

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02823251.8

G03B 21/56

G03B 21/00

G03B 21/26

G03B 21/14

G03B 21/22

G03B 21/28

H04N 5/74

[43] 公开日 2005 年 11 月 2 日

[11] 公开号 CN 1692310A

[22] 申请日 2002.11.22 [21] 申请号 02823251.8

[30] 优先权

[32] 2001.11.28 [33] US [31] 60/334,009

[86] 国际申请 PCT/US2002/037583 2002.11.22

[87] 国际公布 WO2003/046655 英 2003.6.5

[85] 进入国家阶段日期 2004.5.24

[71] 申请人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 B·L·卡能 P·R·奥伊赫勒

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 包于俊

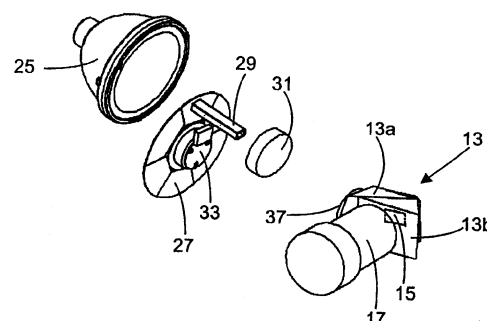
F21V 5/00

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 12 页

[54] 发明名称 用于 DMD 投影仪的 TIR 棱镜

[57] 摘要

一种用于投影显示器的光引擎(light engine)(9)配有: 1) 至少一个光源(25), 2) 至少一个 TIR 棱镜组(13)以及 3) 至少一个数字微反射镜装置(15), 其中(a)在光源(25)和棱镜组(13)之间的照射光路(55)是不可折叠的, 也就是, 照射光路没有可折叠反射镜; 和(b)照射光路(55)和装置的水平轴之间的夹角 γ 最好小于或等于大约 20° 。



ISSN 1008-4274

1. 用于在屏幕上产生图像的装置，包括：
 - (A) 产生照射光束的光源；
 - 5 (B) 平板，其选择性反射照射光束以产生成像光束，所述平板包括多个设置在共面上的选择性可调节的反射元件，所述元件在至少第一位置和第二位置之间可以调节；
 - (C) 投射透镜，其接收成像光束并在屏幕上成像；和
 - (D) 棱镜组，其将光源的照射光束透射到所述平板并透射平板的成像光
 - 10 束到投射透镜，所述棱镜组包括这样的棱镜，其包括：
 - (I) 从光源接收照射光束的第一表面；
 - (II) 第二表面，透过第一表面的照射光束在第二表面处经历全内反射；和
 - (III) 第三表面，将第二表面反射的照射光束透射到所述平板；
- 15 其中：
 - (a) 第二和第三表面将平板反射的成像光束透射到投射透镜；和
 - (b) 第一表面和第二表面都包括：
 - (i) 以大于 90° 的夹角相交的两个边缘，和
 - (ii) 以小于 90° 的夹角相交的两个边缘。
- 20 2. 根据权利要求1的装置，其中：
 - (i) 所述光源限定光源轴；
 - (ii) 所述平板限定水平轴；和
 - (iii) 光源轴和水平轴之间的夹角小于或等于 20° 。
3. 根据权利要求1的装置，其中：
 - 25 (i) 第三表面具有底边；
 - (ii) 所述平板限定水平轴；和
 - (iii) 所述底边和水平轴之间的夹角小于 45° 。
4. 一种背投屏幕投影仪，包括：
 - (i) 权利要求1所述的装置；
 - 30 (ii) 容纳权利要求1所述装置的箱体；和

(iii) 由箱体支撑的屏幕，通过权利要求1所述装置形成的图像在所述屏幕上显示。

5. 用于在屏幕上产生图像的装置，包括：

(A) 产生照射光束的光源；

5 (B) 平板，其选择性反射照射光束以产生成像光束，所述平板包括多个设置在共面上的选择性可调节的反射元件，所述元件在至少第一位置和第二位置之间可以调节；

(C) 投射透镜，其接收成像光束并在屏幕上成像；和

(D) 棱镜组，其将光源的照射光束透射到所述平板并透射平板的成像光束到投射透镜，所述棱镜组包括：

(I) 从光源接收照射光束的表面；

(II) 透射照射光束到所述平板并接收平板反射的成像光束的表面；

和

(III) 将成像光束透射到投射透镜的表面；

15 其中：

(a) 所述棱镜组包括至少一个发生全内反射的表面；和

(b) 在光源和接收光源照射光束的表面之间的光路是不可折叠的。

6. 根据权利要求5的装置，其中：至少一个表面引导照射光束到平板上。

7. 根据权利要求5的装置，其中：

20 (i) 所述光源限定光源轴；

(ii) 所述平板限定水平轴；和

(iii) 光源轴和水平轴之间的夹角小于或等于 20° 。

8. 根据权利要求5的装置，其中：

25 (i) 透射照射光束到所述平板并接收平板反射的成像光束的表面具有一底边；

(ii) 所述平板限定水平轴；和

(iii) 所述底边和水平轴之间的夹角小于 45° 。

9. 一种背投屏幕投影仪，包括：

(i) 权利要求5所述的装置；

30 (ii) 容纳权利要求5所述装置的箱体；和

(iii) 由箱体支撑的屏幕，通过权利要求5所述装置形成的图像在所述屏幕上显示。

10. 一种用于在屏幕上产生图像的方法，包括：

(a) 将光源的照射光束传递到棱镜组，而没有改变所述光束的传输
5 方向；

(b) 通过所述棱镜组传递所述照射光束并将其传递到包括多个设置在共面上的选择性可调节反射元件的平板，所述元件在至少第一位置和第二位置之间可以调节；

(c) 在所述平板处由照射光束形成成像光束；

10 (d) 通过棱镜组传递所述成像光束并将其传递到投射透镜；和

(e) 将成像光束透过所述投射透镜以形成图像。

11. 根据权利要求10的方法，其中在步骤(b)中，所述照射光束经历全内反射。

12. 根据权利要求10的方法，其中成像光束在棱镜组和投射透镜之间传
15 递，而没有改变所述光束的传播方向。

13. 根据权利要求10的方法，其中所述成像光束在平板和投射透镜之间传递，而没有改变所述光束的传播方向。

用于DMD投影仪的TIR棱镜

5 相关临时申请的参照

根据35USC § 119 (e), 本申请要求2001年12月28日递交的美国临时申请No.60/334009的权利, 其全部内容在此引作参考。

发明领域

本申请涉及微显示投影系统, 并更特别地, 涉及使用数字微反射镜装置 (10 DMD) 和TIR棱镜的微显示投影系统。

背景技术

A. 现有技术中使用DMD的投影显示器

使用DMD (例如, TEXAS INSTRUMENTS的DMD) 的典型投影显示器, 具有光源 (例如, 高压水银弧光灯) 的照射, 场序制彩的色盘, 以及含有积分15 仪和中继光学元件的照射光路。所述光源的照射光到达成像仪显示器并被每个像素的微反射镜调制。每个转向反射镜能引导其表面反射的照射, 以便使其朝向投射透镜和屏幕照射或因到达屏幕而被阻塞断开进入到停滞状态。

有许多方法用于将入射照射光束与出射成像光束即到达屏幕的光束, 相分离。首先使用照射光束和成像光束的物理分离方法。随后设置投射透镜中的光20 瞳以便接收来自处于“打开”状态像素的光, 并拒绝来自任何其他方向的光。

第二个方法使用TIR棱镜分离照射光和DMD成像仪所反射的成像光束。TIR棱镜具有接近反射临界角的表面, 也就是, 在该表面上, 某个角度光束经历全内反射而其他角度的光束通过该表面。TIR棱镜和DMD成像仪的使用, 最初公开是在共同授予Simon Magarill的美国专利5552922中披露的。TIR棱镜和DMD25 成像仪共用的其他专利包括: Magarill的美国专利No.5604624; Peterson等人的美国专利 No.6185047; Poradish等人的美国专利 No.6249387; Fielding等人的美国专利No.6250763; Okamori等人的美国专利No.6349006; 以及Magarill等人的美国专利No.6461000。

现在, TIR棱镜与DMD成像仪共用已经成为标准构造, 以“全反射”角入30 射的照射光束处于在成像光路中时, 所述光束通过TIR表面而没有任何反射地到

达屏幕。此外，设计投射透镜的光瞳以便接受来自处于“开启”状态的像素的光束，并拒绝来自其他方向上的任何光束。

附图1A和1B分别为示出背投箱体11内部DMD投射系统9的侧视图和前视图。附图2为不含箱体的相同元件的等比例构成。这两个附图示出了背投电视的箱体中所能找到的元件，所述背投电视使用现有技术中典型的DMD和TIR棱镜组件。

如附图中所示，棱镜组件13设置在DMD成像仪15的前面。投射透镜17选择成像光束并将其传送到可折叠（fold）反射镜19和21，并随后到达屏幕23。现有技术中的照射系统的所有部件可在附图中看到，即，光源25（例如高压水银弧光灯）、具有马达33的色盘27、汇集通道29、中继透镜31、可折叠反射镜35以及另外的中继透镜37。

B. 现有技术中的照射光束、成像光束和TIR表面的操作及取向

在迄今为止所制造的所有DMD成像仪上，方形像素微反射镜关于其边角倾斜。这表明，照射光束需要以相对于装置水平方向（参见下文说明）的45度角进入装置。

附图3为说明现有技术中怎样满足所需45度要求的DMD成像仪的前视图。在该附图中，39为单一微反射镜像素，41表示反射镜的转向轴（运动轴），43说明了TIR表面反射，45表示照射方向，47表示“不期望”的光源方向（参见下文说明），49表示现有技术中所使用的照射光路折叠反射镜，以及51表示现有技术中通过使用照射光路折叠反射镜获得的“所需”光源取向（参照下文说明）。

为了与微反射镜适当地作用，照射光束必须垂直于转向轴入射。因此，照射方向45相对于成像仪15的水平轴53竖起45°，所述水平轴也就是，由成像仪水平边缘限定的水平轴。在使用TIR棱镜的系统中，气隙表面穿过同样的成像仪的轴被倾斜设置。

没有折叠反射镜49，照射光轴45将完全返回照射的起点，也就是返回附图3中所示的“不期望”方向的光源47。对于许多光源，并特别地，对于使用电弧喷灯（burner）（例如，高压水银弧光灯）的光源，如果电弧喷灯不是基本水平的，则有损所述光源的操作。为此，附图3中光源47的取向被认为是“不期望的”。

如附图3中所示，在现有技术中，对于光源的光轴呈基本水平方向的需求可借助使用照射光路可折叠反射镜49实现。该反射镜允许光源51具有这样的取向，即

相对于成像仪的水平轴53，能接受光源光轴具有一定的夹角。

附图4为现有技术中TIR棱镜使用的进一步说明，在此情况中，仅是构成棱镜组13的一个棱镜13a的等比例视图，附图中的DMD成像仪15在棱镜的下方示出。在实际使用中，DMD成像仪15和棱镜组通常垂直设置。

5 附图4示出了进入棱镜13a的照射轴55并在TIR表面57处向下反射到装置。为了说明，在所述装置平面上的照射光轴的投射光束59按附图4中虚线示出。注意到，投射与成像仪的水平轴53呈45度角。附图4也示出了转向轴41，其也与成像仪的水平53轴呈45度角。如果水平轴的正向设为附图4中的右向，那么转向轴呈+45度角，而照射轴的投射59呈-45度角。

10 附图5A、5B和5C说明了通过现有技术中所用的TIR棱镜组的光路，其中在每个附图中示出了单一微反射镜67处于“开启”状态（+10度）。

附图5A示出了照射光束61从TIR表面57反射以及成像光束63通过TIR表面的情形。对于由丙烯酸（ $n=1.493$ ）构成的棱镜以及具有10度反射镜倾斜和F/3.0光锥的DMD装置，所述棱镜角大约为35度。

15 附图5B示出了照射光束61通过TIR表面57以及成像光束63从TIR表面反射的情形。所述成像装置的反射镜使用与附图5A中所使用的相同方法予以操作。因此，照射光束仍必须相对于倾斜“开启状态”的反射镜以一定夹角入射，并且成像（开启状态）光束仍直线离开所述装置（垂直装置平面）。为了满足这些条件，构成棱镜组的棱镜对于附图5B的方法和附图5A的方法具有不同的结构。

20 特别地，对于附图5B的方法，棱镜角不同于附图5A方法的棱镜角，因为垂直入射的成像光束需要在TIR表面全反射。例如，对于丙烯酸棱镜和具有10度反射镜倾斜和F/3.0光锥的DMD装置，附图5B方法的TIR棱镜表面相对于装置表面基本为45度，而附图5A方法中为35度。

25 附图5C示出了另一种方法，其中照射光束和成像光束的光路经历全内反射。在此情况中，在表面57和表面65处都发生全内反射。除此之外，这种方法与附图5B的相类似。特别地，如Peterson等人的美国专利No.6185047中所示，附图5C的方法，与附图5B（和附图5A）的方法相同，在照射光路中使用可折叠反射镜。

发明内容

30 如前所述，从现有技术中可以看出，使用TIR棱镜组的DMD投射显示器在

光路中包括折叠式反射镜。本发明针对现有技术中的这种不足，提供一种投射显示器，其具有：1) 至少一个光源，2) 至少一个TIR棱镜组以及3) 至少一个数字微反射镜设备，其中(a)在光源和棱镜组之间的照射光路是未折叠的，也就是，照射光路没有折叠反射镜。

- 5 这种不折叠光路不仅简化了照射光路而且也减少其长度。而长度上的减少，允许在照射光路中使用更小和/或少的中继透镜。这减少了系统照明部件以及最终整个投射显示器的成本、复杂度和重量。

如下文，根据本发明的详细描述，由棱镜组获得不折叠的照射光路，其中通过在棱镜组中使用这样的棱镜使得照射光从所述棱镜组的TIR表面反射，成像
10 光通过棱镜组的TIR表面，所述棱镜具有1) 光入射表面和2) TIR表面，两个表面都具有(a)以大于90°的夹角相交的两边，和(b)以小于90°的夹角相交的两边。

附图13说明了这样的一种棱镜，其中69为光入射表面，而71为TIR表面。光入射表面以大于90°的夹角相交的边缘为边缘73和75，而以小于90°的夹角相交
15 的边缘为边缘75和77。TIR表面以大于90°的夹角相交的边缘是边缘75和81，而以小于90°的夹角相交的边缘是边缘75和83。

对于本实施例，TIR折叠作用作用于照射光路上，使成像光路直接射出该装置，然后穿过TIR表面这具有要求投影透镜具有最短可能的后焦距的优点，即很容易设计制造通常具有焦阑或近焦阑光瞳的投射透镜。这也允许成像设备大
20 致位于与屏幕相同的方向，这对于背投式显示器具有优势。

根据这种构造，TIR棱镜中的照射光路需要能看见合成角以配置适当的照射。根据下文详细说明，关于这种类型的棱镜有更多的限制，其中该棱镜必须满足照射的反射标准，并且必须保持适当取向以便使成像光路的整个光锥完全
25 透过。

- 25 本发明的其他特征在如下详细描述中予以阐述，并且对于本领域技术人员来讲通过此处所描述的说明很容易理解这部分或按说明通过实践本发明意识到。

应当理解，前述的概括说明和接下来的详细说明都仅仅是表征本发明，并不意味着对于理解根据本发明所要求的类型和特征提供一种概观或框架。

- 附图也被包含来提供本发明的进一步理解，包含和构成说明书的一部分。
30 附图说明了本发明的各种实施例，并与说明相结合用于解释本发明原则和操作。

附图的简要说明

附图1A和1B分别为侧视图和前视图，其示出了使用DMD的背投电视的典型现有设计。

附图2为附图1的现有技术的DMD投射电视光引擎部件的等比例图。

5 附图3为DMD成像仪的前视图，其说明在现有技术照射光路中使用可折叠反射镜获得“所需”灯取向。

附图4为示出现有技术中所使用的照射光路的等比例视图。

附图5A、5B和5C为示意图，其说明了现有技术中所使用的三个棱镜组构造的照射和成像光路。

10 附图6A和6B分别为前视图和侧视图，其示出了根据本发明构造的DMD背投电视的部件设计。

附图7为附图6的DMD投射电视的光引擎部件的等比例图。通过该附图与附图2的对照，示出了本发明怎样使照射光路更简化，而不具有可折叠反射镜。同样，总的中继长度被缩短，表明需要更小直径的部件和更少的部件。

15 附图8为示出坐标方向的示意图。

附图9说明了本发明优选棱镜的几何形状的变化。

附图10A和10B为微反射镜装置的标准角表示方法（designation）。

附图11示出了TIR表面处照射光锥和成像光锥。

附图12示出了根据本发明构造的棱镜。

20 附图13A为附图12所示棱镜的等比例视图。

附图13B和13C分别示出了附图12所示的棱镜的入射表面和TIR表面。

附图14A和14B分别为使用附图12所示棱镜的棱镜组的等比例视图和侧视图。

25 附图15A和15B分别为现有技术棱镜组的等比例视图和侧视图，其中所述棱镜表面相对于DMD成像仪的水平轴以45°取向。

附图中所使用的参考标记对应如下：

- 9 DMD投射系统
- 11 箱体
- 13 棱镜组
- 30 13a 结合成像仪的棱镜

	13b	结合投射透镜的棱镜
	15	DMD成像仪
	17	投射透镜
	19	可折叠反射镜
5	21	可折叠反射镜
	23	屏幕
	25	光源
	27	色盘
	29	积分通道
10	31	中继透镜
	33	色盘马达
	35	可折叠反射镜
	37	中继反射镜
	39	单一微反射镜像素
15	41	反射镜取向改变轴 (flipping axis)
	43	TIR表面反射
	45	照射方向
	47	不期望的光源取向
	49	可折叠反射镜
20	51	所需光源取向
	53	DMD成像仪的水平轴
	55	照射光轴
	57	TIR表面
	59	照射光轴的投射
25	61	照射光束
	63	成像光束
	65	TIR面
	67	处于“开启”状态的单一微反射镜
	69	光入射面
30	71	TIR面

	73	光入射面的边缘
	75	光入射表面和TIR面的边缘
	77	光入射面的边缘
	81	TIR面的边缘
5	83	TIR面的边缘
	85	照射光锥
	87	成像光锥
	89	表示TIR表面的平面
	91	最可能传输的照射光锥的光线
10	93	最可能反射的成像光锥的光线
		优选实施例的详细说明

本发明的优选TIR棱镜，反射照射光束并使成像光束通过，并具有不同于现有技术中所使用的几何外形。允许适当的照射角同时，棱镜具有混合夹角，其允许照明部件的余下部分，特别是光源，在照射光路中不使用可折叠反射镜而被设置得接近箱体以及DMD装置的水平方向。这种不使用可折叠反射镜，光源基本水平取向的情况在附图6中予以说明，其与附图1的现有技术中使用可折叠反射镜的构造相比较。

在下面的说明中，设定两个DMD装置。第一装置为根据本发明背景技术中所述的10°DMD装置。第二装置为TEXAS INSTRUMENTS的更新的DMD装置，其具有12°转向角并允许更快的F/2.4光锥的反射镜。当然，其他DMD装置也能用于本发明实现中。

为了说明的目的，假定棱镜由BK 7玻璃构成，所述玻璃对于黄色氦d线（587nm）具有1.5168的折射率以及对于蓝色银线（436nm）具有1.5266的折射率。进而， $n=1.5266$ 的全内反射临界角（ θ_{cr} ）为：

$$\theta_{\text{cr}} = \sin^{-1} (1/n)$$

$$\theta_{\text{cr}} = 40.92055$$

其中选择1.5266的折射率来计算 θ_{cr} 以确保TIR表面不仅反射绿光也反射蓝光。

当然，除BK7以外的其他材料也可以用于本发明的实现中。

附图8的坐标系统和附图9的夹角将用于说明本发明的优选棱镜。在附图9中， θ 为TIR棱镜的楔角， α 为棱镜关于z轴的角度，也就是，棱镜的长边（在此

也称作“底边”)和DMD的水平轴53的夹角,如附图8中所示DMD的水平轴53也为x轴。夹角 α 称作“棱镜面角”。对于常规(现有技术)的棱镜, α 为45°。

除 θ 和 α 角外,也使用关于成像仪水平方向的照射光轴的 γ 角。对于常规(现有技术)的棱镜,该角度为45°。对于本发明,照明轴和光源轴(灯轴)相同。相应地,由于光源轴一般需要小于45°以实现所述光源特性,对于照射光轴,45°角通常使不能接受的。例如,灯制造商(PHILIPS),规定其投射电视灯的光轴的最大倾斜量为20度。根据本发明,通过使棱镜面角复合而获得小于45°的光源轴取向。特别地, θ 、 α 和 γ 是可变的,以便调节TIR表面的复合特性,从而控制光源角。

10 对于所述DMD成像仪通常使用的其他一些夹角,在确定适合的 θ 、 α 和 γ 值时起到重要的作用。有照射插入角 ϕ 、反射镜转向角 m 和f-数光锥角 U 。这些角在附图10A和10B中予以说明。

表格1说明了对于本发明的10°DMD和12°DMD实施例,以及现有技术系统中使用的10°DMD,角 ϕ 、 m 和 U 的值。这些值假定了玻璃折射率 $n_g=1.52669$ 。该表的数值以及表2的数值,当然仅仅是为了说明的目的,并不意味着限定本发明的范围。

运用射线追踪方法,TIR棱镜面的取向(具体地,该面的复合取向)被选定以实现光源轴的“所需”取向,并确保照射光锥内的所有电都适当地从TIR表面反射,以及确保成像光锥中的所有电都透过该表面束。

20 附图11示出了典型的照射光束和成像光束85和87,以及表示TIR表面的平面89。同样在该附图中,光线91和93分别为最可能透过的照射光锥的光纤和最可能反射的成像光锥的光线。由于平面89在 α 角内旋转,光线91和93在各自的锥形中移动到不同的位置并改变其空间取向。

对于TIR平面在 α 角内的任意旋转,能通过射线追踪以及对于所有TIR棱镜表面的适合尺寸(几何图形)确定将要产生的 γ 角。根据具体实例,表2给出了10°DMD和12°DMD以及BK7棱镜的结果。在该表中,单位矢量符号用来说明棱镜表面取向和灯轴,其中单位矢量 $[l,j,k]$ 对应附图8中所示 (x,y,z) 轴。

附图12示出了对于12°DMD所得出的棱镜。附图13示出了该棱镜的另一视图。同样,附图14示出了完整棱镜组中所包含的棱镜,并且作为对照,附图15示出了现有技术的棱镜组。

如附图4和9中所示,照明光路向下投射在附图12中的DMD平面上。因为TIR面具有复角,这种投射光束包括附图12中所示的扭折(kink)。应当注意到,附图12中,棱镜面角 α 小于标准角 45° (例如,对于表2的 12° DMD情况, α 为 5°)。类似地,光源(灯)夹角 γ 小于 45° (例如,对于表2的 12° DMD情况, α 为 16°)。

5 附图12、13和14的复合棱镜给出了正确入射到微镜像素上的照射光束(例如,以 26.5° 入射且以 45° 射出),但因为TIR面具有复角,照射光束能沿所述光源或灯轴夹角 γ 直接进入棱镜,而无需使用任何可折叠反射镜。特别地,对于本发明的棱镜, γ 关于装置水平方向的夹角不同于(小于) 45° 标准角。例如,按照表2中所述, γ 能够小于或等于 20° ,其表明灯轴能够直接位于 γ 方向并没有使用可折
10 叠反射镜而有效地运作。

总之,在现有技术中,使用DMD的照射系统具有可折叠反射镜以及2到4个透镜元件。使用可折叠反射镜有助于使得组件紧凑,也允许电弧灯位于其优选的操作轴上,也就是,接近水平方向。在本发明之前,不可能使用这样的简化照射系统,其避免所有的可折叠反射镜,因为没有可折叠反射镜,DMD装置
15 和TIR棱镜将灯轴设置在相对于装置水平方向成 45° 度角处。

本发明通过提供具有复合折叠的棱镜面解决该问题,所述复合折叠产生简化的照射光路。也就是,棱镜折叠照射光束使得照射中继光学部件根本不需要可折叠反射镜,并且所述灯能处于或接近水平方向,而没有任何额外的折叠。因此,所述照射系统更为简化并具有更短的总长度。而且,通过比较附图6和附图1能够看出,本发明简化了投射箱中照明元件的设计。
20

尽管已经说明和图示了本发明的具体实施例,但应当理解,在没有脱离本发明精神和范围的条件下能够进行变型。例如,在前述说明中,投射部件位于具有DMD装置的后投射箱中,并且投射透镜向前指向屏幕。因此,以前使用两个小巧(cabinet)的可折叠反射镜使图像处于屏幕上。本发明也能有效地用于
25 单一可折叠箱体中,其中透镜和DMD装置垂直设置。在这种情况下,以 $\gamma=45^\circ$ 运作的现有技术的照射系统,在箱体中非常深地推动灯或推向屏幕平面。根据本发明,所述灯轴可以为 20° 或更小,并且能控制箱体的总深度。

根据另一个变化,本发明能用于使用一个以上DMD的系统中(例如参照,Atobe等人的美国专利No.5999306的附图16和17)。例如,分色/合色棱镜组能够
30 和两个或三个DMD一起使用,将TIR棱镜置于所述棱镜组前面。在现有技术中,

这种TIR棱镜相对于DMD装置以45度角取向，并且所述照射系统使可折叠反射镜再定位所述灯。使用本发明的TIR棱镜，能免除所述可折叠反射镜。

- 根据此处披露的内容，不脱离本发明范围和精神的其他各种变化，对于本领域技术人员来讲是显而易见的。随后的权利要求倾向于涵盖在此说明的具体
5 实施例以及这样的变型、变化和等价物。

表格1

	本发明的10°DMD	本发明的12°DMD	现有技术（附图5A） 的10°DMD
装置反射镜夹角 m	10°	12°	10°
照射入射角 ϕ	22.5°	26.5°	20°
FNO光锥（FNO&[半角， U°]	3.0[9.6°]	2.5[11.54°]	3.0[9.6°]

表格2

	本发明的10°DMD	本发明的12°DMD	现有技术（附图5A） 的10°DMD
棱镜TIR楔角 θ	34.65°	33.0°	34.5°
棱镜面角 α	12.5°	5.0°	45°
灯轴角 γ	20.16°	16.08°	45°
TIR表面的矢量方向	[.555,-.123,.823]	[.543,-.047,.839]	[.401,-.401,.824]
灯轴的矢量方向	[.928,-.3408,.149]	[.995,-.271,.184]	[.700,-.700,.14]

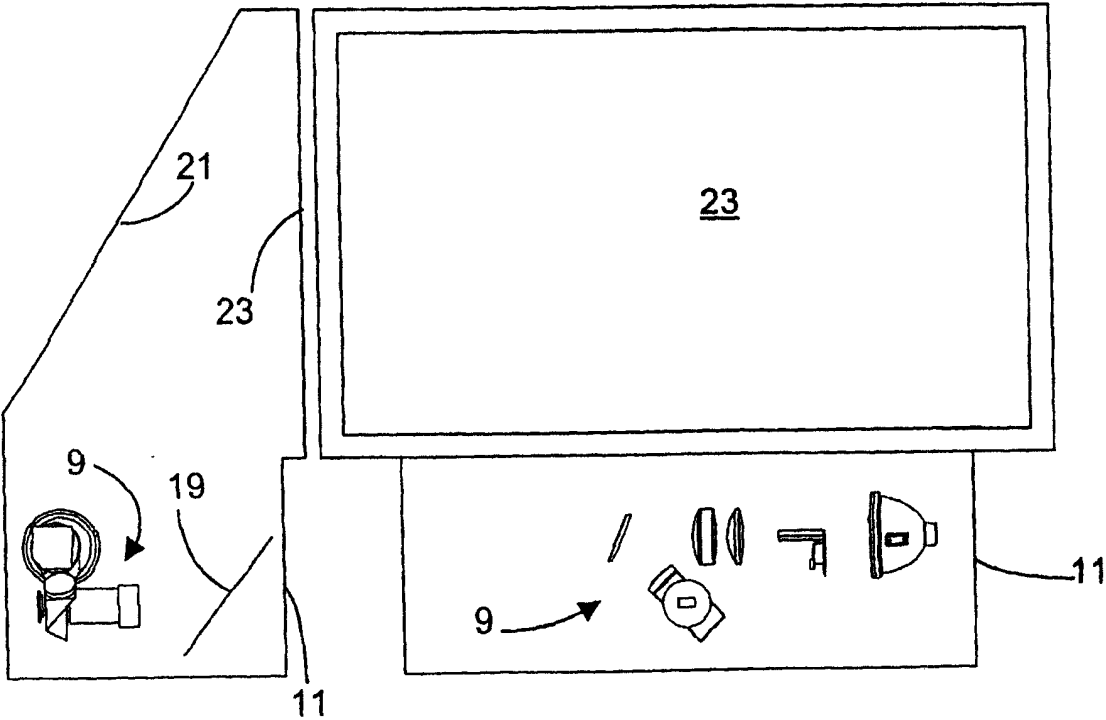


图 1A

图 1B

现有技术

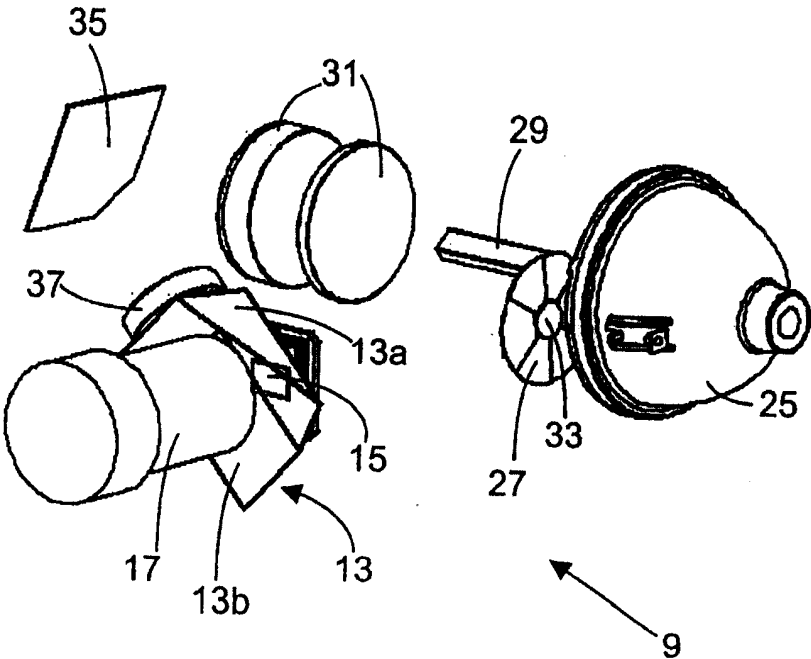


图 2
现有技术

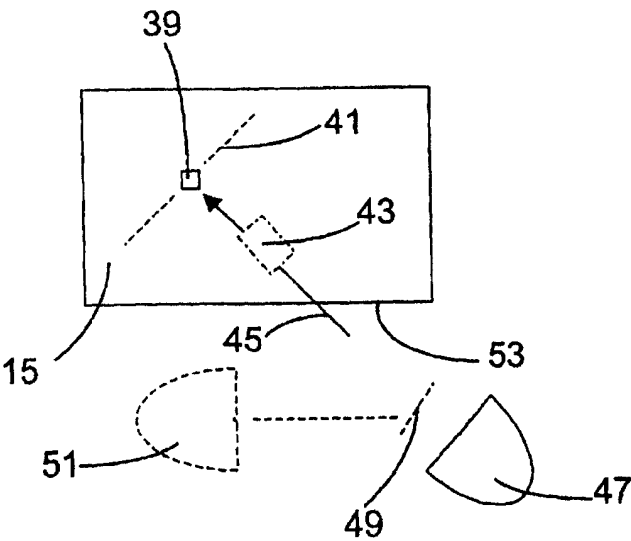


图 3
现有技术

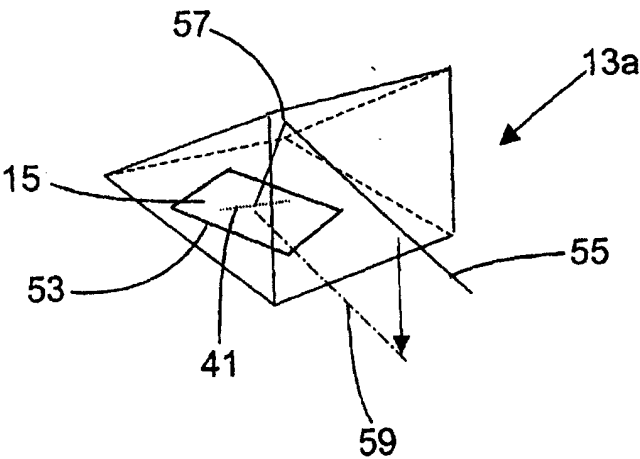


图 4
现有技术

现有技术

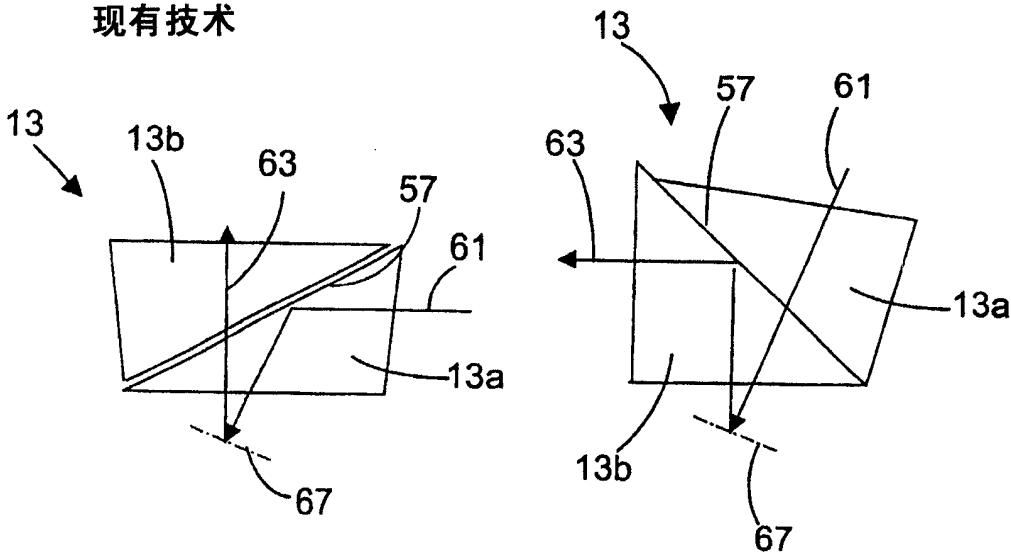


图 5A

图 5B

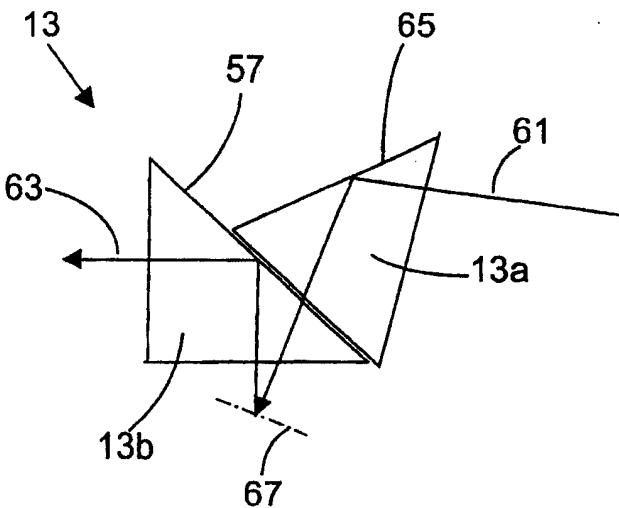


图 5C

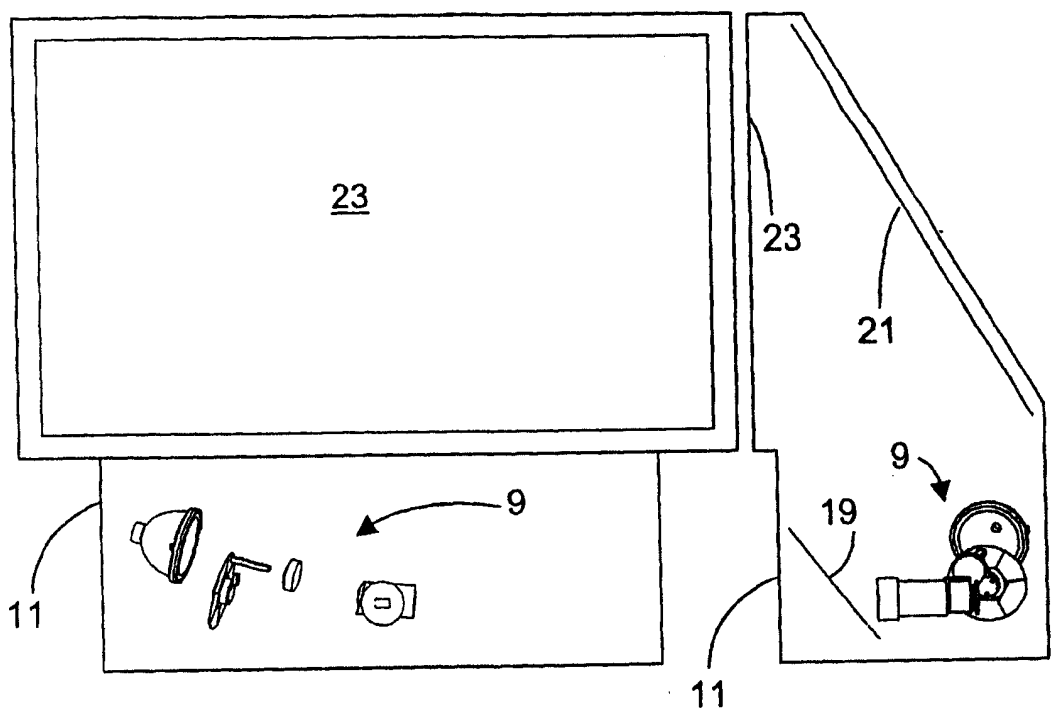


图 6A

图 6B

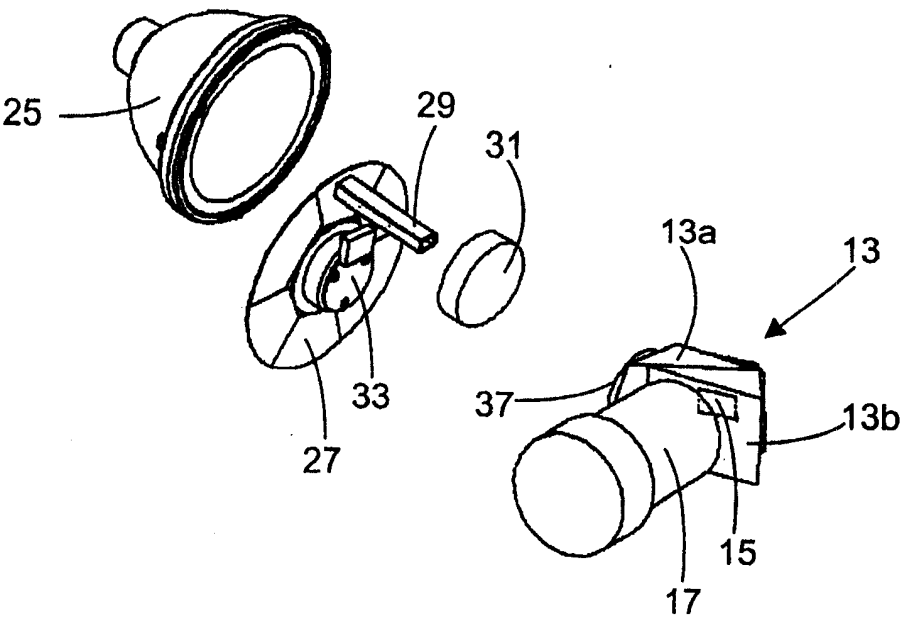


图 7

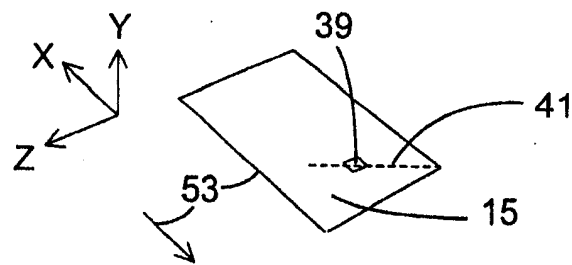


图 8

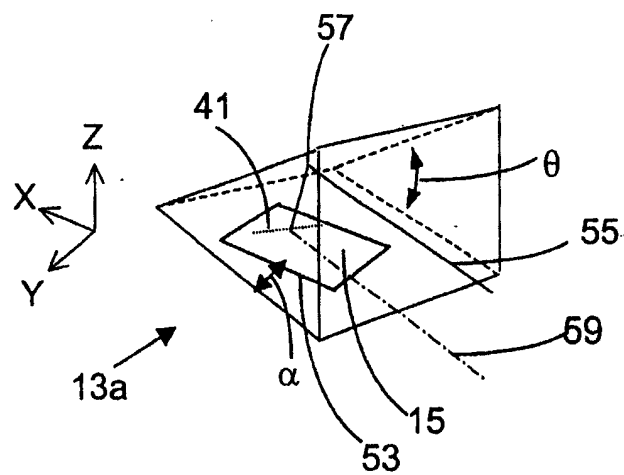


图 9

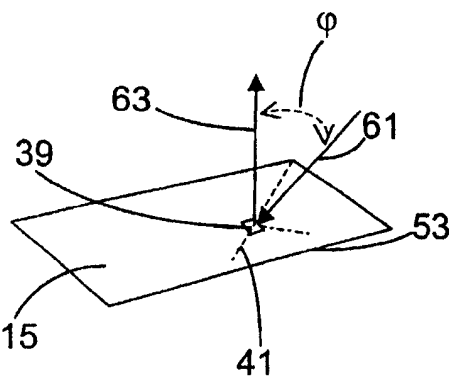


图 10A

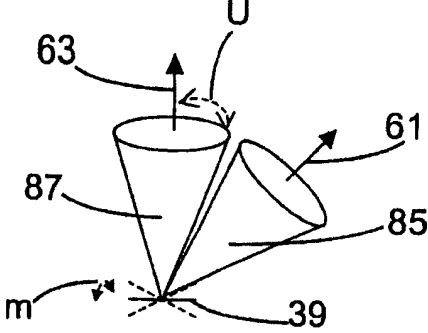


图 10B

现有技术

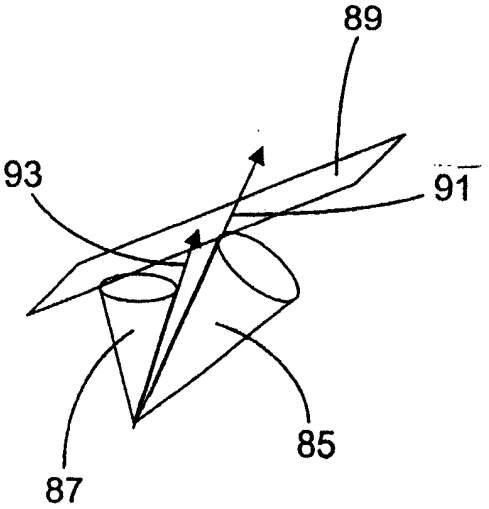


图 11

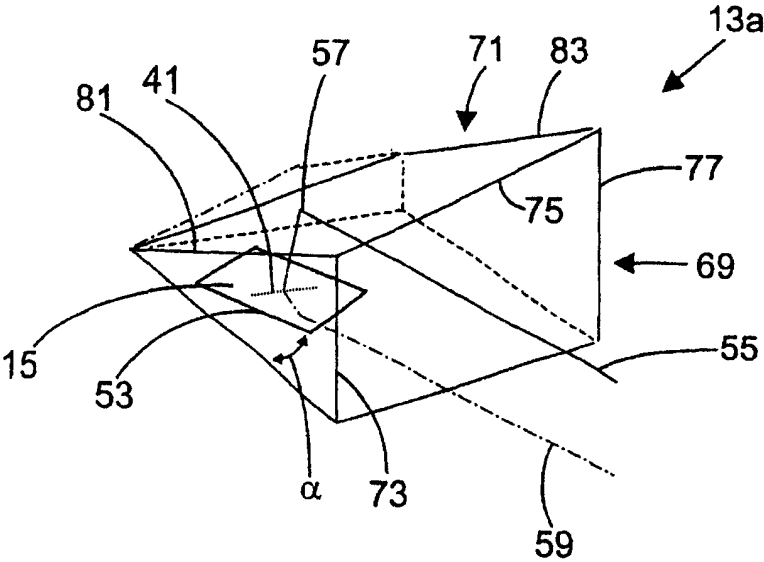


图 12

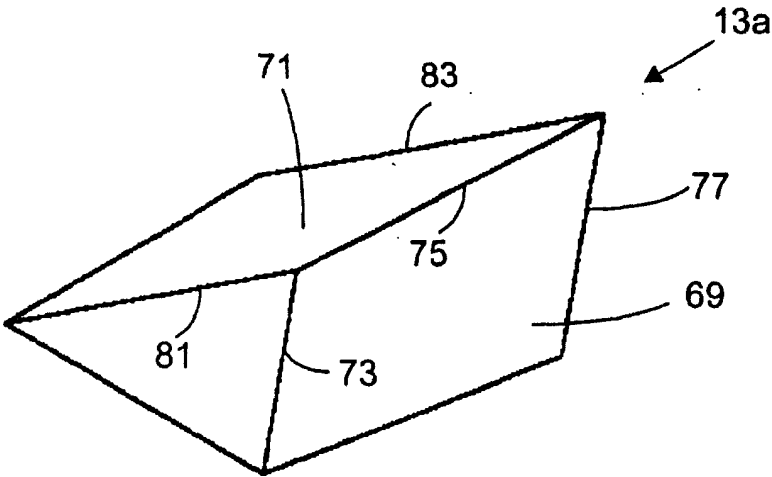


图 13A

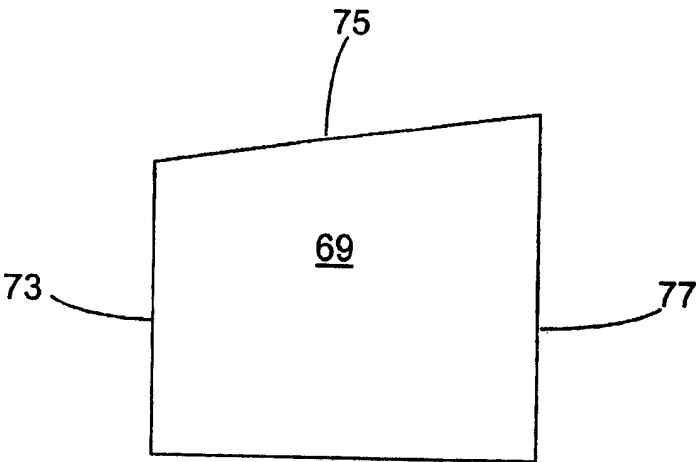


图 13B

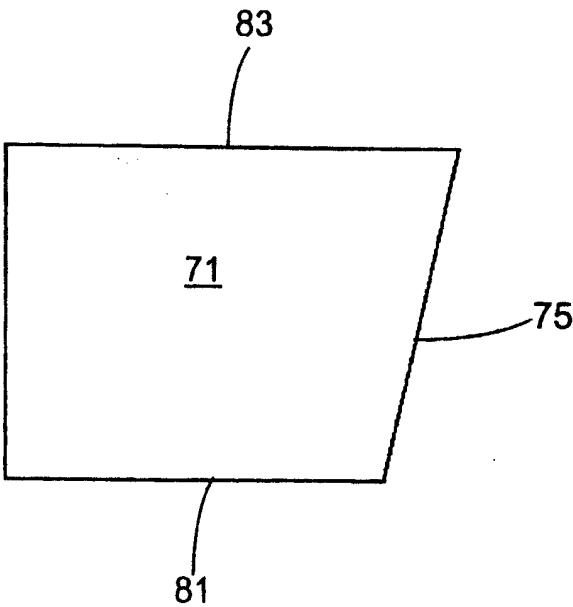


图 13C

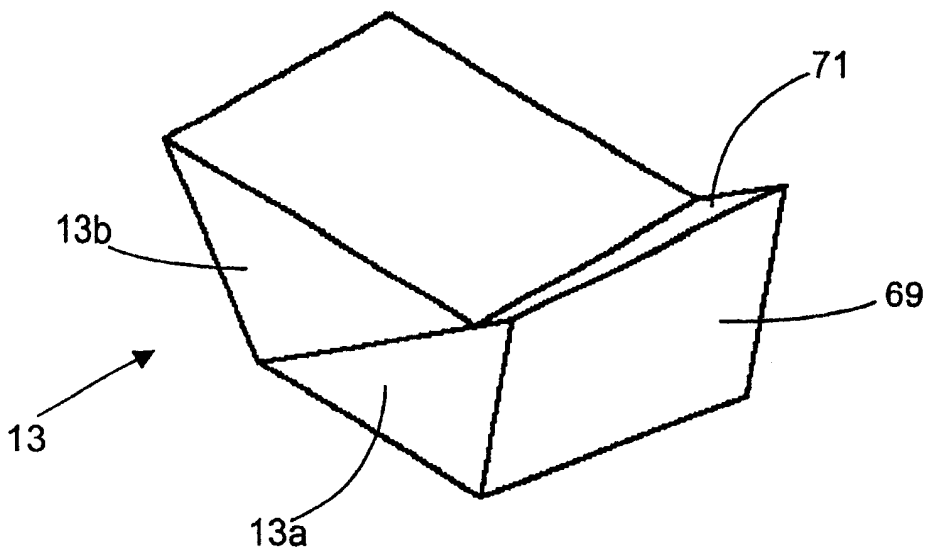


图 14A

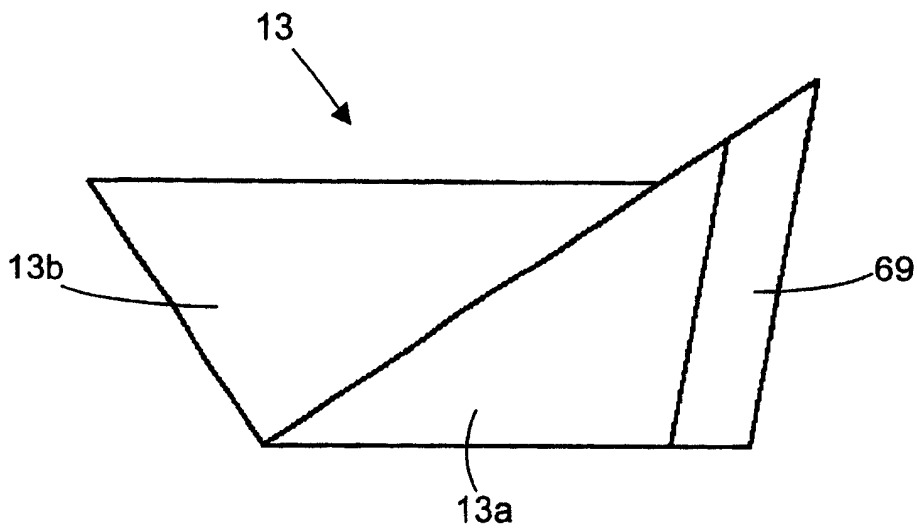


图 14B

现有技术

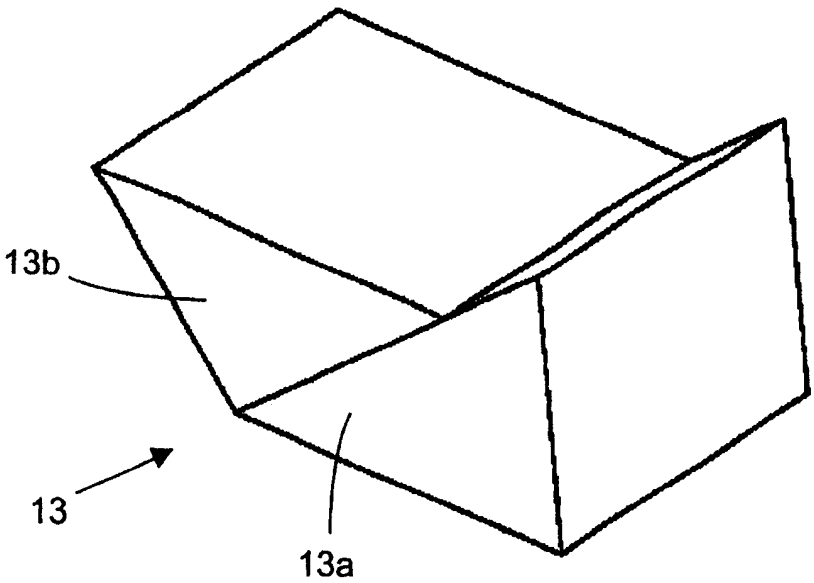


图 15A

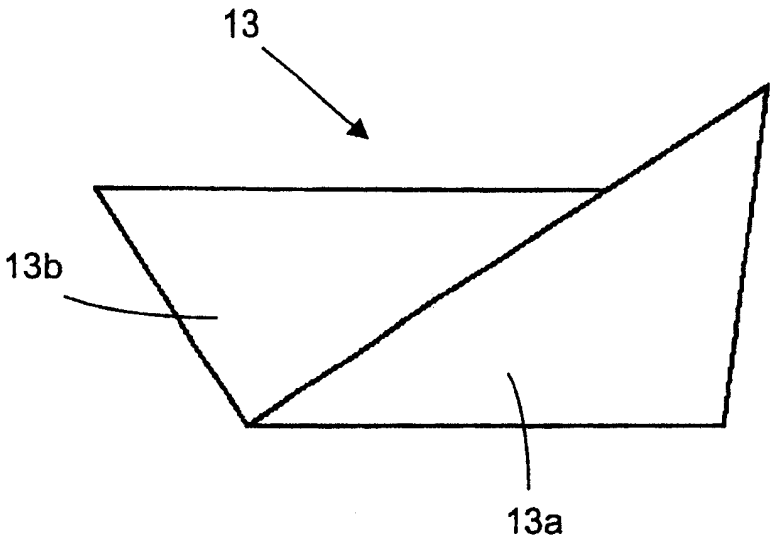


图 15B