

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01B 9/02 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610090202.5

[43] 公开日 2007年5月30日

[11] 公开号 CN 1971202A

[22] 申请日 2006.7.5

[21] 申请号 200610090202.5

[30] 优先权

[32] 2005.11.23 [33] US [31] 11/286,817

[71] 申请人 安捷伦科技有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 艾伦·B·雷

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限
责任公司
代理人 柳春雷

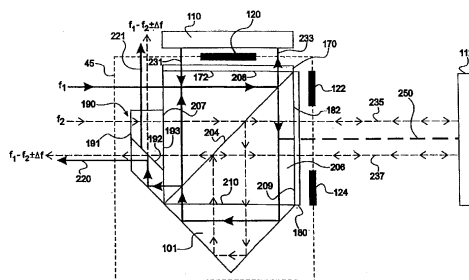
权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图 6 页

[54] 发明名称

单块式位移测量用干涉仪

[57] 摘要

本发明提供了干涉仪和相应的系统，具有几个方面。在第一个方面，提供了一种适于将分离的第一光束和第二光束接收于其中的干涉仪，该干涉仪包括对于第一光束和第二光束基本等效的分离的第一光路和第二光路。在第二个方面，提供了一种适于将第一光束和第二光束作为分离的输入而接收于其中的干涉仪，其中这些光束直到刚刚由干涉仪输出之前都未混合或合并。在第三个方面，提供了一种干涉仪，它具有一个或多个光束阻挡器用于拦截外来的或不期望的光，并防止这些光混入各光束或与之干涉。



1. 一种单块式位移测量用平面反射镜干涉仪，适于将分离的第一光束和第二光束接收于其中，所述干涉仪包括对于所述第一光束和所述第二光束基本等效的分离的第一光路和第二光路。

2. 根据权利要求1所述的干涉仪，还包括至少一个偏振分束器。

3. 根据权利要求1所述的干涉仪，还包括菱体子组件。

4. 根据权利要求3所述的干涉仪，其中，所述菱体子组件还包括非偏振分束界面。

5. 根据权利要求3所述的干涉仪，其中，所述菱体子组件还包括偏振分束偏振界面。

6. 根据权利要求1所述的干涉仪，还包括至少一个角隅。

7. 根据权利要求1所述的干涉仪，还包括至少一个光束阻挡器。

8. 根据权利要求1所述的干涉仪，还包括至少两个光束阻挡器。

9. 根据权利要求1所述的干涉仪，还包括至少三个光束阻挡器。

10. 根据权利要求1所述的干涉仪，还包括至少一个四分之一波片。

11. 根据权利要求1所述的干涉仪，还包括至少两个四分之一波片。

12. 一种位移测量用平面反射镜干涉仪，适于将第一光束和第二光束作为分离的输入接收于其中，所述干涉仪包括偏振分束器子组件和结合到所述偏振分束器子组件一个面上的菱体子组件，所述菱体子组件设置为接收并合并作为由所述偏振分束器子组件供给所述菱体子组件的输出的两个光束，这两个光束除此之外在所述偏振分束器子组件中行进时不发生合并。

13. 根据权利要求12所述的干涉仪，其中，所述菱体子组件还包括非偏振分束界面。

14. 根据权利要求12所述的干涉仪，其中，所述菱体子组件还包括偏振分束界面。

15. 根据权利要求12所述的干涉仪，还包括至少一个角隅。

16. 根据权利要求12所述的干涉仪，还包括至少一个光束阻挡器。

17. 根据权利要求 12 所述的干涉仪，还包括至少两个光束阻挡器。

18. 根据权利要求 12 所述的干涉仪，还包括至少三个光束阻挡器。

19. 根据权利要求 12 所述的干涉仪，还包括至少一个四分之一波片。

20. 根据权利要求 12 所述的干涉仪，还包括至少两个四分之一波片。

21. 一种单块式位移测量用平面反射镜干涉仪系统，适于将第一光束和第二光束作为分离的输入接收于其中，所述干涉仪系统包括偏振分束器子组件、结合到所述偏振分束器子组件第一面的第一四分之一波片、结合到所述偏振分束器子组件第二面的第二四分之一波片、能够相对所述第一四分之一波片定位的静止反射镜、能够相对所述第二四分之一波片定位的运动反射镜以及设在所述静止反射镜与所述第一四分之一波片之间的第一光束阻挡器。

22. 根据权利要求 21 所述的系统，还包括至少第二光束阻挡器，所述第二光束阻挡器相对于假想中心轴非中心地定位，并位于所述运动反射镜与所述第二四分之一波片之间。

23. 根据权利要求 22 所述的系统，还包括第三光束阻挡器，所述第三光束阻挡器相对于假想中心轴非中心地定位，并位于所述运动反射镜与所述第二四分之一波片之间。

24. 根据权利要求 21 所述的系统，还包括对于所述第一光束和所述第二光束基本等效的分离的第一光路和第二光路。

25. 根据权利要求 21 所述的系统，还包括结合到所述偏振分束器子组件一个面上的菱体子组件，所述菱体子组件设置为接收并合并作为由所述偏振分束器子组件供给所述菱体子组件的输出的两个光束，这两个光束除此之外在所述偏振分束器子组件中行进时不发生合并。

26. 根据权利要求 25 所述的系统，其中，所述菱体子组件还包括非偏振分束界面。

27. 根据权利要求 25 所述的系统，其中，所述菱体子组件还包括偏振分束界面。

28. 根据权利要求 21 所述的系统，还包括至少一个角隅。

单块式位移测量用干涉仪

技术领域

本发明涉及单块式位移测量用干涉仪。

背景技术

位移测量干涉仪（“DMI”）是本领域熟知的，并且用于以高精度和分辨率水平测量小位移和长度已有数十年。在这些设备中，氦氖位移测量激光干涉仪由于其高度的稳定性和单色性而得到了比较普遍的应用。干涉仪需要对反射镜进行仔细的对准，这种对准必须长期维持，但是这可能存在相当大的实际困难。

通过经过干涉仪的每个臂两次并在两次经过之间加入对波前进行倒转的装置，双程干涉仪可以对反射镜失调表现出部分的不敏感性。参见例如 S. J. Bennett 的 “A Double-Passed Michelson Interferometer”，*Optics Communications*, Volume 4, Number 6, February/March, 1972，其中用偏振分束器、两个四分之一波片和一个用作倒转元件的角隅反射器实现了两次经过。Bennett 的前述论文的全部内容通过引用而结合于此。由于其产业意义、鲁棒性、稳定性和精度，双程位移测量干涉仪在高精度位移测量中得到了比较普遍的应用。

尽管在 DMI 领域已经普遍取得了许多进步，但是仍然存在测量误差和不准确性。对这种误差和不准确性有影响的因素中包括对准误差和程长误差、光学混合、热效应、偏振态泄漏（即测量光束与参考光束的不希望的混合）、衍射引起的条纹、相位与位移之间的非线性关系、以及其他误差。参见例如 Norman Bobroff 的 “Recent Advances in Displacement Measuring Interferometry”, *Meas. Sci. Technol.* 4 (1993), 907-926，以及 Schmitz 和 Beckwith 的 “An Investigation of Two Unexplored Periodic Source Errors in Differential-Path Interferometry”，*Precision Engineering*, 27

(2003), 311-322, 其中详细讨论了这些因素中的某些因素。Bobroff 和 Schmitz 等人的前述论文各自的全部内容通过引用而结合于此。

现有技术的大多数 DMI 在参考光束和测量光束进入干涉仪系统的光学部分之前对其进行合并。光源和光学器件的特性并非理想, 使参考光束和测量光束在测得期望的位移之前就已经混合。这是 DMI 中引入非线性误差的主要方式之一。DMI 中非线性误差的另一个主要来源是基于衍射的干涉。一些现有技术的 DMI 使用反射式孔径将参考光束与测量光束隔离开, 这两个光束直到反射式孔径之前共有一个公共的环形区域。这种结构导致形成干涉光束, 它可能使性能下降。

在 2001 年的 ASPE 年会上发表的一篇题为“Demonstration of Sub-Angstrom Cyclic Non-Linearity Using Wavefront-Division Sampling with a Common-Path Laser heterodyne Interferometer”的论文中, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California 的 Feng Zhao 公开了一种意在使非线性误差最小化的共路外差干涉仪。Zhao 通过对参考光束和测量光束使用分离的光纤通道使参考光束和测量光束在通往检测器的大部分光路上隔离开来。参考光束具有第一频率, 测量光束具有不同于第一频率的第二频率。粗略地说, 就是产生与第一频率和第二频率相应的第一光束和第二光束并在独立的第一检测器和第二检测器处进行检测。但是, 在某些系统中, 情况比这样更加复杂。所谓的“本地振荡器”光束和“探测”光束由光源发射作为两个分离的光束, 这些光束在干涉仪中混合以在输出端产生测量光束和参考光束。这个问题在下面有更加详细的讨论。

为了清楚起见以免混淆, 此处使用了术语“测量光束”和“参考光束”, 但是应当理解为取决于各术语可能出现的特定上下文, 它们与术语“本地振荡器光束”和“探测光束”可能分别互换。

第一光束可以指由照射到静止孔径上的第一频率光束产生的参考光束。第二光束可以指由照射到移动目标上的第二频率光束产生的测量光束。第一光束与第二光束之间的相位差代表了目标的位置。Zhao 的干涉仪结构减小了测得的位移中的非线性误差。Zhao 使用波前分割方案, 但是其

中基于衍射的干涉误差仍然影响很大，因为测量光束和参考光束是在基本上同一光路上彼此环形隔开的。此外，还不清楚 Zhao 的方案怎样才能扩展到多于一个光轴。

需要一种 DMI，它可以将非线性误差和衍射引起的误差进一步最小化，并可以以简单经济的方式增减多个光轴。

发明内容

根据本发明的一个方面，提供了一种平面反射镜干涉仪，它适于分别接收两个分离的输入光束 f_1 和 f_2 ，其中，直到两光束 f_1 和 f_2 在偏振的或非偏振的菱体子组件中合并之前，该干涉仪都使两光束保持彼此分开，所述合并发生在光束即将由干涉仪输出之前。由此减小了由偏振以及其他混合引起的测量误差。

根据本发明的另一个方面，提供了一种平面反射镜干涉仪，它适于分别接收两个分离的输入光束 f_1 和 f_2 ，其中，两光束在干涉仪中行进的两条路径长度基本等效，从而减小了热引起的测量误差。

根据本发明的另一个方面，提供了一种平面反射镜干涉仪系统，它适于分别接收两个分离的输入光束 f_1 和 f_2 ，其中，系统包括一个或多个光束阻挡器，所述光束阻挡器位于一个或多个四分之一波片与一个或多个静止的或运动的平面反射镜之间，所述光束阻挡器所具有的位置和构造能够拦截外来光，从而减小测量误差。

根据本发明的另一个方面，提供了一种干涉仪，它包括前述的一个或多个方面，还可以增减任意数量的光轴。

本发明各种实施例在其范围内包括结合或应用了前述方面的元件、器件和系统，以及制造和使用应用了前述方面的元件、器件和系统的方法。

附图说明

图 1 示出了现有技术的线性位移测量干涉系统的框图；

图 2 示出了本发明的测量干涉系统一种实施例的框图；

图 3 示出了本发明的单角隅干涉仪的一种实施例，它提供了冗余输出

并包括非偏振分束界面；

图 4 示出了本发明的单角隅干涉仪的一种实施例，它提供了单一的输出并包括偏振分束界面；

图 5 示出了本发明的双角隅干涉仪的一种实施例，它提供了冗余输出并包括非偏振分束界面；

图 6 示出了本发明的双角隅干涉仪的一种实施例，它提供了单一的输出并包括偏振分束界面。

具体实施方式

图 1 示出了现有技术的线性位移测量干涉系统的框图。双频 Zeeman（塞曼）分裂氦氖光源 10 产生并发射具有频率 f_1 和 f_2 的第一光束和第二光束（下文称为“光束 f_1 和 f_2 ”），其中第一光束具有第一圆偏振态，第二光束具有不同于第一偏振态的第二圆偏振态。从光源 10 发射的光束 f_1 和 f_2 通常分别是右旋和左旋偏振的。两个激光模式在光源 10 的腔内受到放大，所述两个模式对应于两种偏振态。在 Zeeman 分裂激光器中，两个偏振态是圆偏振并具有相反手性。望远镜 15 提供了用于对光源 10 发射的光束 f_1 和 f_2 进行扩束和准直，以便传送到干涉测量系统其余部分的手段。

接下来，光束 f_1 和 f_2 经过四分之一波片 20，它们在该处从圆偏振态转换为线偏振态，然后被导向非偏振的分束器 30。（注意图 1 中未示出用于将线偏振光束与偏振分束器 204 或称为“PBS 204”的入射面正确对准的装置）。

一旦线偏振光束与干涉仪 40 的偏振分束器 204 的入射面正确对准，则光束 f_1 被透射到测量角隅 110，而光束 f_2 被反射到参考角隅 100。在光束 f_1 和 f_2 从它们各自的角隅 100 和 110 后向反射之后，光束 f_1 和 f_2 在偏振分束器 204（或称为“PBS 204”）处重新合并。干涉仪 40 接收线偏振光束 f_1 和 f_2 的透射部分，然后将这些光束各自的部分导向参考角隅 100 和测量角隅 110。

从参考角隅 100 和测量角隅 110 反射的光束 f_1 和 f_2 被导向经过 45 度偏振器 120。第一和第二 45 度偏振器 90 和 120 分别对测量和参考光束 f_1

和 f_2 进行重新合并。来自相位检测器 130 和 140 的输出输入到锁相环检测器 150 和 160，它们一起产生一个差 Δf ，根据这个差确定测量角隅 110 移动的位移。重新合并的光束 f_1 和 f_2 经过偏振器 120，它使两个正交偏振的光束之间产生干涉。得到的干涉光束由偏振器 120 透射到光电二极管 140 用于检测。得到的干涉光束的频率对应于测量角隅 110 相对于参考角隅 100 沿着测量光束轴线的相对速度。干涉光束的相位对应于测量角隅 110 沿着参考光束轴线的相对位置。

接着参考图 1，在从四分之一波片 20 射出时，每个光束 f_1 和 f_2 的一部分沿干涉仪 40（它是干涉仪系统的光学部分）的方向透射穿过分束器 30。每个光束 f_1 和 f_2 的剩余部分朝向非偏振的分束器 50 和第一 45 度偏振器 90 反射。液晶偏振器 60、功率检测器 70 和激光调谐伺服机构 80 组成反馈控制装置用于监视并控制激光源 10 的输出恒定。为了稳定，根据光源 10 产生的两个激光模式功率差用反馈对光源 10 的激光腔进行温度控制。穿过非偏振的分束器 30 和 50 传送的部分光束被导向液晶偏振器 60，它交替地透射具有第一和第二偏振态的光。光电二极管 70 随时间测量功率差并将这些信息提供给激光调谐伺服机构 80。

注意在本说明书、附图和权利要求中以及对 DMI、DMI 的一部分或 DMI 系统的讨论、描述和/或权利要求的上下文中，使用的术语“单块”表示干涉仪至少具有偏振的或非偏振的分束器子组件以及至少一个角隅、输入、输出、反射的或后向反射的菱体子组件，所述分束器子组件包括玻璃或光学上等效的材料，所述菱体子组件也包括玻璃或光学上等效的材料，其中所述的分束器和所述的至少一个角隅、输入、输出、反射的或后向反射的菱体子组件在实体上彼此位置相近，并且用粘性的、机械的（例如螺丝）、化学的、电磁的和/或磁性的装置彼此直接连接，使得干涉仪的光学部分（不包括 DMI 或 DMI 系统的光源、检测器或者测量角隅或平面反射镜）形成单一的组件。

图 1 以及此处所附的说明书说明了 Agilent 的 10705 型线性干涉仪的各个方面。与此处所述的术语“单块”的定义一致，10705 线性干涉仪具有单块的设计和结构。

下列美国专利中公开了图 1 所图示 DMI 的各个方面，其各自的全部内容通过引用而结合于此：授权给 Bockman 的题为“Linear-and-angular measuring plane mirror interferometer”的美国专利 No. 5,064,280；授权给 Bockman 的题为“Multi-axis interferometer with integrated optical structure and method for manufacturing rhomboid assemblies”的美国专利 No. 6,542,247；以及授权给 Bockman 的题为“Method and interferometric apparatus for measuring changes in displacement of an object in a rotating reference frame”的美国专利 5,667,768。

为了防止混乱，注意本说明书、附图和权利要求中以及对 DMI、DMI 的一部分或 DMI 系统的讨论、描述和/或权利要求的上下文中所使用的术语“参考光束”，取决于其使用之处具体的上下文，可能表示“本地振荡器光束”或“参考光束”。还要注意，本说明书、附图和权利要求中以及对 DMI、DMI 的一部分或 DMI 系统的讨论、描述和/或权利要求的上下文中所使用的术语“测量光束”，取决于其使用之处具体的上下文，可能表示“探测光束”或“测量光束”。

根据本发明的某些实施例，光源发射“本地振荡器”光束和“探测”光束，本地振荡器光束和参考光束在干涉仪内部进行混合以在输出处产生测量光束和参考光束。尽管为了简单起见，下文中继续采用“参考光束”和“测量光束”，但是这些术语应当如上面紧挨着的段落中所阐述的那样，取决于其出现之处具体的上下文而进行解释。

现在参考图 2，示出了本发明的测量干涉系统的一种实施例的框图，其中，光束源 10 包括能够产生三个输出光束的激光源：第一光束具有频率 f_1 和第一线偏振态，第二光束具有频率 f_2 和与第一线偏振态正交的第二线偏振态，第三光束包括具有合并的频率 f_1 和 f_2 的光。第三光束被导向偏振器 110，频率 f_1 和 f_2 在该处合并形成单一的偏振态并透射到检测器 130。第一和第二光束被导向本发明的干涉仪 45。

接着参考图 2，将光束源 10 发射的光学分离的第一输入光束 f_1 和第二输入光束 f_2 发送到干涉仪 45。在本发明的一种优选实施例中，干涉仪 45 包括一个菱体子组件 190，该菱体子组件 190 包含非偏振的或偏振的分束

界面 192 或 194。平面反射镜 110 和 112 对入射到其上并源自干涉仪 45（图 2 中未详细示出）的参考光束和测量光束 f_1 和 f_2 进行后向反射。平面反射镜 110 相对于干涉仪 45 固定或静止，而平面反射镜 112 相对于干涉仪 45 运动。

接着将干涉仪 45 输出的合并的光束导向穿过 45 度偏振器 120，使它们从其出射后具有相同的偏振态。来自鉴相器 140 的输入射到锁相环检测器 160，所述锁相环检测器 160 与上数/下数计数器 205 相结合产生差值 Δf ，由其可以确定平面镜 112 相对于干涉仪 45 已经运动的距离或位移。图 3 到图 6 示出了干涉仪 45 的各种实施例进一步的细节。

在图 3、图 4、图 5 和图 6 所示的本发明的实施例中，四分之一波片 170 和 180 结合到干涉仪 45 中。四分之一波片 170 和 180 具有非反射（non-mirrored）的表面。结果是，入射到波片 170 和 180 上并经过其透射的线偏振光束转换为圆偏振态。图 3 到图 6 所示的菱体子组件 190 可以根据授权给 Bockman 的题为“Multi-axis interferometer with integrated optical structure and method for manufacturing rhomboid assemblies”的美国专利 No. 6,542,247 的教导来构成。

图 3 示出了本发明的单角隅干涉仪的一种实施例，它提供了冗余输出并包括非偏振分束界面 192。在图 3 中可以看到，第一光束 f_1 和第二光束 f_2 作为分离的光束进入干涉仪 45。第一光束 f_1 进入偏振分束器子组件 206 的第一表面 207 并前进到偏振分束器（PBS）界面 204，它由该界面向上反射穿过四分之一波片 170，反射离开静止平面反射镜 110 并经过四分之一波片 170 向下返回。第一光束 f_1 在进入干涉仪 45 时处于 s 偏振态，因此当入射到界面 204 上时被其反射开。在第一次经过四分之一波片 170 时，第一光束 f_1 变成第一方向的圆偏振，在反射离开反射镜 110 时，它变成第二方向的圆偏振，第二次经过四分之一波片 170 时变成线性的 p 偏振态，因此在朝角隅 101 向下传播时穿过界面 204。

角隅 101 使第一光束 f_1 向上反射，它第二次经过界面 204，第三次经过四分之一波片 170，变成一种状态的圆偏振第二次反射离开反射镜 110，变成相反状态的圆偏振，第四次经过四分之一波片 170 并变成 s 偏

振，使之现在朝菱体 190 反射离开界面 204。经过输出面 193 进入菱体 190 后，第一光束 f_1 向上反射离开菱体子组件 190 的角隅，从而入射到非偏振的分束器 192 上并从其反射，在该处第一光束 f_1 与第二光束 f_2 合并，合并的光束含有信息 Δf ，它用于计算运动的平面反射镜 112 的位移或位置。还要注意，菱体 190 提供了两组相同的合并光束输出 220 和 221，用作在此输出之一不可用的情况下的冗余。每个此合并光束输出 220 或 221 都包含信息 $(f_1-f_2) \pm \Delta f$ ，该信息在后续步骤中用于计算运动反射镜 112 的位移或位置。

接着参考图 3，第二光束 f_2 经过菱体子组件的输入面 191 进入干涉仪 45，由于其 p 偏振态而穿过界面 204，经过四分之一波片 180 透射并改变为第一圆偏振态，并反射离开运动平面反射镜 112，所述运动平面反射镜 112 改变圆偏振的方向。反射的光束 f_2 再次进入四分之一波片 180，在该处改变为线性的 s 偏振态，然后由界面 204 向下反射。向下反射的光束 f_2 接着由角隅 101 向侧面和向上反射，从而入射到界面 204 上并由其向反射镜 112 反射，从反射镜 112 反射回干涉仪 45，作为合并光束 220 和 221 的一部分从菱体 190 出射。

在图 3 中，光束阻挡器 120、122 和 124 总体上布置在四分之一波片 170 和 190 与反射镜 110 和 120 之间，以捕获、吸收、散射、漫射入射到其上的外来的或不期望的光束，或者使之发生适当的或无害的反射，否则所述外来的或不期望的光束可能混入入射到反射镜 110 和 112 上并由其反射的光束 f_1 和 f_2 或者与之干涉。在图 3 所示光束 f_1 和 f_2 的期望光路之外行进的许多外来的或不期望的光束被光束阻挡器 120、122 和 124 捕获、漫射、无害地反射或吸收。

与四分之一波片 170 和静止反射镜 110 相对应的光束阻挡器 120 居中设置，或者说设在光束 f_2 的期望光路 231 和 233 之间，而光束阻挡器 122 和 124 非居中设置，或者说设在即期望的光路 235 和 237 的每一侧。注意，在图 3 和图 4 中，光路 235 和 237，以及光束阻挡器 122 和 124 位于假想中心轴 250 的两侧。

光束阻挡器 120、122 和 124 由能够对外来或不期望的光束进行适当

的吸收、漫射、散射、反射、折射或其他方式的适当重定向的合适材料形成，目的是防止这种外来的或不期望的光混入光束 f_1 和 f_2 或与其干涉。因此，光束阻挡器 120、122 和 124 上可以设有不透光的或粗糙的表面，或者由光学反射或折射材料形成为将截获的外来光导向光路 231、233、235 和 237 之外。本领域技术人员所知的其他材料当然也可以用于同一目的。

注意，图 3 所示本发明的实施例对于每一光束 f_1 和 f_2 具有平衡或等效的玻璃路径。即，光束 f_1 和 f_2 所经过的玻璃或其他光学透明或基本透明材料的总数基本相同。这种平衡的玻璃路径大大减小了干涉仪 45 的各个元件的热膨胀和收缩引起的误差，因为沿光束 f_1 和 f_2 经过的每一路径产生的膨胀或收缩量相同。还要注意，直到光束 f_1 和 f_2 刚刚由菱体 190 合并并作为合并光束 220 和 221 输出之前，偏振光束 f_1 和 f_2 都没有发生混合。偏振光束混合的这种减小大大降低了光混合引起的误差。

接着参考图 3，干涉仪 45 包括具有第一输入表面 191 和第一输出表面 193 的菱体子组件 190，非偏振分束界面 192 位于其中。偏振分束器子组件 206 分别包括至少第一表面、第二表面、第三表面和第四表面 207、208、209 和 210，并包括位于其中的偏振分束器界面 204。偏振分束器界面 204 优选地包括浸没式偏振分束涂层，或者夹在两层光学玻璃之间的介电涂层，所述涂层可以选择性地使入射到其上的光束起偏。第一四分之一波片 170 具有第一输入面 172，第二四分之一波片 180 具有第二输入面 182。

菱体子组件 190 的第一输出表面 193 优选地通过光学透明或基本上光学透明的粘合剂或胶结合到分束器子组件 206 的第一面 207。第一四分之一波片 170 和第二四分之一波片 180 的第一输入面 172 和第二输入面 182 也优选地通过光学透明或基本上光学透明的粘合剂或胶结合到分束器子组件 206 的第三面 209。或者，四分之一波片 170 和 180 也可以与 PBS 组件的表面 208 和 209 光学接触。

如图 3 到图 6 所示，菱体子组件 190、四分之一波片 170 和 180、以及分束器子组件 206 设置为结合在一起，以使第一光束 f_1 和第二光束 f_2 无需首先经过非偏振或偏振的分束界面 192 或 194 就能够进入干涉仪组件 45，

使得第一光束 f_1 和第二光束 f_2 无需首先分束并由部分界面 192 或 194 反射就进入分束器子组件 206。

菱体子组件 190、角隅 101 和 103、偏振分束器子组件 206 以及四分之一波片 170 和 180 各优选地包括经过适当机加工（或以其他方式形成）和涂敷的玻璃片或元件的堆叠，如授权给 Bockman 的美国专利 No. 6,542,247 中所说明的。在本发明的优选实施例中，菱体子组件 190 是通过将两块玻璃粘合或胶合在一起形成的，粘合剂或胶的界面形成其分振幅或分光束界面。而且，这种子组件的面 193 和 207、172 和 208、182 和 209、103 和 210 以及 105 和 210 优选地彼此胶合，如授权给 Bockman 的美国专利 No. 6,542,247 中所说明的。因此，与上文中所述的术语“单块”的定义一致，图 3 到图 6 中示出的干涉仪 45 是单块的。

但是，注意静止反射镜 110 可以通过各种适当方式结合到干涉仪 45，光束阻挡器 120、122 和 124 也一样。在本发明的一种优选实施例中，运动反射镜 112 没有结合到干涉仪 45。

还要注意，光束阻挡器 120、122 和 124 可以采取任意数量的合适形状，例如圆形、椭圆形、正方形、矩形或三角形，还可以包括具有一个或多个孔的形状，所述一个或多个孔穿过光束阻挡器以使期望的光路 231、233、235 和 237 能够从其通过。此外，光束阻挡器 120、122 和 124 中任意一个的一个以上表面都可以纹路化或设置为截获入射到这些光束阻挡器的任何表面上的光。因此，并且仅仅作为示例，图 3 所示光束阻挡器 122 的左、右、上、下表面可以纹路化或设置为截获入射到其上的光，所述光来自偏振分束器子组件 206 的方向、平面反射镜 112 的方向、平面反射镜 110 的方向、光路 233 的方向或者光路 235 或 237 的方向。

图 4 示出了本发明的单角隅干涉仪的一种实施例，它提供了单一的输出，并包括偏振分束界面 194。图 4 所示本发明的实施例包括含有界面 194 的分振幅起偏菱体子组件 190，所述界面 194 使入射到其上的光束 f_1 反射， f_2 透射，并提供了包括光束 f_1 和 f_2 的合并输出光束 220。与图 3 所示本发明的实施例一样，偏振分束器子组件 206 的偏振分束器界面 204 对入射到其上的 p 偏振或 s 偏振的光束进行阻挡和反射，或使之通过。与图

3 中一样，四分之一波片 170 和 180 在经过其透射的光束中引起偏振态改变。注意，图 4 所示本发明的实施例只提供了一个合并光束输出 220。

菱体子组件 190、偏振分束器子组件 206、角隅 101 和四分之一波片 170 和 180 各自优选地包括经过适当机加工（或以其他方式形成）和涂敷的玻璃片的一个或多个堆叠，如授权给 Bockman 的美国专利 No. 6,542,247 中说明的。而且，这种子组件的面 193 和 207、172 和 208、182 和 209、103 和 210 以及 105 和 210 优选地彼此胶合，如授权给 Bockman 的美国专利 No. 6,542,247 中所说明的。或者，面 172、208、182 和 209 也可以是光学接触的。因此，与上文中所述的术语“单块”的定义一致，图 4 所示的干涉仪 45 是单块的。

与图 3 所示的本发明的实施例一样，光束阻挡器 120、122 和 124 总体上布置在四分之一波片 170 和 190 与反射镜 110 和 120 之间，以捕获、散射、漫射入射到其上的外来的或不期望的光束，或者使之发生适当的或无害的反射，否则所述外来的或不期望的光束可能混入入射到反射镜 110 和 112 上并由其反射的光束 f_1 和 f_2 或者与之干涉。在图 4 所示光束 f_1 和 f_2 的期望光路之外行进的许多外来的或不期望的光束被光束阻挡器 120、122 和 124 捕获、漫射、无害地反射或吸收。与图 3 中一样，与四分之一波片 170 和静止反射镜 110 相对应的光束阻挡器 120 居中设置或者设在光束 f_2 的期望光路 231 和 233 之间，而光束阻挡器 122 和 124 非居中设置或者设在期望的光路 235 和 237 的每一侧。光束阻挡器 120、122 和 124 可以由适当的材料形成，并可以如上所述设置。

注意，图 4 所示本发明的实施例具有平衡或等效的玻璃路径。即，光束 f_1 和 f_2 所经过的玻璃或其他光学透明或基本透明材料的总数基本相同。这种平衡或等效的玻璃路径大大减小了干涉仪 45 的各个元件的热膨胀和收缩引起的误差，因为沿光束 f_1 和 f_2 经过的每一路径产生的膨胀或收缩量相同。还要注意，与图 3 中一样，直到光束 f_1 和 f_2 刚刚由菱体 190 合并并作为合并光束 220 输出之前，偏振光束 f_1 和 f_2 都没有发生混合。偏振光束混合的这种减小大大降低了光混合引起的误差。

图 5 示出了本发明的双角隅干涉仪的一种实施例，它提供了冗余输出

并包括非偏振分束界面 192。图 5 所示本发明的实施例包括含有非偏振界面 192 的菱体子组件 190，所述界面 192 使入射到其上的光束 f_1 和 f_2 取决于其偏振态而透射和反射，并提供了两个冗余的合并输出光束 220 和 221，每个输出光束都包括光束 f_1 和 f_2 。

如图 3 和图 4 所示的本发明的实施例一样，偏振分束器子组件 206 的偏振分束器界面 204 对入射到其上的 p 偏振或 s 偏振的光束进行阻挡和反射，或使之通过。四分之一波片 170 和 180 在经过其透射的光束中引起偏振态改变。注意，图 5 所示本发明的实施例包括两个独立的角隅 101 和 102，它们通过面 103 和 105 结合到分束器子组件 206 的面 210。角隅 102 对光束 f_1 进行反射和重定向，而角隅 101 对光束 f_2 进行反射和重定向。

菱体子组件 190、偏振分束器子组件 206、角隅 101 和四分之一波片 170 和 180 是优选地根据上述教导构建和形成的。因此，与上文中所述的术语“单块”的定义一致，图 5 所示的干涉仪 45 是单块的。

在图 5 中，光束阻挡器 120 和 122 总体上布置在各光路 231、233、235 和 237 的横向，以捕获、散射、漫射入射到其上的外来的或不期望的光束，或者使之发生适当的或无害的反射，否则所述外来的或不期望的光束可能混入光束 f_1 和 f_2 或者与之干涉。在图 5 所示光束 f_1 和 f_2 的期望光路之外行进的许多外来的或不期望的光束被光束阻挡器 120 和 122 捕获、漫射、无害地反射或吸收。

但是注意，与图 3 和图 4 中不同，光路 231 和 233 设置为彼此相邻，结果光束阻挡器 120 相对于四分之一波片 170 位于横向。同样与图 3 和图 4 中不同，只使用了一个光束阻挡器 122 来拦截外来光，否则所述外来光可能混入光路 235 和 237 或与之干涉。注意，光路 235 和 237、以及光束阻挡器 122 设在图 5 和图 6 中假想中心轴 250 的每一侧。

光束阻挡器 120 和 122 可以由适当的材料形成，并可以如上所述设置。

注意，图 5 中所示本发明的实施例具有平衡或等效的玻璃路径。即，光束 f_1 和 f_2 所经过的玻璃或其他光学透明或基本透明材料的总数基本相同。这种平衡的玻璃路径大大减小了干涉仪 45 的各个元件的热膨胀和收

缩引起的误差，因为沿光束 f_1 和 f_2 经过的每一路径产生的膨胀或收缩量相同。还要注意，与图 3 和图 4 中一样，直到光束 f_1 和 f_2 刚刚由菱体 190 合并为合并光束 220 并输出之前，偏振光束 f_1 和 f_2 都没有发生混合。偏振光束混合的这种减小大大降低了光混合引起的误差。

图 6 示出了本发明的双角隅干涉仪的一种实施例，它提供了单一输出并包括偏振分束界面 194。图 6 所示本发明的实施例包括含有偏振界面 194 的分振幅偏振菱体子组件 190，所述界面 194 使入射到其上的光束 f_1 和 f_2 取决于其偏振态而透射和反射，但是只提供了单一的合并输出光束 220，所述合并输出光束 220 包括光束 f_1 和 f_2 。

与图 5 中一样，设置了两个独立的角隅 101 和 102，它们通过面 103 和 105 结合到分束器子组件 206 的面 210。角隅 102 对光束 f_1 进行反射和重定向，而角隅 101 对光束 f_2 进行反射和重定向。菱体子组件 190、偏振分束器子组件 206、角隅 101 和四分之一波片 170 和 180 是优选地根据上述教导构建和形成的。因此，与上文中所述的术语“单块”的定义一致，图 6 所示的干涉仪 45 是单块的。

与图 5 中一样，光束阻挡器 120 和 122 总体上布置在各光路 231、233、235 和 237 的横向，以捕获、散射、漫射入射到其上的外来的或不期望的光束，或者使之发生适当的或无害的反射，否则所述外来的或不期望的光束可能混入光束 f_1 和 f_2 或者与之干涉。在图 6 所示光束 f_1 和 f_2 的期望光路之外行进的许多外来的或不期望的光束被光束阻挡器 120 和 122 捕获、漫射、无害地反射或吸收。

与图 5 中一样，光路 231 和 233 设置为彼此相邻。因此，光束阻挡器 120 相对于四分之一波片 170 位于横向。同样与图 5 中一样，只使用了一个光束阻挡器 122 来拦截外来光，否则所述外来光可能混入光路 235 和 237 或与之干涉。光束阻挡器 120 和 122 可以由适当的材料形成，并可以如上所述设置。

注意，图 6 中所示本发明的实施例具有平衡的玻璃路径。即，光束 f_1 和 f_2 所经过的玻璃或其他光学透明或基本透明材料的总数基本相同。这种平衡的玻璃路径大大减小了干涉仪 45 的各个元件的热膨胀和收缩引起的

误差，因为沿光束 f_1 和 f_2 经过的每一路径产生的膨胀或收缩量相同。还要注意，与图 3、图 4 和图 5 中一样，直到光束 f_1 和 f_2 刚刚由菱体 190 合并为合并光束 220 并输出之前，偏振光束 f_1 和 f_2 都没有发生混合。偏振光束混合的这种减小大大降低了光混合引起的误差。

注意，由于本发明的某些实施例包括单块的干涉仪，所述干涉仪包括直接结合在一起的光学元件，因此可以不需要框架或类似物来对其各个光学元件进行支撑和定位。

尽管已知 Schott BK-7 玻璃是特别适用于此处所述类型的单块干涉仪的玻璃，但可以使用除了玻璃之外的光学上合适的材料来构成本发明的输入菱体和偏振分束器子组件。如上所述，本发明可以用于单程或双程干涉仪以及具有三个或更多光轴的干涉仪。本发明的各种实施例中也可以采用除了氦氖光源之外的激光源。结果是，本发明在其范围内包括多轴干涉仪，其中输入光束 f_1 和 f_2 根据授权给 Bockman 的美国专利 No. 6,542,247 中的教导由输入菱体分为所需轴的数目。此外，此处所公开的各种结构、构造、系统、组件、子组件、元件和概念可以用于非单块的干涉仪中。

因此，此处提出的某些权利要求并非意在限于本发明的单块实施例，而其他权利要求不限于此处附图中明确示出的或说明书中明确讨论的本发明的各种实施例。上文中所述的所有发明和公开各自的全部内容通过引用而结合于此。

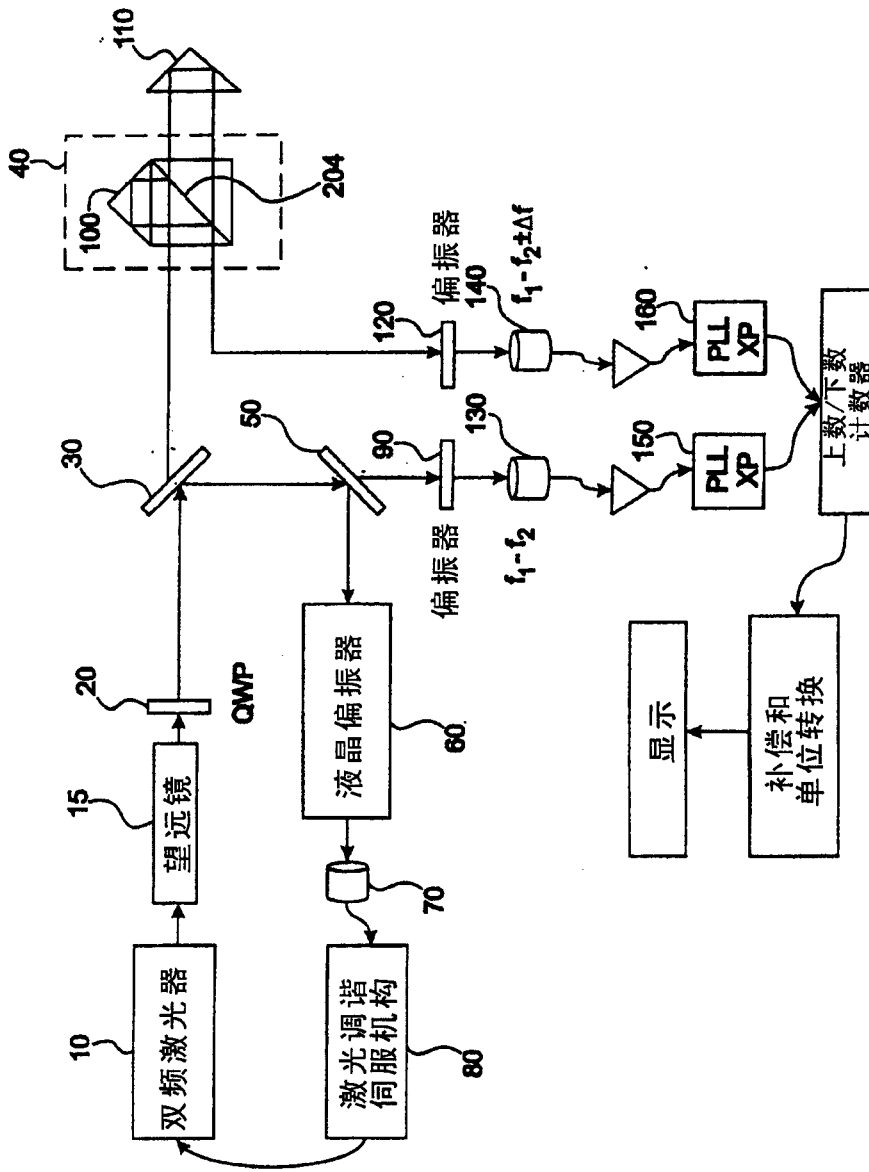


图1

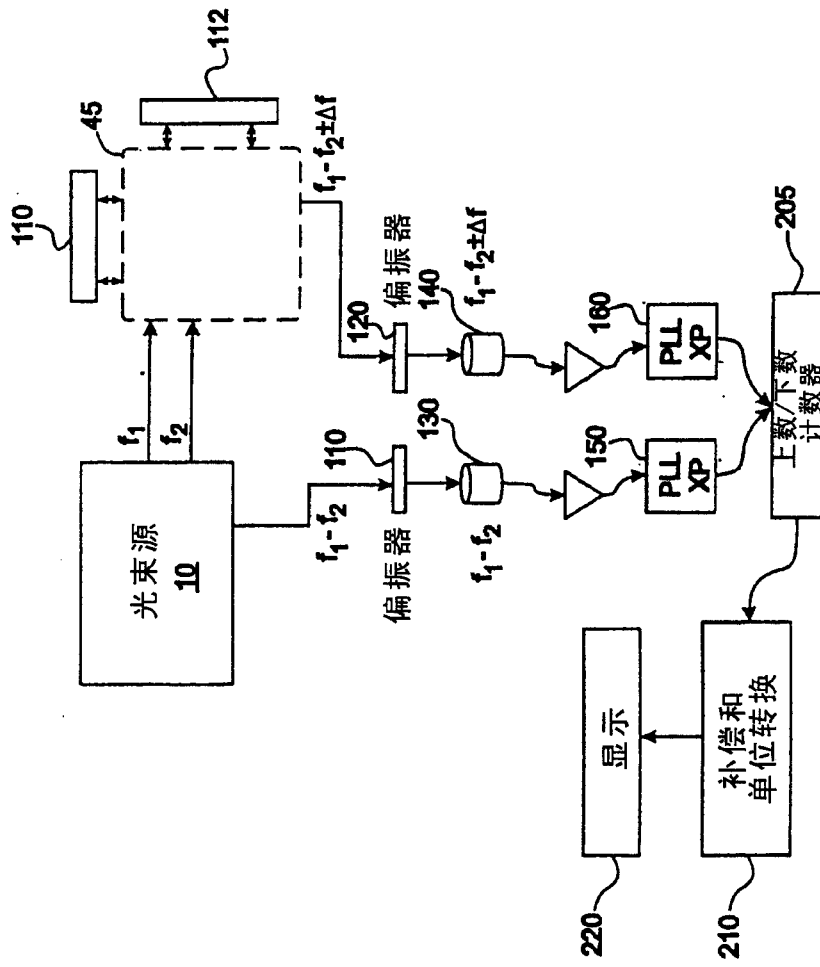


图2

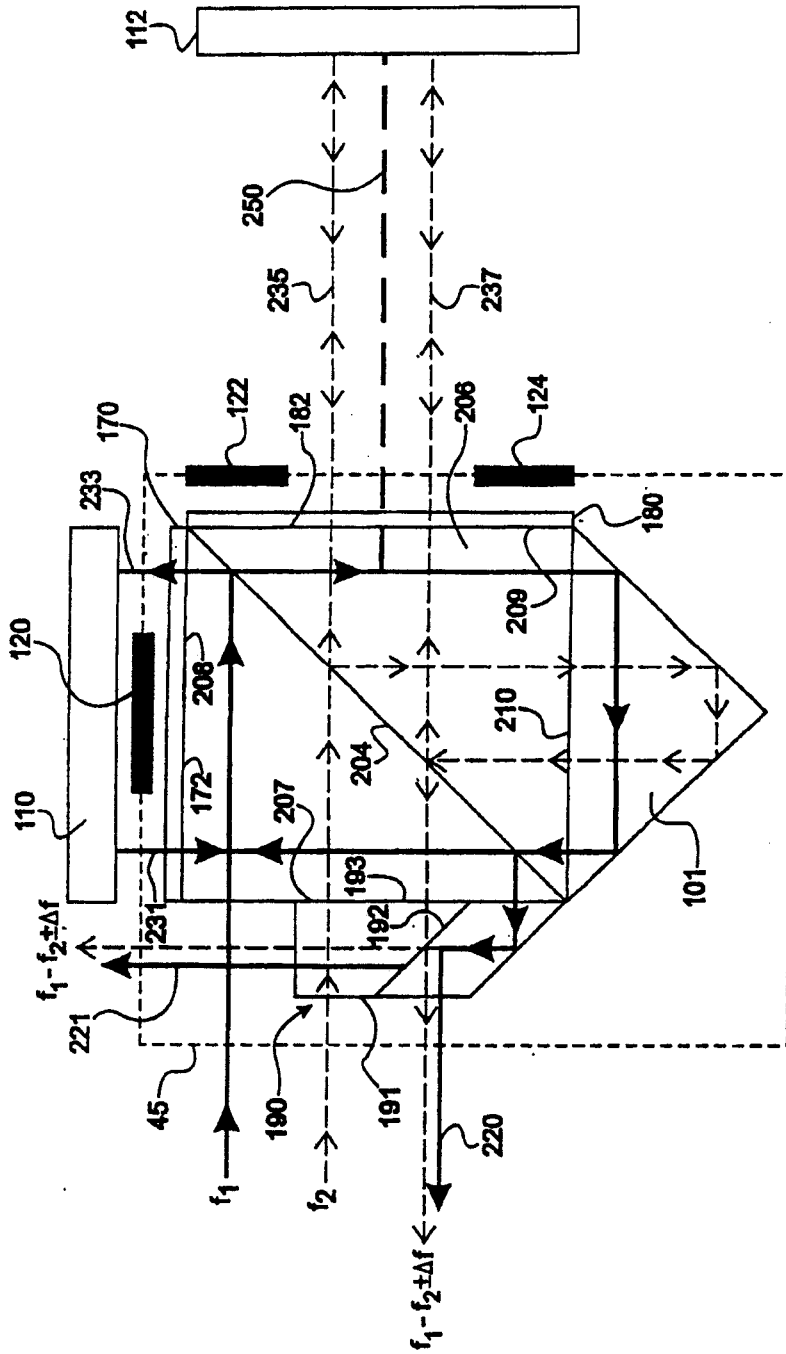


图3

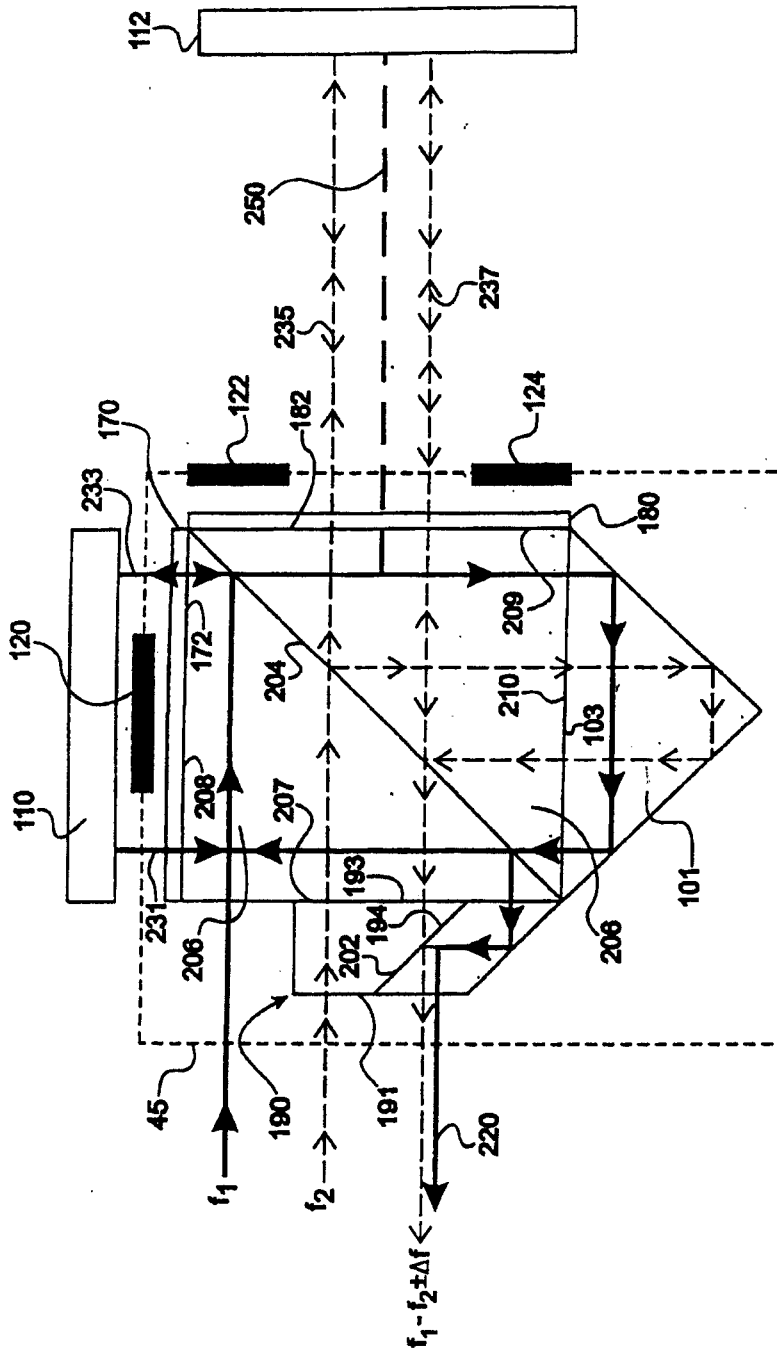


图4

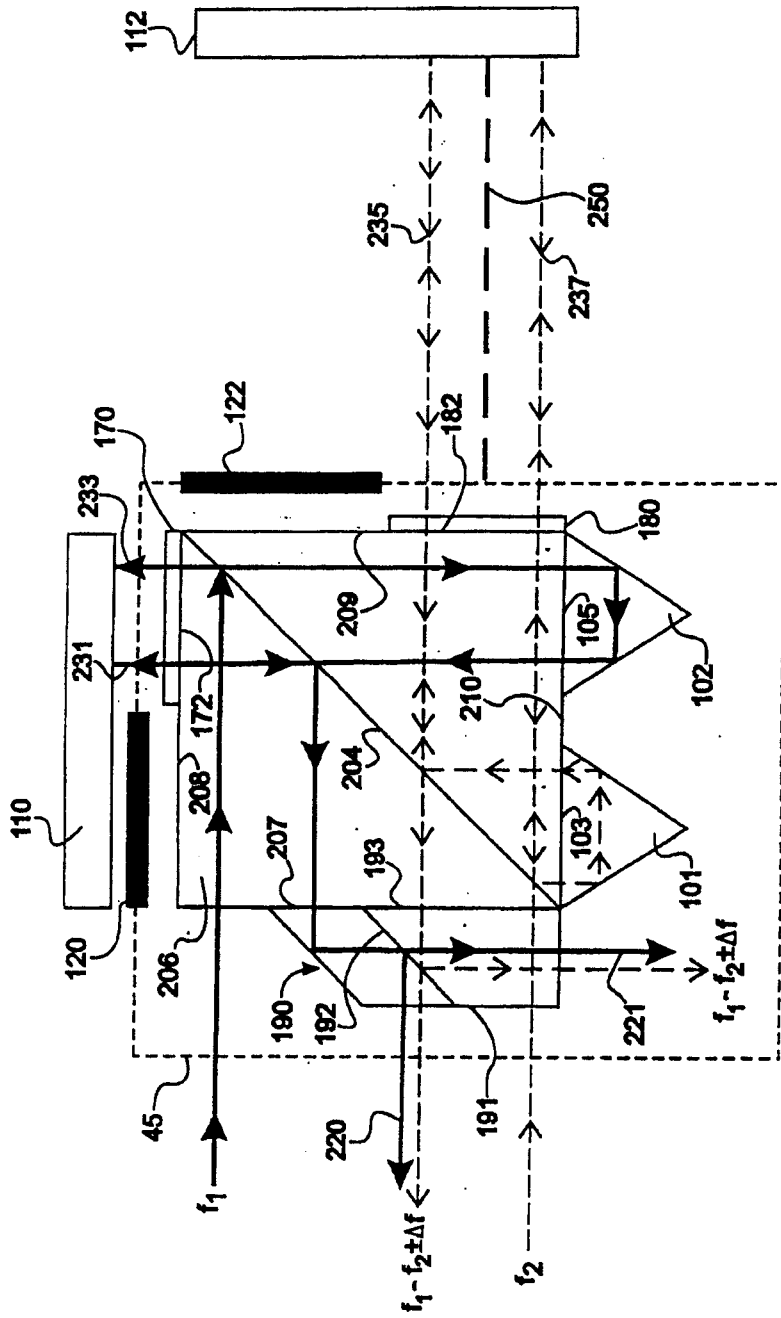


图5

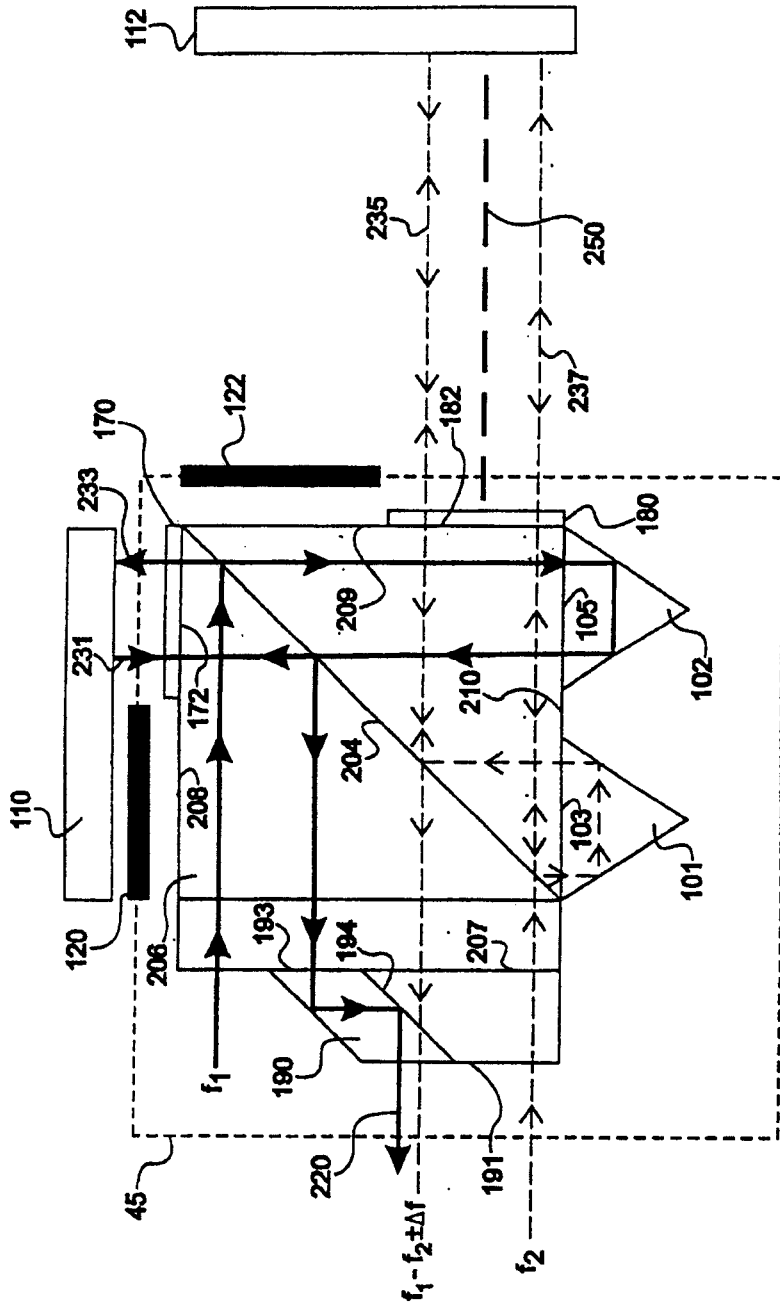


图6