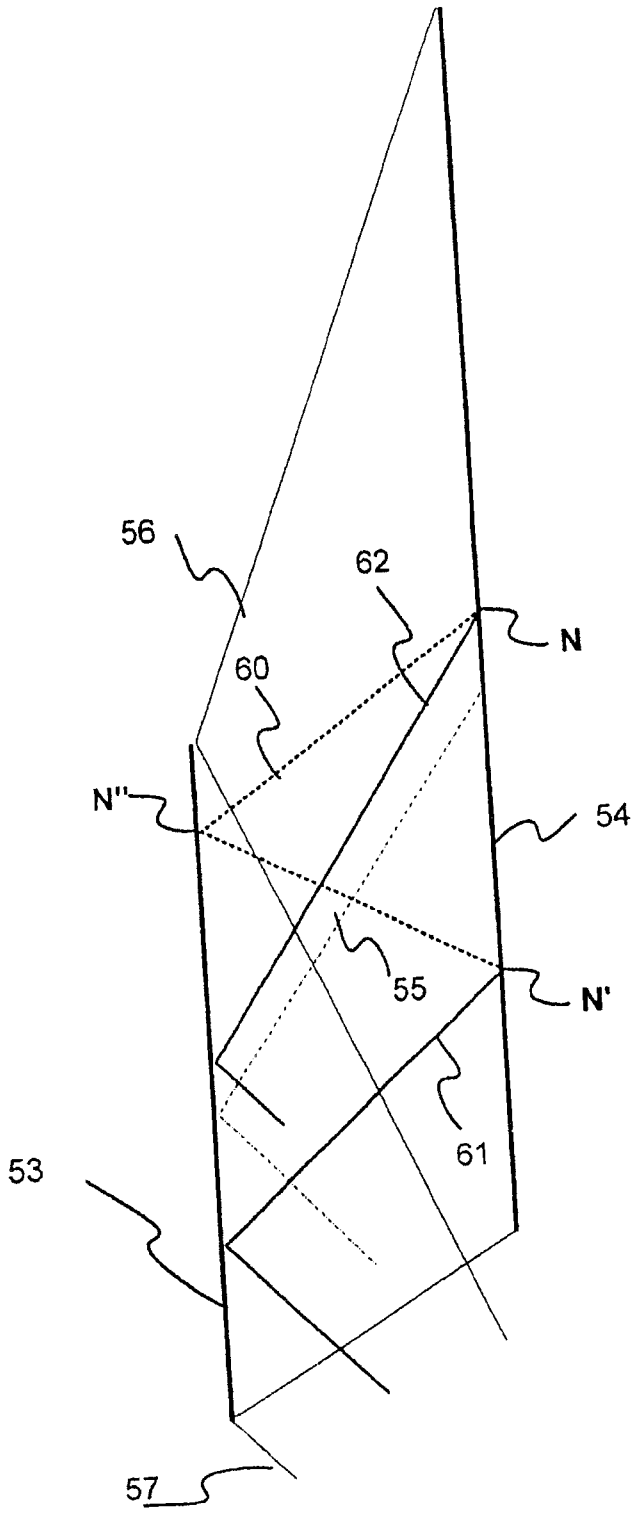


图 10

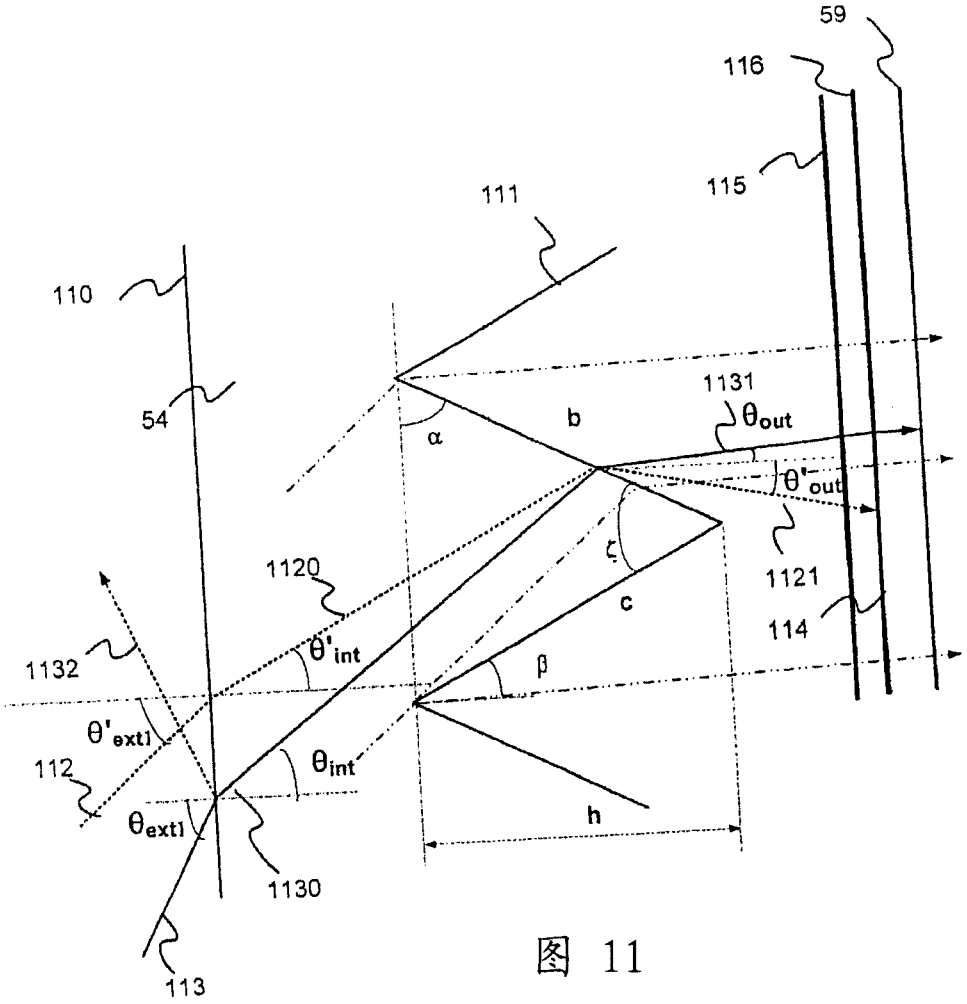

59
116
115
111
110
54
α
b
1131
θout
θ'out
ζ
1120
1121
c
114
1132
θ'int
β
θ'extl
112
θint
θextl
1130
h
113

图 11

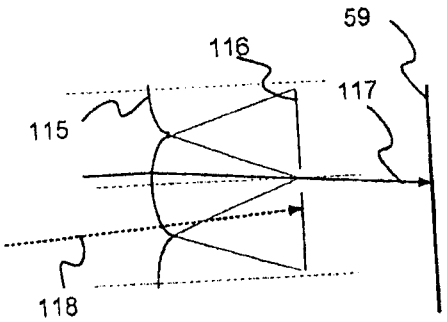

59
116
117
115
118

图 15

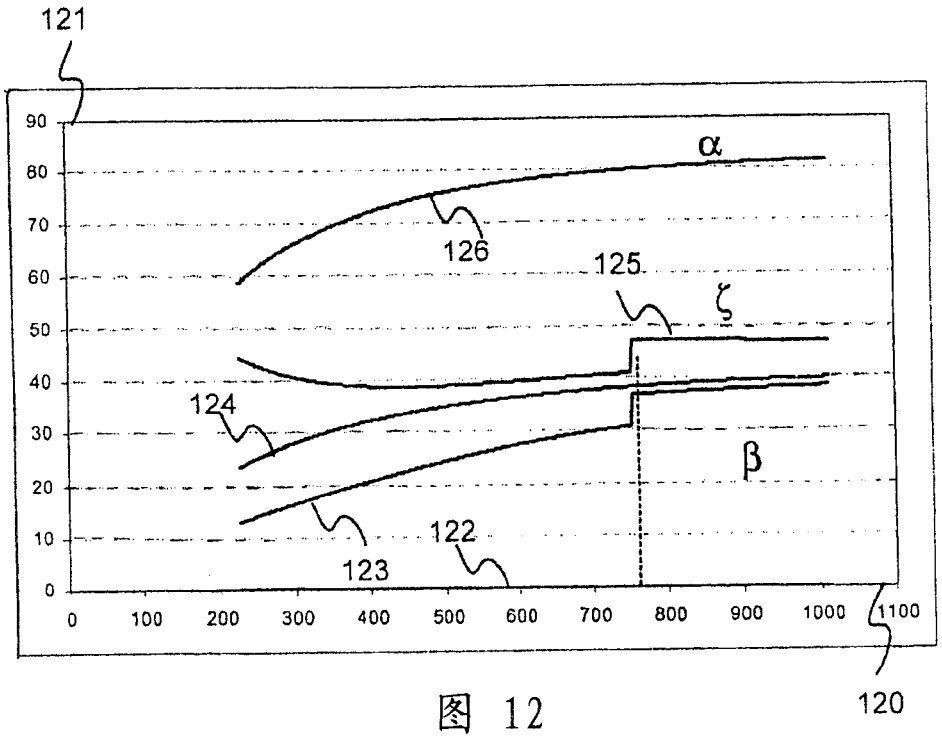

121
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
α
126
125
ζ
124
β
122
123
120

图 12

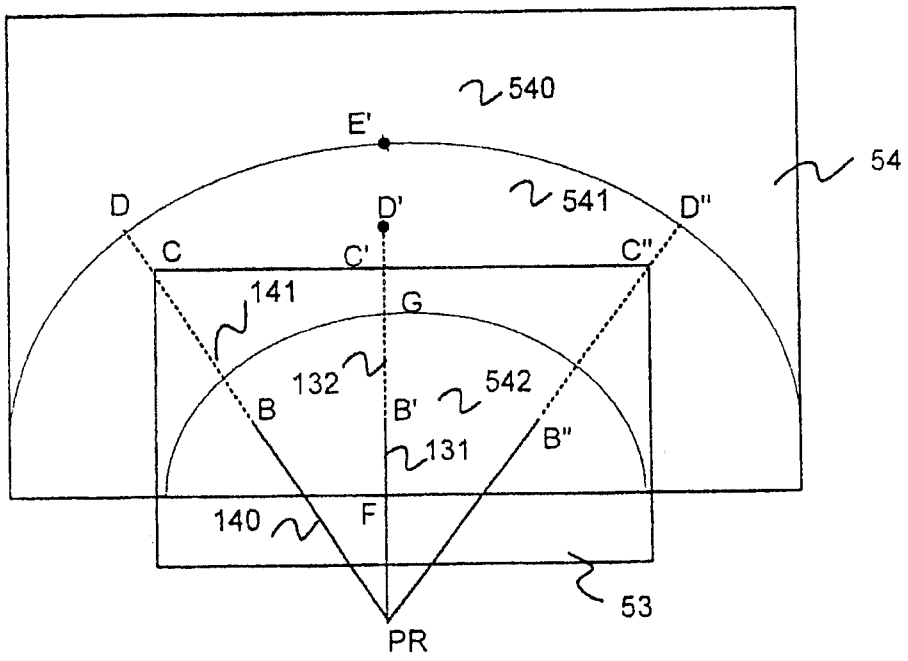

540
E'
54
D
D'
541
D"
C
C'
C"
141
G
132
542
B
B'
B"
131
140
F
53
PR

图 14