

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁶

G02B 27/28

G02B 5/122 G02F 1/1335

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 97193360.X

[43]公开日 1999年4月21日

[11]公开号 CN 1214775A

[22]申请日 97.3.17 [21]申请号 97193360.X

[30]优先权

[32]96.3.29 [33]US [31]08/625,030

[86]国际申请 PCT/US97/04565 97.3.17

[87]国际公布 WO97/37266 英 97.10.9

[85]进入国家阶段日期 98.9.25

[71]申请人 美国 3M 公司

地址 美国明尼苏达州

[72]发明人 D·F·范德沃尔夫

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

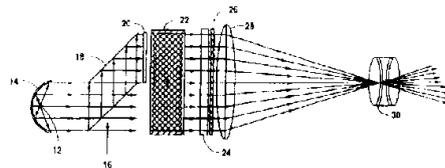
代理人 李 玲

权利要求书 4 页 说明书 7 页 附图页数 11 页

[54]发明名称 LCD 投影器用的偏振照明系统

[57]摘要

描述了一种能够有效地产生供 LCD 投影用的线性偏振光的照明系统(10)。偏振分束器(16)和二分之一波长延迟板(20)产生两束相邻的具有同偏振方向的准直光束。这两束相邻光束在空间上积分为单束准直偏振光束,其纵横比被转变为与 LCD 幅面基本匹配。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种将两束准直光束从空间上积分的物品，其特征在于它包括：
第一反射表面；
通常与所述第一反射表面相对的第二反射表面；
使来自所述第一与第二反射表面之间的光束偏转并落在所示第一和第二反射表面上的装置；以及
收集经如此偏转并被所述第一和第二反射表面反射的光束和将收集到的光准直为出射光束的装置。
2. 如权利要求 1 所述的物品，其特征在于：所述第一和第二反射表面是平行的。
3. 如权利要求 1 所述的物品，其特征在于：所述第一和第二反射表面分别形成在第一和第二反射型楔形棱镜上。
4. 如权利要求 1 所述的物品，其特征在于：所述的使光束偏转的装置包括一偏振分束器。
5. 如权利要求 1 所述的物品，其特征在于：所述的使光束偏转的装置包括一微型棱镜元件，其一个平面表面面向两束光束，其棱镜凹槽表面与所述平面表面相对。
6. 如权利要求 1 所述的物品，其特征在于：所述的收集光束的装置包括一微型棱镜元件，其棱镜凹槽表面面向两束光束，其平面表面与所述凹槽表面相对。
7. 如权利要求 1 所述的物品，其特征在于：所述的使光束偏转的装置和所述的收集光束的装置基本不产生色散。
8. 如权利要求 1 所述的物品，其特征在于：出射光束具有一定的纵横比，所述收集光束的装置包括第一光束压缩元件，进一步包括位于所述第一光束压缩元件附近的改变出射光束纵横比的第二光束压缩元件。
9. 如权利要求 3 所述的物品，其特征在于：
所述的使光束偏转的装置包括由单束准直光束产生两束准直光束的偏振分束器，两束准直光束中的第一束具有第一偏振状态，两束准直光束中的第二束具有第二偏振状态；
所述偏振分束器将第一准直光束射向所述第一反射型楔形棱镜，将第二准直

光束射向所述第二反射型楔形棱镜； 以及

将一个二分之一波长延迟器插在所述偏振分束器与所述第一反射型楔形棱镜之间。

10. 如权利要求 5 所述的物品，其特征在于：所述的使光束偏转的装置包括第一微型棱镜元件，所述收集光束的装置包括第二微型棱镜元件，其棱镜凹槽表面面向两束光束，其平面表面与所述凹槽表面相对。

11. 如权利要求 10 所述的物品，其特征在于：在所述第一和第二微型棱镜两个元件的所述棱镜凹槽上形成的棱镜具有约 60° 角。

12. 一种偏振照明系统，其特征在于它包括：

光源；

将来自所述光源的光准直为入射光束的装置；

将所述入射光束分离为具有第一偏振状态的第一光束和具有第二偏振状态的第二光束的装置；

将所述第一光束从所述第一偏振状态转变为所述第二偏振状态的装置；

使所述第一和第二光束在空间上积分，产生具有一定纵横比的准直出射光束的装置；

改变所述出射光束的纵横比的装置。

13. 如权利要求 12 所述的偏振照明系统，其特征在于：所述积分装置包括：

具有一个平面表面和一个与所述平面表面相对的棱镜凹槽表面的第一微型棱镜元件；

具有另一平面表面和另一与所述平面表面相对并面向所述第一微型棱镜元件的所述棱镜凹槽表面的棱镜凹槽表面的第二微型棱镜元件；

与所述第二微型棱镜元件的第一侧相邻的第一反射表面；

与所述第二微型棱镜元件的第二侧相邻的第二反射表面，所述第二反射表面通常与所述第一反射表面相对。

14. 如权利要求 12 所述的偏振照明系统，其特征在于：

所述分离光束的装置包括一产生第一和第二光束的偏振分束器；

所述的使所述第一和第二光束空间积分的装置包括第一和第二反射型楔形棱镜； 以及

所述偏振分束器将第一光束射向所述第一反射型楔形棱镜，将第二光束射向

所述第二反射型楔形棱镜。

15. 如权利要求 12 所述的偏振照明系统，其特征在于：

所述的使所述第一和第二光束空间积分的装置包括含有一个出射元件的空间积分器单元；以及

所述的改变所述出射光束纵横比的装置包括附着到所述出射元件上的第一光束压缩元件和位于所述第一光束压缩元件附近的第二光束压缩元件。

16. 如权利要求 12 所述的偏振照明系统，其特征在于：所述的改变所述出射光束纵横比的装置还使所述出射光束偏转约 90° 。

17. 如权利要求 13 所述的偏振照明系统，其特征在于：所述第一和第二反射表面分别由所述第一和第二辅助平面反射镜组成，并进一步包括：

位于所述第一和第二微型棱镜元件之间，接近所述第一辅助平面反射镜的第一反射型楔形棱镜；以及

位于所述第一和第二微型棱镜元件之间，接近所述第二辅助平面反射镜的第二反射型楔形棱镜，所述第二辅助平面反射镜通常与所述第一反射型楔形棱镜相对。

18. 如权利要求 15 所述的偏振照明系统，其特征在于：

所述第一光束压缩元件为正圆柱形菲涅耳透镜；及

所述第二光束压缩元件为负圆柱形透镜。

19. 如权利要求 15 所述的偏振照明系统，其特征在于：

所述第一光束压缩元件为第一微型棱镜元件；及

所述第二光束压缩元件为以相对所述第一微型棱镜元件一斜角定位的第二微型棱镜元件。

20. 一种电子投影器，其特征在于它包括：

光源；

将来自所述光源的光准直为入射光束的装置；

将所述入射光束分离为具有第一偏振状态的第一光束和具有第二偏振状态的第二光束的装置；

与所述分离装置相邻的将所述第一光束从所述第一偏振状态转变为所述第二偏振状态的二分之一波长延迟器；

位于接收所述第一和第二光束位置上的空间积分器单元，所述单元包括第一

反射表面、通常与所述第一反射表面相对的第二反射表面、使第一和第二光束在所述第一和第二反射表面之间偏转并落在所述第一和第二反射表面上的装置、以及收集经如此偏转并从所述第一和第二反射表面反射的光束并将收集到的光束准直为具有一定纵横比的出射光束的出射元件；

改变所述出射光束的纵横比的装置，包括附着在所述出射元件上的第一光束压缩元件和位于所述第一光束压缩元件附近的第二光束压缩元件；

位于接收已改变纵横比的出射光束位置上的显示装置；

投影透镜；及

位于将所述显示装置的光射向所述投影透镜位置上的场透镜。

说明书

LCD 投影机用的偏振照明系统

发明背景

1.发明领域

本发明总的涉及光学照明系统，更具体地涉及采用新颖空间积分器、含有控制纵横比变量的偏振照明系统，本系统适用于电子投影显示装置，尤其是液晶显示型装置。

2.现有技术的描述

随着投影系统中液晶显示(LCD)装置的越来越多的应用，需要有效的偏振光源。以往一直是用吸收偏振器或偏振分束器(PBS)立方体产生偏振光。对于偏振分束器，光的一半被反射，这个反射偏振光或是被丢弃或是被转换为与透射光束相同的偏振。当被转换时，将反射光束重新射向 LCD，与透射光束一起到达偏振光源，其亮度高于采用单个吸收偏振器的光源亮度。

照明系统中转换偏振光的早期应用是汽车的前灯，如 Zehender “采用偏振光的机动车前灯” *Lichttechnik*, pp.100-103(1973)中所述。在这种早期的设计中，并未试图实现分离光束的空间复合或者控制光束的截面。随着 LCD 投影系统的出现，这一技术获得了重新的关心，如 Imai 等人 “高亮度液晶光阀投影器的新颖偏振转换器” *SPIE Proceedings*, vol.1225,pp.52-58(1990)和 Shinsuke 等人 “高亮度 LCD 投影器的偏振-变换光学” *Proceedings of the SID*, vol.32/4, pp.301-304(1991)中所述。

日本专利申请(Kokai) No. 61-122626 描述了一种偏振照明装置，它借助一对楔形棱镜在 LCD 平面上使分离的光束在空间上积分。如图 1 所示，该装置采用光源 1、准直器 2、PBS 立方体 3、直角棱镜 4、二分之一波长延迟器 5、楔形棱镜 6 和 7、LCD 面板 8、和投影透镜 9。楔形棱镜与 LCD 之间必须有相当一段距离，因为光束是会聚的，LCD 上的入射角必须维持很小，这就过度地限制了装置的使用。

美国专利 4,913,529 和 4,969,730 描述了对偏振光进行转换的投影照明系统，

它采用偏振板或 PBS 立方体，用转向棱镜将 LCD 上的分离光束合并。美国专利 5,381,278 采用会聚透镜和发散透镜将分离光束重新射入到 LCD 面板上。日本专利申请(Kokai)No.71-99185 采用两个偏振分束器获得一束光具有椭圆形截面，但是分离的光束没有空间复合。欧洲专利申请 No.615,148 通过反复循环使光返回到光源反射器实现偏振转换和空间复合，欧洲专利申请 No.573,905(转让给本发明的受让人 3M 公司)也一样。美国专利 5,181,054 通过让光束在相反方向上通过 LCD 实现分离光束的空间复合。美国专利 5,428,469(也转让给 3M 公司)也一样。美国专利 5,446,510 实现分离光束的公共准直角，但是没有任何空间积分。

美国专利 5,042,921 和 5,124,841 描述了由折射微型棱镜实现空间积分的偏振转换器。欧洲专利申请 No.463,500 中所描述的偏振转换器可以保存原始光束的纵横比，但是需要采用两个 LCD，欧洲专利申请 456,427 利用从具有长方形出射孔径的灯反射器的背反射使光束大小与 LCD 面板相匹配。这些系统的效率受到光学元件的复杂性、反射镀膜层的质量、空间复合和光束成形的程度以及折射元件的高色散限制。

分离光束的空间积分是重要的，因为分离光束在强度和色温上通常是不同的。入射在 LCD 上光束的准直是重要的，因为大部分这种类型的显示器以公共和低入射角的照明光很好地工作。此外，用场透镜能够更有效地把准直光聚焦在投影透镜上。光束成形对于将最大光透过 LCD 的长方形孔径是重要的。最后，需要具有紧凑性，以减小投影单元的尺寸。上述系统没有一个能够在所有这些方面提供最佳性能。

发明概要

本发明提供一种尤其适合 LCD 投影器的偏振照明系统，该系统通常包括光源、将来自光源的光准直为入射光束的装置、将入射光束分离为具有第一偏振状态的第一光束和具有第二偏振状态的第二光束的装置、将所述第一光束从所述第一偏振状态转换为所述第二偏振状态的延迟器装置、使所述第一和第二光束在空间上积分产生一束准直的具有纵横比的出射光束的装置、以及改变所述出射光束的纵横比的装置。积分装置最好包括具有第一微型棱镜元件和第二微型棱镜元件的空间积分器单元，第一微型棱镜元件有一个平表面和一个与所述平表面相对的棱镜槽表面，第二微型棱镜元件有另外一个平表面和与另一平表面相对并面向所

述第一微型棱镜元件所述棱镜槽表面的的另外一个棱镜槽表面，进一步还包括通常为相对的第一和第二反射表面，分别与第二微型棱镜元件的第一和第二侧面相邻。

使光分离的装置包括产生第一和第二光束的偏振分束器(PBS)，PBS 适合于将第一和第二光束分别射入第一和第二反射楔形棱镜。在几个实施例中，空间积分器单元有一个与第一光束压缩元件相组合的出射元件，第二光束压缩元件位于第一光束压缩元件附近，获得经改变的纵横比。第一光束压缩元件可以是正圆柱形菲涅耳透镜，第二光束压缩元件是负圆柱形透镜。另一方面，第一光束压缩元件可以是第一微型棱镜元件，第二光束压缩元件是以相对第一微型棱镜元件的斜角定位的第二微型棱镜元件。改变出射光束的纵横比的装置可以进一步设计成使出射光束再偏转约 90° 。

通过产生一束转换的准直偏振光的二次光束以及利用内全反射线性微型棱镜使这束光与一次光束在空间上复合，以最小色散保持偏振和准直，本发明避免了许多现有技术的不足。然后将空间积分的光束的纵横比有效地转变为与 LCD 面板幅面相匹配。无需在光源方向上使光束作任何后向反射或反复循环，通过 LCD 面板的单束准直光束能够被有效地会聚到投影透镜上。

附图简述

参考附图将能够更好地理解本发明，其中：

图 1 是采用楔形棱镜光束积分器的现有偏振照明装置的示意图。

图 2 是本发明的偏振照明系统的一个实施例的示意图。

图 3 是本发明中采用的空间积分器元件的一种结构的示意图。

图 3a 是图 3 所示空间积分器的线性微型棱镜元件的放大图。

图 4 是采用正负圆柱形透镜的一种现有纵横比转换器的示意图。

图 5 是说明正/负圆柱形菲涅耳透镜应用于本发明的示意图。

图 6 示出利用一对具有最小色散相同棱镜的现有光束变形压缩。

图 7 是利用相同菲涅耳棱镜的具有光束变形压缩的本发明的空间积分器的示意图。

图 8 是利用一对光束偏转 90° 和具有最小色散的棱镜的光束变形压缩的示意图。

图 9 示出反射楔形棱镜作为光束变形压缩。

图 10 示出组合的空间积分器/光束变形压缩器。

图 11 示出采用本发明的实施例的 LCD 投影机。

图 12 示出取消对与 PBS 立方体结合在一起的直角棱镜的需要的本发明的另一个实施例。

较佳实施例的描述

现在参考附图，具体说参考图 2，图中示出本发明的偏振照明系统的一个实施例 10。系统 10 特别适合用于液晶显示(LCD)投影机，通常包括光源或灯 12、准直器或抛物反射镜 14、分离为 p 偏振和 s 偏振的装置 16，取偏振分束器(PBS)的形式、使偏振光束的一束光(在本情况中为反射光束)改向成与另一偏振光束(透射光束)平行的装置 18，取直角棱镜反射器的形式、二分之一波长延迟板 20、空间积分器单元 22、分析仪 24、LCD 面板 26、以及投影透镜 28。实施例 10 是一种单面板的透射 LCD 投影机，但是本领域的专业人员将会明白一般原理可以延伸到采用多个面板的彩色和伪彩色透射 LCD 投影机以及反射 LCD 光阀投影器上。

来自光源 12 的随机偏振光经抛物反射器 14(或其它一些装置)准直，进入 PBS 立方体 16 中。p 偏振的光被透射，而反射的 s 偏振光被直角反射棱镜 18 偏转 90°，然后被半波长($\lambda/2$)延迟板 20 转换为 p 偏振光。相邻而在空间上分离的准直光束进入微型棱镜空间积分器单元 22 中，这里将它们空间积分并作为单束准直偏振光束出射。元件 12-18 各子属于现有技术，几乎任何传统的元件足以满足需要。因此，在实施例 10 中，主要的新颖性在于空间积分器 22。

图 3 示出空间积分器单元 22。每一束相邻的入射光束被第一微型棱镜元件 32 等量地偏转，第一微型棱镜元件由一系列 60°等边线列微型棱镜 34(见图 3a)组成。光的一半直接通过到达第二个相对设置的微型棱镜元件 36。光的另一半被侧面反射镜 38 和 40 反射，然后通过到达相对的微型棱镜元件 36。通过控制单元 22 的长度，两束光束作为空间积分和准直光束从单元中出射。空间积分器单元的长度 $L = A \tan(\pi/6)$ ，这里 A 为单元的半个高度(见图 2)，进入单元 22 中心的光线从单元的边缘出射。图 3a 示出第一线列微型棱镜元件 32 的放大截面，这里所有的棱镜角 $\alpha = 60^\circ$ ，偏转角 $\delta = 60^\circ$ 。在两个微型棱镜元件上没有折射，因此没

有色散，因为所有的光线偏转以内全反射(TIR)出现，即在空气与微型棱镜元件之间的界面上的入射角为零。对于完全准直略有偏离，由于微型棱镜是 60° 等边三棱形，对于在两个表面上的折射光线以及从 TIR 小面上的反射光线，基本上没有色散。

由于 PBS 立方体 16 形成相邻的正方形光束，每个光束的纵横比 $AR = 1:1$ ，进入空间积分器单元并从中出射的偏振转变光束的 $AR=2:1$ 。由于大多数的 LCD 面板的 $AR=4:3=1.33$ ，因此，应当调节 AR，以便对 LCD 面板进行有效照明。保持光束方向而改变纵横比的一种标准方法是利用分别如图 4 所示的正、负圆柱形透镜 42 和 44。在本发明中采用了该方法的一种新颖的改型，在空间积分器单元 48 的出射表面中形成一个正圆柱形菲涅耳透镜 46，如图 5 所示。负的圆柱形透镜 50 可以是连续的或非涅耳型的。

改变纵横比，即变形压缩的另一种标准方法是采用如图 6 所示的一对等同棱镜。第一棱镜 52 的色散被第二棱镜 54 的反向色散抵消，准直光的方向得到保持。在空间积分器单元 58 的出射元件 56 上形成第一元件，作为一系列线列微型棱镜，在本发明中也能取得类似的效果。然后如图 7 所示，在与第一元件的光线偏转角相等的斜角 δ 下设定第二个线列微型棱镜 60。例如，对于丙烯酸塑料($n_d = 1.492$)，棱镜角 $\alpha = 40.52^\circ$ ， $\delta = 35.25^\circ$ ，光束的纵横比从 $2/1$ 转变为 $4/3$ ，没有色散。

利用图 8 所示的两个棱镜也能够进行本发明的光束变形压缩，其光束偏转 90° 。这里，第二棱镜 64 接着在第一折射棱镜 62 之后，通过折射和内全反射使光束偏转。如图所示通过限定顶角和倾斜角，第一棱镜的色散被第二棱镜的色散抵消。例如，两个棱镜采用冕牌光学玻璃($n_d = 1.523$)， $\phi_1 = 30^\circ$ 、 $\phi_2 = 8^\circ$ 、 $\alpha_1 = 18.6^\circ$ 、 $\alpha_2 = 68^\circ$ 和 $\alpha_3 = 38.2^\circ$ ，那么，忽略色散，光束从 $AR = 2:1$ 转变为 $AR = 4:3$ 。

如果在空间积分器与 LCD 面板之间引入 90° 光束偏转，那么，有几种其它方法可获得所需的纵横比转换。图 9 示出一种方法，它利用一块反射型楔形棱镜 66。通过限定倾斜角 ϕ 和棱镜楔角 α ， $AR = 2:1$ 的入射光束被转变为 $AR = 4:3$ 的输出光束，这里

$$\phi \approx \text{atan}(A'/A)$$

$$\alpha = (\theta - \theta')/2$$

式中： A' = 经过压缩的出射光束的宽度

A = 入射光束的宽度

θ = 在折射表面上出射的反射光线的入射角

θ' = 在折射表面上入射光线的折射角

图中所示的 ϕ 值是近似值。实际上，必须计入棱镜厚度的变换及其对出射光束压缩比的影响。因此，对 ϕ 和 α 进行反复调节直至对出射光束的压缩达到所需的纵横比为止。对于冕牌光学玻璃($n_d = 1.523$)的反射型楔形棱镜 66， $\phi \approx 17.0^\circ$ ， $\alpha \approx 13.9^\circ$ ，可以获得光束压缩比 $A'/A = 0.375$ 。

图 10 示出一种空间积分器 70，这里，利用反射型楔形棱镜 72 和 74 以及辅助平面侧面反射镜 76 和 78 进行了光束变形压缩和双入射光束的空间积分。棱镜的偏转角 δ 为 60° ， 60° 线列微型棱镜元件 80 和 82 的入射角为 60° ，对于图中所示：

$$A' = (4/3)A$$

$$\phi \approx \text{atan}((\cos(\pi/6) - C \cos(\pi/3)) / (C \cos(\pi/3) + \cos(\pi/6)))$$

$$\alpha = (\theta - \theta')/2$$

式中：C = 楔形棱镜的变形压缩因子

θ = 在楔形棱镜折射表面上出射的反射光线的入射角

θ' = 楔形棱镜折射表面上入射光线的折射角

ϕ = 楔形棱镜的倾斜角

对于 $C = 2/3$ ，相同偏振的两束准直入射光束(每束光束的截面为 $A \times A$)组合成一束截面为 $4A/3 \times A$ 的纵横比 $AR = 4:3$ 的积分、准直和偏振出射光束。每个反射型楔形棱镜的折射率 $n_d = 1.523$ 、 $\phi = 26.0^\circ$ 和 $\alpha = 15.2^\circ$ 。在图 10 所示的系统中，楔形棱镜的反射表面通常是相对的，但是不平行。图 11 示出采用这种组合空间积分器和光束变形压缩器的紧凑 LCD 照明投影系统 84。

图 12 示出一个采用两个反射型棱镜 88 和 90 和单个 60° 微型棱镜元件 92 将两束光束空间积分和转变纵横比的偏振转换器 86。准直光进入偏振分束器 94，这里 p 偏振的光被透射而 s 偏振的光被反射并由二分之一波长延迟器 96 转变为 p 偏振光。这两束光以 45° 入射角进入反射型棱镜，经过 C 因子压缩后以 60° 角从棱镜上出射。反射棱镜的入射光束与出射光束之间存在 75° 偏转角 δ 。然后由 60° 微型棱镜元件将经过压缩的光束空间积分为单束准直偏振光束。利用折射率 $n_d = 1.523$ 、顶角 $\alpha = 10.3^\circ$ 、倾斜角 $\phi = 26^\circ$ 的反射型棱镜以及变形压缩比 $C = 2/3$ ，能

够将纵横比 $AR = 1$ 的人射光束转变为纵横比 $AR = 4:3$ 的出射光束。

例子

把单面板 LCD 投影系统构造成一块光学模拟板，对本发明元件进行评价。带有球形背向反射器的 24 伏、250 瓦钨丝卤灯(EHJ 型)借助一对玻璃聚光棱镜产生一束直径约 50 毫米的准直光。光束被遮蔽成 32 毫米 \times 32 毫米的正方形孔径，将一块热反射玻璃放置在这一正方形孔径附近。

宽波段 450-680 nm 的 PBS 立方体(Melles Griet #03 PBB 007)产生一束透射的 p 偏振光和一束反射的 s 偏振光。45°的未镀膜棱镜(Edmund Scientific #32531)通过内全反射使反射光束偏转 90°至透射光束附近。s 偏振光被二分之一延迟板(Polaroid #605208)转变为 p 偏振光。孔径积分器单元利用两个 60°线列微型棱镜元件构成，每个元件为宽 32mm、高 64 mm、厚 2 mm 的丙烯酸，每个微型棱镜宽=0.25mm。微型棱镜元件的间隔为 $L=18.5\text{mm}$ 。通过检查空间积分器单元的输出验证两束光束的空间积分和公共偏振。

光束变形压缩反射型楔形棱镜由长 100mm、宽 38mm、楔角=14.3°丙烯酸塑料($n_d=1.492$)构成。反射型楔形棱镜将从空间积分器出射的光束尺寸从 64mm \times 32mm($AR=2:1$)变为 32mm \times 24mm($AR=4:3$)。

用从楔形棱镜出射的准直和偏振光束照射分析仪位于出射一侧的 VGA 兼容 1.3'' 对角单色 LCD 组件(Seiko Epson #P13VM115/125)。平凸场透镜将来自 LCD 组件的光聚焦到 3'' 焦距、 $f/2.5$ 镀膜去象散投影透镜(JML Optical Industries)上。利用 Spectra-Physics 亮点计，当把被转换的偏振光的输出增加到主光束上时，测得投影屏上图象亮度增大大约 70 %。

尽管已经参考具体实施例对本发明作了描述，但是，不应将这一描述理解为一种限制情形。对于本领域的专业人员来说参考以上对本发明的描述显然能够作出对公开实施例的各种改进以及本发明的另外实施例。因此，可以设想只要不偏离所附权利要求书中限定的本发明的精神和范围是能够作出这样的改进。

说明书附图

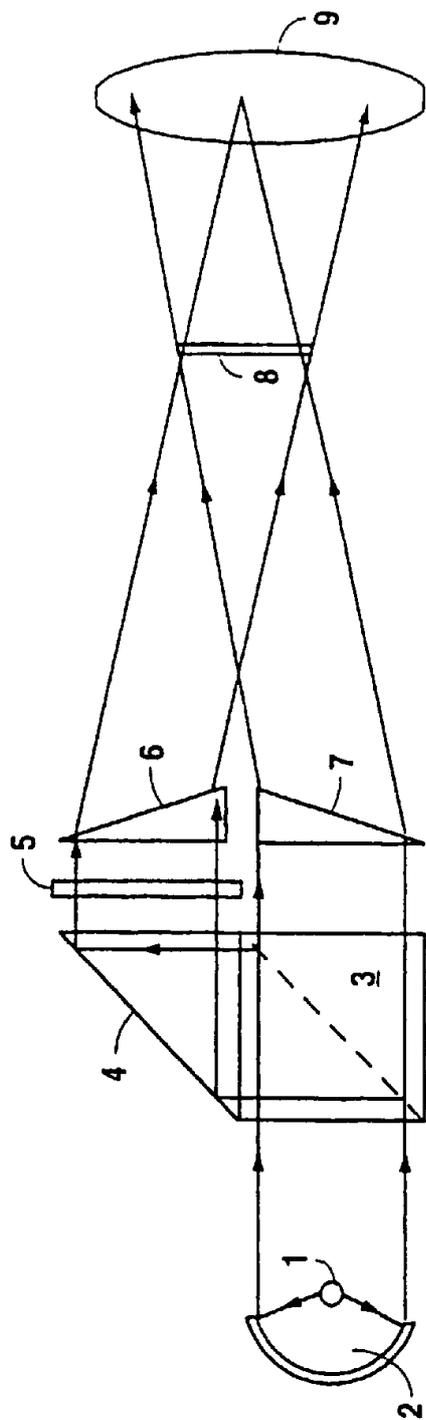


图 1

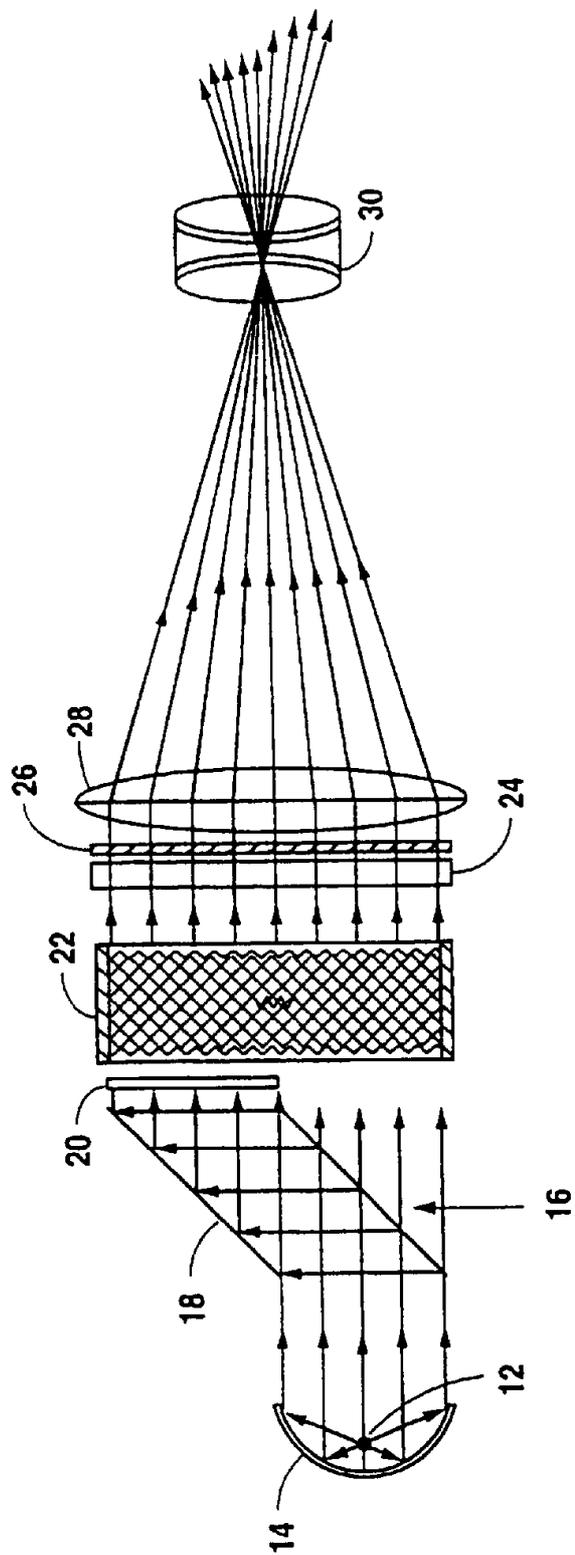


图 2

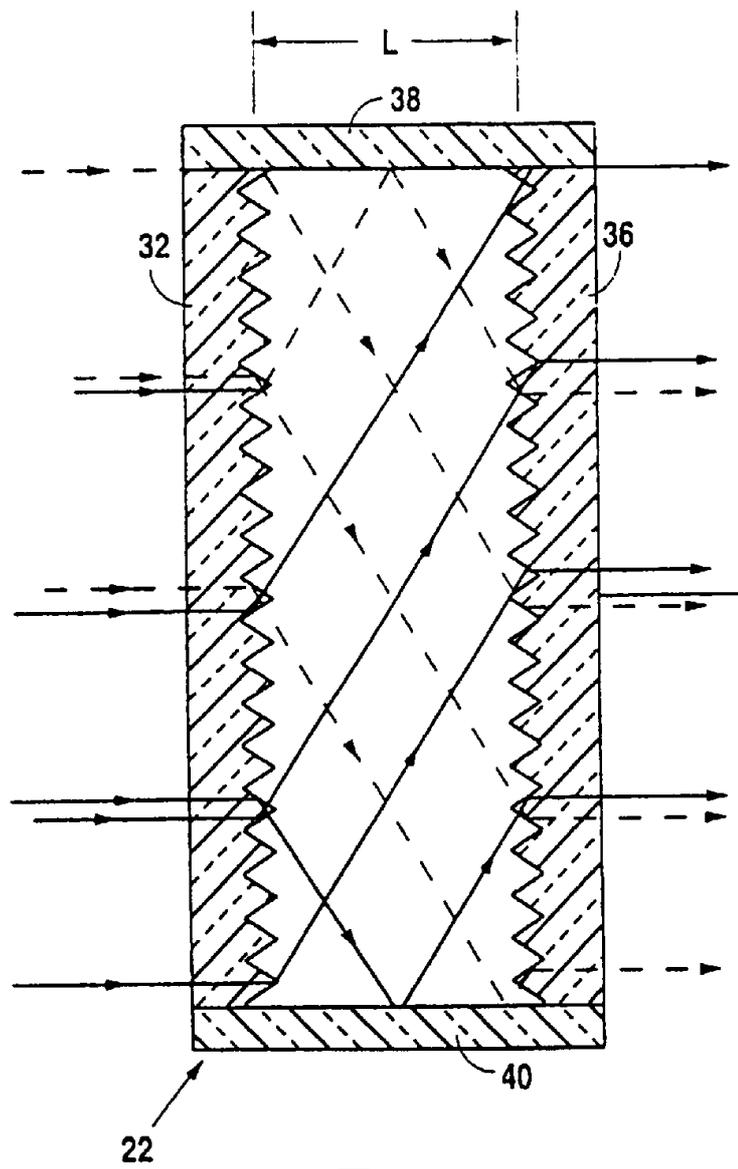


图 3

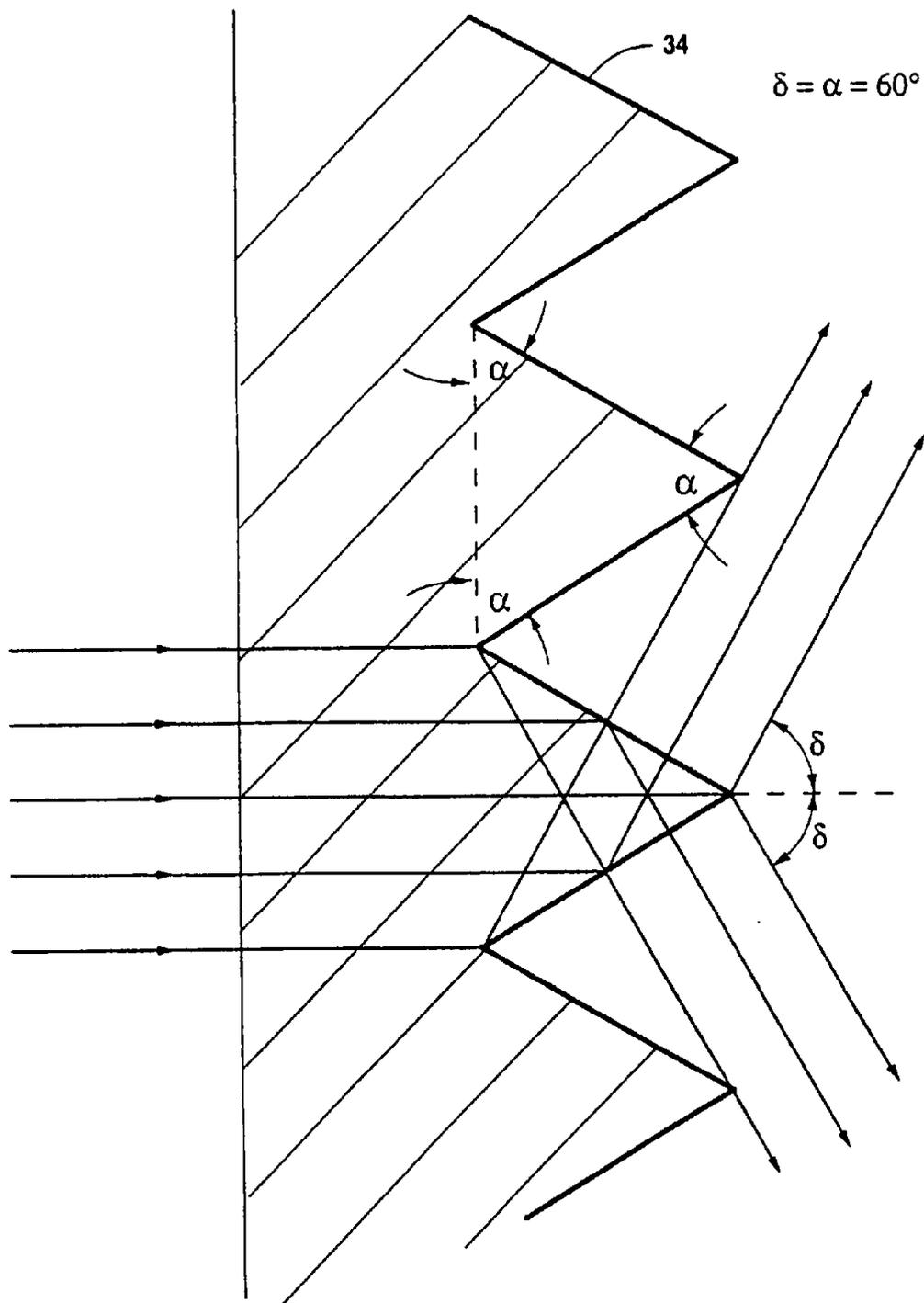


图 3a

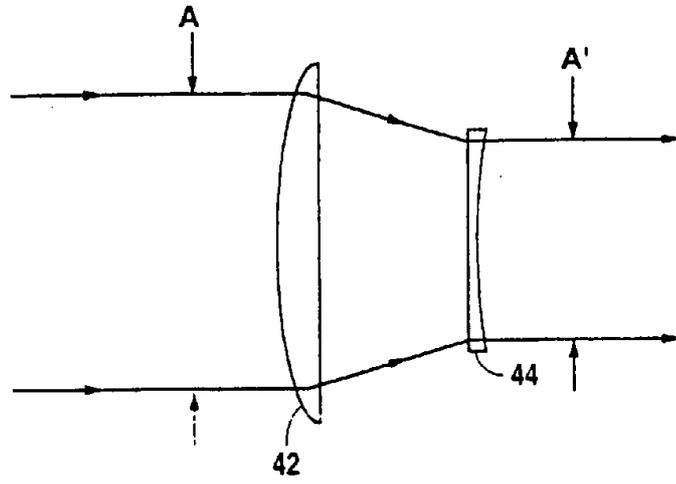


图 4

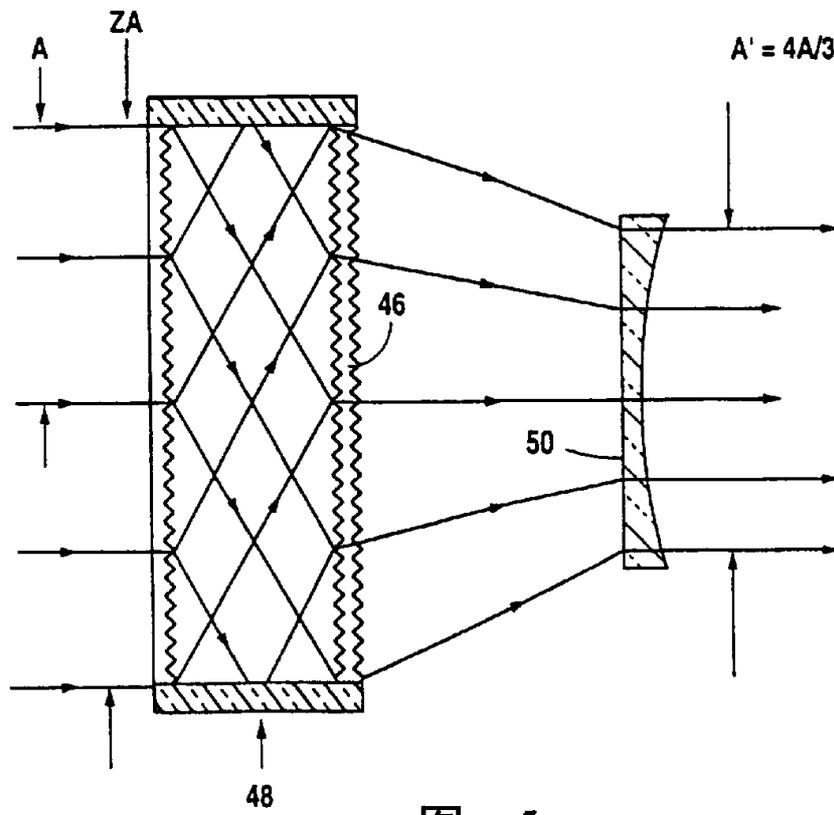
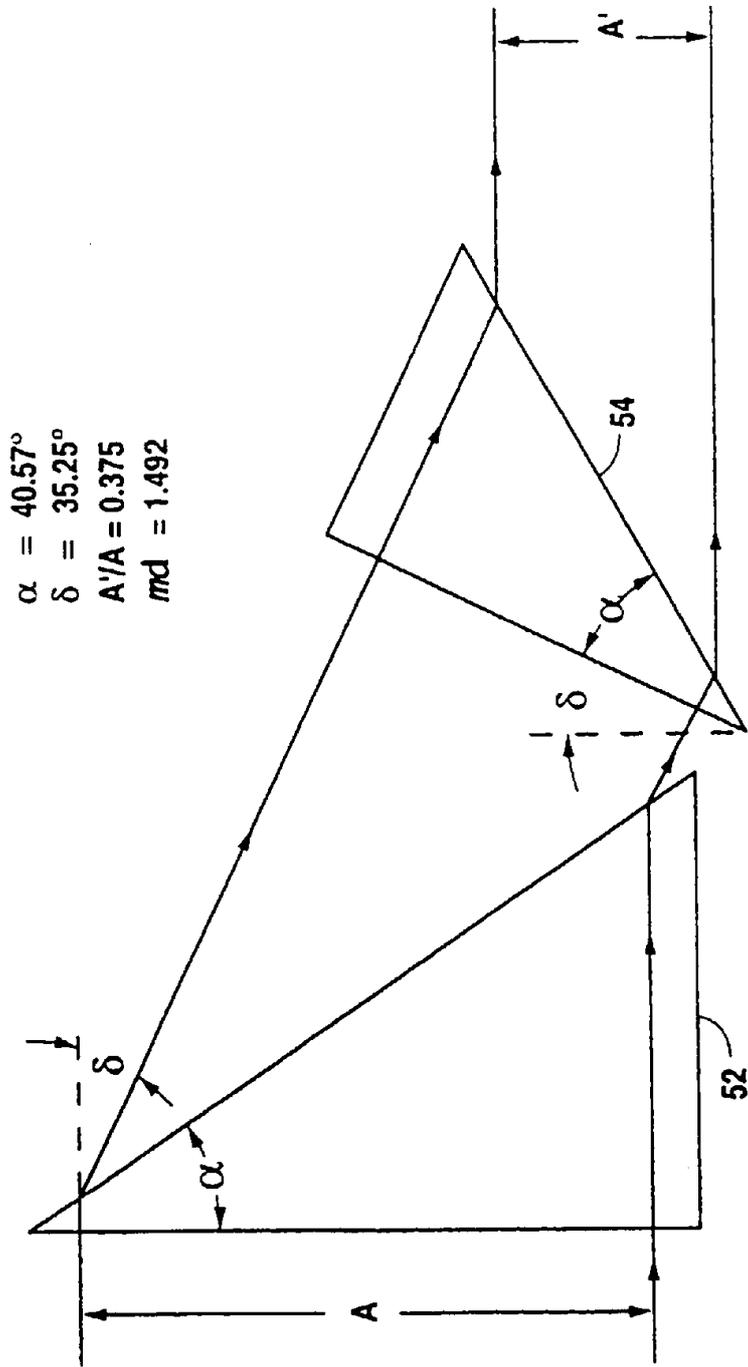


图 5



$\alpha = 40.57^\circ$
 $\delta = 35.25^\circ$
 $A'/A = 0.375$
 $md = 1.492$

图 6

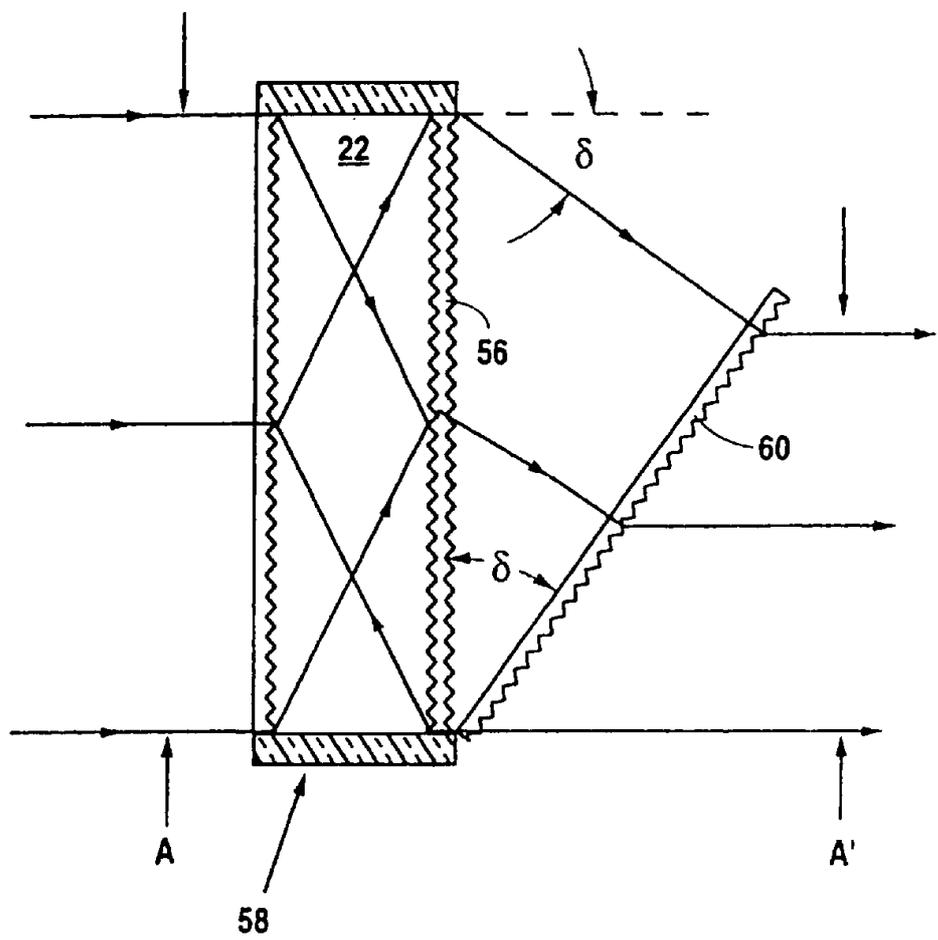


图 7

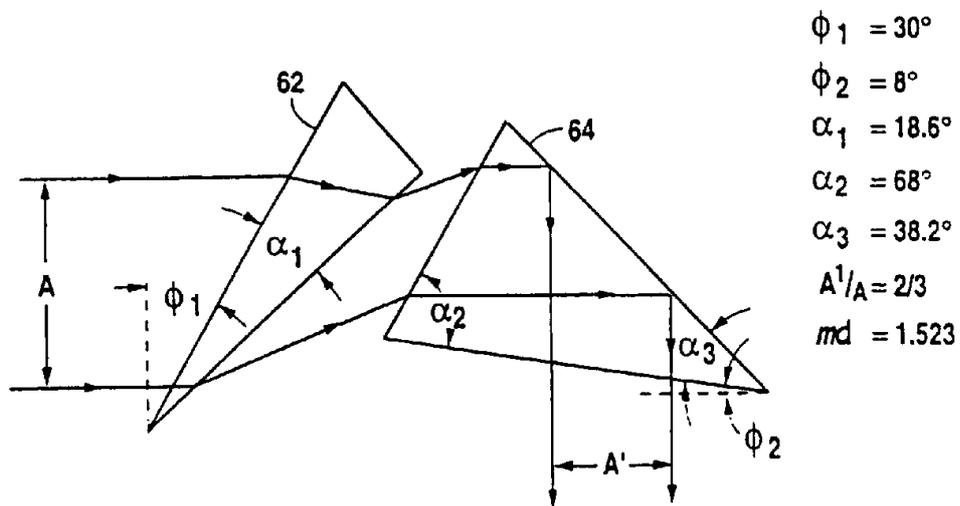


图 8

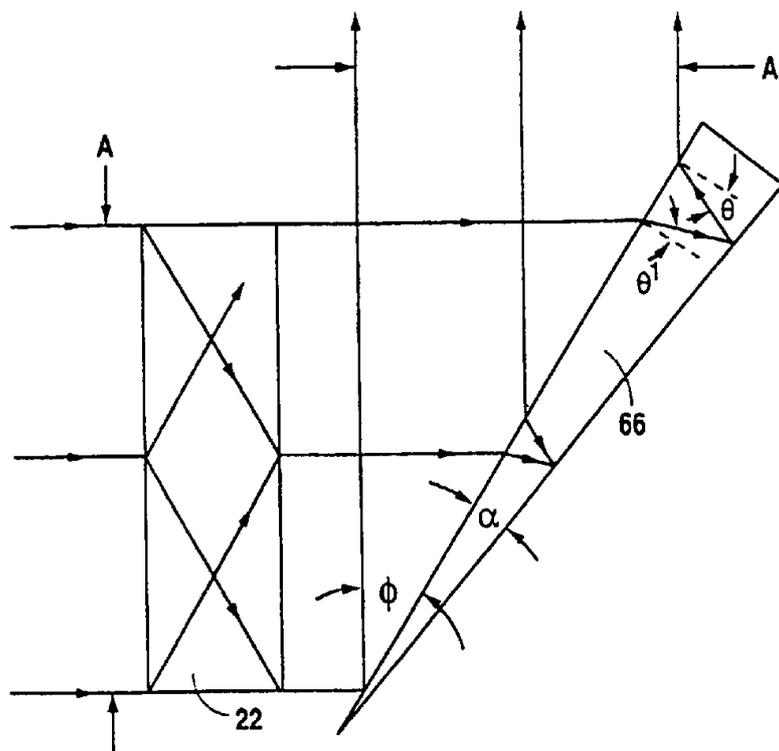


图 9

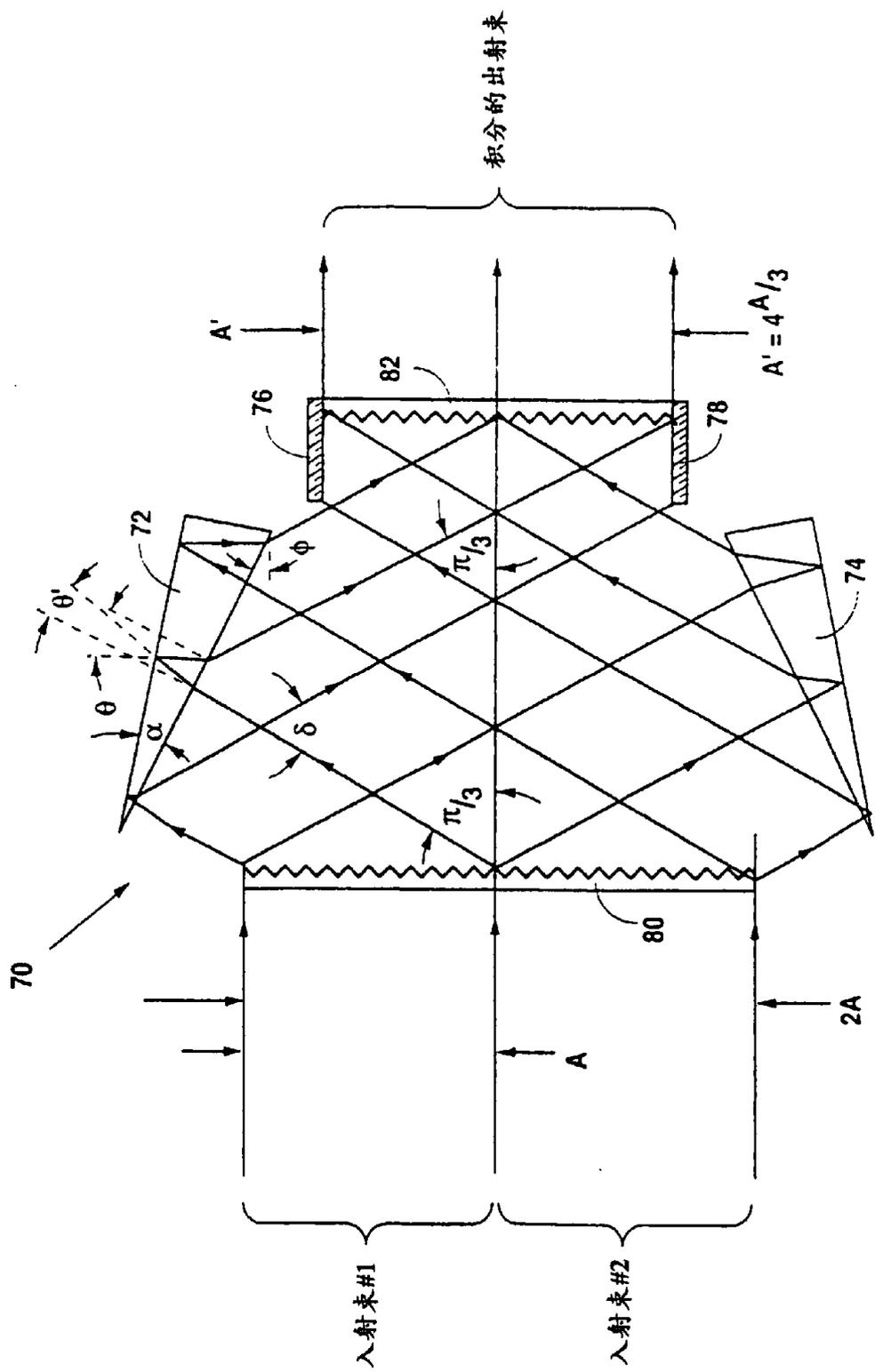


图 10

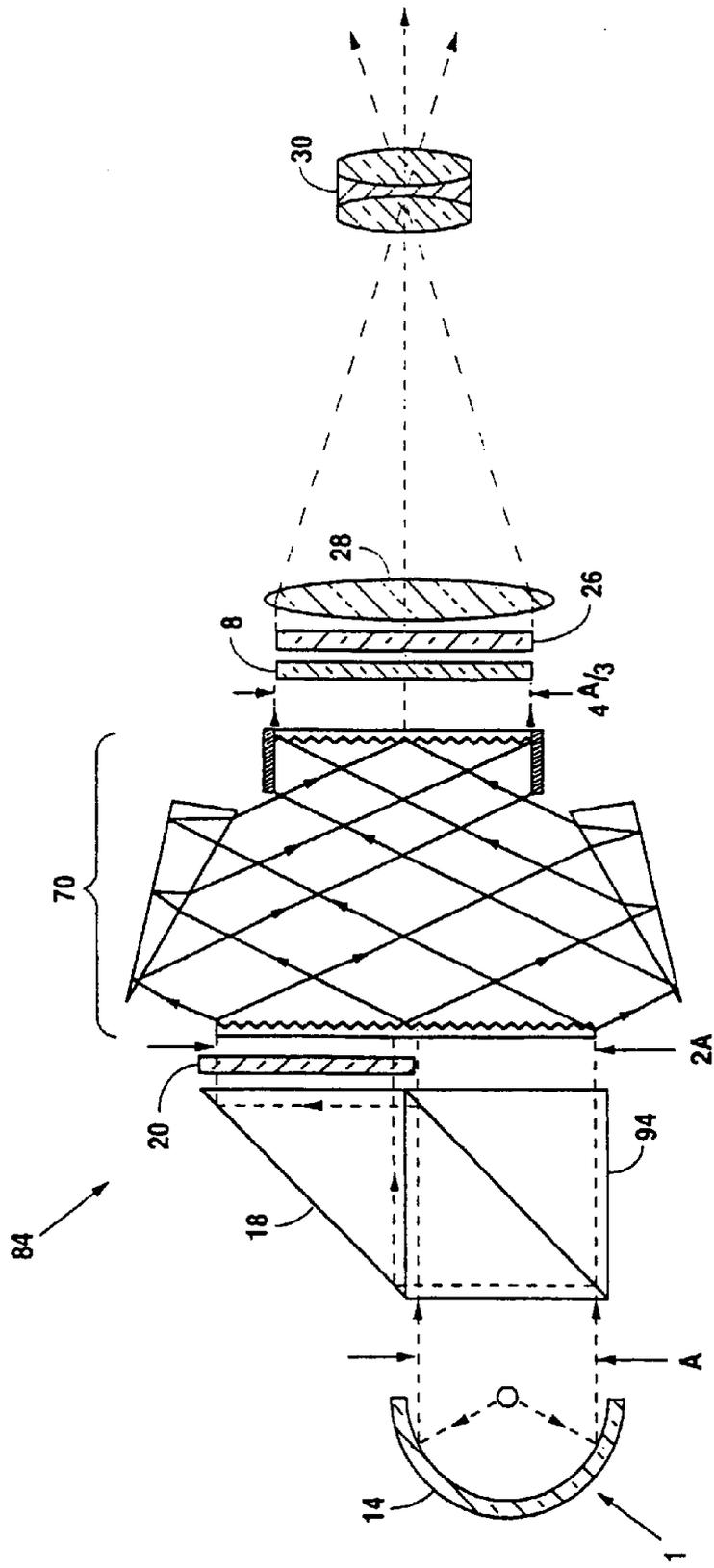


图 11

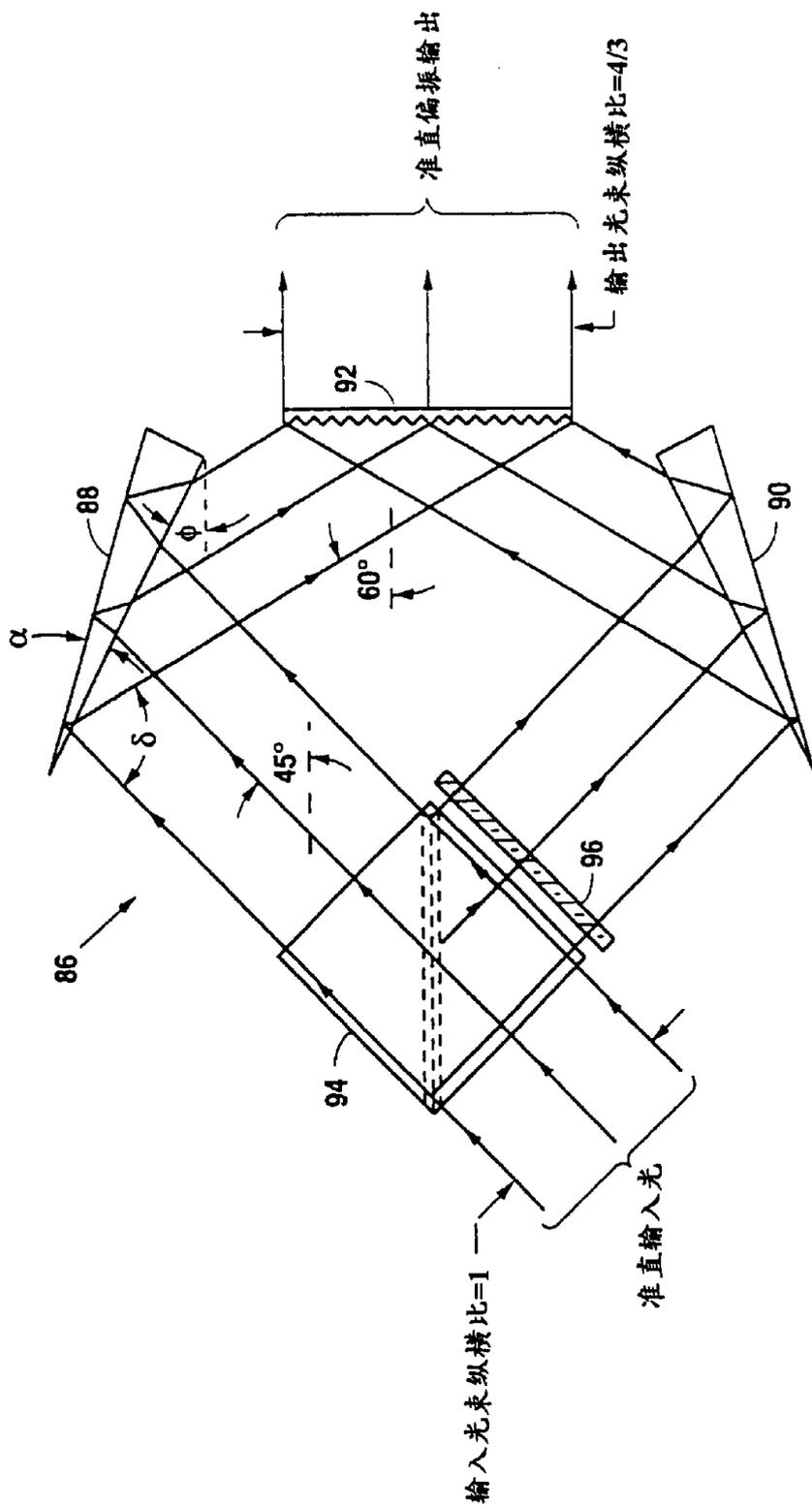


图 12