[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
G03F 7/20
G02B 27/14

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96193465.4

[45] 授权公告日 2003 年 12 月 10 日

[11] 授权公告号 CN 1130602C

[22] 申请日 1996.7.16 [21] 申请号 96193465.4
[30] 优先权
[32] 1996. 2.23 [33] EP [31] 96200468.5
[86] 国际申请 PCT/IB96/00706 1996.7.16
[87] 国际公布 WO97/31298 英 1997.8.28
[85] 进入国家阶段日期 1997.10.23
[71] 专利权人 ASM 石版印刷公司
地址 荷兰维也德霍芬
[72] 发明人 H·范德拉安
J·C·H·马尔肯斯
J·M·D·斯图尔德雷埃
审查员 候海薏

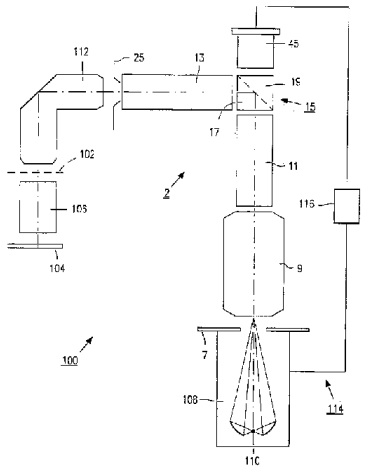
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 邹光新 傅 康

权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 10 页

[54] 发明名称 光学系统的照明单元和用于重复地将掩模图案成像在基片上的装置

[57] 摘要

用于光学系统的照明单元(2)包括一个依次配列有辐射源(3)和第一集光器(11)的照明系统(1)。照明单元(2)还包括一个具有光敏检测器(47)的检测系统(45)。照明系统(1)包括一个第二集光器(13)。具有至少一个棱镜(17)的棱镜系统(15)配置在两个集光器(11，13)之间的光径中。棱镜系统(15)具有一个将光耦合出照明系统(1)的分光面和一个将光耦合出棱镜系统(15)的出光面，而基本上不影响主光径中的亮度。检测系统(45)配置在棱镜系统(15)的出光面邻近，备有集光装置。本发明还与配备这种照明单元(2)的光学设备(100)，特别是光刻投影设备有关。



ISSN1008-4274

1. 一种用于光学系统的照明单元，包括，依以下次序排列的，一个用于提供照明光束的辐射源单元，一个第一集光器的照明系统和一个包括一个测量照射剂量的光敏检测器的检测系统，所述照明单元的特征是：所述照明系统还包括一个第二集光器，而所述两个集光器封住了一个至少有一个棱镜的棱镜系统，所述棱镜系统有一个能将根据到所述检测系统的透射因子的一小部分光耦合出照明系统的分光面和一个将这部分光耦合出棱镜系统的出光面，所述检测系统的入光口径就安置在靠近所述棱镜系统的出光面处，所述透射因子基本不影响辐射源辐射的照明光束的亮度。

2. 一种如在权利要求 1 中所提出的照明单元，其特征是：所述检测系统包括集光装置。

3. 一种如在权利要求 1 或 2 中所提出的照明单元，其特征是：所述棱镜系统包括一个棱镜，这个棱镜的斜边面既是棱镜系统的分光面又是棱镜系统的出光面。

4. 一种如在权利要求 1 或 2 中所提出的照明单元，其特征是：所述棱镜系统包括一个第一棱镜和一个第二棱镜，这两个棱镜的斜边面相互相对，分光面处在这两个棱镜之间，而出光面与第二棱镜的顶面一致。

5. 一种如在权利要求 1 或 2 中所提出的照明单元，其特征是：所述棱镜系统包括一个第一棱镜和一个第二棱镜，这两个棱镜的斜边面相互相对，分光面处在这两个棱镜之间，而出光面与第一和第二棱镜的侧面一致。

6. 一种如在权利要求 1 或 2 中所提出的照明单元，其特征是：所述棱镜系统包括一个第一棱镜和一个第二棱镜，这两个棱镜的斜边面相互相对，有一个第三棱镜配置在第一和第二棱镜与第一集光器之间，所述第三棱镜的斜边面上形成了一层高反射的涂层，分光面处在第一和第二棱镜之间，而出光面与第二棱镜的顶面一致。

7. 一种如在权利要求 1 或 2 中所提出的照明单元，其特征是：所述第一棱镜的斜边面上形成了一层至少有部分透射的反射层。

8. 一种如在权利要求 5 中所提出的照明单元，其特征是：所述第一棱镜的斜边面上形成了一层至少有部分反射的透射层。

9. 一种如在权利要求 7 中所提出的照明单元，其特征是：所述层上有一系列孔。

10. 一种如在权利要求 7 中所提出的照明单元，其特征是：所述层中有铝。

11. 一种如在权利要求 7 中所提出的照明单元，其特征是：所述层中有介质材料。

12. 一种如在权利要求 11 中所提出的照明单元，其特征是：所述两个棱镜中有一个棱镜的斜边面上有一系列凸起，这些凸起与另一个棱镜的斜边面光接触。

13. 一种如在权利要求 12 中所提出的照明单元，其特征是：所述凸起之间涂有光密度大于凸起的光密度的材料。

14. 一种如在权利要求 3 中所提出的照明单元，其特征是：所述第一棱镜的斜边面具有呈一系列棱镜、槽或散射体形状的表面结构。

15. 一种如在权利要求 4 中所提出的照明单元，其特征是：所述第一和第二棱镜的斜边面胶合在一起，胶的折射率与这两个棱镜的折射率基本相等。

16. 一种如在权利要求 4 中所提出的照明单元，其特征是：所述第一和第二棱镜之间有一个空气隙，而在两个斜边面之间至少有一个隔离件。

17. 一种如在权利要求 4 中所提出的照明单元，其特征是：所述第二棱镜的至少一个侧面上形成一层防反射涂层。

18. 一种如在权利要求 3 中所提出的照明单元，其特征是：所述第二棱镜的侧面上配置了一个束流收集器。

19. 一种如权利要求 1 或 2 中所提出的照明单元，其特征是：所述棱镜系统的出光面和所述检测系统之间配置了一个散射片。

20. 一种如在权利要求 19 中所提出的照明单元，其特征是所述散射片是用乳光玻璃形成的。

21. 一种如在权利要求 19 中所提出的照明单元，其特征是：所述隔离件是一个挠性膜片，而所述散射片加工成阶梯形，它的直径较大的部分朝向检测系统。

22. 一种如在权利要求 19 中所提出的照明单元，其特征是：所述散射片和棱镜系统之间配置了一个膜片。

23. 一种如权利要求 1 或 2 中所提出的照明单元，其特征是：所述检测系统包括一根起着集光器作用的传感管。

24. 一种反复将掩模图案在基片上成像的设备，其特征是：所述设备包括一个如在前面各权利要求中的任何一个权利要求中所提出的照明单元。

25. 一种如在权利要求 24 中所提出的设备，其特征是：所述设备配置了一个反馈单元，用来根据能量传感器的测量结果对辐射源进行控制。

光学系统的照明单元和用于重复地将掩模图案成像在基片上的装置

本发明与用于光学设备、包括一个依次配列有辐射源单元和第一集光器的照明系统和一个具有一个测量照射剂量的光敏检测器的检测系统的照明单元有关。

本发明还与配备这种照明单元的使掩模图案在基片上步进和/或扫描成像的光学设备有关。

上述照明单元可参见美国专利US－A 5，343，270。这种照明单元可用于例如晶片步进机（wafer stepper）。晶片步进机是一种重复使掩模图案在一个诸如用来制造集成电路（IC）的硅基片之类的基片上形成的光敏层中光学成像的光学设备。投影透镜系统使图案在基片的第一子区或场成像。晶片步进机可以分为步进机和扫描机。在步进机中，掩模图案在一个场上一次成像。然后，使基片移动一段精确规定的距离后，再使图案在下一个基片场上成像，再使基片移动。这样的操作重复进行，直至使基片上各个所要求的场内部留下了掩模图案的像。在光刻照相技术中，一个目的是使更小的细节可以清晰地成像，这样就能在一个IC上容纳更多的器件。为此，必需使用具有较大的数值孔径（NA）的投影透镜，然而这种透镜具有较小的焦深。另一个目的是要求照射较大的场，这样也能增大每个IC中的器件数。为此，投影透镜必需有较大的像场。较大的NA和较大的像场这两个要求是相互矛盾的，实际上即使克服了许多困难和花费了很高的成本也只能在一定程度上得到满足，而再要进一步改善甚至是完全不可能的。因此就提出了使掩模以一扫描模式成像。在这种模式，每次使部分掩模图案在一个基片场的相应部分成像。因此，只照射部分掩模图案，而掩模和基片相对投射透镜和照射波束同步移动，直至整个掩模图案在这个基片场上全都成了像。在全场都已照射成像后，例如基片就移动一段精确规定的距离，与在步进机中类似，到达下一个场。

为了在基片上形成清晰的图案，必需以精确确定的能量（以下称为剂量）对基片进行照射。此外，应尽量快速地照射一个基片场，这样，单位时间内就能照射更多的基片。因此，十分重要的是需要精确和可靠

地测量实际剂量，这样才能使实际剂量尽可能精确地等于所要求的剂量。

为了测量剂量，在照射波束的辐射路径中配置了一个光敏检测器，安排在美国专利 5,343,270 所揭示的照明系统中部分透射的折叠式反射镜后面。美国专利 5,343,270 中所揭示的检测单元并没有考虑到这样一个事实，在现行的步进和/或扫描光刻设备中希望具有能根据工作模式改变照射波束内的能量分布的设施。

由于检测器用来进行测量的有效表面区域通常是比较小的，因此光在这个表面区域的分布应该非常均匀，最大量的辐射应该到达检测器。

本发明的一个目的是提供一种能非常精确和长期稳定地测量照射剂量的照明单元，即使采用不同的照射模式，检测系统的检测器处的照射光束仍是比较均匀。

因此，本发明所提出的照明单元的特征是：照明系统包括一个第二集光器，而这两个集光器封住了一个至少有一个棱镜的棱镜系统，这个棱镜系统有一个能将一小部分光耦合出照明系统的分光面和一个将这部分光耦合出棱镜系统的出光面，检测系统的入光口径就安置在靠近棱镜系统的这个出光面处。

首先，第二集光器改善了从分光面射出的光束的均匀性，因此可以增强由第一集光器实现的均匀性。

集光器例如可以是用例如石英制成的光透明棒。

集光器封住棱镜系统这样的结构比较简单，而且可以使能量传感器配置在能以可靠和可复现的方式测量照射剂量的位置上。

本发明所提出的照明单元的一个优选实施例的特征是检测系统具有集光装置。

这样就保证了在检测系统内进一步进行集光，使得在光敏检测器的区域的集光程度大大高于例如在所述美国专利的照明单元中的集光程度。

如果照明单元配有一个内 REMA（光环遮蔽系统 reticle masking system），那么这种照明单元的优点是：从光源来看，检测系统处在内 REMA 前。因此，可以使用动态范围较小的检测器。

本发明所提出的照明单元的第一实施例的特征是棱镜系统包括一个棱镜，这个棱镜的斜边面是棱镜系统的分光面，也是棱镜系统的出光

面。

在照明单元的非常简单的实施例中，棱镜系统只有一个棱镜。分光面和出光面相合，都由这个棱镜的斜边面担当。射向检测系统的透射量由斜边面的结构确定。射向检测系统的透射因子最好小到基本上不影响辐射源辐射的照明光束的亮度。

现有照明单元还有一个缺点，由于处在剂量检测单元后的辐射路径中的各种器件的反射而引起的反向反射光束可以到达检测单元的光敏检测器。因此，剂量测量可能也是不可靠的。这种反向反射可以来自掩模、基片和配置在棱镜系统和基片之间的各光学器件，如果配置有使掩模上的被照射场边界分明的内 **REMA**，那么也来自内 **REMA**。

本发明所提出的照明单元的第二实施例的特征是：棱镜系统包括一个第一棱镜和一个第二棱镜，它们的斜边面相互相对，分光面处在这两个棱镜之间，而出光面与第二棱镜的顶面一致。

离开第一集光器进入第一棱镜的光束绝大部分在第一棱镜的斜边面上折向第二集光器，而一小部分将透射到第二棱镜中。这部分光径可能在侧面上受到的全内反射后将经顶面离开第二棱镜。经反向反射后到达第二棱镜的光将经侧面离开第一棱镜。这样，第二棱镜就能保证使来自辐射源的光与由于反向反射而来的光相互分开。反向反射所产生的光因此就不会影响或很难影响检测器的测量。

本发明所提出的照明单元的另一个其中棱镜系统包括两个棱镜的实施例的特征是：棱镜系统包括一个第一棱镜和一个第二棱镜，它们的斜边面相互相对，分光面处在这两个棱镜之间，而出光面与第一和第二棱镜的侧面一致。

在这种情况下，两个集光器直线对准，分出的测量光束基本上与主光径垂直。

在本发明的照明单元中，因此可以将部分光耦合出照明系统，根据这部分光可以可靠地测量投射到基片上的照射剂量。

由于加了第二棱镜，耦合出来用于照射剂量测量的辐射光束就能更好地与在光径中各器件上反向反射的不希望有的辐射分开，从而减少了不希望有的辐射到达检测器的风险。

本发明所提出的照明单元的第四实施例的特征是：棱镜系统包括一个第一棱镜和一个第二棱镜，它们的斜边面相互相对，有一个第三棱镜

配置在第一和第二棱镜与第一集光器之间，这个第三棱镜的斜边面上形成了一层高反射层，分光面处在第一和第二棱镜之间，而出光面与第二棱镜的顶面一致。

来自第一集光器的光被第三棱镜致偏。结果，在分光面上反射的一小部分光射向检测系统，而极大部分光束透射到第二集光器。

这个实施例的优点是致偏功能和分光功能分别由两个斜边面担当。这样就能分别使这两个斜边面上的层的功能最佳。

此外，在这个实施例中，在第一棱镜和第二集光器之间不必留有空气隙以保持光束内的角度分布。这就提供了将第一棱镜与第二集光器（例如为一根光透明棒时）集成为一体的可能性。可以将棒的在棱镜系统这一侧的入光面加工成倾斜例如45°的斜面。然后，将第二棱镜的斜边面安置在这倾斜面上。

本发明所提出的照明单元的又一实施例的特征是第一棱镜的斜边面上形成了一层至少有部分透射的反射层。

这个反射层应能反射较大角范围内的光。这样，投射到反射层上的光极大部分都将射向第二集光器而不会到达第二棱镜。

这里结合一个数值例子来说明“较大角范围”的意义。如果在空气中光束的角分布在－40°和＋40°之间，则在石英棒的集光器中是在－25°和＋25°之间。相对于棱镜的斜边面的法线，角范围就是在20°和70°之间。

所要求的透射因子例如可以通过调整层的厚度来达到。

本发明所提出的照明单元的再一实施例的特征是第一棱镜的斜边面上形成了一层至少有部分反射的透射层。

同样，层的透射和反射系数由层的厚度确定。

测量光束是在分光面上透射的还是反射的取决于棱镜系统和集光器的配置情况。

本发明所提出的照明单元的又一实施例的特征是层上有一系列孔。

这是代替调整层的厚度来实现具有所要求的透射因子的反射层的另一种可能实施方式。对于入射到第一棱镜的斜边面上反射层中断处的光来说，入射角确定了反射情况。如果入射角小于全内反射的临界角，将发生透射，而如果入射角大于临界角，光就不会被耦合出去，而是射

向第二集光器。

层上开孔还有一个优点，在可能发生透射的开孔处，由于斜边面在这些位置是没有经涂覆之类处理的，因此基本上不受环境因素的影响。于是，能够以最佳方式使易受环境因素影响的反射层成为光学致密的。

本发明所提出的照明单元的又一实施例的特点是层中有铝。

铝是一种非常适合于这种用途的材料，因为反射性能与入射角无关的角范围比较大。

本发明所提出的照明单元的又一实施例的特点是层中有介质材料。

用介质材料层可以获得比较高的反射。为了实现在比较大的角范围内都有较高的反射，需要将一些由具有不同折射率的不同介质材料形成的子层叠在一起形成介质层。子层数由所要求的透射因子、反射性能和角范围确定。

可以单用介质材料，也可以与铝配合。配合的优点是所形成的层既有铝的角范围较大的优点又有介质材料的反射较强的优点。

介质层可以有孔也可以没有孔，都能达到所要求的透射因子。

本发明所提出的照明单元的又一实施例的特征是两个棱镜中有一个棱镜的斜边面上形成一系列凸起，这些凸起与另一个棱镜的斜边面光接触。

如果第一棱镜的斜边面未处理，而第二棱镜的斜边面上形成一系列折射率与两个棱镜折射率相同的材料的凸起，那么投射到凸起处的光将被透射，而投射到凸起之间的光是否反射由入射角确定。

如果第一棱镜的斜边面上有一层介质层，而第二棱镜的斜边面上有一系列折射率与两个棱镜折射率相同的材料的凸起，那么投射到介质层上在凸起处的光一部分（特别是小入射角的）将被反射，而另一部分（特别是大入射角的）将被透射，因为在凸起处消除了全内反射。在无凸起处，由介质层实现反射。

如果介质层上有孔，那么投射到介质层孔处的光一部分将受到全内反射，而另一部分（特别是小入射角的）将经斜边面透射到第二棱镜，这都取决于入射角的大小。因此，入射光束经分光面耦合出的那部分光量取决于入射光束内的角度分布。

通过利用第一棱镜斜边面上介质层中的孔和第二棱镜斜边面上的

凸起，可以得到角度匀称的透射。这样，小入射角的光线将通过孔透射，而大入射角的光线将通过凸起透射。通过孔和凸起的透射是互补的。凸起例如可以用蚀刻掉中间的材料来形成。在这种情况下，检测系统可进行的测量将与光束内的角度分布无关。

本发明所提出的照明单元的又一实施例的特征是在凸起之间涂有光密度大于凸起的光密度的材料。

这将用来阻挡介质层以不希望的方式透射的光。

本发明所提出的照明单元的又一实施例的特征是第一棱镜的斜边面具有呈一系列棱镜、槽或散射体形状的表面结构。

严格规定的分光面透射因子可以通过使斜边面具有一种微结构，如呈一系列微棱镜、槽或微散射体，来达到。由于这些结构本身可具有的特征，透射因子原则上与光束内的角分布无关。

本发明所提出的照明单元的又一实施例的特征是第一和第二棱镜的斜边面是胶粘在一起的，胶的折射率和棱镜的折射率基本相等。

通过将两个棱镜胶在一起，消除了全内反射。这样，反射仅取决于反射层的反射效应。于是投射到孔上的光无论是什么入射角都得到透射。离开棱镜系统的光将保持原来的角分布。

本发明所提出的照明单元的又一实施例的特征是在第一和第二棱镜之间有一个空气隙，而在两个斜边面之间至少有一个隔离件。

由于在两个棱镜之间存在空气隙，因此分光面的反射能力由两个棱镜的斜边面情况确定。在这种情况下，开孔处仍有全内反射。隔离件用来保证两个棱镜之间的空隙保持恒定，还可以用来保证检测器的屏蔽，阻止不希望有的光到达检测器。

本发明所提出的照明单元的又一实施例的特征是至少第二棱镜的侧面有一层防反射层。

为了使来自光源的光与由于反向反射而引起的光的分离最佳，第二棱镜的侧面最好加有一层防反射涂层，以防止反向反射的光投射到这个侧面上再反射到检测器。除了这个侧面，在与这个侧面垂直的表面上也可加上一层防反射层。

本发明所提出的照明单元的又一个实施例的特征是在第二棱镜的侧面上配置一个束流收集器（beam dump）。

束流收集器吸收离开这个侧面的光和检测器所不希望有的光，从

而防止了以后不希望有的反射或散射。

本发明所提出的照明单元的又一实施例的特征是在棱镜系统的出光面和检测系统之间有一个散射片。

受激励的散射片的每一点相当于一个点光源，因此散射片的辐射与入射角无关。这样，从出光面输出的光就先受到散射片的均匀化后再投射到检测器上。

散射片可以附着在棱镜表面上，但也可以与棱镜表面分离。在后一种情况下，如果散射片性能下降，交换起来就比较方便。

散射片例如可以用毛玻璃来制成。这种毛玻璃包括至少两个具有不同折射率的玻璃相。

本发明所提出的照明单元的又一实施例的特征是散射片是用乳光玻璃制成的。

乳光玻璃是在光透明的基底上形成一层比较薄的毛玻璃而形成的。这有一个优点，与使用毛玻璃相比，乳光玻璃上的毛玻璃层可以足够薄，因而可以有更大的透射。如果使用毛玻璃，那么为了使毛玻璃不至于容易破碎，毛玻璃必需有一定厚度。

本发明所提出的照明单元的又一实施例的特征是隔离件是一个挠性膜片，而散射片做成阶梯形状，而它的直径最大的部分正对着检测系统。

如果隔离件是一个屏蔽膜片，而散射片加二成阶梯形，它的截面最小的部分正对着上棱镜，那么膜片和阶梯联合构成了曲折密封，阻止不希望有的光到达检测器。挠性膜片最好超出上棱镜侧面，以使屏蔽不希望有的光效果更好。

本发明所提出的照明单元的又一实施例的特征是在散射片和棱镜系统之间配置了一个膜片。

这一层用来使检测系统的入光窗口与不希望有的光屏蔽。这个膜片例如可以由一层铬层构成，中间有一个小于棱镜系统出光面的孔。

本发明所提出的照明单元的又一实施例的特征是能量传感器包括一个起着集光器作用的传感管。

传感管用来增强投射到检测器上的光束的均匀性和亮度。传感管例如可以是一个内壁涂有高反射涂层的管，或者，也可以是一个积算球（ **Ulbricht sphere** ）。

由于内反射，可能来自不同位置以不同角度进入检测系统的测量辐射混合在一起，完全投射到检测器上。

在一些情况下，可以利用在传感管内壁上的全内反射进行反射。

本发明还涉及一种使掩模图案重复在基片上成像的设备，这种成像设备包括一个如前面所述的照明单元。

本发明所提出的成像设备的特征是：这种设备配备了一个反馈单元，这个反馈单元根据能量传感器的测量对辐射源进行控制。

对于步进机和扫描机来说，为何必需知道照射能量的原因是不同的。在步进机中，所测出的照射能量用来确定快门打开的时间，也就是确定需要照射多长时间。在扫描机中，重要的是在同一个场内照射剂量必需均匀，因为在这种情况下整个场并不是同时得到照射的。照射能量的测量结果因此可以用来控制辐射源单元，使得在同一个场内所得到的照射剂量是均匀的。

本发明的这些情况和其他一些情况可以从以下结合本发明的一些实施例的说明中清楚地看到。

在本说明书的附图中：

图 1 示出了本发明所提出的重复使掩模图案在基片上成像的设备的一个实施例的示意图；

图 2、3 和 4 分别示出了本发明所提出的照明单元的一些实施例；

图 5（a）至 5（i）分别示出了用于本发明所提出的照明单元的棱镜系统的一些实施例；

图 6 示出了用于本发明所提出的照明单元的一个具有两个棱镜的棱镜系统的实施例，这个棱镜系统配置了一个隔离件和一个束流收集器；

图 7 示出了本发明所提出的照明单元的一个实施例；

图 8 示出了用于本发明所提出的照明单元的一个具有一个散射片的棱镜系统的实施例；以及

图 9 示出了本发明所提出的照明单元的一个实施例。

图 1 示出了反复使掩模图案 102 在基片 104 上成像的设备 100，例如光刻设备。基片例如可以是涂有感光层的硅片。设备 100 有一个用来提供照明光束的照明系统 1。照明系统 1 包括带辐射源 110 的辐射源单元 108。辐射源 108 例如是一个配有椭圆镜的水银灯，如图 1 中所示。

辐射源也可以例如是一个准分子激光器。辐射源单元108所提供的光束经快门7的光圈射向透镜系统9。配置在透镜系统9后的是主要起着集光器作用的辐射引导系统。例如，在这个系统的端部可以加一个内REMA25，以保证掩模的受照明区边缘显明。透镜系统112使内REMA25在掩模102上成像，再由投影镜系统106将像投射到基片104上。掩模102和基片104都安置在操作台（未示出）上。在这种光学设备中，重要的是能够测量和控制照射到基片光敏层上的照射剂量。因此，设备100除了照明系统1以外还包括一个检测系统45，一起构成照明单元2。原则上，这样的系统可以配置在设备中一些不同的位置上。为了能实现最为可靠的测量。本发明提出一种具有辐射引导系统的照明单元，既可以耦合出光来测量基片104将受到的照射剂量，又基本上不影响主光径中的光强。

下面将详细说明本发明所提出的照明单元。图2示出了作为本发明第一实施例的照明单元2。照明单元2包括照明系统1和检测系统45。照明系统1包括快门7前的辐射源单元3、透镜系统9和由器件11、13、15构成的辐射引导系统。在辐射引导系统后配置了一个内REMA。辐射引导系统由第一集光器（如为一根光透明棒）11、棱镜系统15和第二集光器（如为另一根光透明棒）13。这两根棒例如可以用玻璃或石英制成。集光器也可以用一根具有反射性内壁的管或用一些复眼棒透镜（facet eye bar lens）构成，如前面所提到的美国专利中所揭示的那样。显然，这样的棒起着集光器的作用，因此保证了光分布均匀。棒11和13例如相垂直，也可以成不同的角度，或成直线对准（见图9）。

棱镜系统15的作用是将来自第一集光器来的主光束导向第二集光器，并从主光径耦合出一小部分光束，由此确定照射剂量，但基本上又不影响主光径中的光强。因此，这个棱镜系统至少要有一个棱镜。此外，棱镜系统有一个将一小部分光束耦合出照明系统的分光面和一个将这部分光束耦合出棱镜系统以便加以测量的出光面。棱镜系统的实施方式确定了棱镜系统的哪些面可以起这些作用。在图2中棱镜系统15只有一个棱镜17。棱镜17的斜边面21可以设计成它的透射因子最多为百分之几，这将使得只有一小部分光束耦合出照明系统。投射到斜边面21上的光束大部分将射向第二集光器13，而只有一小部分将透过斜边面

21 射向检测系统。有几种不同的方式可使斜边面 21 整体透射因子最多为百分之几。这些方式将在稍后进入详细说明。

图 3 示出了本发明所提出的照明单元的一个优选实施例。可推荐的这个棱镜系统 15 包括一个具有斜边面 21 的第一棱镜 17 和一个具有斜边面 23，称为上棱镜的第二棱镜 19。棱镜 17 和 19 的斜边面 21 和 23 相合在一起，可以看成是一个分光表面。从辐射源 3 投射到这个分光面上的光束一小部分将射向上棱镜 19，而大部分将到达第二集光器 13。这里，第一棱镜 17 还起着偏光镜的作用。分光面透射的部分在侧面 29 上可能有些内部反射后经顶面 27 离开棱镜 19。在这种情况下，棱镜系统 15 的出光面由上棱镜 19 的顶面 27 构成。由于反向反射而到达第二棱镜 19 的光将经侧面 29 离开棱镜 19。这样，第二棱镜 19 就保证了能将来自辐射源 3 的光与由于反向反射而引起的光相互分开。

反向反射是指从基片、掩模、内 REMA，以及在棱镜系统和基片之间其他光学器件（如有的话）的平均反射。

此外，第二棱镜 19 使光集中在顶面 27 上，而离开顶面 27 的光具有原来的角分布。

图 4 示出了本发明所提出的照明单元的另一个实施例。在这个实施例中，棱镜系统 15 有三个棱镜 17、18、19。第一棱镜 17 的斜边面 21 和第二棱镜 19 的斜边面 23 合在一起构成了照明系统 1 的分光面。现在由第三棱镜 18 来保证使从第一集光器 11 来的光束折向第二集光器 13。因此，第三棱镜 18 的斜边面 16 上涂有高反射层。分光表面 21、23 现在应该具有高透光性，使光束大部分透过，射向集光器 13，而只有一小部分被反射，折向检测系统 45。出光面由第二棱镜 19 的顶面 27 构成。这个实施例的优点是致偏功能的分光功能是相互分开的，因此就能使完成各自功能所需要的层最佳化。此外，在第一棱镜 17 和集光棒 13 之间不需要有空气隙。这就可能将第一棱镜 17 与集光器 13 集成在一起。在这种情况下，只要将集光棒 13 端面加工成具有例如 45°的斜面，再对接上第二棱镜 19 的斜边面 23 即可。

在如上所述的照明单元中，可以从照明系统中耦合出一些光，据此即能可靠地确定投射到基片上的照射剂量，但基本上又不影响主光径中的亮度。

在这些实施例中，分光表面可以用几种方式实现。下面将结合图 5

（a）至5（i）说明几种不同的可能实现方式。

一种可能方式是在第一棱镜17的斜边面21上形成一层具有所要求的透射因子的反射层31，对于具有单个棱镜和具有第一棱镜和第二棱镜的棱镜系统的情况分别如图5（a）和5（b）所示。反射层31最好是高反射性的，在与斜边面21的法线成20°至70°的入射角范围内与角度无关。由于与角度无关，因此系统可以保持为远心的。

可以例如采用由铝形成的反射层来获得足够的反射。用铝的优点是与角度无关的范围比较大。可以通过例如使反射层具有适当的厚度来得到所要求的透射因子。要获得所要求的透射因子的另一个方法在反射层上开一些孔。例如，为了使透射因子在0.5％至1.5％之间，可以将各孔开成150μm，而孔间距最好是在0.6至0.9mm之间。透射因子的值还取决于斜边面是形成一个带空气的界面还是被胶合的。如果反射层是开孔的，那么层的厚度就关系不大。这是一个优点，因为可以使反射层在光学上尽可能致密，而主要通过所开的这些孔进行透射。在这种情况下，环境因素的影响就很小了。事实上，与有反射层处相反，透光处（亦即有孔处）是未加处理的，因此不易受温度起伏之类的环境影响。反射层31上开孔33的实施例如图5（c）和5(d)所示。这些可能方式既可用于具有一个棱镜的棱镜系统，也可用于具有两个或三个棱镜的棱镜系统。在具有三个棱镜的实施例中，是通过在分光面上的反射而不是象上述其他实施例的情况那样通过透射耦合出部分光束送至检测系统的。

另一个形成反射层的可能方式是使层31含有介质材料。介质层具有较高的反射。此外，为了用介质层能实现较大的角度无关范围，需要将介质层做成由多个具有不同折射率的不同介质材料的子层构成。

这种介质层上也可以开孔，以得到所要求的透射因子。

也可以用铝和介质材料一起形成反射层31．这样，反射层既具有铝的角度无关范围较大的优点，又具有介质材料的反射性较高的优点。

如果第一棱镜17的斜边面21上形成带孔33的反射层31，那么在光束投射到反射层31上时，其中入射角在反射层的反射与角度无关的范围内的那部分光束将射向第二集光器13而不能到达第二棱镜19．光束投射到反射层31的孔33上的部分将受到全内反射，而另一部分将经斜边面21透射．

图5（e）和5（f）示出了反射层由介质材料形成的棱镜系统15

的另两个实施例。在具有致偏棱镜 17 和上棱镜 19 的棱镜系统 15 中，上棱镜 19 的斜边面 23 上有一系列相互间距严格规定的、与第一棱镜 17 的斜边面 21 光学接触的凸起 35，用具有与上棱镜 19 相同的折射率的材料制成。这种凸起 35 例如可以通过从斜边面 23 的表面上蚀刻掉相应一些材料来形成。由于反射层 31 的角度范围被局限于那些与斜边面 21 的法线成比较小的角度，而在凸起 35 处又消除了全内反射，因此只有以与斜边面 21 的法线成较大角度入射的光线才可以在凸起 35 处透射。中间区域 36 可以加上光密度比凸起大的层，以阻挡通过反射层 31 的残余透射。

通过在第一棱镜 17 的斜边面 21 的反射层 31 上开有系列孔 33 和在第二棱镜 19 的斜边面 23 上形成一系列凸起 35，可以得到角度匀称的透射。实际上，以小角度投射到分光面上的光线将通过孔透射，而以大角度投射的光线将通过凸起透射。通过凸起和孔的透射相互补充。在这种情况下，检测系统的测量基本上就与光束内的角分布无关。

第一棱镜 17 和第二棱镜 19 可以相互分开，但也可以粘在一起。如果反射层是用铝形成的（无论是否有孔），这种方式是比较优越的。这样，这些孔将透射所有的入射光。通过孔的透射将与入射角无关，因为在有孔处消除了全内反射。

形成具有给定透射因子的分光面的可能方式还可以是使斜边面 21、23 中的一个成为部分透射和部分反射的表面结构。这可以通过开槽 26，或形成微棱镜 24 或微散射体 28 来实现。这些实施例示于图 5（g）至 5（i）。棱镜系统 15 的这几个实施例只能用于只有一个棱镜 17 的棱镜系统 15。

两个棱镜 17、19 也可以相隔一定距离，在棱镜 17、19 之间有一个空气隙 37。空气隙 37 的大小可以通过在两个棱镜之间加至少一个隔离件 39 保持固定不变，如图 6 所示（参见图 5(b)所示的棱镜系统）。这种隔离件 39 例如可以是一个屏蔽膜片。这个膜片还可以使第二棱镜 19 的斜边面 23 与不希望有的光隔离，使这些光不能到达检测系统 45。膜片最好一直伸出棱镜系统，这样对不希望有的光的屏蔽效果就会更好。

在有第二棱镜的实施例中，第二棱镜 19 用来使来自辐射源 3 的光与由于反向反射引起的光分开。来自辐射源 3 的光通过第一棱镜 19 的

顶面 27 离开棱镜系统 15，而反向反射的光则通过第二棱镜 19 的侧面 29 离开棱镜系统 15。第二棱镜 19 的侧面 29 上最好加一层防反射层 41，使得所有的入射光基本上全都透射出去。此外，可以配置一个束流收集器，与侧面 29 相对，如图 6 所示，吸收掉不希望有的光，使它不再有不希望的反射或散射。束流收集器是众所周知的器件。图 6 还示出了反向反射的辐射路径。

如果棱镜系统 15 只有一个棱镜 17，那么检测系统 45 就安置成与第一棱镜 17 的斜边面 21 相对。如果棱镜系统 15 有两个棱镜 17、19 或有三个棱镜 17、18、19，那么检测系统 45 就安置成与第二棱镜 19 的顶面 27 相对。如果使用两个棱镜，测量就基本上不会受到系统中反向反射的影响。此外，在测量区可以得到一个均匀的光束。这是相当重要的，因为检测系统 45 的检测器的有效表面是比较小的。

检测系统 45 有一个传感管 47，在它的端部装有一个检测器，例如光电管二极 49（图 7）。此外，检测系统 45 还配有例如几个用来保证只有波长合乎需要的光能投射到检测器上的滤色镜和一个用来控制投射到检测器上的光的亮度以使检测器不致损坏的灰度滤色镜（均未示出）。

为了使收集测量光最佳，检测系统还需采用集光措施。因此，传感管 47 的内壁 55 是高反射性的。这样的优点是可使光电二极管 49 得到较高亮度的光和使集光效果更好一些，因为这样的管起着集光器的作用。从主光径耦合出的亮度越小，测亮照射剂量对主光径内亮度的影响也越小。

传感管可以用一根光透明棒或一根具有反射性内壁的管构成。高度集光性还可以用一个积算球来达到。

如果棱镜系统 15 只有一个致偏棱镜，则在斜边面 21 和检测系统 45 之间配置一个朗伯型散射片 59；如果棱镜系统 15 有两个棱镜 17、19 或三个棱镜 17、18、19，则在顶面 27 和检测系统 45 之间配置一个朗伯型散射片 59。这种散射片上的每一点起着一个点源的作用，因此散射片射出的与入射到散射片上的光的入射角无关。散射片 59 保证了投射到检测系统的检测器上的光束的光均匀分布。

信号强度可以通过改变散温片 59 和检测系统 45 的光电二极管 49 之间的距离加以调整。然而这个距离不应太大，因为信号随着距离的增

大迅速减小。

散射片例如可以用毛玻璃制成。这种玻璃至少包括两个具有不同折射率的玻璃相。散射片也可以用一块乳光玻璃来实现。乳光玻璃是一块透明的基板（或玻璃），上面覆有一层较薄的毛玻璃层。这后一种实现方式的优点是可以使用相当薄的毛玻璃，从而能够获得比前一种散射片实现方式更高的透射。

散射片可以粘到棱镜的出光面上，但是也可以与出光面分开。前一种方式的优点是只有一个表面可能发生不希望有的反射，而后一种方式的优点是散射片安置方便，不会有损伤棱镜系统 15 的危险。

最好是在散射片 59 上设置一个铬窗 63，其口径的面积小于棱镜系统出光面的面积，以保证不希望有的光不能到达检测系统。

原则上，投射到检测系统的光应来自视场的所有部分，并且具有均匀的分布。总的集光效果是通过第一集光器、散射片射散、散射片和光电二极管之间的距离以及在传感管内的混合来获得的。

图 8 示出了棱镜系统 15 的一个优选实施例。其中，隔离件 35 是一个由挠性材料制成的屏蔽膜片，在与图面垂直的平面内伸出到斜边面 21、23 之外，与朝向检测系统具有直径较大部分 60 的阶梯形散射片 59 配合。通过将膜片 39 折叠到散射片 59 上，从散射片 59 和膜片 39 之间形成曲折密封，从而阻止不希望有的光到达检测系统 45。

在所要求的透射因子由带孔 33 的反射层 31 实现时，斜边面的有孔表面最好小于斜边面的总表面，以防止透过孔后再经过不希望有的散射或反散的光到达膜片和检测系统。

检测系统不仅具有测量照射剂量、根据测量结果控制照明系统提供的光量的功能，而且还具有均匀性测量中减小灯起伏的影响的功能。此外，检测系统还可以用来对灯进行定位。

在本发明所提出的这个位置从棱镜系统耦合出光用于检测系统的优点是能量可以与光束内的角分布及内 REMA（如有的话）的调整情况无关地得到测量，而基本上不会影响主光径中的亮度。

因此，本发明所提出的照明单元提供了根据从光径中耦合出的光量可靠和能再现地测量投射到基片上的照射剂量的可能性。

此外，设备 100 在检测系统 45 和辐射源单元 108 之间配置了一个反馈电路 114。这个电路包括一个反馈单元 116，它根据检测系统 45

所测得的照射剂量对辐射源 108 进行控制。

可以采用几种不同的方式来根据所测得的照射剂量对辐射源单元进行控制。第一种方式是通过反馈电路 114 用控制单元 116 控制例如驱动灯的电流来控制辐射源所提供的光的亮度。另一种方式是在照明单元内检测系统的前面（从辐射源侧来看）配置一个具有可变透射量的衰减器（未示出），根据检测系统的测量结果确定衰减器的透射量，进行反馈控制。

图 9 示出了本发明所提出的设备的另一个实施例。

在这种情况下，辐射引导系统由封住棱镜系统 15 的第一光透明棒 11 和第二光透明棒 13 构成。棱镜系统 15 可以包括例如两个棱镜 17、19，它们的两个斜边面 21、23 合在一起构成了一个部分反射、部分透射的分光面。这个分光面从主光径中耦合出光。在如图所示的这个实例中，分光面的反射系数最好只是百分之几，使得能量测量不影响或不大影响主光径中的亮度。

这里，检测系统 45 可以配置成与第一棱镜 17 的表面 48 相对。

在一个配备了本发明所提出的照明单元的光刻设备中，基片照射光束的均匀性和检测器测量光束的均匀性都可以得到最佳化。此外，还大大减小了投射到检测器上的不希望有的光量。这样，就能够以精确而可复现的方式（亦即与照射光束内的角度分布以及与反向反射无关）测量照射剂量，从而可以按照设备的使用环境调整照射剂量。

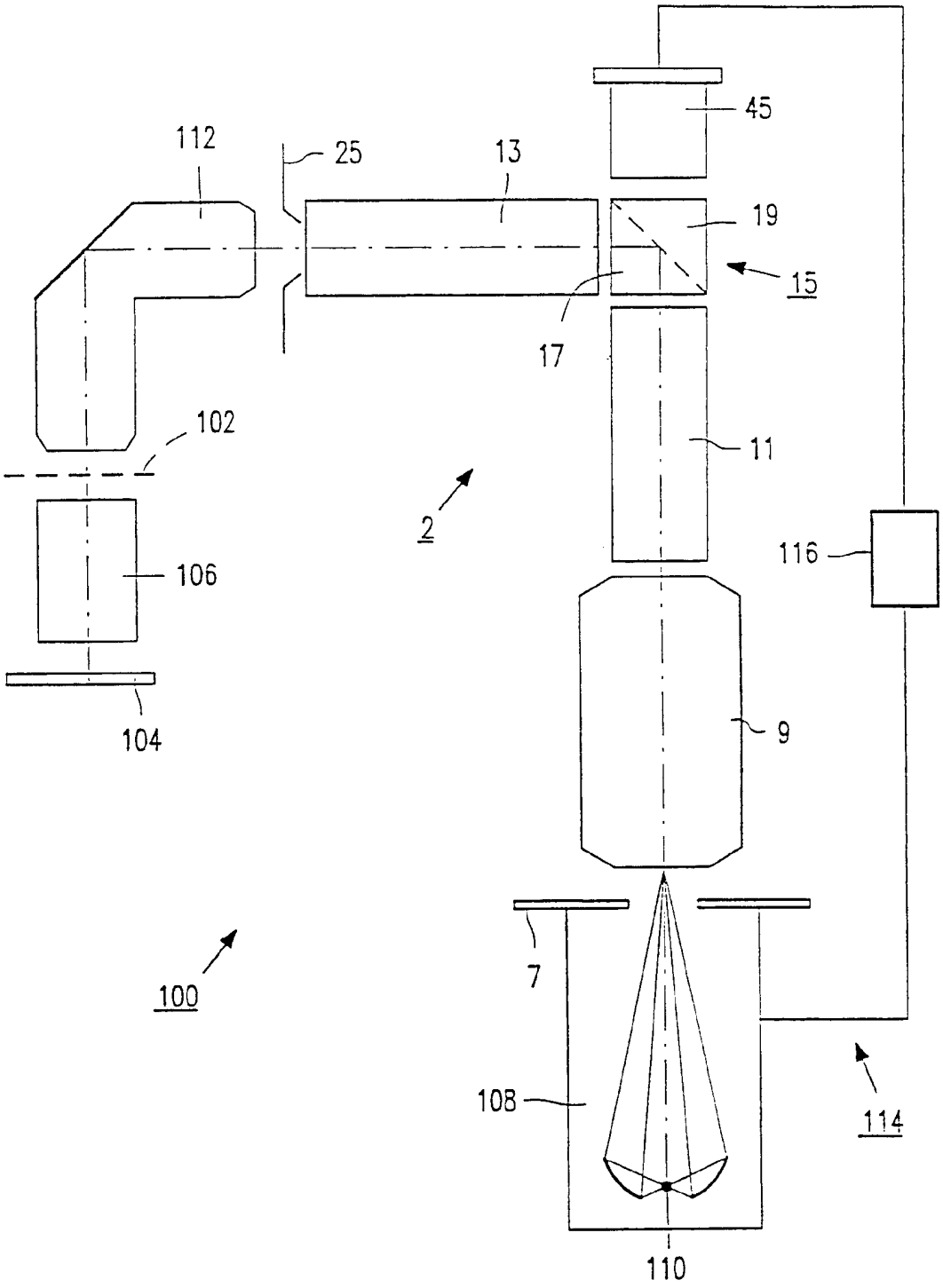


图 1

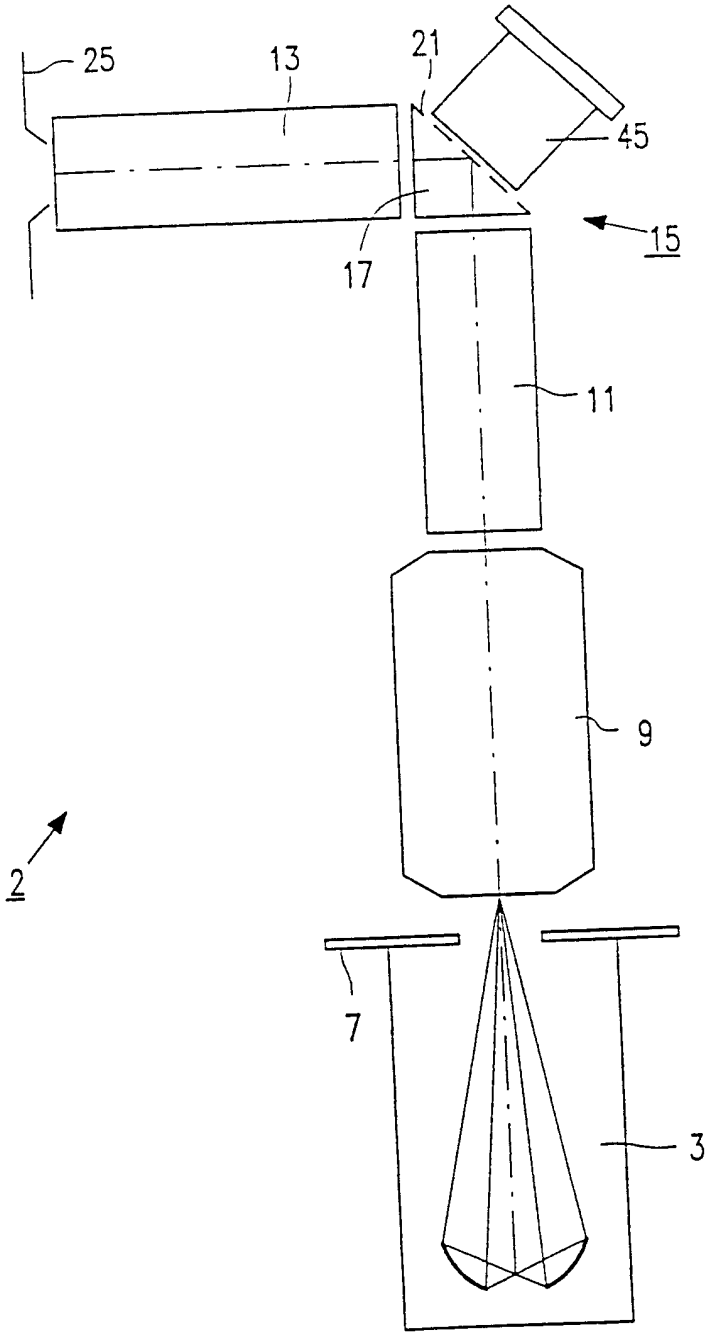


图 2

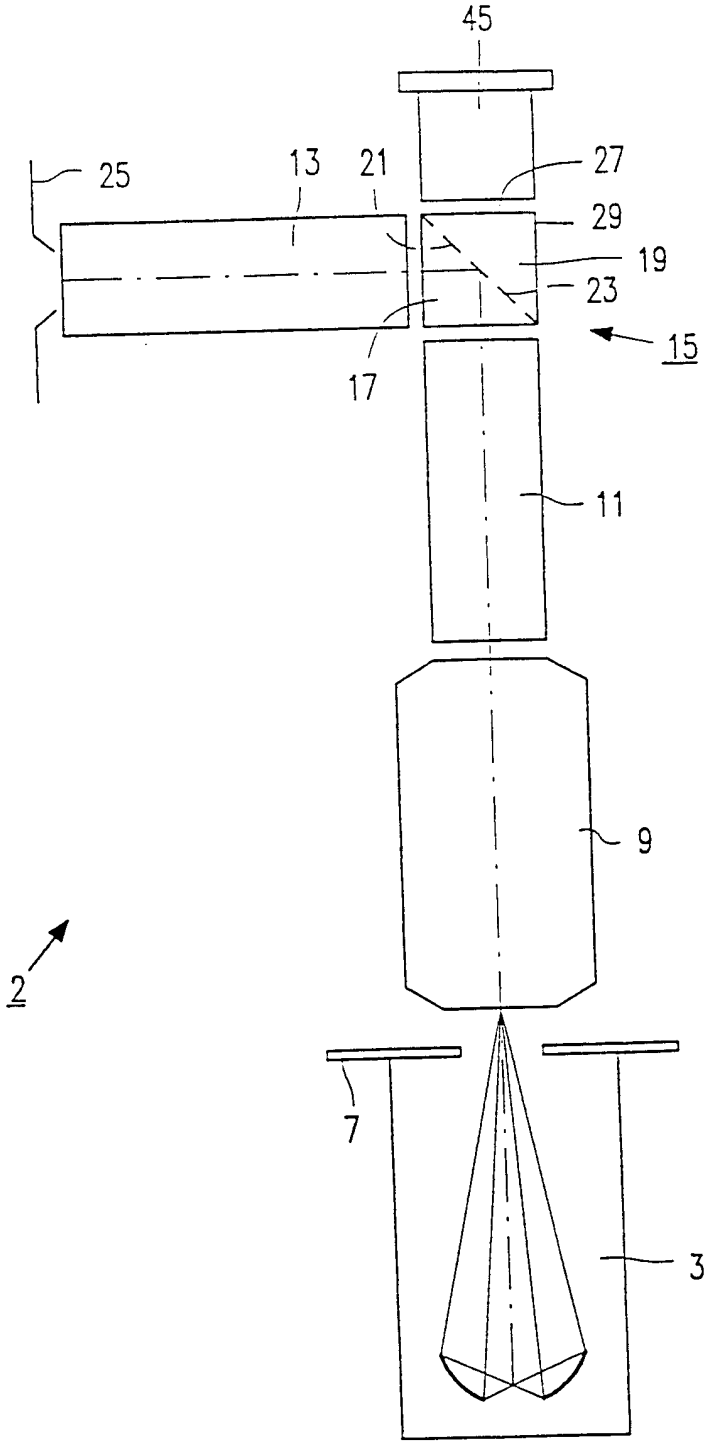


图 3

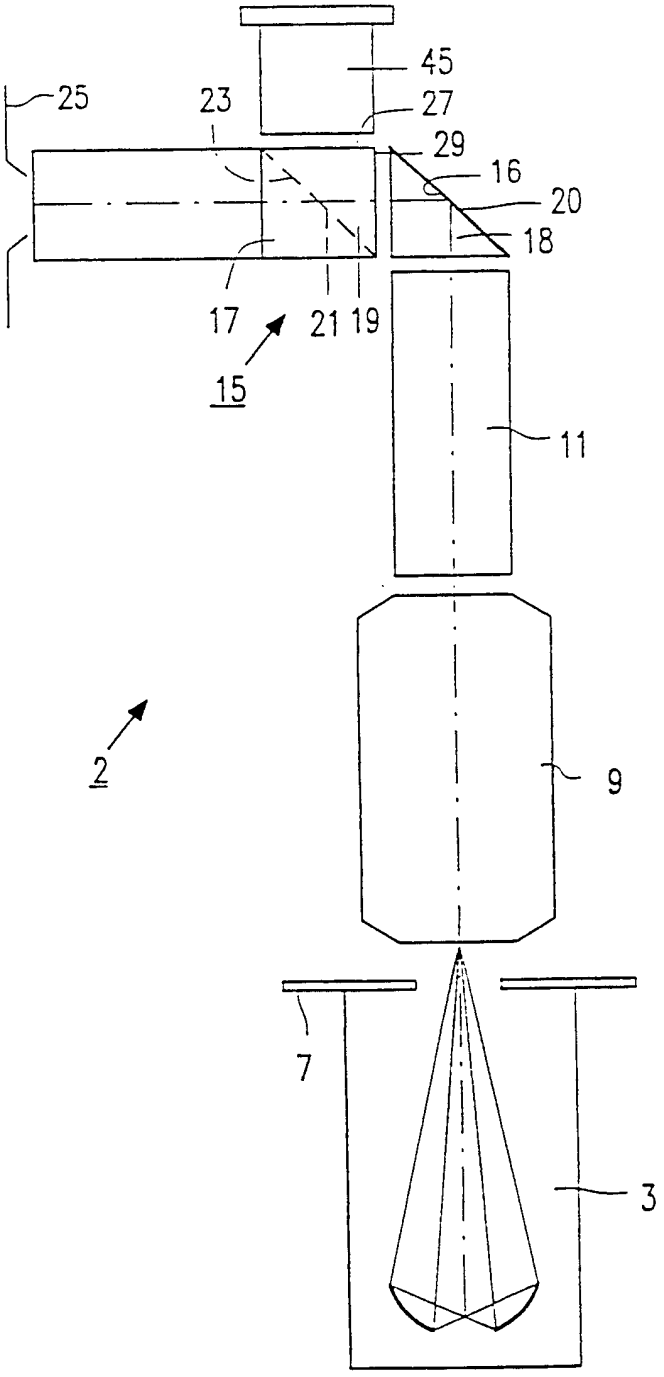


图 4

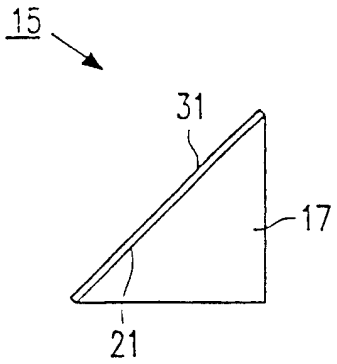


图 5A

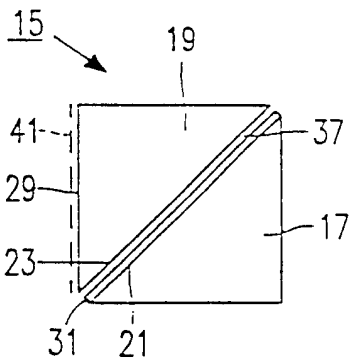


图 5B

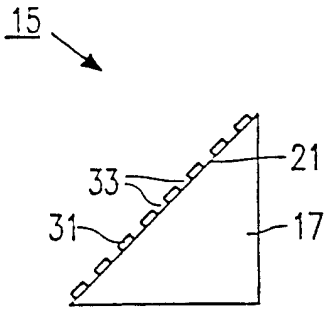


图 5C

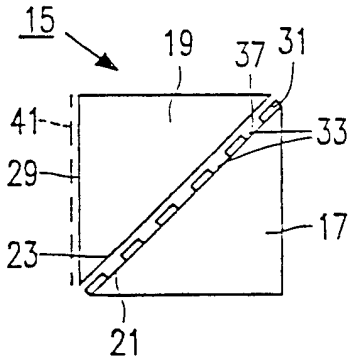


图 5D

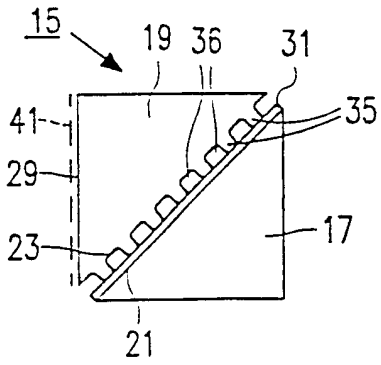


图 5E

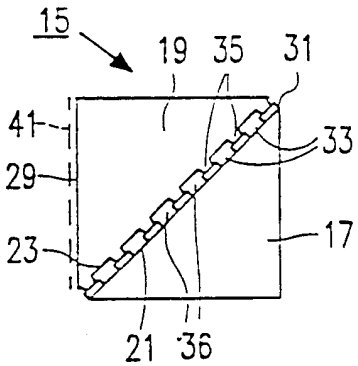


图 5F

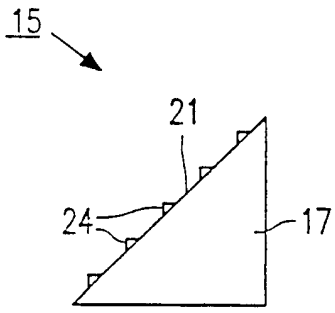


图 5G

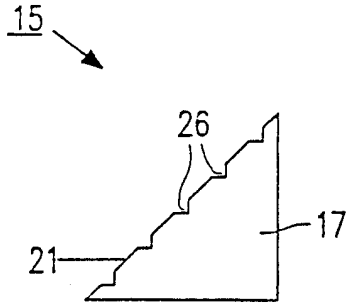


图 5H

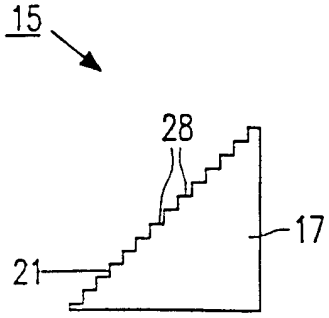


图 5I

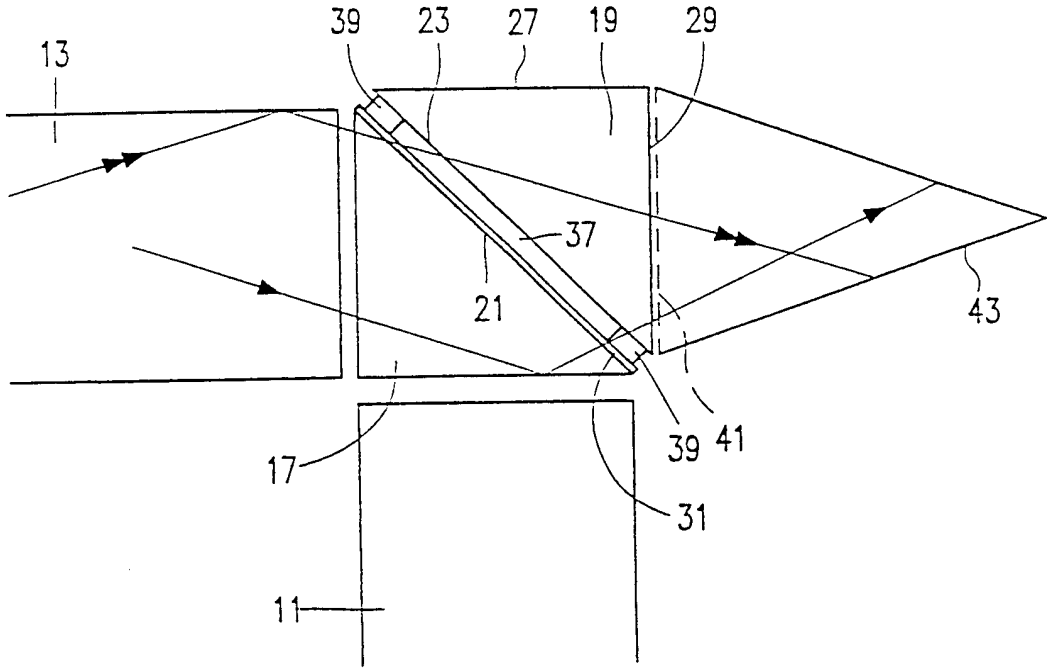


图 6

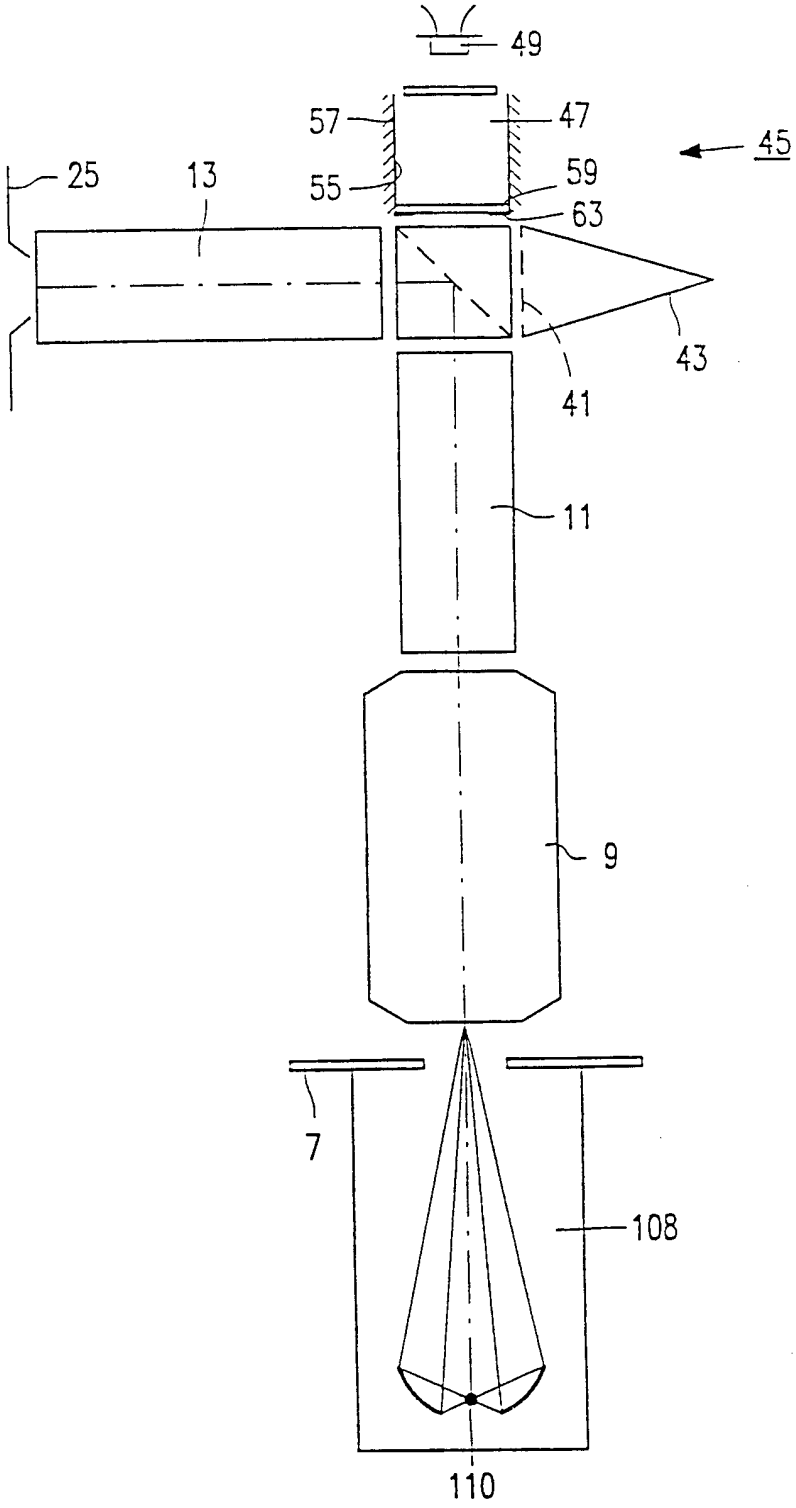


图 7

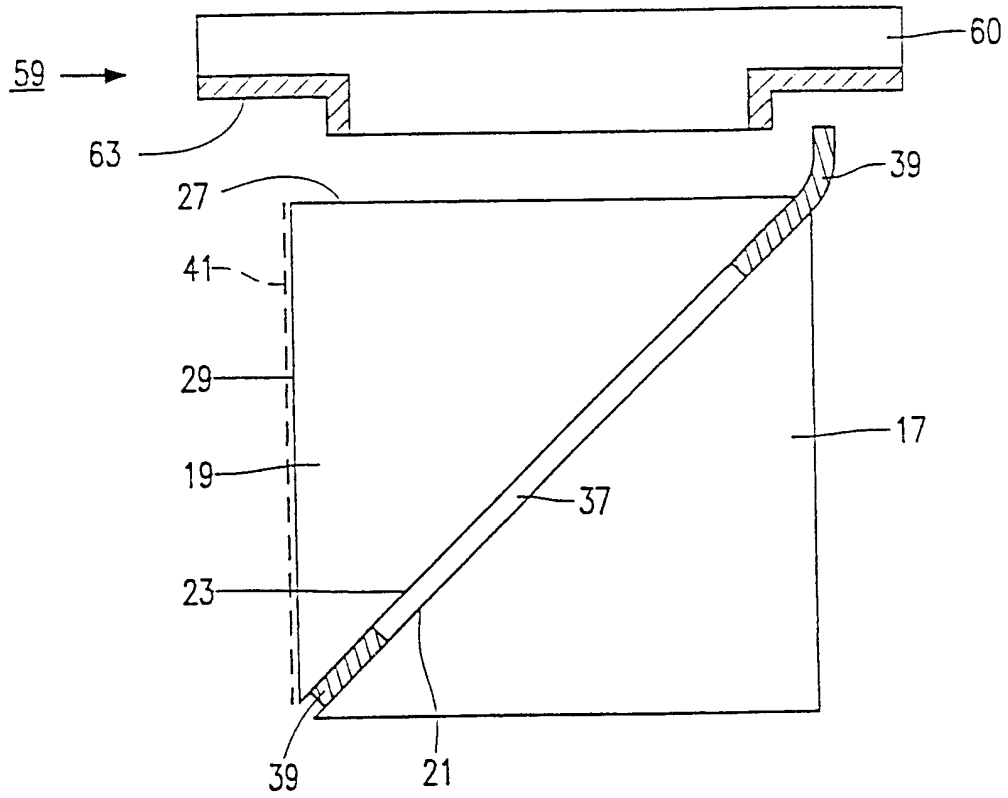


图 8

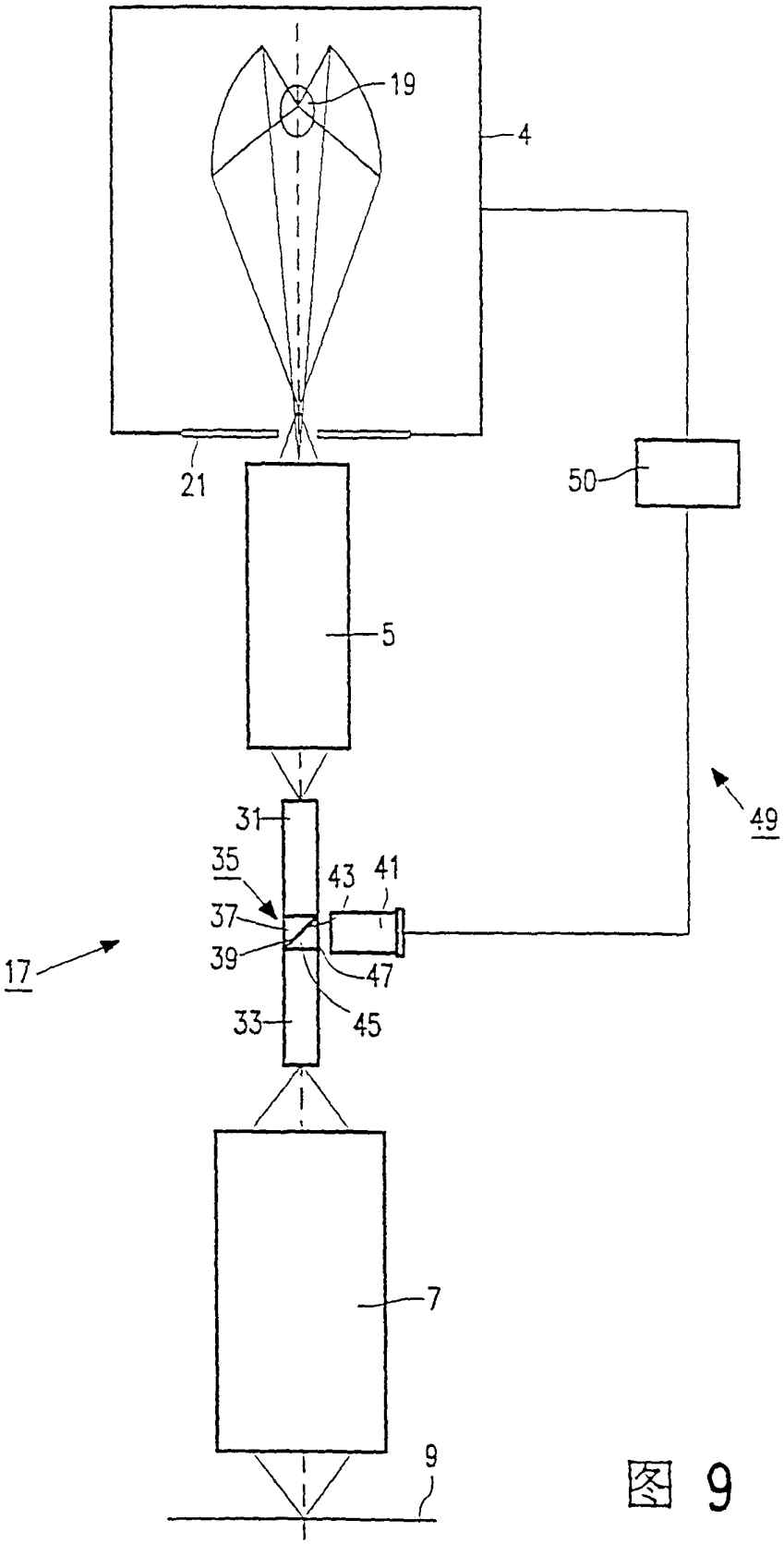


图 9