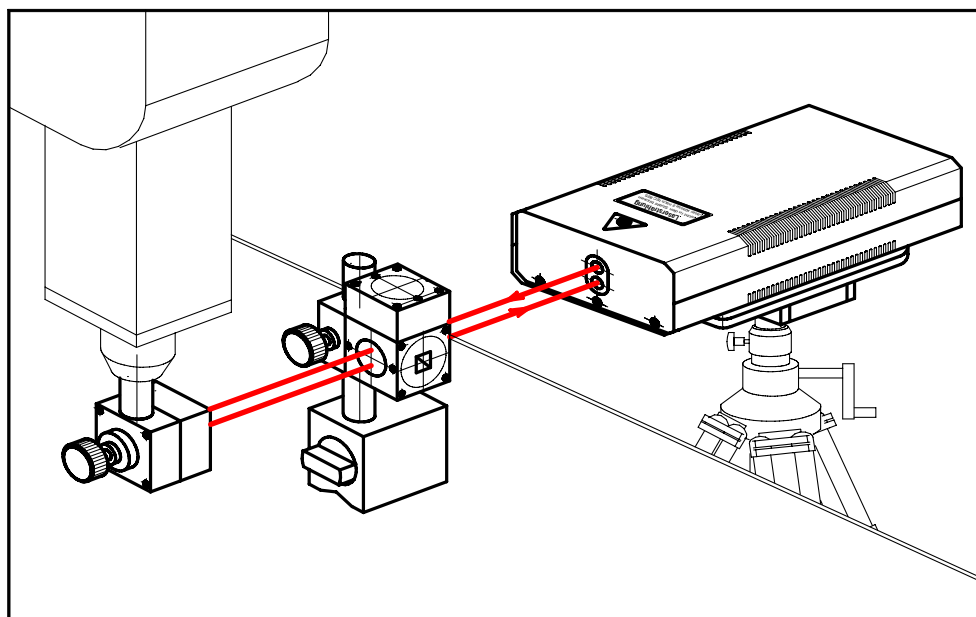


德国 JENAer 公司

双频激光干涉仪操作手册

ZLM 700 ZLM 800

用于平移量和旋转量测量的设备
(使用角隅反射镜、平面反射镜和测角反射镜)



JENAer Meßtechnik GmbH
Carl-Zeiss-Promenade 10
D-07745 JENA
GERMANY 德国制造
上海贝丁汉工业自动化设备有限公司总代理
网址: WWW.BEIDINGHAN.COM
手机: 13564994396

© 在未经得供方同意的情况下，本操作手册的内容不得以任何方式提供给第三方使用，如有违反将承担相关法律责任。

产品如有变更，恕不另行通知。

生产商: JENAer Meßtechnik GmbH
Carl-Zeiss-Promenade 10
D - 07745 Jena
GERMANY

Phone: +49 3641 64 - 2978
Fax: +49 3641 64 - 2603
Homepage: www.jenaer-mt.de
e-mail: info@jenaer-mt.de

总代理: 上海贝丁汉工业自动化设备有限公司
电话: 021-50265166
传真: 021-23010464
网址: www.beidinghan.com
手机: 13564994396

版本发布日期: 01.09.2003

在对激光干涉仪进行操作之前，请务必认真阅读本操作手册的内容。

请让每位操作员工认真学习本操作手册和随机器提供的其他文件。

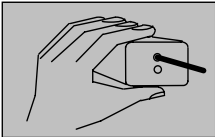
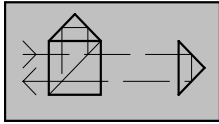
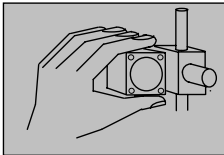
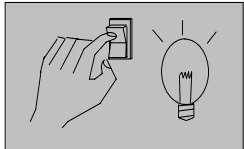
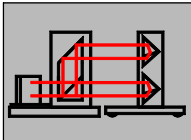
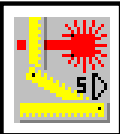
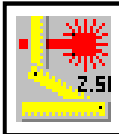
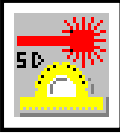
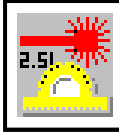
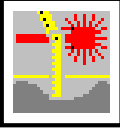
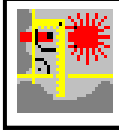
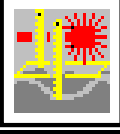
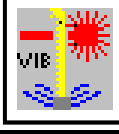
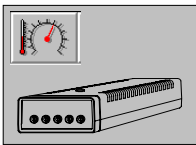
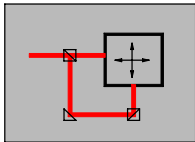
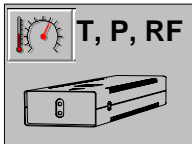
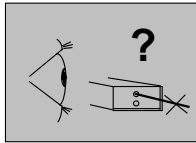
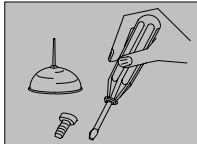

在非经授权的情况下，任何操作员工和其他人员都不得对激光干涉仪进行调整和修理。

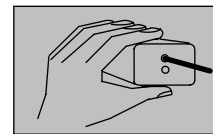
由于用户的非正常操作、没有遵循操作手册、误操作、自然磨损或不可抗力而导致的产品损坏，供方不承担任何责任和损失。

要使用 JNEAer 激光干涉仪，还必须遵循 JENAer Meßtechnik GmbH 公司相关的销售条款。

ZLM 700 / 800 – 目录

采用卡尔蔡司光学元件

<p>安全须知</p> 	<p>设备概要</p> 
<p>元件安装</p> 	<p>设备启动</p> 
<p>激光干涉仪的功能</p> 	
<p>角隅反射镜干涉仪 - 位置测量 269302-4001.123 A</p> 	<p>平面反射镜干涉仪 - 位置测量 269302-4001.223 B</p> 
<p>角隅反射镜干涉仪 - 角度测量 269302-4001.323 C</p> 	<p>平面反射镜干涉仪 - 滚动角测量 269302-4001.423 D</p> 
<p>直线度测量干涉仪 - 直线度测量 269302-4001.523 E</p> 	<p>直线度测量干涉仪 - 垂直度测量 269302-4001.623 F</p> 
<p>平面度测量干涉仪 - 平面度测量 269302-4001.723 G</p> 	<p>振动度测量干涉仪 - 振动度同心度测量 269302-4001.823 H</p> 
<p>多轴测量系统 ZLM800</p>  <p>I</p>	<p>AUK 环境自动传感器</p> <p>269302-4053.020</p> <p>AUK</p> 
<p>规范/ 使用环境</p> 	<p>常见问题</p> 
<p>保养与维护</p> 	<p>维修服务</p> 



1. 安全须知

总体要求

在使用设备之前，请认真学习本操作手册，更多的信息请与我们的经销商联系！



请注意本手册的警告和要点！

1.1. 使用 He-Ne 激光头注意事项

ZLM 系列激光干涉仪中使用的 He-Ne 气体是由设备电源通过转换为直流来产生的，请注意电气设备的安全操作要求：

1. 激光头电源只能连接到有接地功能的插座上。
2. 当激光头没有盖好或正在通电的情况下，不要打开 He-Ne 激光器。

ZLM 700 / 800 激光干涉仪使用的激光是符合 DIN EN 60 825-1 (11/2001) 标准的 2 级激光。由于辐射能量低（最大 1mW），在操作过程中不需要使用安全防护镜（闭上眼睛就可保护激光束对眼睛直射造成的伤害），本干涉仪不会自行起火。

只有经过培训和授权的操作员工才能对激光干涉仪进行启动、操作和调节。



警告！

不可让激光干涉仪处在无人看管的情况下进行工作，请注意以下建议：

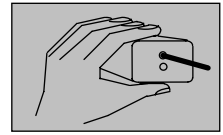
- 安装干涉仪时，不要让激光束与眼睛水平等高。
- 不要用眼睛直接对视激光束及反射光束。
- 除了操作员自身配戴的眼镜外，不要使用除干涉仪的光学元件外的其他产品来对视激光束。
- 不要拿激光束照射他人。
- 避免由于反射而给他人造成伤害。



危险！激光辐射！

即使使用其他辅助器件，也不要对视激光束！

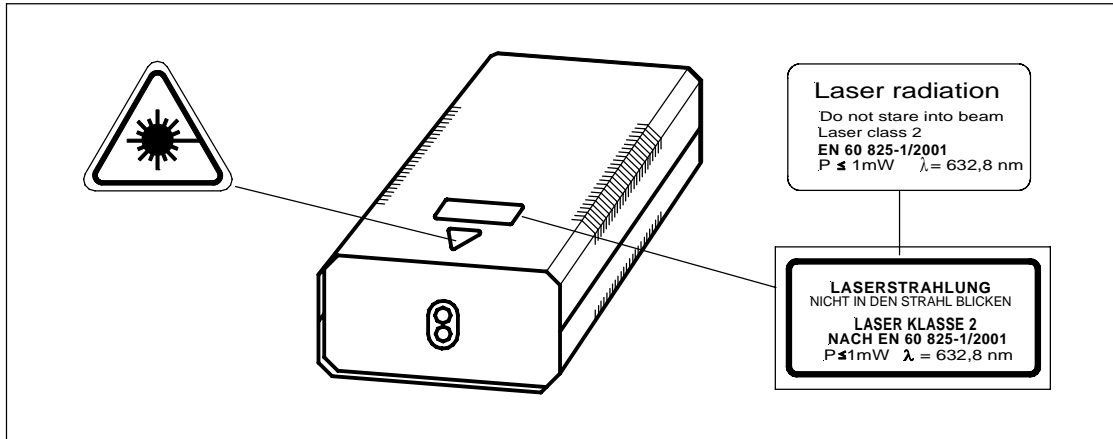
激光等级：2



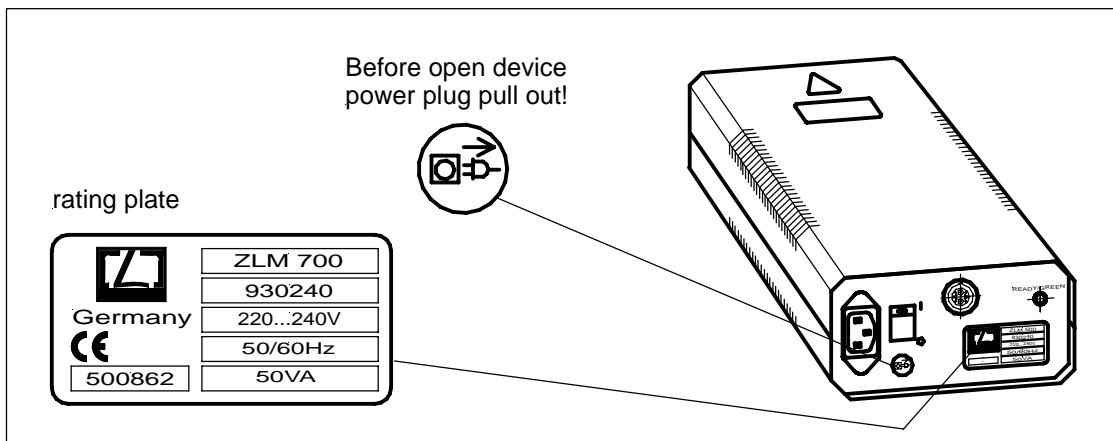
1.2. 操作与警告标签

1.2.1. 欧洲标准 / 220 V

标签在激光头的上部

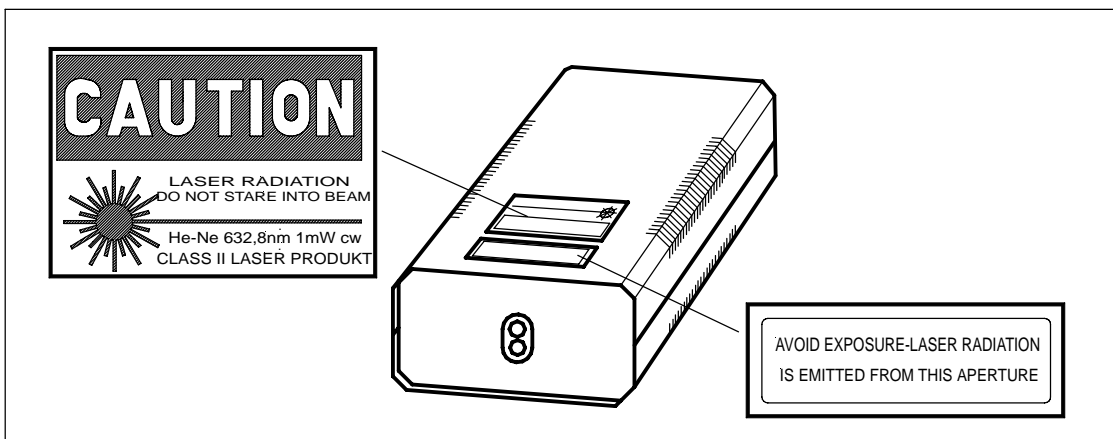


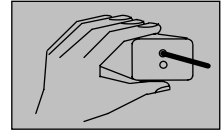
铭牌和其他标签在激光头的尾部



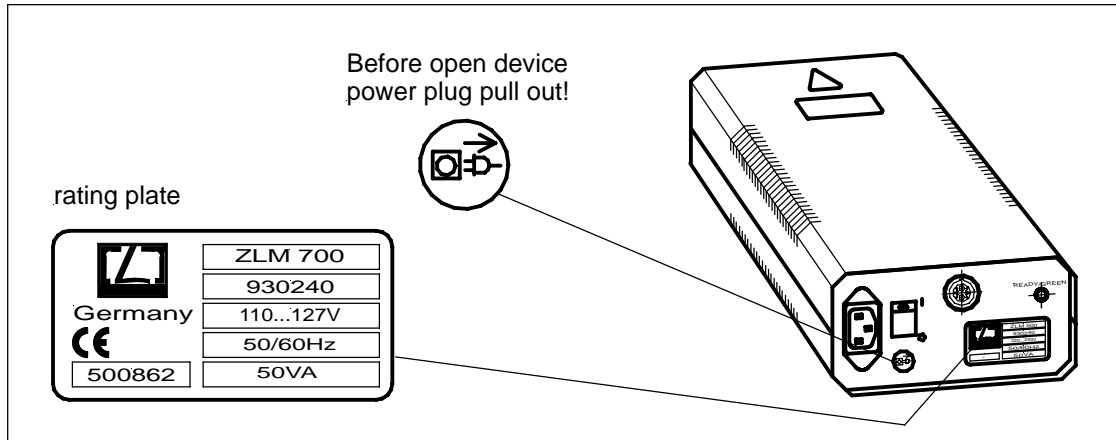
1.2.2. 美国标准 / 110 V

标签在激光头的上部





铭牌和其他标签在激光头的尾部



1.3. 电磁兼容 EMI

本激光干涉仪符合设备安全规范的要求。符合电子测量、操作装置和实验室标准规范 IEC 1010 – 1。符合 EMI 电磁兼容规范标准：

- EN 55011, 等级 A

- EN 50082 - 2

除了满足以上条件外，干涉仪的使用环境还必须符合以下要求：



EG 量具 – 具有 CE 认证

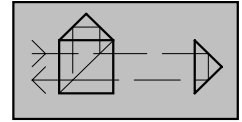
低电压 73/23/EWG
EMV 89/336/EWG

1.4. 储存和运输注意事项

ZLM 700 / 800 激光干涉仪在交货的时有一个储运箱 (见 P4-7 页的“元件安装” 部分)用于产品的储存和运输，它可以对设备进行良好的保护。建议不要使用其他储运箱，在运输的过程中要避免大的撞击和冲击力。

储运过程中的温度要求 $> -25^{\circ}\text{C} < 75^{\circ}\text{C}$ 。

在安装之前，需要让设备慢慢适应室内的温度，本干涉仪的工作温度是 $> 10^{\circ}\text{C} < 30^{\circ}\text{C}$ 。



2. 设备概要

应用

双频激光干涉仪 ZLM700/ZLM800 是用来测量距离的光学仪器，最大测量距离为 40m（使用其他元件可扩展为 120m），标准分辨率为 2.5nm（可选 1.25nm 或 0.63nm），速度为 4m/s（可选 16m/s）。它还可以测量由距离引申出来的几何量和运动量单位，如速度、加速度、角度、直线度、平行度、垂直度和平面度。

ZLM700/800 采用模块化设计。

ZLM700 主要用于机床的标定、坐标机的测量以及实验室的实验研究等各种用途。

由于采用模块化设计，用户根据测量目的的不同，可选择不同的光学镜元件来完成测量任务，即测量目的不同，选用的光学镜元件就不同。

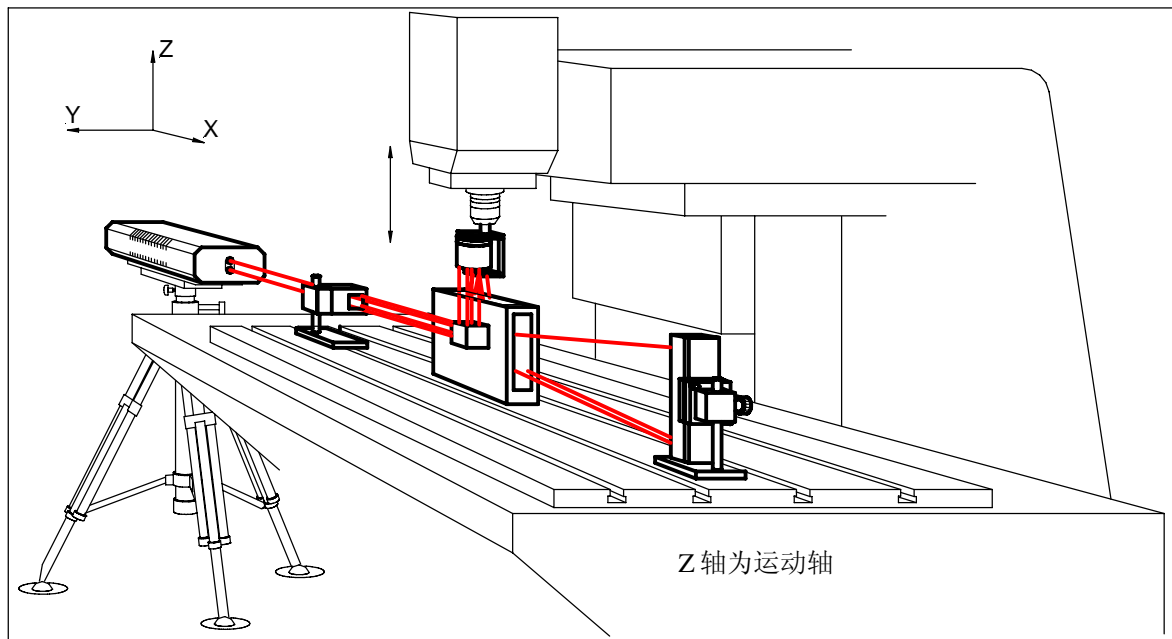


图 1: 机床上的垂直度测量

ZLM700 激光干涉仪的精度还取决于工作环境（环境温度、气压、湿度、材料温度）及设定情况（符合阿贝比较器原则）。

ZLM800 是多轴测量的干涉仪，用于快速精确的系统定位。主要运用于动态高分辨率的系统中，用来测量物体的位置偏差。测量精度取决于空气的折射率及采用何种组合方案。

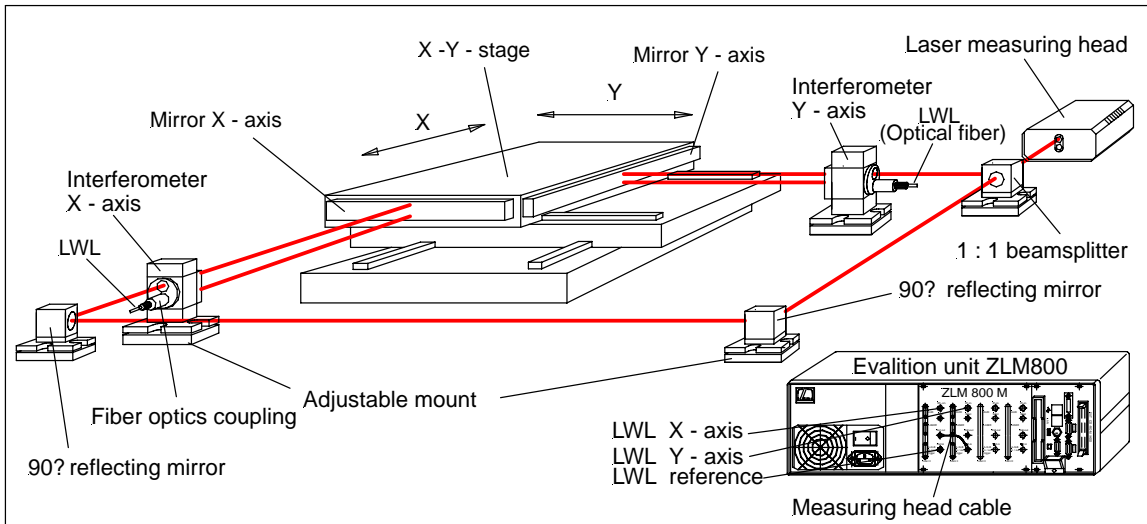
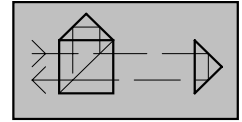


图 2: 应用示意图: 多轴测量

2.1. 工作原理

双频激光干涉仪采用的是外差式工作原理。包括激光头、光学镜组件 (用户根据测量目的的不同选用不同的元件)、数据处理器和 PC(见图 3)。激光头和数据处理器采用电缆连接。

数据处理器有三种选型方案:

- 笔记本电脑(坞站), 使用 PCI 总线系统
- PC, 使用 PCI 总线系统
- PC, 使用 PXI 总线系统

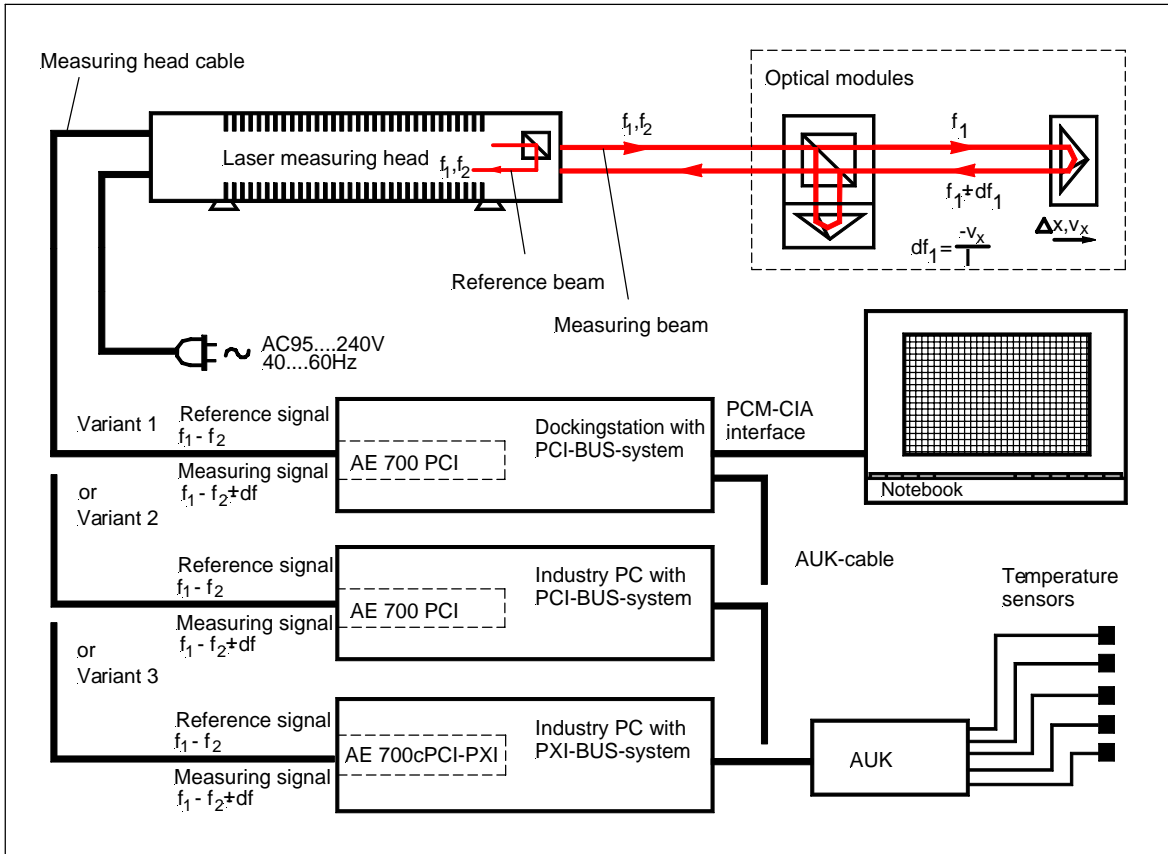
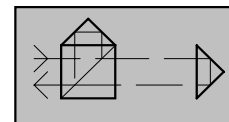


图 3: ZLM700 激光干涉仪系统的基本结构

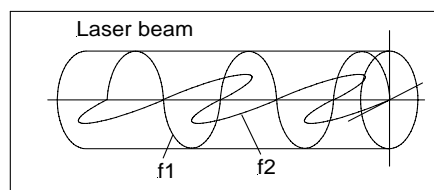


稳频 He-Ne 激光器产生一束 Ne 能量级的激光，在相互垂直的平面上形成包含 f_1 和 f_2 两个偏振正交频率。 f_1 和 f_2 的频差 $f_1 - f_2 = 640 \text{ MHz}$ 。

经过扩束准直器，把光束的直径放大为 6mm，这样的光束能够测量的长度距离为 40m，使用扩束准直器 AWS25/50，测量的距离可达到 120m。

使用分光镜，把一部分光强分开用作参考光束，经过偏振片后，偏振面改变 45° 。来自偏振片的光束经过同样的偏振面振动，偏振片后部的雪崩光电二极管（传感器 1）就能够探测到拍频信号 $f_1 - f_2 = 640 \text{ MHz}$ 。

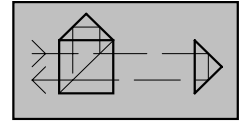
图 4
偏振面 f_1 为垂直方向，偏振面 f_2 为水平方向。



其余的光束用作测量光束，经过用户根据测量目的不同而选择的干涉仪后，测量光束撞击测量反射镜（安装在机器的运动轴上）和静态参考反射镜后传递到传感器 2。在干涉仪的整体结构中，测量光束经偏振分光镜后分成两个频率，测量反射镜仅接收频率 f_1 ，参考反射镜仅接收频率 f_2 。

在测量反射镜保持不动的情况下，传感器 2 同时还探测到光束的频差 $f_1 - f_2 = 640 \text{ MHz}$ 。如果测量反射镜移动，频率 f_1 由于多普勒频移就会产生一个 $\pm df_1$ 的频率。相应的，传感器 2 就会记录一个多普勒频移的频差 $f_1 - f_2 \pm df_1$ 作为测量频率 ($+df_1$ 或 $-df_1$ 取决于测量反射镜的运动方向)。

ZLM700 的电路检测器将参考频率 $f_1 - f_2$ 与测量频率 $f_1 - f_2 \pm df_1$ 进行对比。由于多普勒效应，通过比较就能够得出频移 $\pm df_1$ ，这个频移就是测量反射镜运动的距离。

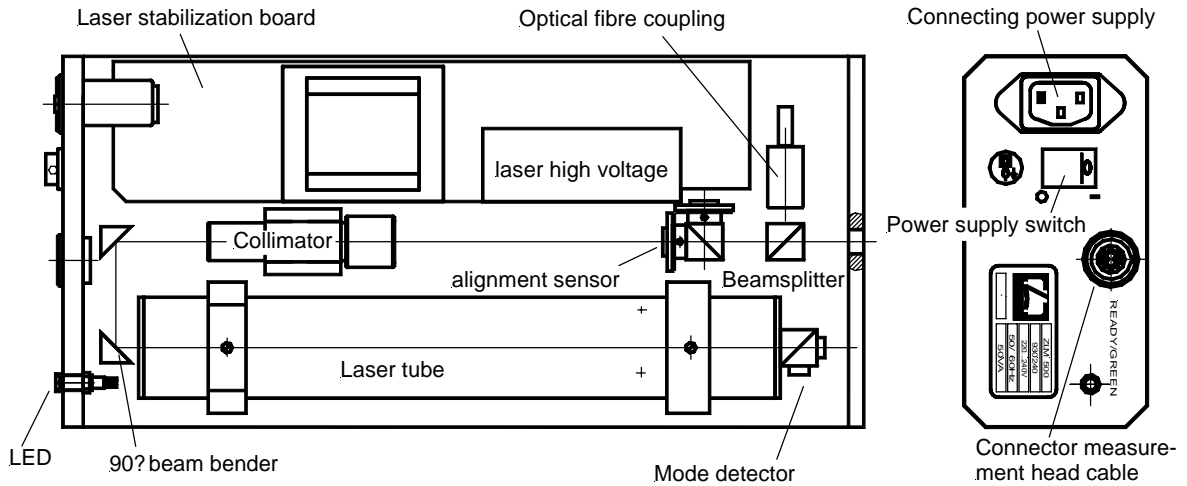


3. 激光头、三角架和云台

3.1. 部件及操作

激光头包括以下组件: He-Ne 激光管, 波长稳定的扩束准直器 (光束直径 6mm)、电源、90°光束转向镜、分光镜、用作参考光束和测量光束的光纤电缆耦合器、调整单元、带稳压器的线路板。

图 5: 激光头



激光头可轻松的从云台上安装和拆卸。如果需要从不同的方向来安装激光头, 可以拆卸掉底部的螺丝, 使用卡栓来进行安装, 另外还需要使用无张力的球形垫片和锥形垫片(图 6:)。

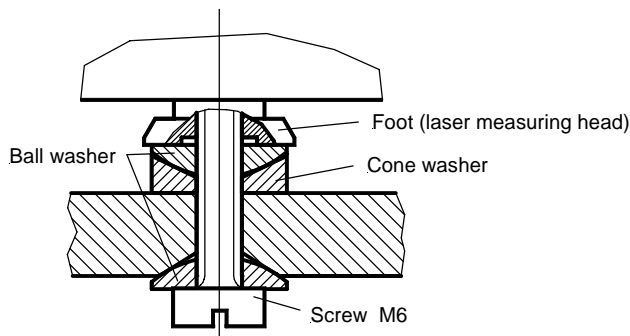
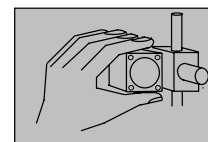


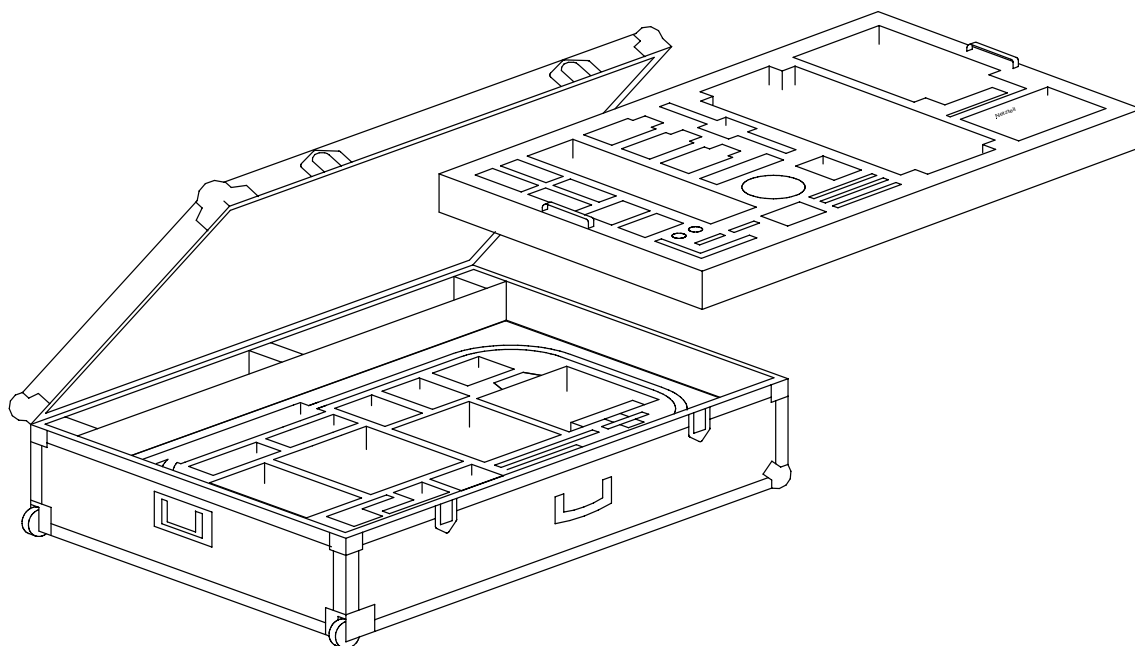
图 6:
激光头的安装

可调云台可以在水平方向和垂直方向对光束进行调整。

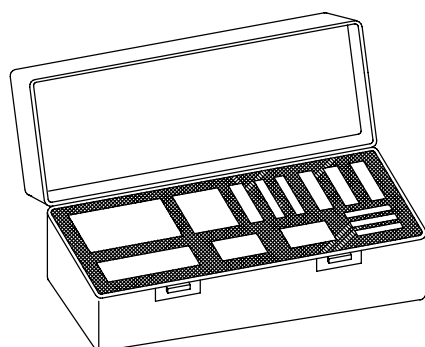
三角架的高度可以通过摇把进行调整。



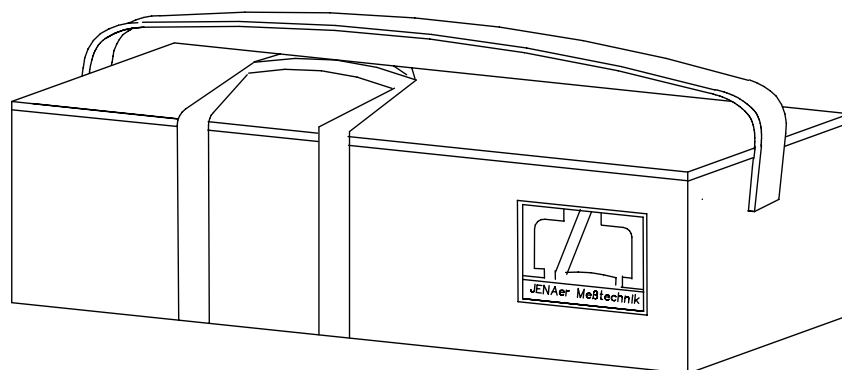
ZLM 700 储运箱



ZLM 700 叠放式储运箱

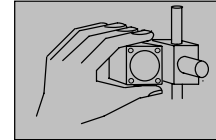


光学镜元件储存箱



三角架和云台储运箱

图 7a



光学镜元件分类储存箱
269302-4010.126

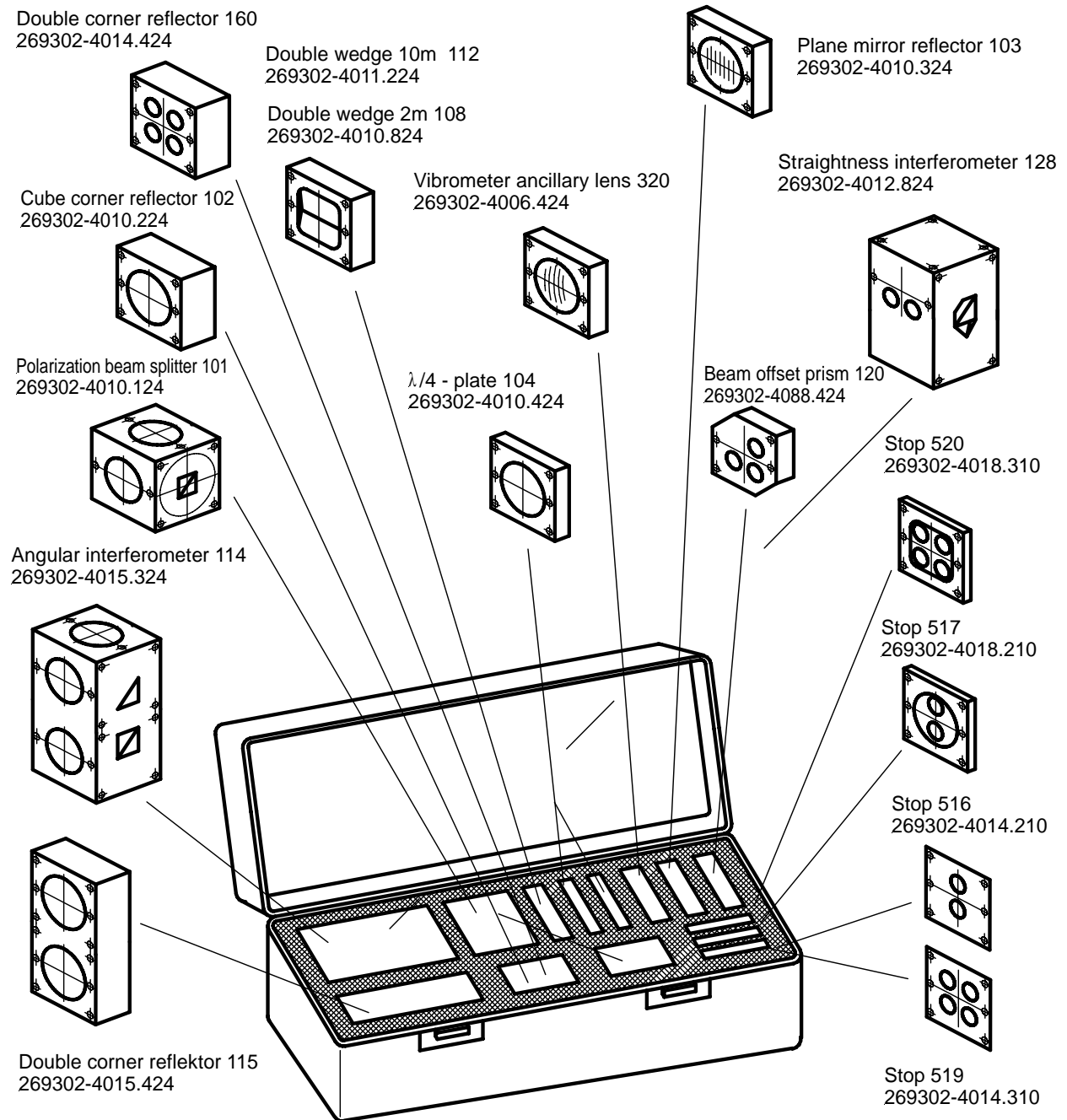


图 7b: 光学元件储运箱- 放置示意图

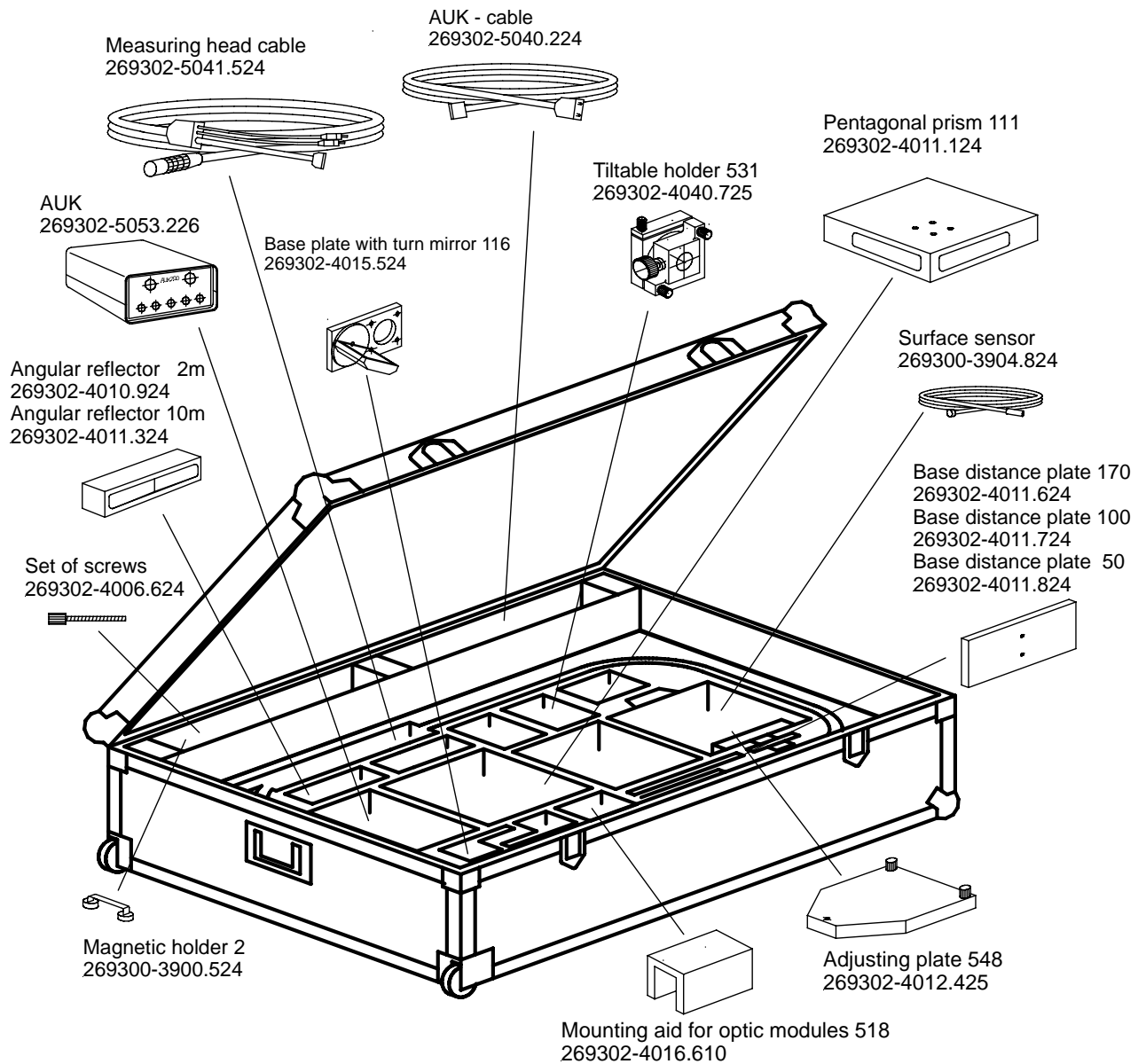
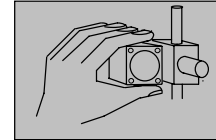


图 7c: ZLM 700 储存箱 269302-4003.524

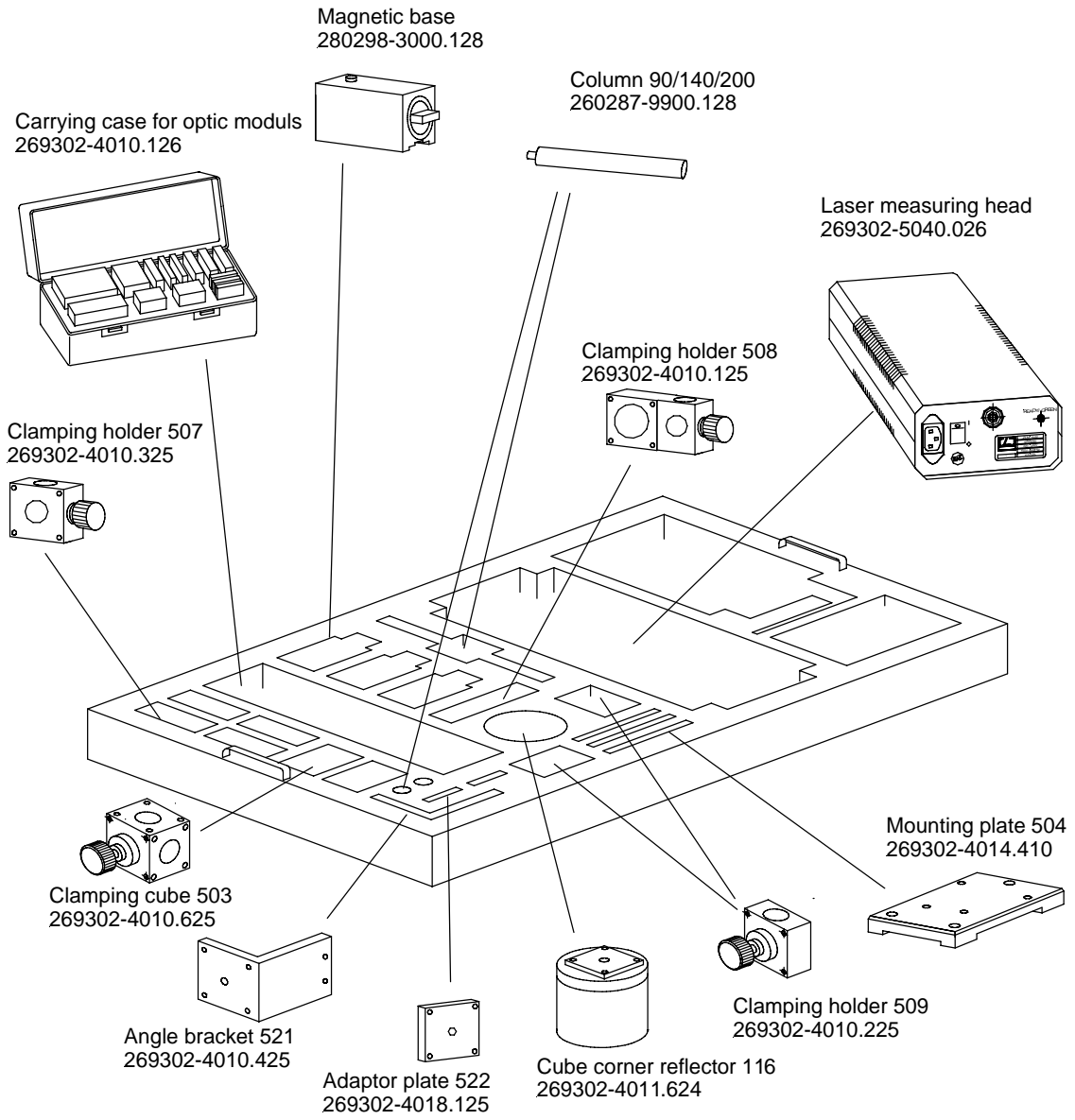
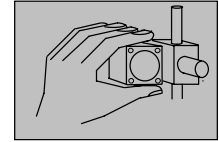
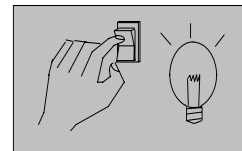


图 7d: ZLM700 储存箱衬件 **269302-4003.524**



4. 设备启动

4.1. 组件安装

ZLM 700 双频激光干涉仪的所有组件均放置在坚固的储运箱内 (图 7a...d)。把激光头、云台和三角架分别从储运箱内取出来放置在工作环境一段时间, 以适应环境温度。按照三角架-可调云台-激光头的先后顺序进行安装。

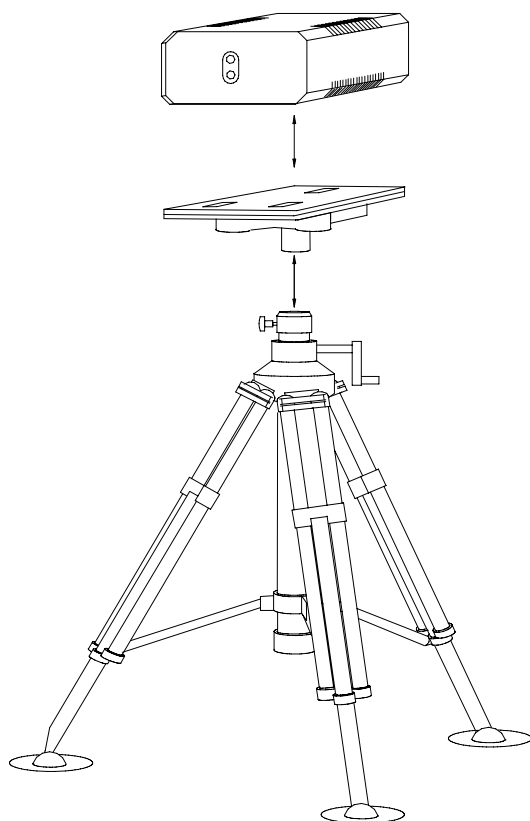
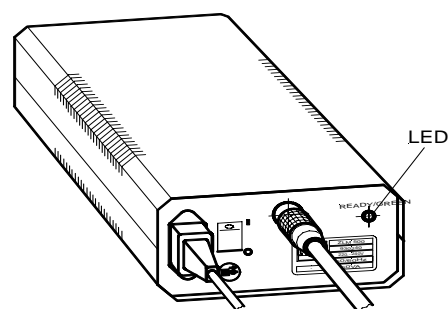


图 8 : 激光头、可调云台和三角架的安装

首先, 将三角架的腿展开放置在平面上。然后, 从可调柱上移去云台固定螺丝, 使用固定螺丝把云台固定在三角架上(固定结实)。把激光头放置在可调云台上, 使用自带的卡簧, 把激光头牢固的固定在三个卡孔内, 这样激光头部分就安装完成了。

连接激光头电源, 通过激光头后部的开关, 打开激光器, 然后进行光束调整。首先, 通过三角架在激光头和被测物体 (光学镜组件) 之间进行大致调整。

图 9:
激光头后部的 LED 灯显示波长是否稳定



红: 激光在两种状态间跳动
绿: 激光在正常的波长范围内工作

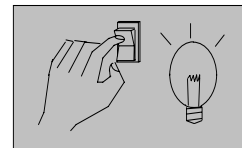
⇨ 激光不稳定
⇨ 激光稳定

通常情况下, 激光头预热需要 12 分钟。



重要

如果激光头的温度和环境温度相差很大, 可能需要更长的时间波长才能稳定。



系统组件安装完成并且激光头检查完毕后，就可以开启整个激光干涉仪测量系统了，系统包括：

激光头、可调云台、三角架

数据处理器 AE 700 N 或 AE 700 PCI 或 AE 700cPCI PXI

PC

光学镜组件

环境传感器 AUK



注意!

由于电磁兼容 EMC 问题，笔记本及坞站必须符合 CE 标准。在购买 PC 前，请咨询供应商。

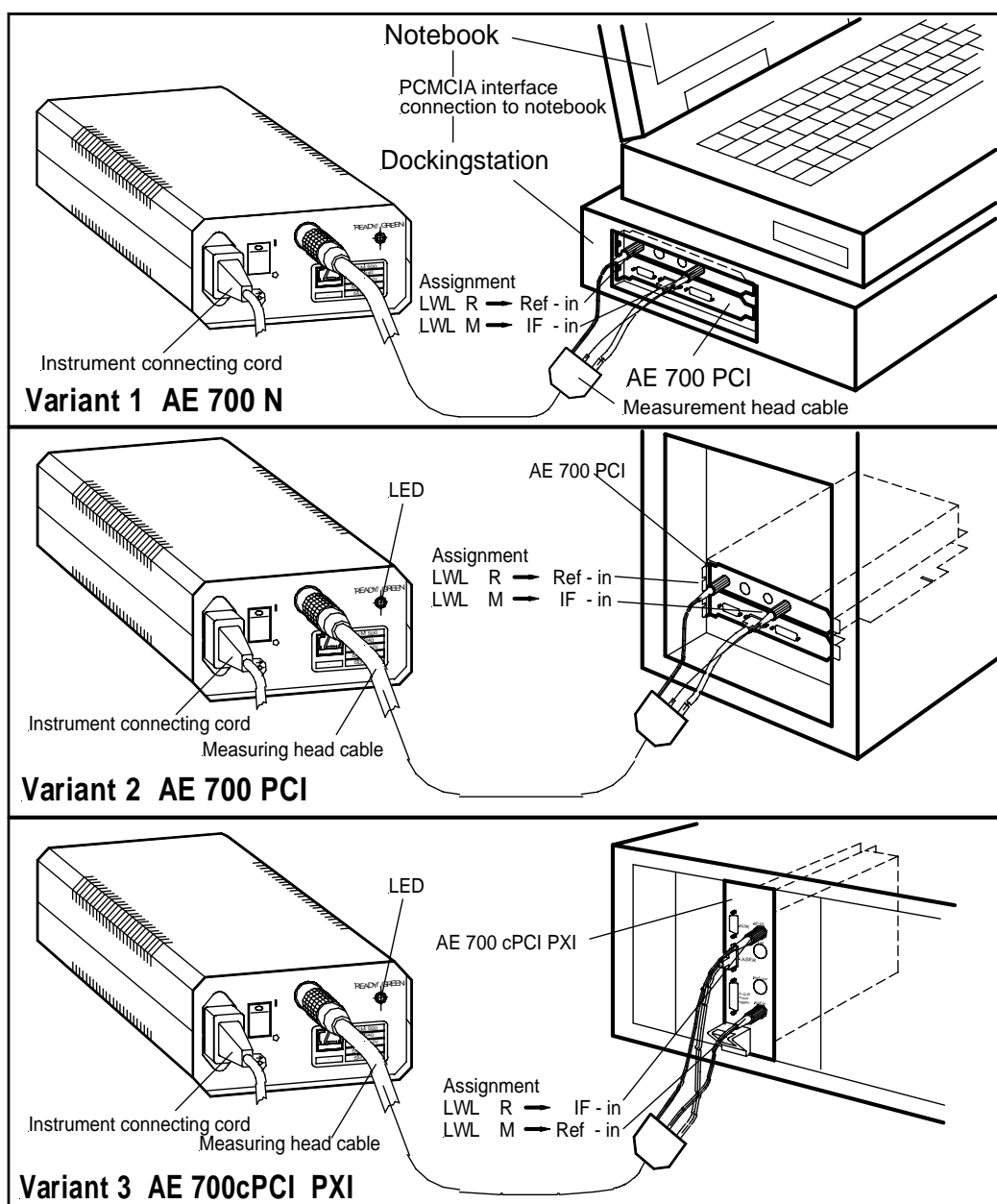
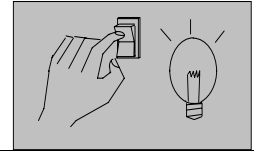


图 10: 激光头和数据处理器之间的接线

启动设备



注意!

不要用手指触碰光学镜的表面，也要避免对其表面造成机械性损伤。请仔细阅读激光头上的警告标签。

使用相关的连接电缆把激光头、数据处理器和 PC 或笔记本电脑或坞站连接起来。见图 10。



注意!

由于电磁兼容 EMC 的问题，笔记本电脑、PC 及坞站必须符合 CE 标准。在购买 PC 前，请咨询供应商。

使用 AUK 电缆(269302-4040.224)把 AUK 连接到数据处理器上。把电缆的 15 点公接头连接到数据处理器
的 15 个母接头上，把 25 点的公接头连接到 AUK 上。

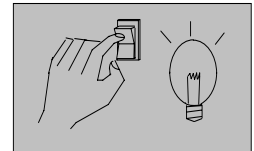
现在所有的连接均已准备好，通过软件就可以在计算机上读取数据了 (参看软件操作手册)。



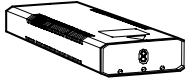

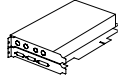



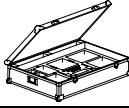

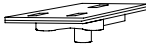
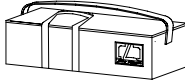
注意

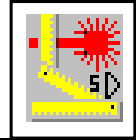
AE 700 – 不可以“热拔”!

在系统通电前，所有的电缆都必须连接好!
连接前如果有其他干扰，必须切断电源!



基本组件

<p>激光头 269302-4040.026</p>		<p>数量:1</p>
<p>数据处理器 AE 700:</p> <p style="text-align: center;">AE 700 N 269302-5070.026</p> <p style="text-align: center;">或</p> <p style="text-align: center;">AE 700 PCI 269302-5071.026</p> <p style="text-align: center;">或</p> <p style="text-align: center;">AE 700cPCI PXI 269302-5072.026</p>	  	<p>数量:1</p>
<p>激光头电缆 (两线集成光纤电缆) 269302-4010.325</p>		<p>数量: 1</p>
<p>电源线 146.250</p>		<p>数量:1</p>
<p>储运箱 269302-4003.526</p>		<p>数量:1</p>
<p>三角架 4000.025</p>		<p>数量:1</p>
<p>可调云台 269302-4040.125</p>		<p>数量: 1</p>
<p>三角架和云台的储运箱 4000.018</p>		<p>数量: 1</p>



A 角隅反射镜干涉仪的构成

角隅反射镜干涉仪是一种最简单的干涉仪，用于距离、速度和加速度的测量，包括以下光学镜元件 (图 1):

- 1 偏振分光镜 101 269302-4010.124
- 1 角隅反射镜 102 (参考光束) 269302-4010.224
- 1 角隅反射镜 102 (测量光束) 269302-4010.224

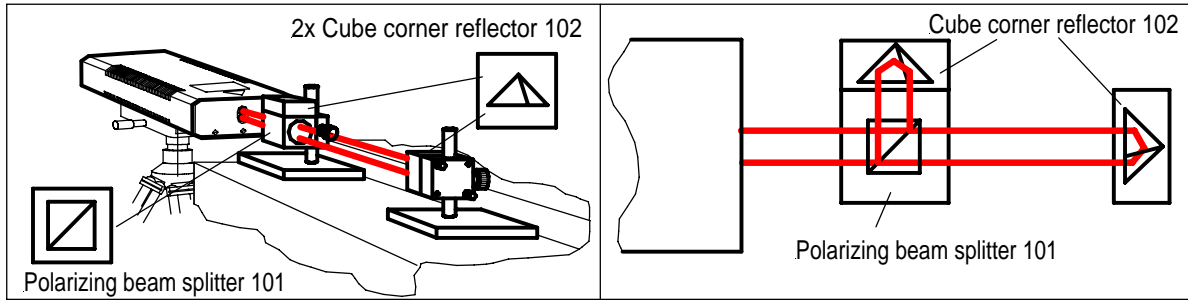


图 1: 角隅反射镜干涉仪(光学镜示意图)

功能描述

把激光器发出的光作为测量光束，经过干涉镜后进入测量反射镜和参考反射镜，然后撞击传感器 E1。由于干涉镜里的偏振分光镜的作用，测量反射镜仅接收含有频率 f_1 的光束，而参考反射镜仅接收含有频率 f_2 的光束。在测量反射镜不动的情况下，E1 测得光束的频差为 $f_1 - f_2 = 640\text{MHz}$ ，它等于激光头中探测到的电子参考信号 E2。随着测量反射镜的运动，含有频率 f_1 的光束部分由于反射镜的反射，产生多普勒频移 $\pm df_1$ 。相应地，传感器 E1 记录了测量频率 $\Delta f + df_1$ 或 $\Delta f - df_1$ ，是相加还是相减取决于测量反射镜的运动方向。E1 和 E2 检测到的两个信号在高频部分进行对比，根据多普勒效应就会产生一个 $\pm df_1$ 的频移。这个频移就是测量反射镜的移动的光程，由此就可以计算出测量反射镜的位移(图 2)。

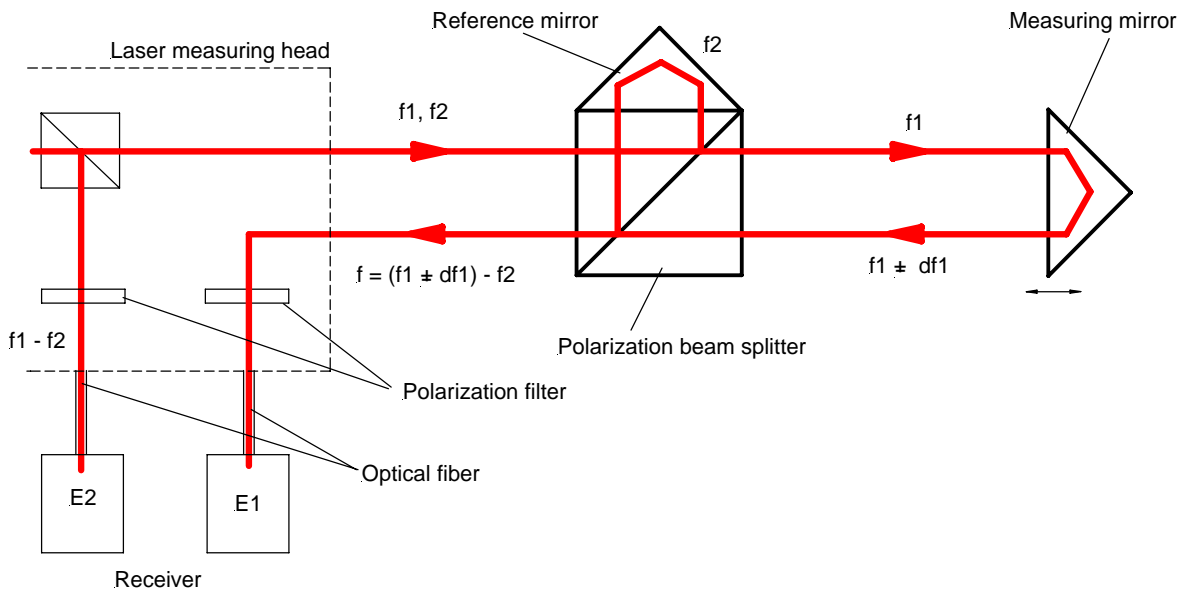
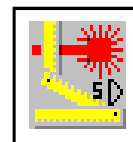


图 2: 角隅反射镜干涉仪(工作原理)



安装

图 3 列出了系统的光学镜元件和机械组件及分辨率为 2.5nm 的角隅反射镜。

图 1 给出了测量系统的整体构成 (三角架和可调云台没有显示)。图 4 展示了模块和组件的组装, 图 5 示例了在机床上的应用。由于系统的模块化设计, 还可进行其他的系统配置。有关储运箱里的其他组件, 请看“元件安装”部分的图示 7。

角隅反射镜干涉仪元件 (距离测量, 2.5nm 分辨率)

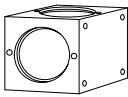
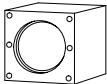
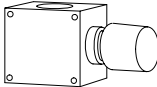

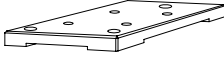
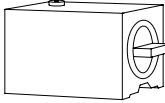
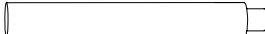

偏振分光镜 101 269302-4010.124		数量: 1
角隅反射镜 102 269302-4010.224		数量: 2
夹具 507 269302-4010.325		数量: 2
挡光板 516 269302-4014.210		数量: 2
安装板 504 269302-4014.410		数量: 2
磁性基座 506 260298-3000.128		数量: 2
支柱 140 260297-9900.128		数量: 2
螺栓一套 269302-4005.624		数量: 1

图 3: 角隅反射镜干涉仪的光学镜元件和机械组件

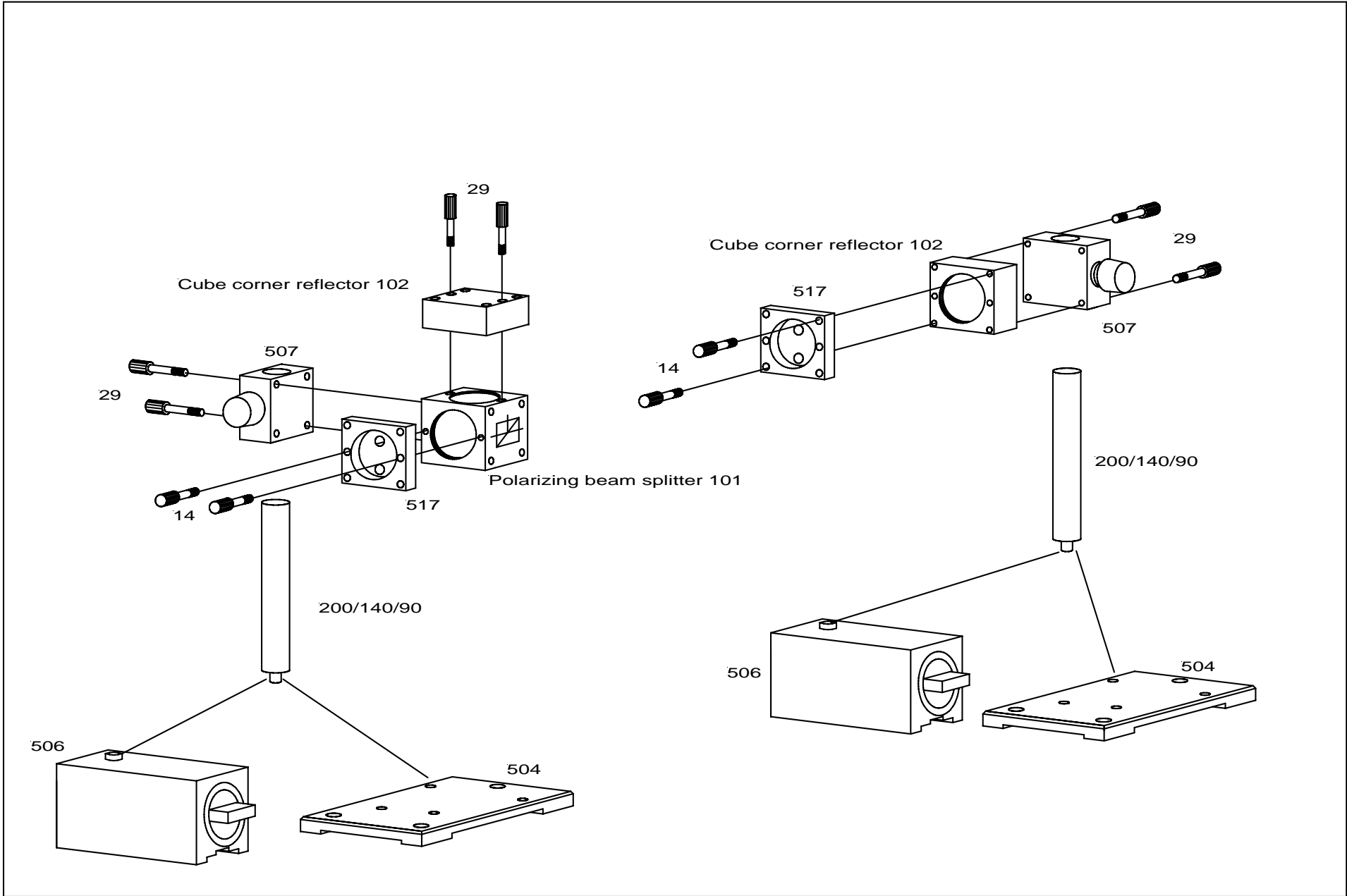


Fig. 4: Assembly of the modules and components

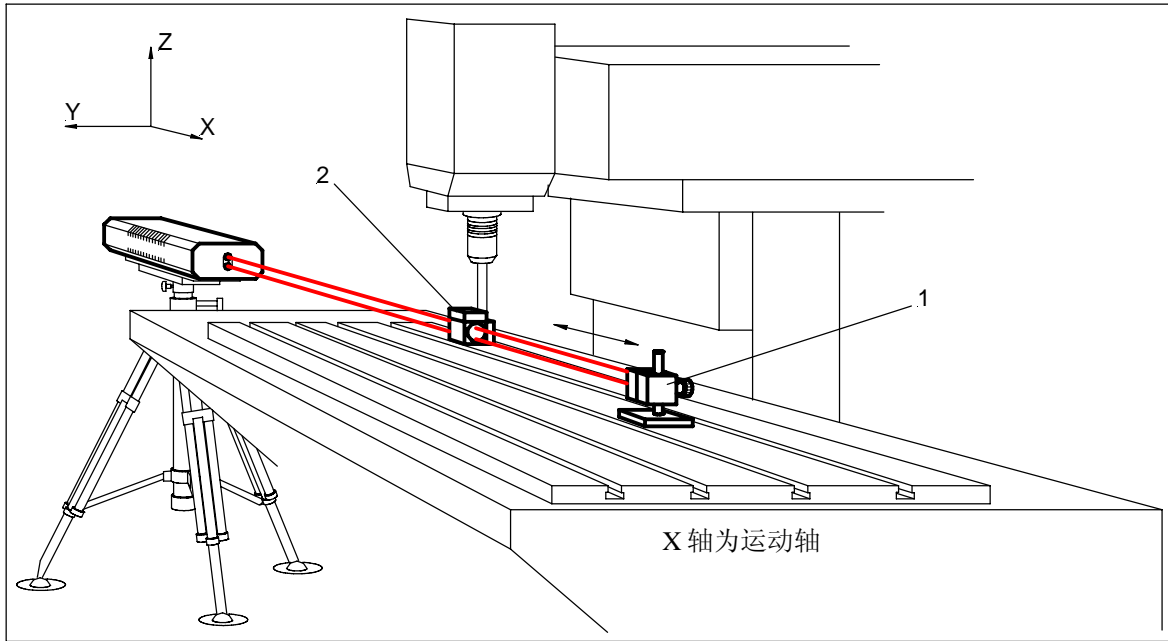
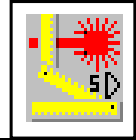


图 5: 机床测量上的应用

系统安装

光学镜元件和机械组件安装完成后，就可以把激光头、干涉镜和角隅反射镜安装在被测的物体上。调试过程如下：

1. 确定要测量的运动轴，在运动部位找到一个合适的位置来固定测量反射镜 (1)。
2. 在与运动轴成一条直线的位置找一个固定点来固定干涉的参考点 (2)。



重要:

测量反射镜必须位于运动轴上，而干涉仪的参考点和激光器的光束必须和运动轴平行(图 6)。

3. 把测量反射镜固定在 1 项中找到的位置上：

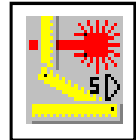
干涉镜	静态参考点 (2)
角隅反射镜 (测量)	动态测量点 (1)



重要:

要减少角度误差，干涉镜和角隅反射镜必须与测量直线等高 ($h_1 = h_2$ ，见图 6)。

4. 简单调整安装的光学系统的光轴。



要点:

- (1) 激光头与干涉镜的距离越近越好。
- (2) 角隅反射镜与干涉镜的距离越远越好。
- (3) 检查可调云台是否位于平行位移和倾斜范围的中间点。
 ⇨ 它能够保证在光路精确调整的过程中，有足够的调整空间。

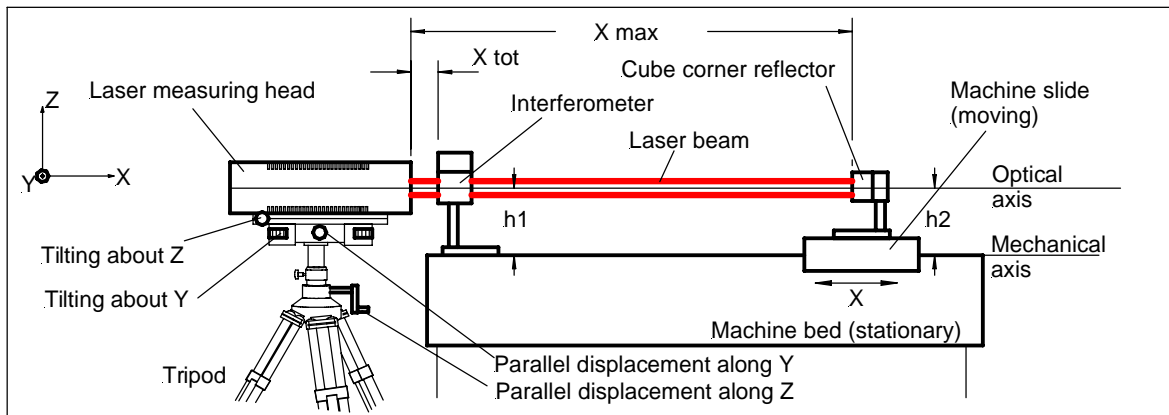


图 6: 光路的设置

5. 精确调整光路



要点:

要调整与测量轴平行的光路，把干涉镜从光路上移开，仅保留角隅反射镜在光路上。
 ⇨ 这样，就只有一束光束返回到激光头上，使得调整更为容易。

位置和方向调整见图 7:

- 位置调整 (沿 y 和 z 的平行位移)
 ($\Delta y, \Delta z$)
- 方向调整 (沿 y 和 z 的倾斜)
 ($\Delta\phi_y, \Delta\phi_z$)

ZLM 700 激光干涉仪通过可调云台和三角架能够方便地进行位置调整和方向调整。它的优点是用户不需要在两个位置点（激光头和测量反射镜）之间来回多次调整。

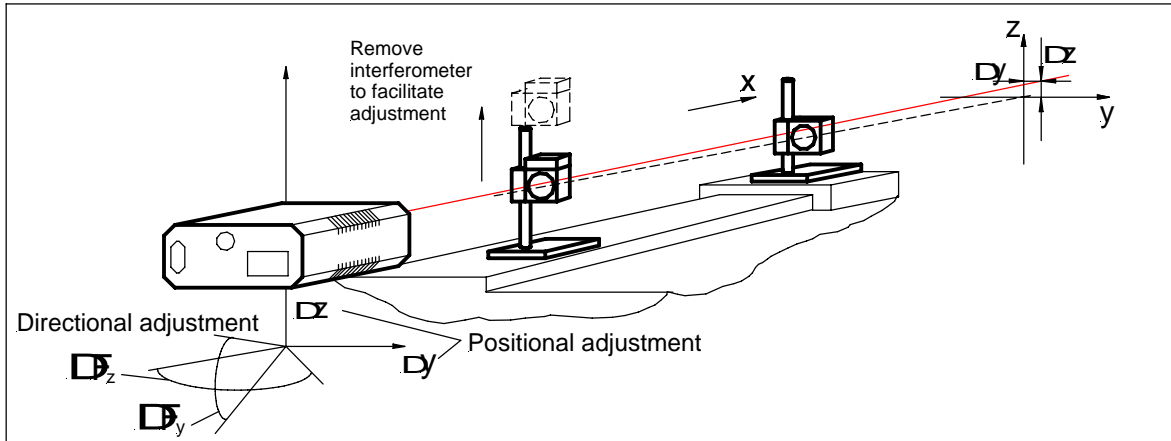
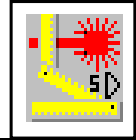


图 7: 光路调整

相对于干涉镜，角隅反射镜所处的位置，对于光路的位置调整 and 方向调整都十分重要（图 8）：

位置调整， \Rightarrow 角隅反射镜置于最接近激光器的位置
平行位移

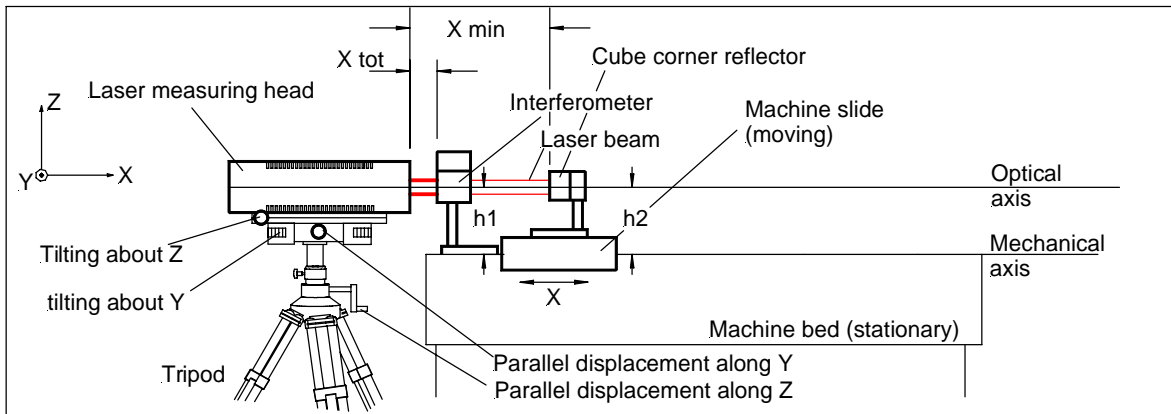


图 8: 光路的位置调整

方向调整，倾斜方向 \Rightarrow 角隅反射镜置于离激光器最远的位置

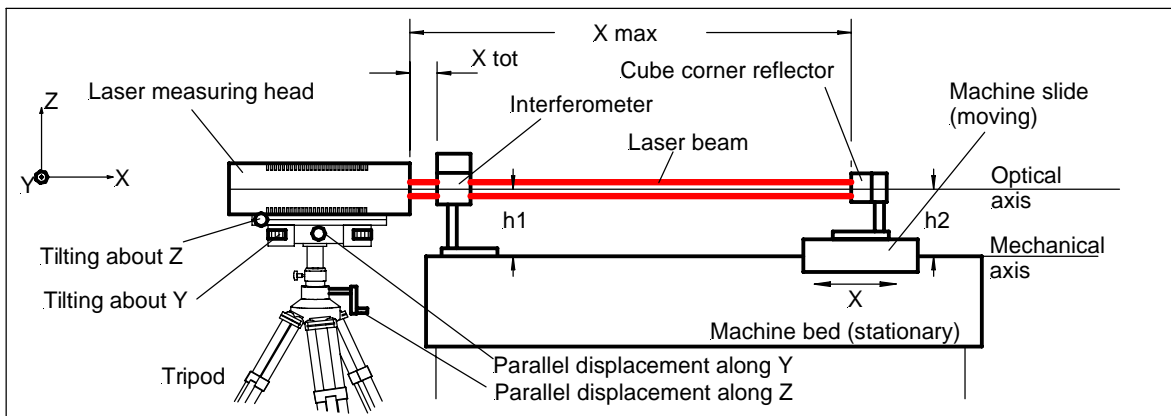
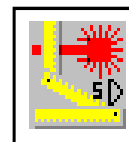



图 9: 光路的方向调整



调整

基于以上基本原则，按以下步骤进行光路调整：



- 1) 在电脑的“Measurement 测量”工具栏下，点击  按钮。
在这个按钮的菜单里，计算机的显示器上会显示两个斑点，代表反射到激光头里的参考光束和测量光束。屏幕下方的图条表示调整的结果的理想程度，图条越长，效果越好。
- 2) 把角隅反射镜移动到离激光头最远的点 (图 9)，在 Y 和 X 方向调整光束方向：
 $\Delta\Phi_y$ – 旋转可调云台的侧面的两个滚花头螺杆。
 $\Delta\Phi_z$ – 旋转可调云台的两个滚花头高度螺杆。

直至反射的光束能够完全进入激光头的光束入口为止。
要进行精确调整，使用计算机屏幕上的十字形靶心。

- 3) 把角隅反射镜移动到离激光头最近的点 (图 8)，在 y 和 z 方向调整光束方向：
 Δy – 旋转可调云台的千分尺螺丝，把光束置于平行方向。
 Δz – 旋转三角架的高度调节把手。

直至反射的光束能够完全进入激光头的光束入口为止。
要进行精细调整，使用计算机屏幕上的十字形靶心。

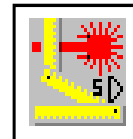
重复上述步骤 2 和 3，直到光束位置没有变化 (相对于计算机屏幕上的十字靶心)。
光学镜和机械轴之间的永久角度误差，可以在计算机屏幕十字靶心的下方的蓝色滚动条上显示。



重要：

注意测量光束和参考光束十字形相交线点在计算机的屏幕上是否处在等同的位置。
(对于获得良好的干涉信号非常重要)

激光干涉仪调试完毕，现在可以进行系统测量了 (见软件操作手册)。



补充元件用于对角测量

以上所述的测量系统适用于运动轴方向和机械工具方向、坐标测量机方向及工业机器人方向的垂直测量系统。

对坐标的测量(X - Y - Z - 轴) 必须分开独立进行。

要测量对角的运动 (包括 x-, y-z-的同时运动), 就必须使用“对角测量元件”。

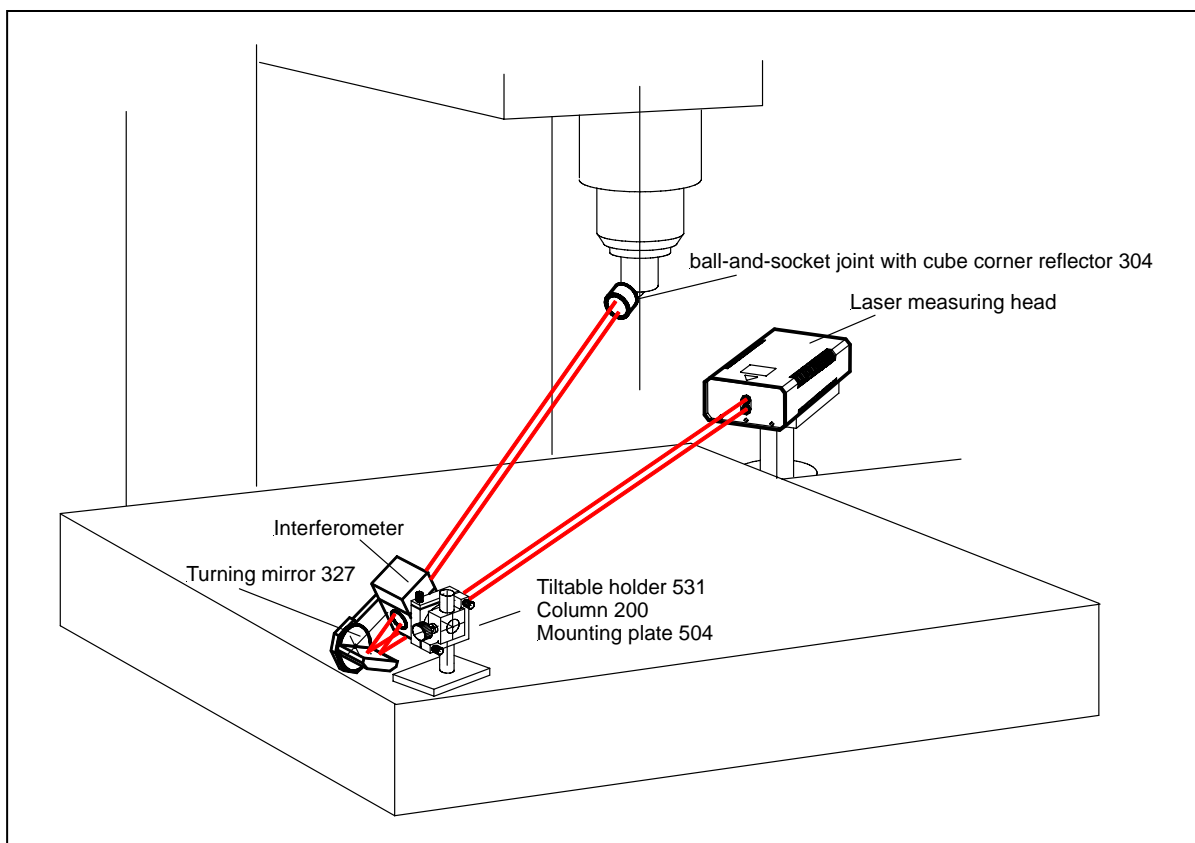


图 10: 机床对角测量的示意图

使用倾斜支架 531, 干涉镜可以被看作为轴的对角方向。

角隅反射镜沿球窝接头方向摇摆。

球窝接头的锥(dmr 15)可放入机器的工具头上完全没有问题。

干涉镜完全够和可倾斜镜 327 相匹配, 因此, 在对角测量的过程中, 激光头可以保持水平位置。

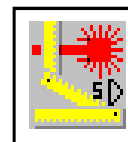


图 11 列出了用于对角测量的补充光学镜元件和机械组件。

对角测量的补充元件

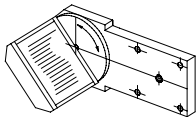
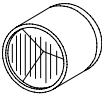
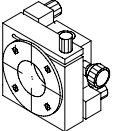
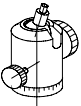
<p>转光镜 327 269302-4013.724</p>		<p>数量: 1</p>
<p>角隅反射镜 304 269302-4059.124</p>		<p>数量: 1</p>
<p>倾斜支架 531 269302-40.725</p>		<p>数量: 1</p>
<p>球窝接头 260297-9900.628</p>		<p>数量: 1</p>

图 11: 光学镜组件和机械组件

光学镜组件和机械组件的组装见图 12。

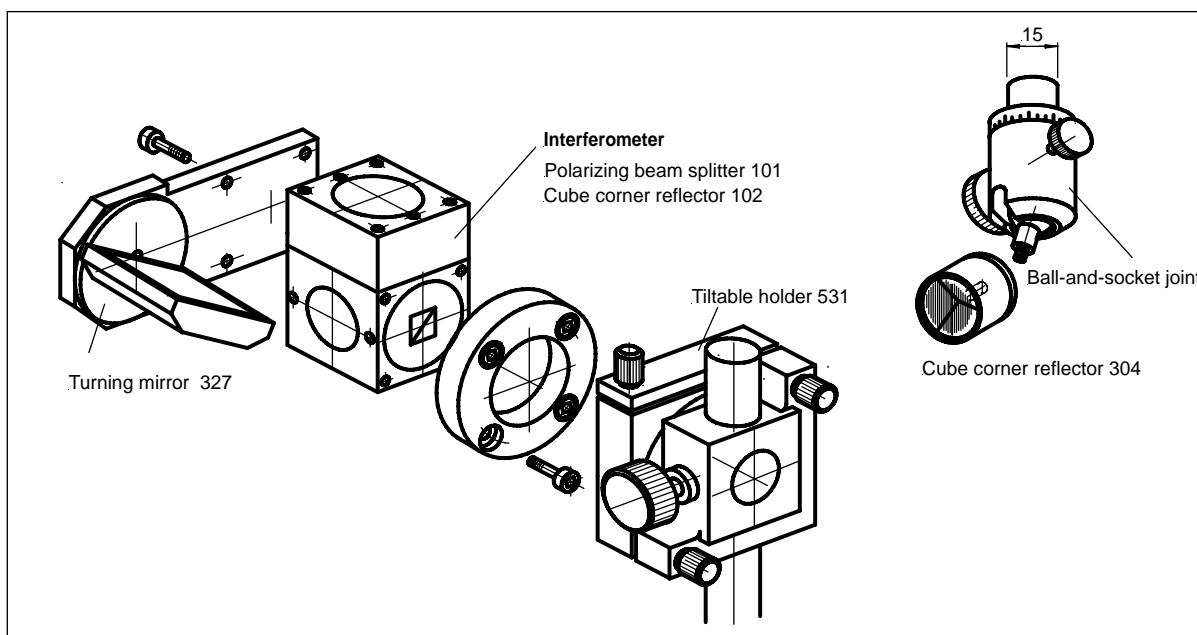
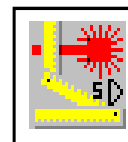


图 12: 对角测量的光学镜组装



调整

有关迈克逊干涉仪的调整，前面的章节已进行了详细叙述。
用于对角测量，在干涉镜和激光头之间需要加装一个转光镜。

对转光镜 327 的正确调整方法见图 13。

转光镜 327 的调整总是在水平光束方向（激光头光束）和对角测量方向夹角一半的范围内进行的。

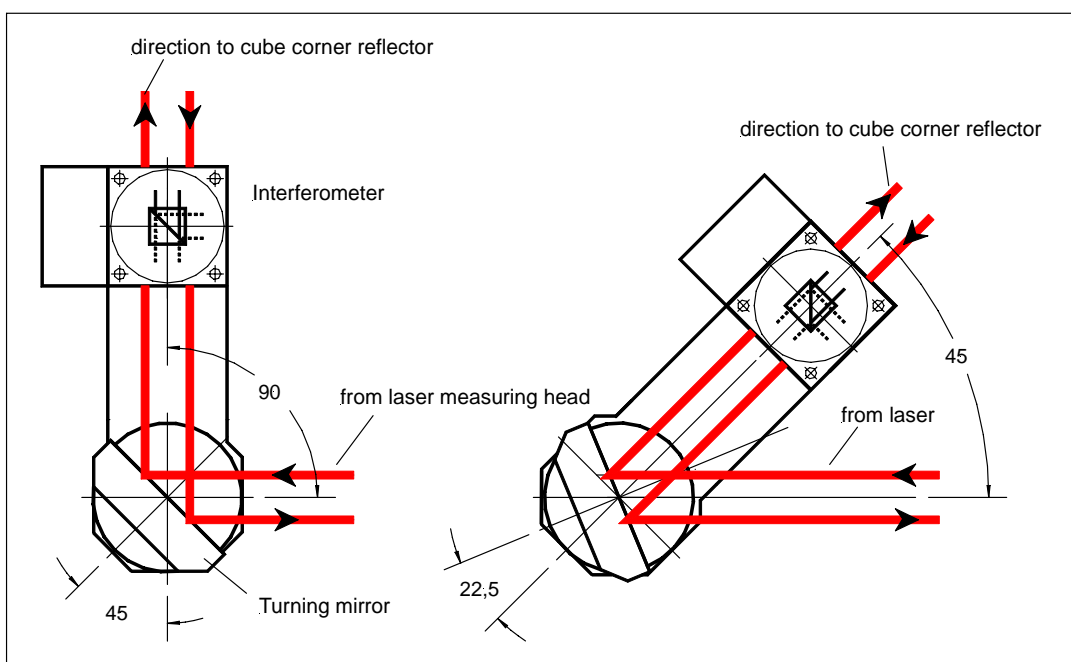


图 13: 转光镜 327 的调整
(例 1: 测量光束方向和偶发光束方向的夹角为 90°
例 2: 测量光束方向和偶发光束方向的夹角为 45°)

使用补充元件，对角测量的角度范围是 22.5° - 135° (图 14)。

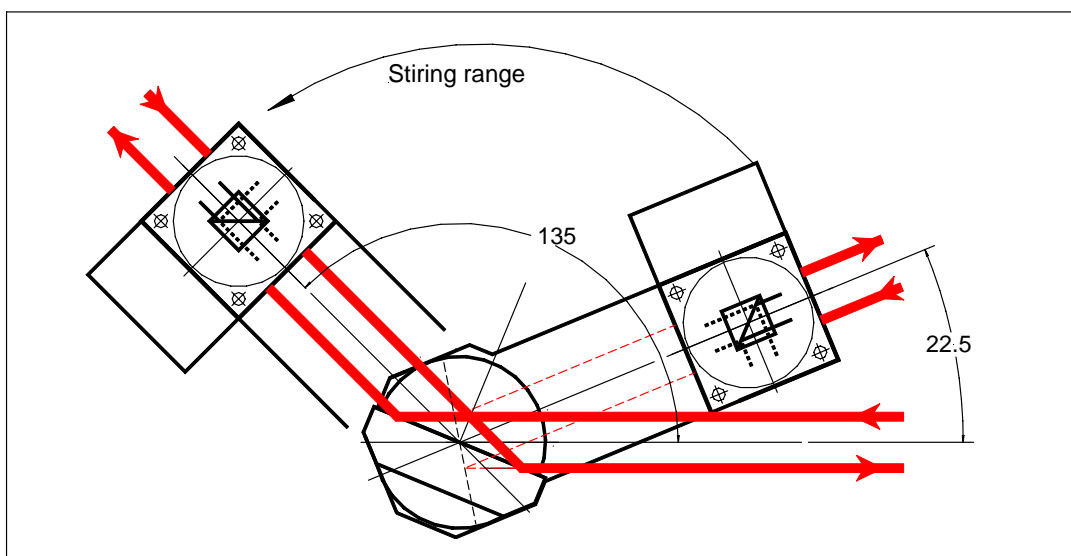
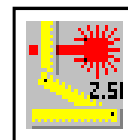


图 14: 对角测量转光镜的倾斜范围



平面反射镜干涉仪

B 平面反射镜干涉仪的构成

平面反射镜干涉仪主要用于精度要求较高的测量系统，其分辨率为 1.25nm。用于距离、速度和加速度的测量，包括以下光学镜元件（图 1）：

1 偏振分光镜 101	269302-4010.124
1 角隅反射镜 102	269302-4010.224
1 平面镜 103 (参考光束)	269302-4010.324
1 平面镜 103 (测量光束)	269302-4010.324
2 $\lambda/4$ -波片 104	269302-4010.424

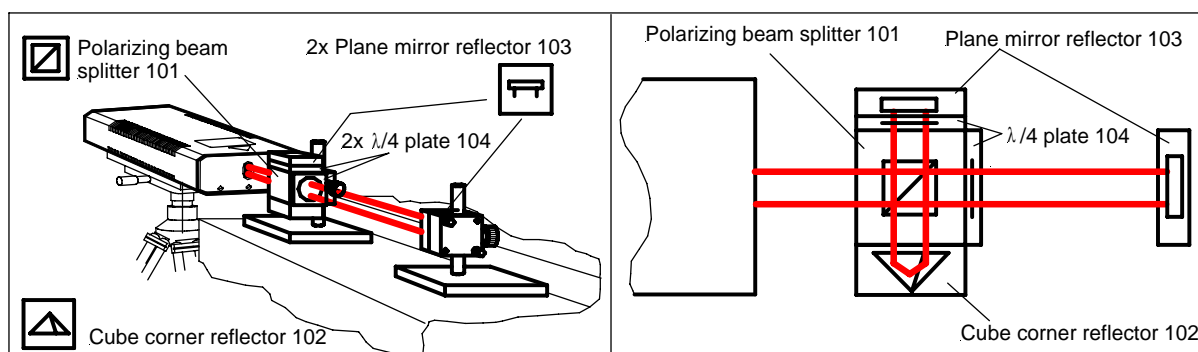


图 1: 平面反射镜干涉仪 示意图

功能描述

把激光器发出的光作为测量光束，经过干涉镜后进入测量反射镜和参考反射镜，然后撞击传感器 E1。由于干涉镜里的偏振分光镜的作用，测量反射镜仅接收含有频率 f1 的光束，而参考反射镜仅接收含有频率 f2 的光束。

经过延迟波片($\lambda/4$ 波片)后，两个频率变成圆偏振光。经喷涂的偏振分光镜后反射回测量光束（经平面镜反射），而参考光束不反射回来。

两束光经角隅反射镜反射后，再次进入各自的平面镜。当它们最后一次进入延迟波片时，两个频率变成线偏振光，偏振方向总共转变了 180° (与开始时相同)。经偏振分光镜后，参考光束被反射到激光头内，而测量光束经由偏振分光镜的涂层进入激光头。

在测量反射镜不动的情况下，E1 测得光束的频差为 $f_1 - f_2 = 640\text{MHz}$ ，它等于激光头中探测到的电子参考信号 E2。随着测量反射镜的运动，含有频率 f1 的光束部分由于反射镜的反射，产生多普勒频移 $\pm df_1$ 。相应地，传感器 E1 记录了测量频率 $\Delta f + df_1$ 或 $\Delta f - df_1$ ，是相加还是相减取决于测量反射镜的运动方向。E1 和 E2 检测到的两个信号在高频部分进行对比，根据多普勒效应就会产生一个 $\pm df_1$ 的频移。这个频移就是测量反射镜运动的光程，由此就可以计算出测量反射镜的位移(图 2)。

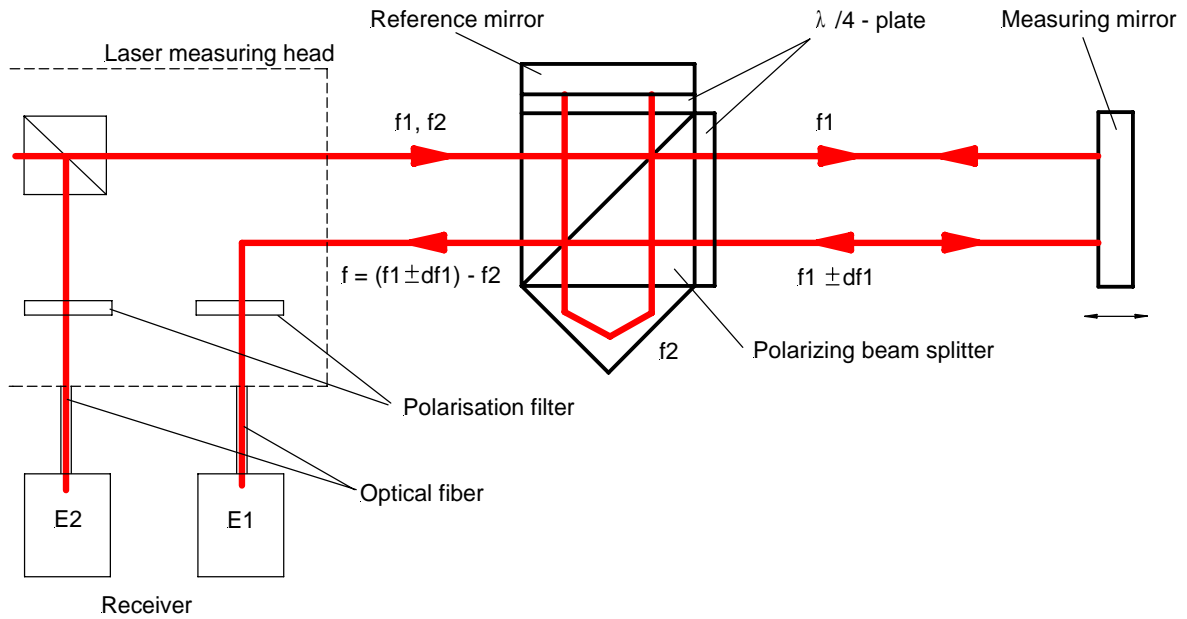
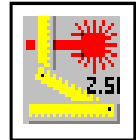
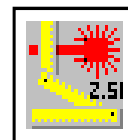


图 2: 平面反射镜干涉仪(工作原理)

安装

图 3 列出了测量系统的光学镜元件和机械组件及分辨率为 1.25nm 的平面镜。
 图 1 给出了测量系统的整体构成 (三角架和可调云台没有显示)。图 4 展示了模块和元件的组装，图 5 示例了在机床上的应用。由于系统的模块化设计，还可方便的进行其他的系统配置。关于储运箱里的其他组件，请看“元件安装”部分图示 7。



平面反射镜干涉仪

平面反射镜干涉仪组件
(距离测量, 1.25nm 分辨率)

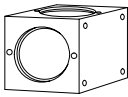
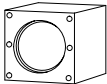


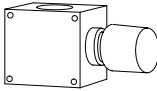
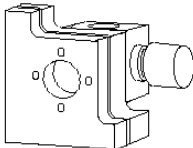

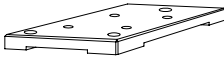
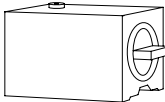
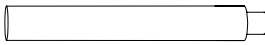

偏振分光镜 101 269302-4010.124		数量: 1
角隅反射镜 102 269302-4010.224		数量: 1
平面反射镜 103 269302-4010.324		数量: 2
$\lambda/4$ -波片 104 269302-4010.424		数量: 2
夹具 507 269302-4010.325		数量: 1
夹具 532 269302-4040.625		数量: 1
挡光板 516 269302-4014.210		数量: 2
安装板 504 269302-4014.410		数量: 2
磁性基座 506 260298-3000.128		数量: 2
支柱 140 260297-9900.128		数量: 2
螺栓一套 269302-4005.624		数量: 1

图 3: 平面反射镜干涉仪的光学镜元件和机械组件

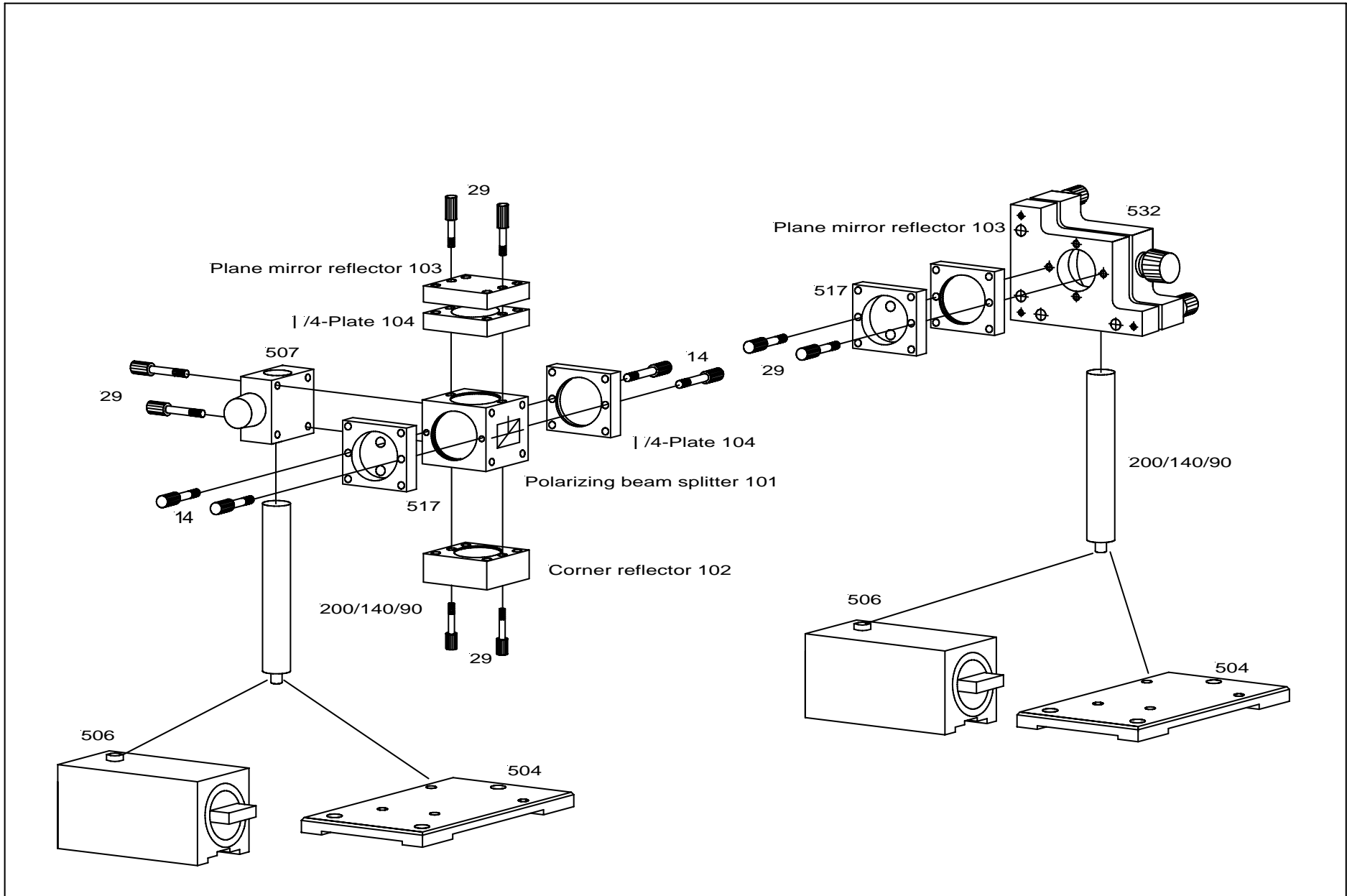


Fig. 4: Optical assembly

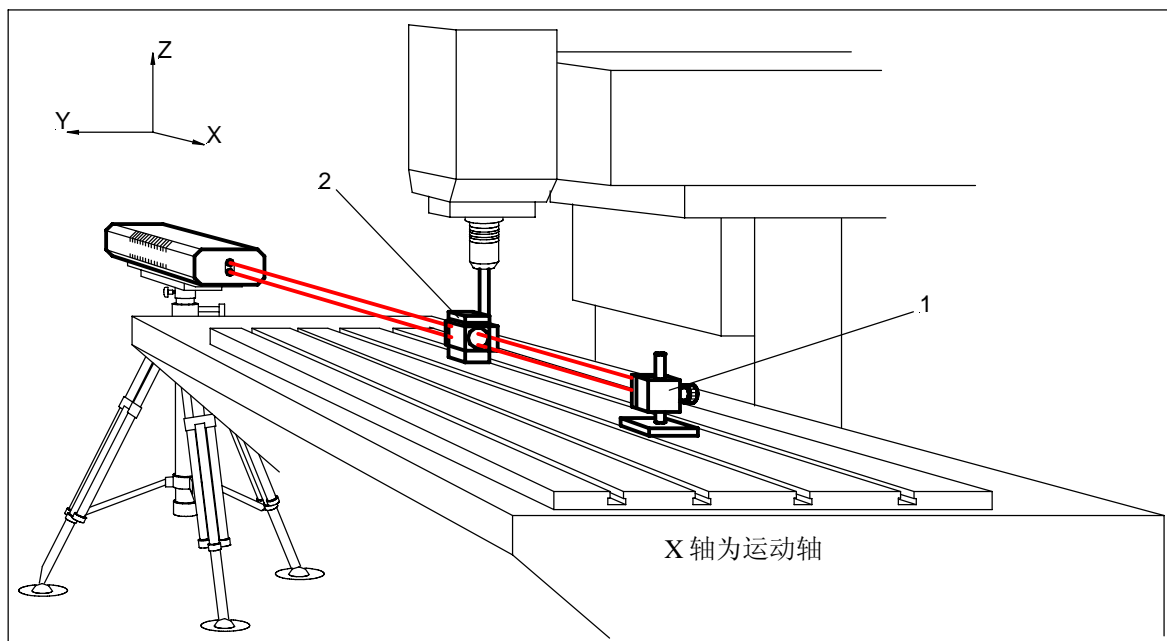
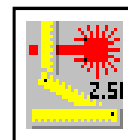


图 5: 机床测量上的应用

系统安装

系统光学镜元件和机械组件安装完成后，就可以把激光头、干涉镜和平面镜安装在被测的物体上。调整过程如下：

1. 确定要测量的运动轴，在运动部位找到一个合适的位置来固定测量反射镜 (1)。
2. 在与运动轴成一条直线的位置找一个固定点来固定干涉仪的参考点 (2)。



重要：

测量反射镜必须位于运动轴上，而干涉仪的参考点和激光器的光束必须和运动轴平行(图 6)。

3. 把测量反射镜固定在 1 项中找到的位置上：

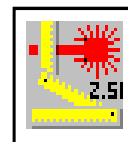
干涉镜	静态参考点 (2)
角隅反射镜 (测量)	动态测量点 (1)



重要：

要减小角度误差，干涉镜和角隅反射镜必须与测量直线等高 ($h_1 = h_2$ ，见图 6)。

4. 简单调整安装的光学系统的光轴。



要点:

- (1) 激光头与干涉镜的距离越近越好。
- (2) 平面镜与干涉镜的距离越远越好。
- (3) 检查可调云台是否位于平行位移和倾斜范围的中间点。
 ⇒ 它能够保证在光路精确调整的过程中，有足够的调整空间。

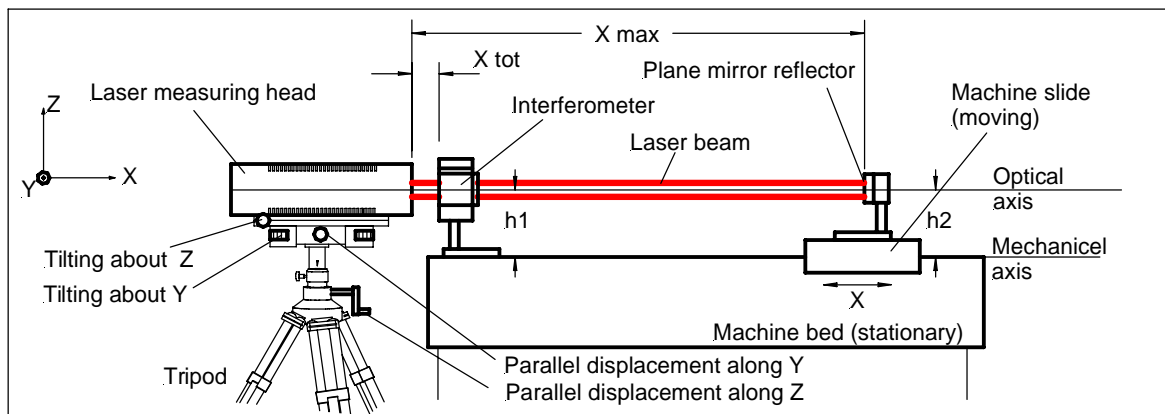


图 6: 光路的调整

5. 精确调整光路

要点:

要调整与测量轴平行的光路，把干涉镜从光路上移开，仅保留平面反射镜在光路上。
 ⇒ 这样，就只有一束光束返回到激光头上，使得调整更为容易。

位置和方向调整见图 7:

位置调整	(沿 x 和 y 的平行位移)
	($\delta x, \delta y$)
及	
方向调整	(沿 x 和 y 的倾斜调整)
	($\delta\phi_x, \delta\phi_y$)

ZLM 700 激光干涉仪通过可调云台和三角架能够方便地进行位置调整和方向调整。它的优点是用户不需要在两个位置点（激光头和测量反射镜）之间来回多次调整。

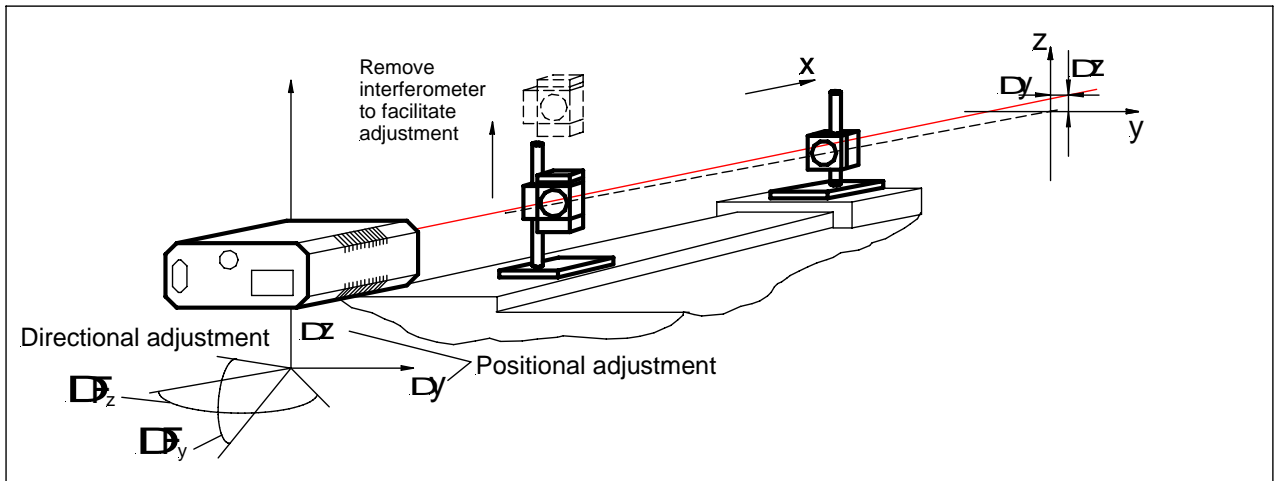
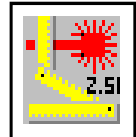


图 7: 光路调整

对干涉仪来说，平面反射镜所处的位置，对于光路位置调整和方向调整都十分重要（图 8）：

位移调整，
平行位移

⇒ 把平面反射镜置于最接近激光器的位置

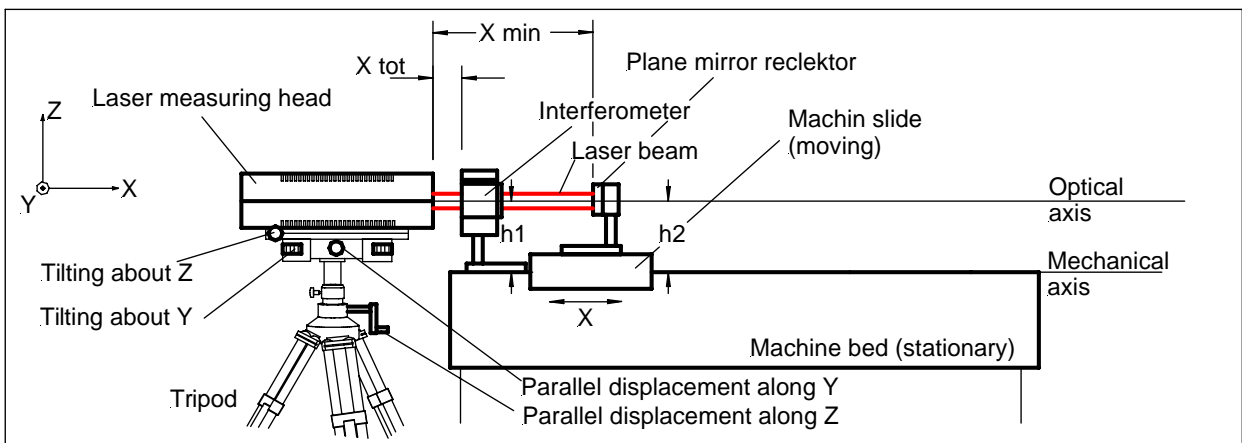
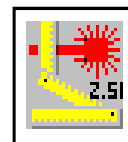


图 8: 光路的位置调整



方向调整，倾斜方向 ⇨ 把平面反射镜置于离激光器最远的位置

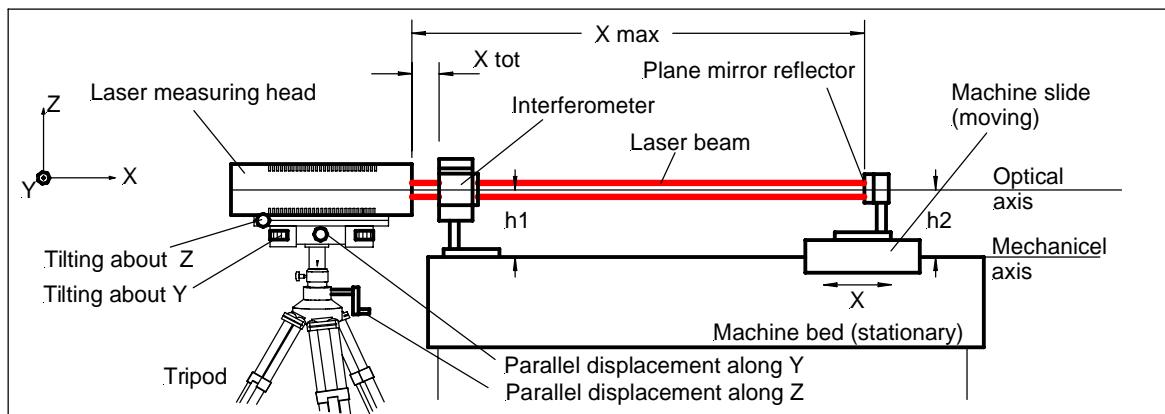



图 9: 光路的方向调整

调整

基于以上基本原则，按以下步骤进行光路调整：



1. 在计算机的“Measurement 测量”工具栏下，点击  按钮。
在这个按钮的菜单里，计算机的显示器上会显示两个斑点，代表反射到激光头里的参考光束和测量光束。屏幕下方的图条表示调整的结果的理想程度，图条越长，效果越好。
2. 把平面反射镜移动到离激光头最远的点 (图 9)，在 Y 和 X 方向调整光束方向：

$\Delta\Phi_y$ - 旋转可调云台的侧面的两个滚花头螺杆。

$\Delta\Phi_z$ - 旋转可调云台的两个滚花头高度螺杆。

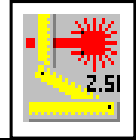
直至反射的光束能够完全进入激光头的光束入口为止。
要进行精确调整，使用计算机屏幕上的十字形靶心。

3. 把平面反射镜移动到离激光头最近的点 (图 8)，在 y 和 z 方向调整光束方向：

Δy - 旋转可调云台的千分尺螺丝，把光束置于平行方向。

Δz - 旋转三角架的高度调节把手。

直至反射的光束能够完全进入激光头的光束入口为止。
要进行精细调整，使用计算机屏幕上的十字形靶心。



重复上述步骤 2 和 3，直到光束位置没有变化 (相对于计算机屏幕上的十字靶心)。
光学镜和机械轴之间的永久角度误差，可以在计算机屏幕十字靶心的下方的蓝色滚动条上显示。



注意：

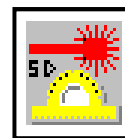
注意测量光束和参考光束十字形相交线点在计算机的屏幕上是否处在相等的位置。
(对于获得良好的干涉信号非常重要)



注意

对干涉镜的调整不影响平面镜已调整的光路。

激光干涉仪调试完毕，现在可以进行系统测量了 (见软件操作手册)。



C 用角隅反射镜干涉仪测量角度

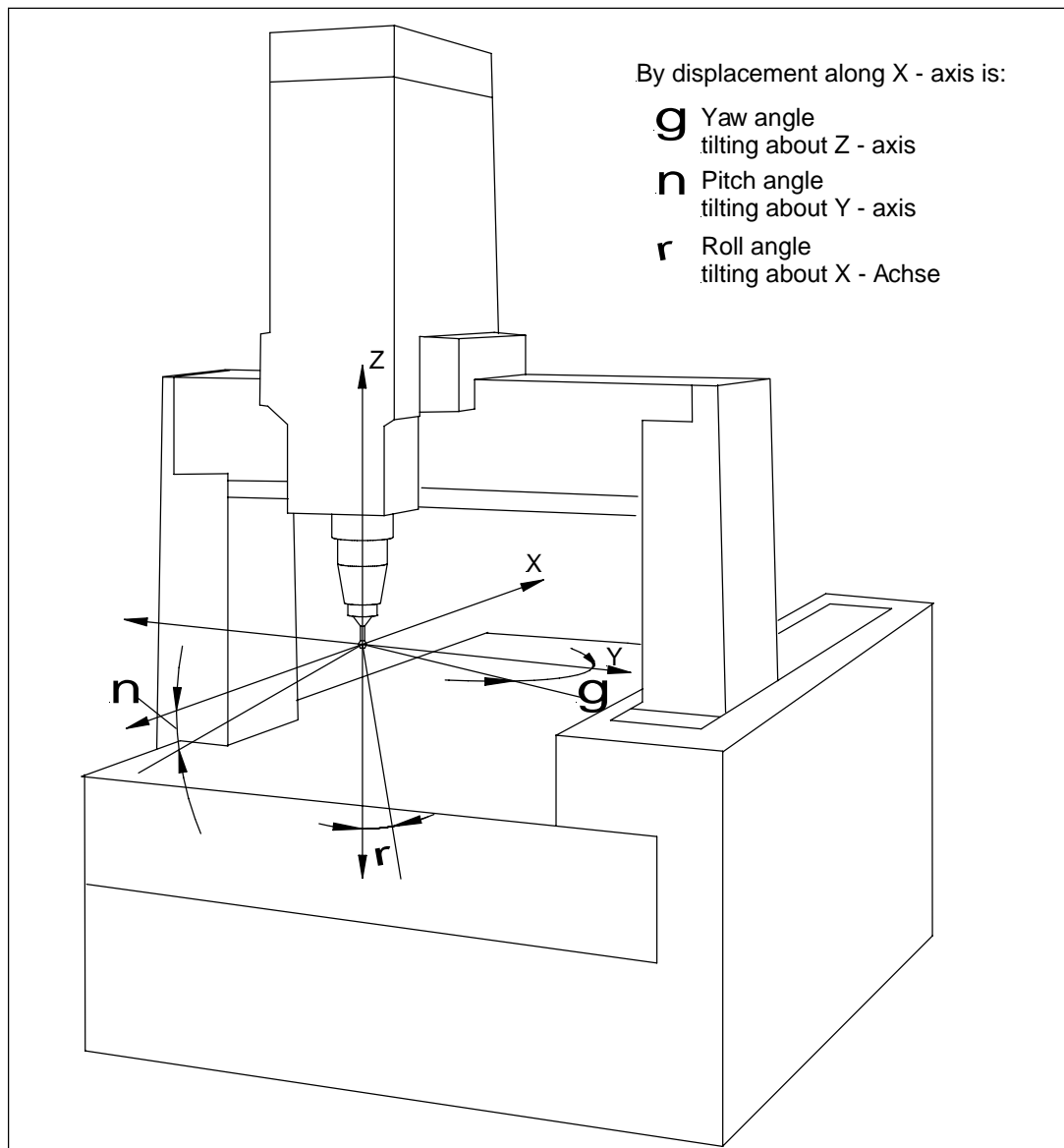


图 1: 坐标测量机的倾角

用于测量机床、坐标测量机的偏摆角和俯仰角，使用特定测角干涉仪，还可以解决其他的角度测量问题。包括以下光学镜组件：

- | | |
|---------------------|------------------------|
| 1 测角干涉镜 114 | 269302-4015.324 |
| 1 双角隅反射镜 115 | 269302-4015.424 |

如果已进行了位移或距离测量，则不需要大的调整，仅更换几个光学镜元件就可进行角度测量。测角干涉仪的平行性，使得它可以在 20m 长的导轨上对角度进行测量。

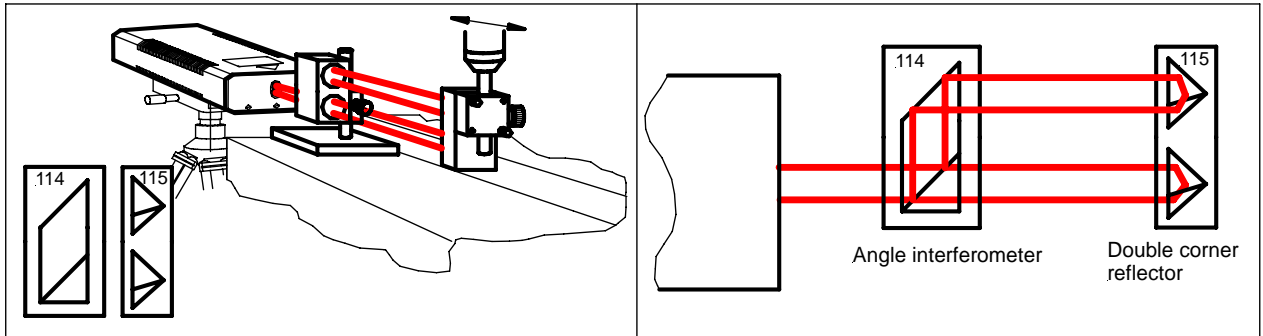
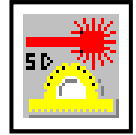


图 2: 光路示意图: 用于俯仰角测量的角度干涉仪
(要测量偏摆角, 把测角干涉镜和双角隅反射镜旋转 90°)

有时使用标准的光学镜元件 (图 3), 也可以实现角度干涉仪的功能, 对角度进行测量。

使用标准的光学镜元件进行角度测量

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1 偏振分光镜 101 | 269302-4010.124 |
| 1 90° 光束转向镜 110 | 269302-4011.024 |
| 2 角隅反射镜 102 | 269302-4010.224 |

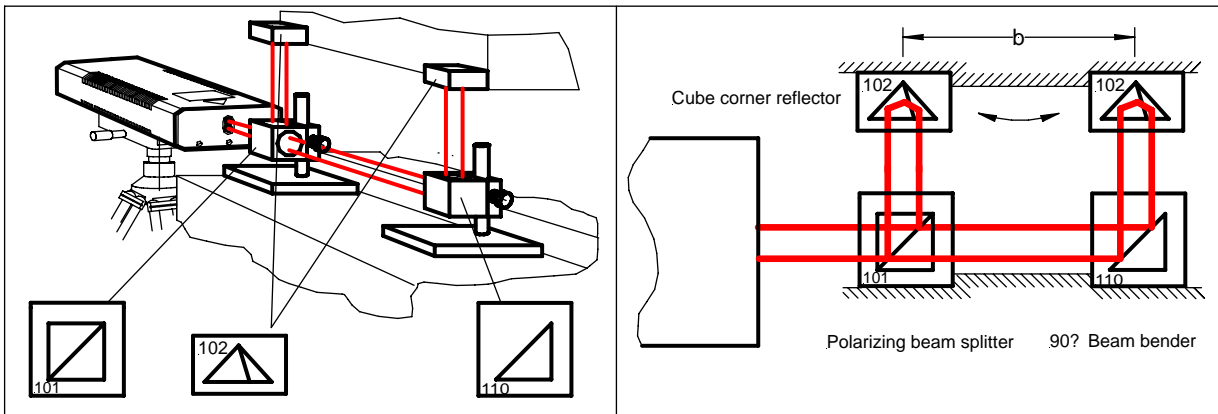


图 3: 光路示意图: 使用标准光学镜元件进行角度测量

使用直线度光学镜元件进行角度:

- | | |
|----------------|-----------------|
| 1 直线度干涉镜 128 | 269302-4012.824 |
| 1 双角隅反射镜 160 | 269302-4014.424 |
| 如必要 | |
| 1 光束方向转移棱镜 120 | 269302-4008.424 |

使用直线度干涉镜 128 和双角隅反射镜 160 可以进行角度测量。

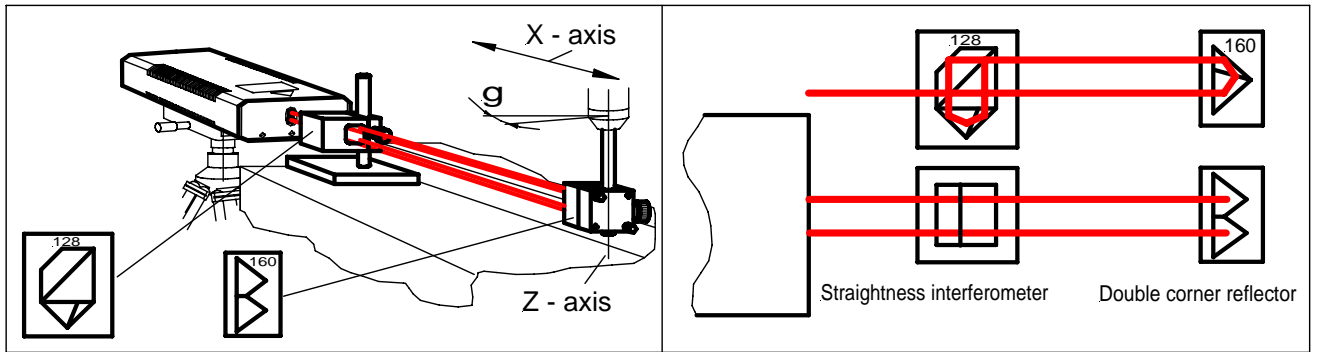
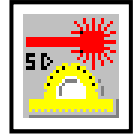


图 4: 光路示意图: 用于偏摆角测量的测角干涉仪(使用直线度干涉镜 128 和角隅反射镜 160)
(要测量俯仰角, 把直线度干涉镜 128 和双角隅反射镜旋转 90°即可)

图 4 展示了使用直线度干涉镜 128 和双角隅反射镜 160 来测量偏摆角的情况。使用该套干涉仪也可测量俯仰角, 这时直线度干涉镜和角隅反射镜必须旋转 90°。

光束方向转移棱镜 120 作为补充镜来使用, 这样来自干涉仪的光束可以再次进入激光头。在光束方向转移棱镜 120 里, 光束对角重新定向, 转变 90° (图 5)。

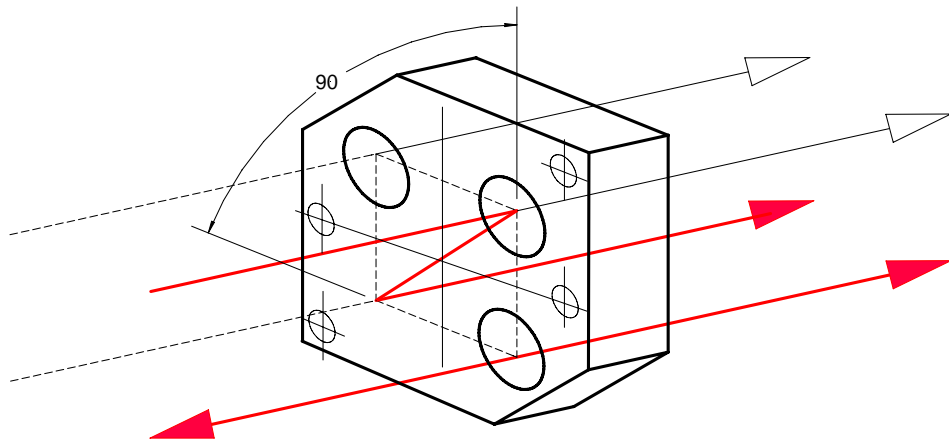
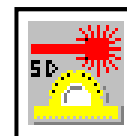


图 5: 光束方向转移棱镜 120 的功能



角度测量

功能描述

角度干涉仪

来自激光头的两束状态不同的光经干涉镜里的偏振分光镜后进行分光，偏转 90° 的光束经转光镜 110 后转变 90° ，使它平行于经由分光镜而没有变向的另一束光。

双光束反射镜由测量反射镜和参考反射镜组成，它们在回射过程中相互抵消了 15mm 。

由于偏振分光镜的作用，测量反射镜仅接收频率 f_1 的光束，而参考反射镜仅接收频率 f_2 的光束。

在角隅反射镜不动的情况下，E1 测得光束的频差为 $f_1 - f_2 = 640\text{MHz}$ ，它等于激光头中探测到的电子参考信号 E2。

在线性移动过程中，如果反射镜的角位改变 $\Delta\alpha$ ，则两束光分别产生多普勒频移 $\pm df_1$ 和 $\pm df_2$ 。相应地，根据测量镜的运动方向，传感器 E1 记录了一个测量频率 $\Delta f_{\text{Meas}} = (f_1 \pm df_1) - (f_2 \pm df_2)$ 。

E1 和 E2 检测到的两个信号在高频部分进行对比，根据多普勒效应就会产生一个 Δf_{Meas} 的频移，这个频移就是测量反射镜（图 6）所测得的位移 Δx 。

测角干涉镜 114 和双角隅反射镜 115 的基本测量距离是 40mm 。

上述系统测量角度的运动范围是 $\pm 8^\circ$ ，分辨率为 $1.25 \times 10^{-7} \text{ rad}$ 。

使用直线度干涉镜 128 和双角隅反射镜 160 来测量角度，测量距离为 $b = 15\text{mm}$ 。角度运动的范围是 $\pm 15^\circ$ ，分辨率是 $3.3 \times 10^{-7} \text{ rad}$ 。

如果角度干涉仪采用的是模块化产品，则基本距离 b 可以在 PC 找到和输入（见软件部分，E2 章）。

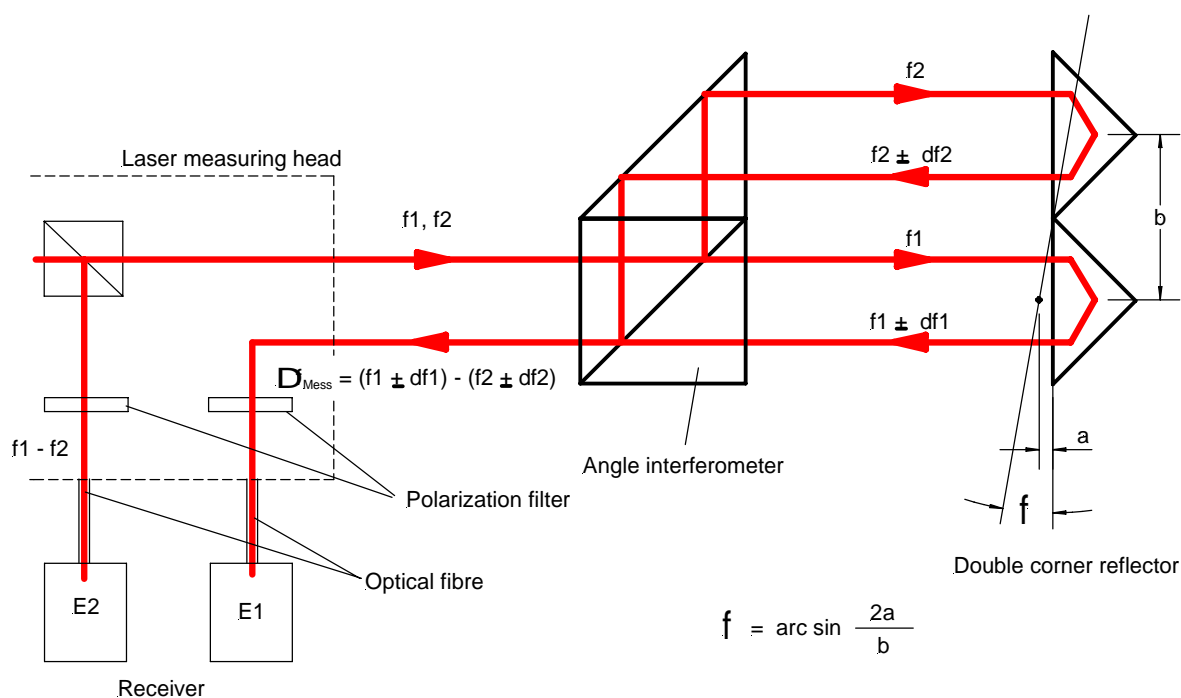
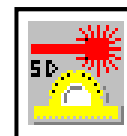


图 6: 角度干涉仪的功能



角度测量

安装

图 7a、7b 和 7c 列出了组成角度干涉仪的光学镜元件和机械组件。

角度干涉仪 (1.25×10^{-7} rad 分辨率)

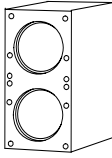
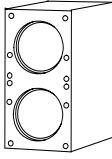
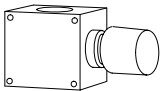

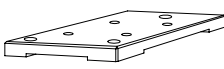
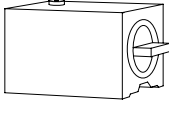


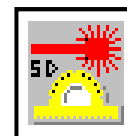
角度干涉镜 114 269302-4015.324		数量: 1
双角隅反射镜 115 269302-4015.424		数量: 1
夹具 507 269302-4010.325		数量: 2
挡光板 516 269302-4014.210		数量: 2
安装板 504 269302-4014.410		数量: 2
磁性基座 506 260298-3000.128		数量: 2
支柱 140 260297-9900.128		数量: 2
螺栓一套 269302-4005.624		数量: 1

图 7a: 角度干涉仪的光学镜元件和机械组件



角度测量

由标准光学镜元件组成的角度干涉仪 (模块化)

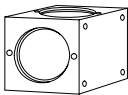
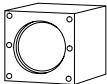
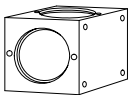
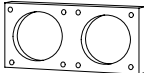
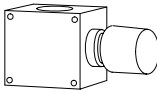

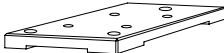
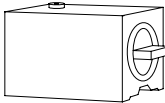


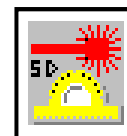
偏振分光镜 101 269302-4010.124		数量: 1
角隅反射镜 102 269302-4010.224		数量: 2
90° 光束转向镜 110 269302-4011.024		数量: 1
耦合波片 510 269302-4014.510		数量: 1
夹具 507 269302-4010.325		数量: 2
挡光板 516 269302-4014.210		数量: 2
安装板 504 269302-4014.410		数量: 2
磁性基座 260298-3000.128		数量: 2
支柱 140 260297-9900.128		数量: 2
螺栓一套 269302-4005.624		数量: 1

图 7b: 由标准光学镜组成的测角干涉仪的构成



角度测量

使用直线度干涉镜 128 和双角隅反射镜 160 组成的测角干涉仪
(3.3×10^{-7} rad 分辨率)


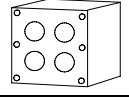
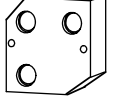
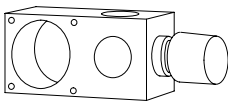
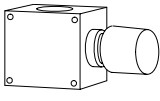
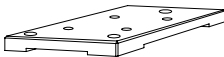
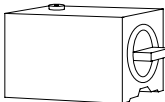
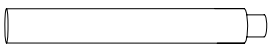

直线度干涉镜 128 2693 02- 4012.824		数量: 1
双角隅反射镜 160 269302- 4016.524		数量: 1
光束方向转移棱镜 120 269302-4008.424		数量: 1
夹具 508 269302-4010.125		数量: 2
夹具 507 269302-4010.325		数量: 1
安装板 504 269302-4014.410		数量: 2
磁性基座 260298-3000.128		数量: 2
支柱 140 260297-9900.128		数量: 2
螺栓一套 269302-4005.624		数量: 1

图 7c: 由直线度干涉镜 128 和双角隅反射镜 160 组成的测角干涉仪的构成

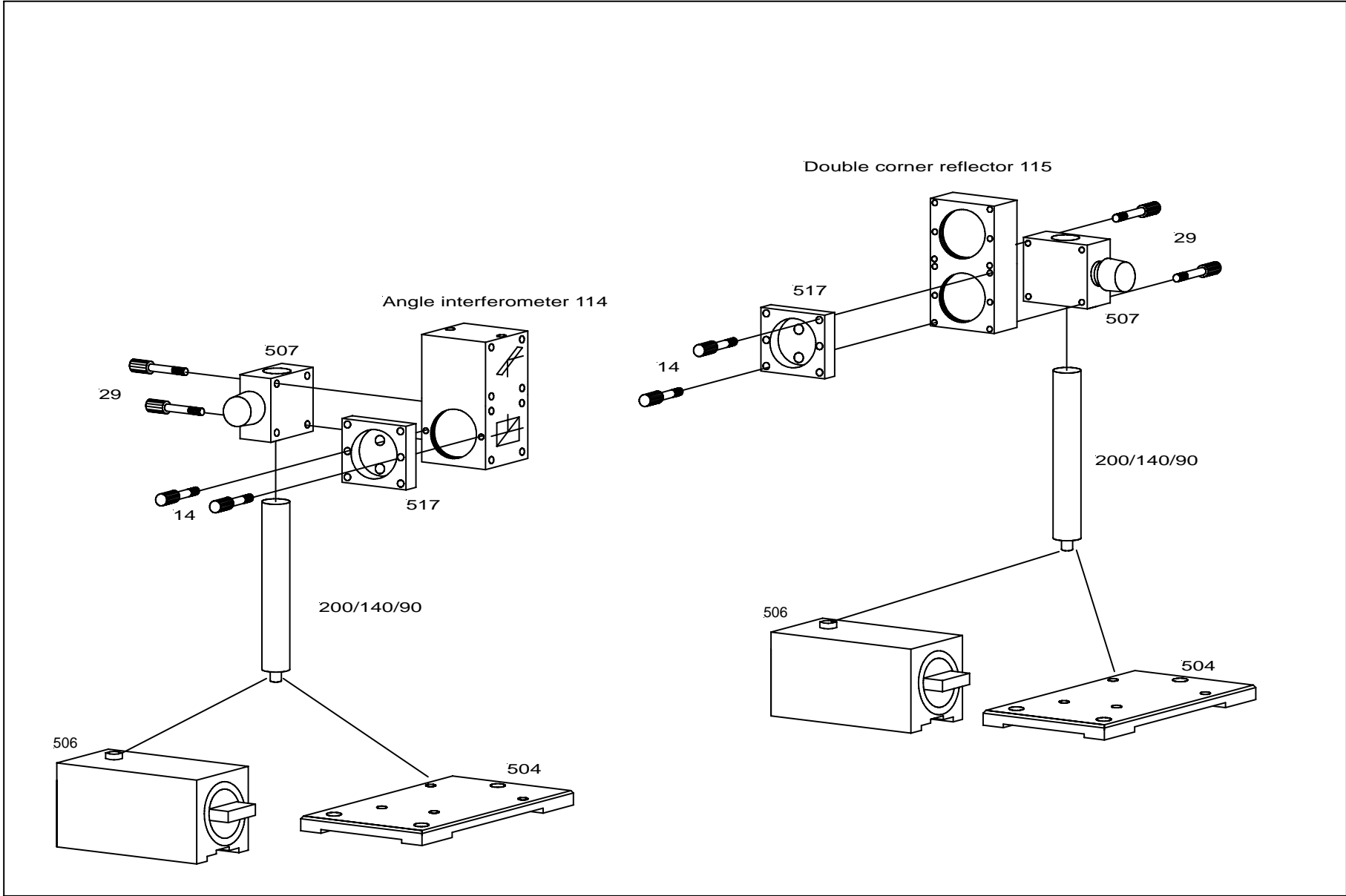


Fig. 8: Assembly of optical components

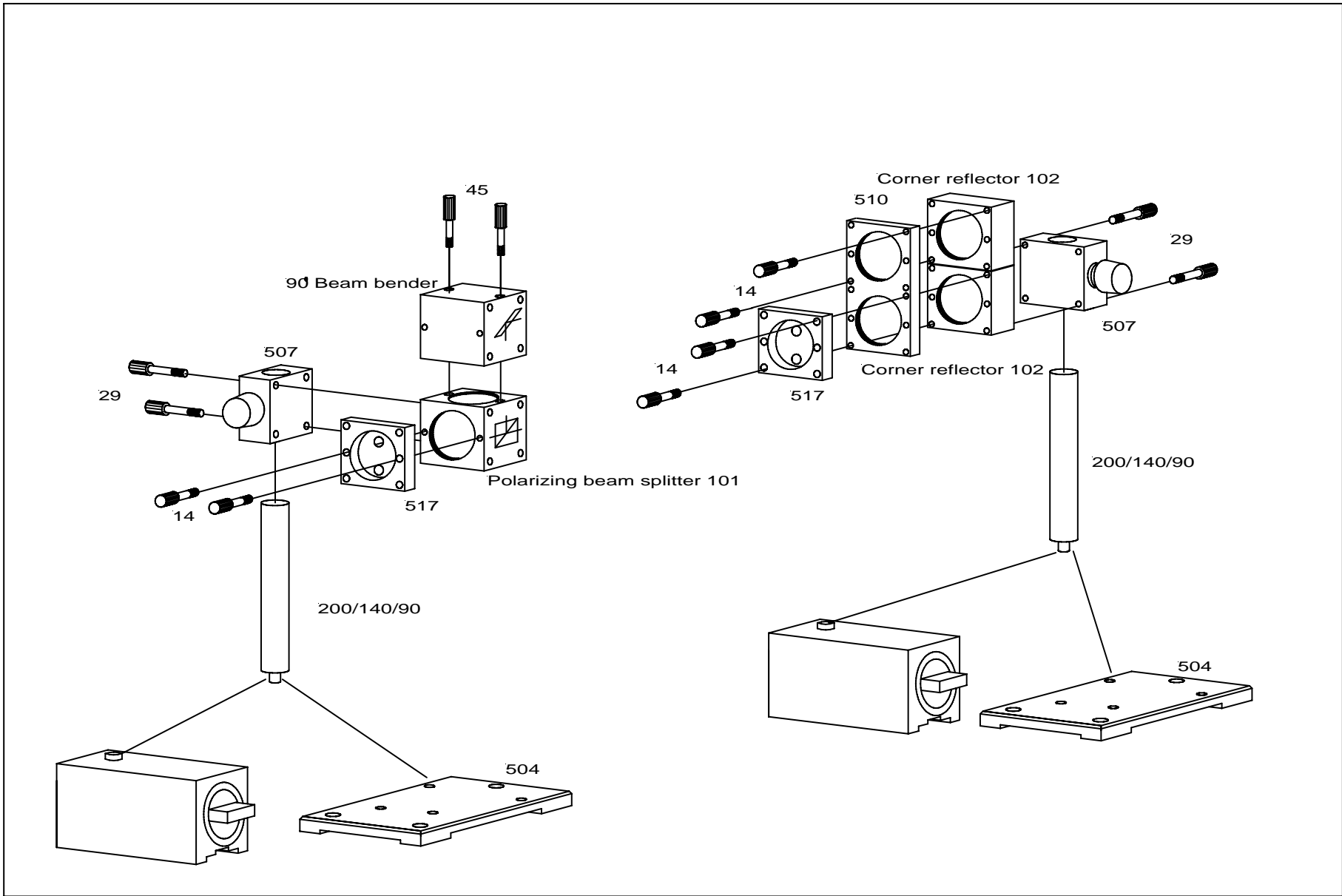


Fig. 9: Assembly of optical components

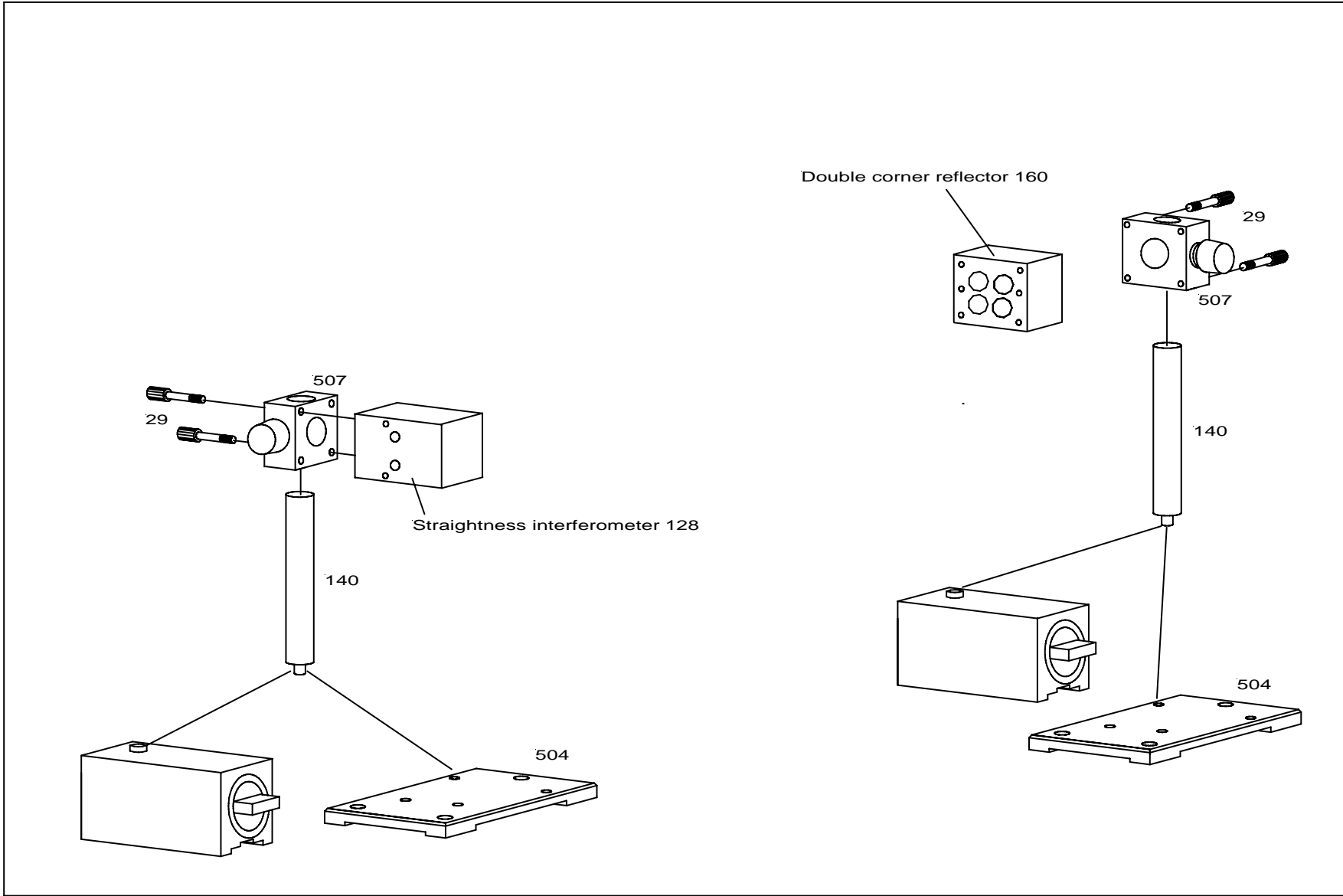


Fig.10a: Angle measurement with Straightness interferometer 128 - horizontal configuration

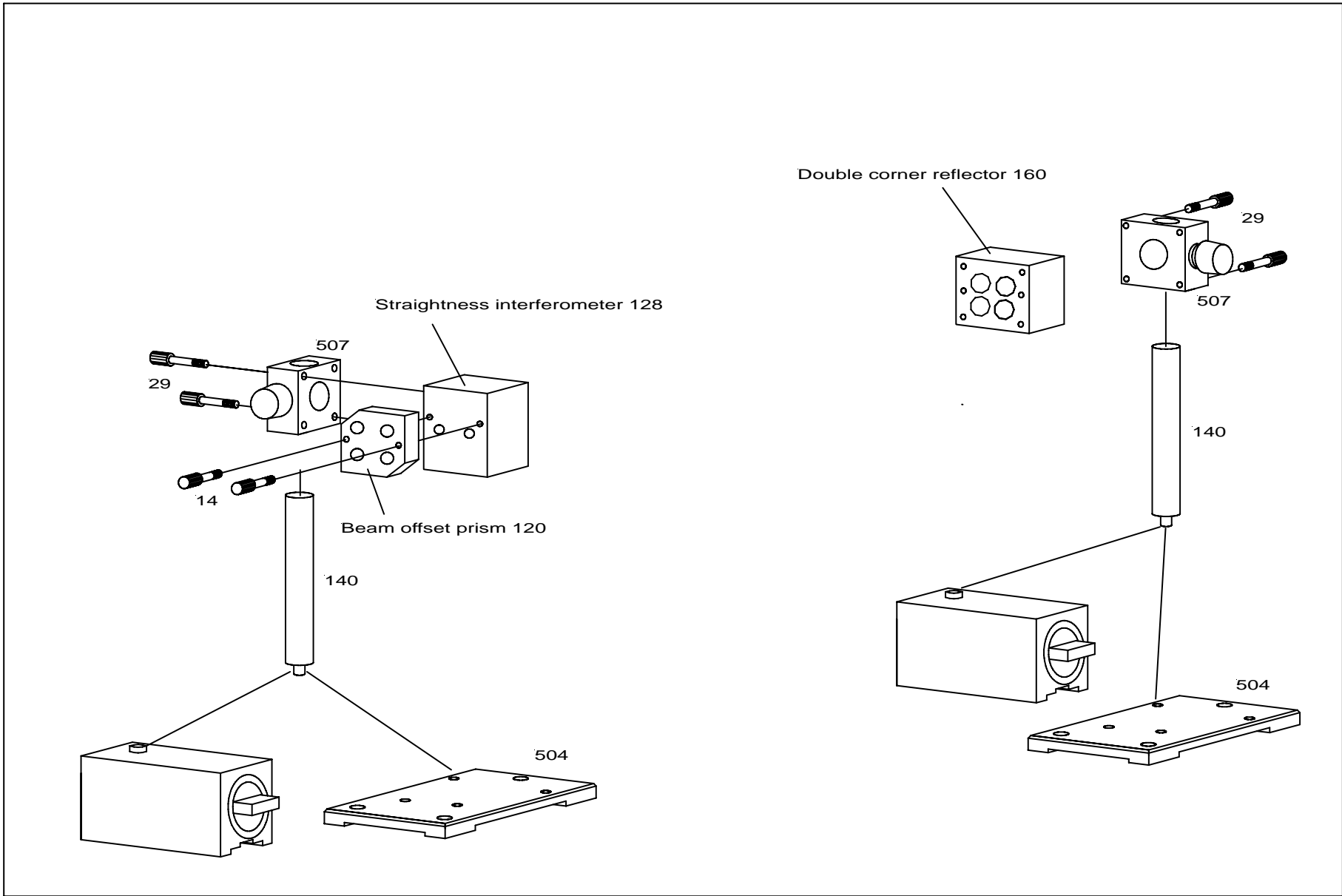
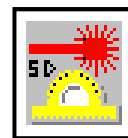


Fig.10b: Angle measurement with Straightness interferometer 128 - vertical configuration



角度测量

系统安装

有关测量偏摆角和俯仰角的角隅反射镜的调整将在角度干涉仪 114 和双光束反射镜 115 的章节中用示例进行说明。

产品的组装与使用与使用角隅反射镜进行位置测量的系统类似。

调试过程如下：

1. 确定激光束的测量水平位置。
2. 在与运动轴成一条直线的位置找一个固定点来固定角度干涉镜 114。



重要：

光学镜组件必须位于激光头光束的出口，而干涉仪的参考点和激光器的光束必须和运动轴平行(图 11)。

3. 把测量反射镜固定在 1 项中找到的位置上：

角度干涉镜	静态参考点(2)
双角隅反射镜（测量光束）	动态测量点(1)



重要：

干涉镜和角隅反射镜必须与测量直线等高 ($h_1 = h_2$ ，见图 11)。

4. 简单调整安装的光学系统的光轴。



要点：

- (1) 激光头与干涉镜的距离越近越好。
- (2) 双角隅反射镜与干涉镜的距离越远越好。
- (3) 检查可调云台是否位于平行位移和倾斜范围的中间点。
⇒它能够保证在光路精确调整的过程中，有足够的调整空间。

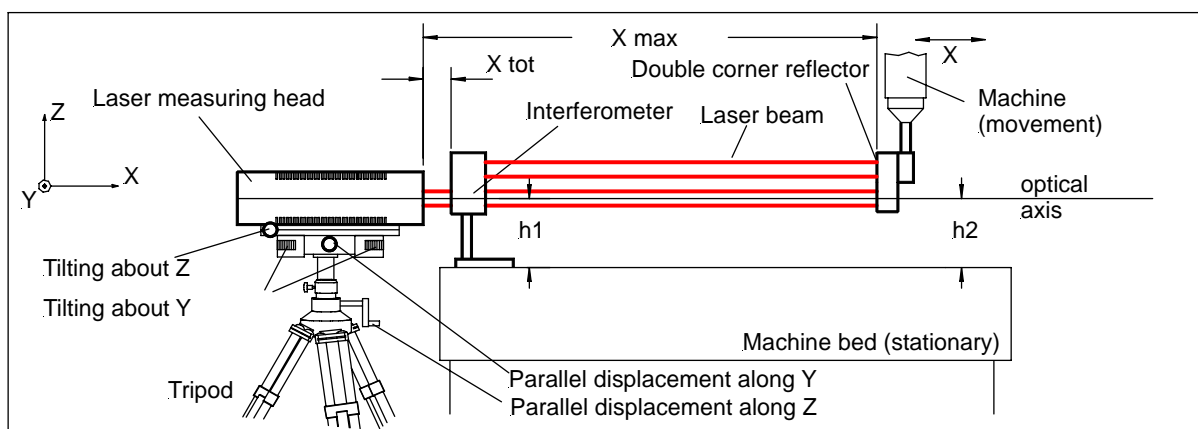
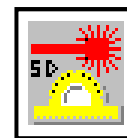


图 11: 光路图



5. 精确调整光路。



要点:

要调整与测量轴平行的光路，把干涉镜从光路上移开，仅保留角隅反射镜在光路上。⇒这样，就只有一束光束返回到激光头上，使得调整更为容易。调整双角隅反射镜的下反射镜。

位置和方向调整见图 12:

- 位置调整 (沿 y 和 z 的平行位移)
($\Delta y, \Delta z$)
- 方向调整 (沿 y 和 z 的倾斜)
($\Delta\phi_y, \Delta\phi_z$)

ZLM 700 激光干涉仪通过可调云台和三角架能够方便地进行位置调整 and 方向调整。它的优点是用户不需要在两个位置点（激光头和测量反射镜）之间来回多次调整。

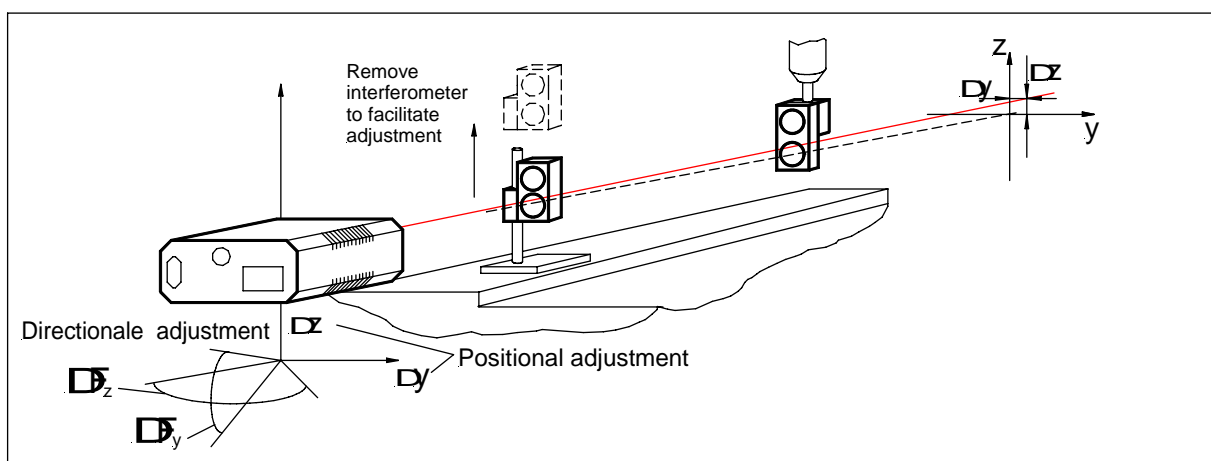


图 12: 光路调整

对于干涉镜来说，双角隅反射镜所处的位置，对于光路调整 and 方向调整都十分重要（图 13）：
 位置调整， ⇒ 双角隅反射镜的位置离激光头越近越好。
 平行位移

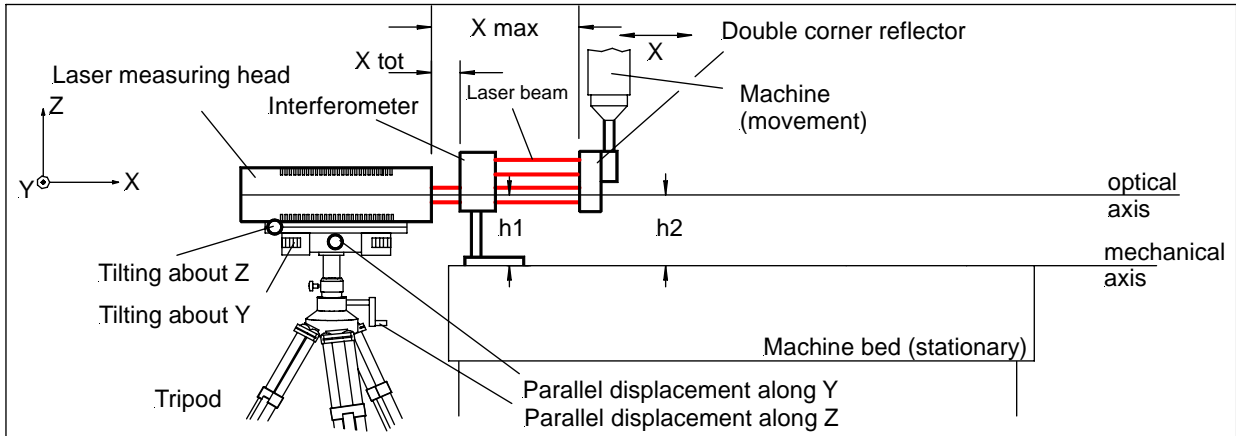
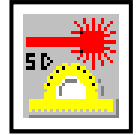


图 13: 光路的位置调整

倾斜方向调整 ⇨ 把双角隅反射镜置于离激光器最远的位置
图 14

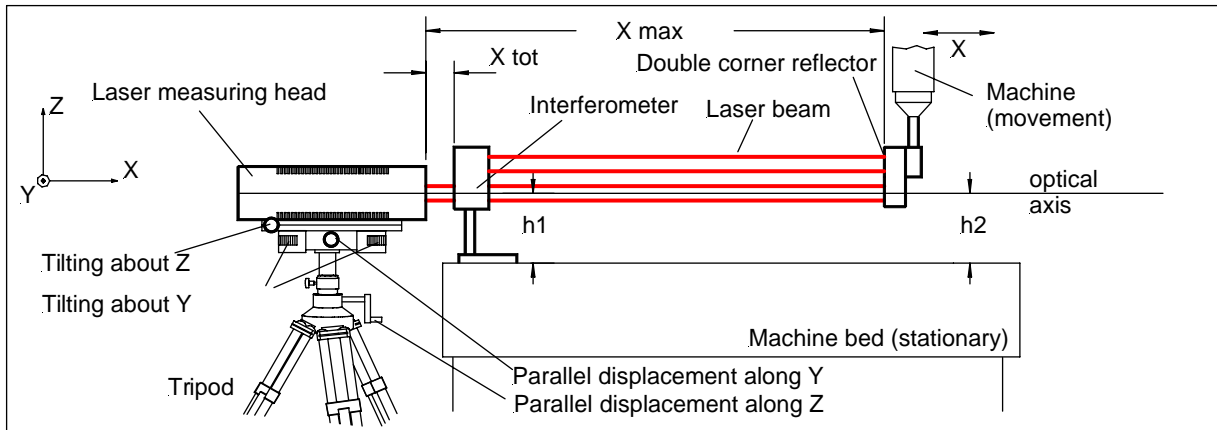



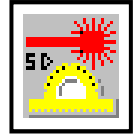
图 14: 光路的方向调整

调整

基于以上基本原则，按以下步骤进行光路调整：



1. 在计算机的屏幕上“Measurement 测量”工具栏下，点击  按钮。在这个按钮的菜单里，计算机的显示器上会显示两个斑点，代表反射到激光头里的参考光束和测量光束。屏幕下方的图条表示调整的结果的理想程度，图条越长，效果越好。



2. 把双角隅反射镜移动到离激光头最远的点 (图 14), 在 Y 和 X 方向调整光束方向:

$\Delta\Phi_y$ - 旋转可调云台的侧面的两个滚花头螺杆。
 $\Delta\Phi_z$ - 旋转可调云台的两个滚花头高度螺杆。

直至反射的光束能够完全进入激光头的光束入口为止。
 要进行精确调整, 使用计算机屏幕上的十字形靶心。

3. 把双角隅反射镜移动到离激光头最近的点 (图 13), 在 y 和 z 方向调整光束方向:

Δy - 旋转可调云台的千分尺螺丝, 把光束置于平行方向。
 Δz - 旋转三角架的高度调节把手。

直至反射的光束能够完全进入激光头的光束入口为止。
 要进行精细调整, 使用计算机屏幕上的十字形靶心。

重复上述步骤 2 和 3, 直到光束位置没有变化 (相对于计算机屏幕上的十字靶心)。
 光学镜和机械轴之间的永久角度误差, 可以在计算机屏幕十字靶心的下方的蓝色移动条上显示。

4. 光路调整完成后, 通过光路按以下步骤调整干涉镜 (图 15)。
 机械安装高度无需调整
 (高度和双角隅反射镜相等)。



放上干涉镜后, 对光路进行精确调整, 通过屏幕图标  来检查调整效果。

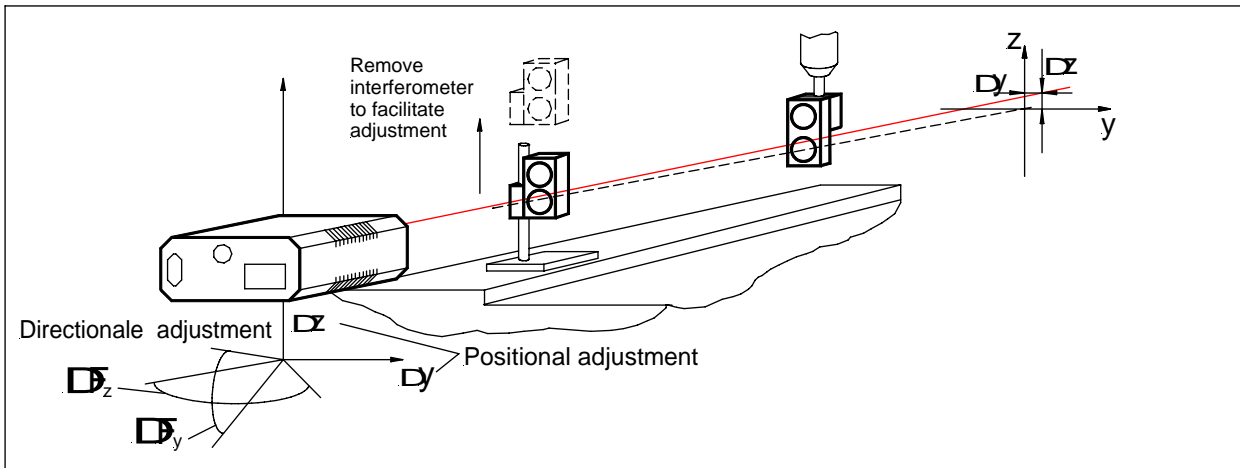
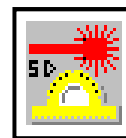


图 15: 测角干涉仪的调整



注意:

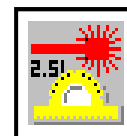
干涉镜的调整不影响双角隅反射镜光路的调整。



重要:

注意测量光束和参考光束十字形相交线点在计算机的屏幕上是否处在相等的位置。
(对于获得良好的干涉信号非常重要)

激光干涉仪调试完毕，现在可以进行测量了 (见软件操作手册)。



D 用于角度测量的平面反射镜干涉仪

滚动角测量

有些测量任务使用角隅反射镜是不能完成的，当被测物体的运动方向与光束的方向不一致，而是沿光束左右摆动时就是这种情况，这就是滚动角的测量。

在这种情况下平面反射镜的反射区域通常就是一个平面，测量光束就参考这个区域。

要获得较高的测量精度，测量平面镜的平面度等级就显得十分重要。

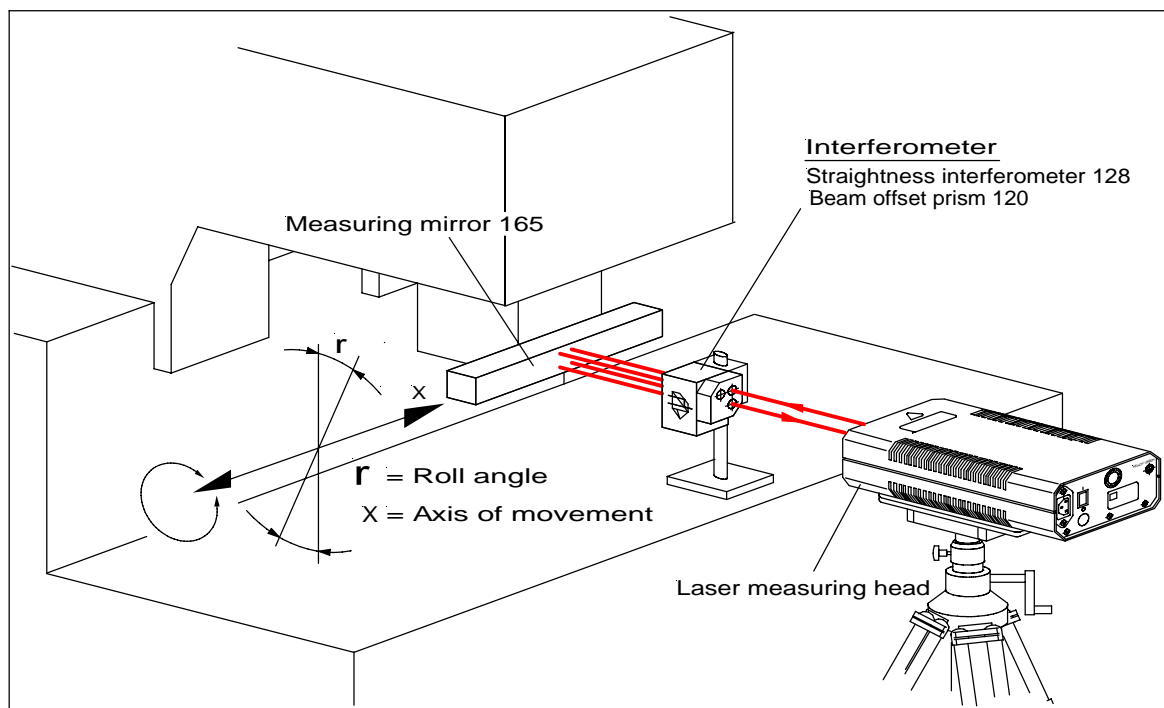


图 1: 使用直线度干涉镜 128 和测量镜 165 来测量滚动角

要测量滚动角，必要元件如下：

1 直线度干涉镜 128 269302-4012.824

1 测量镜 165 269302-4016.524

作为补充件，用在这个方向后可测量倾斜度

1 光束方向转移棱镜 120 269302-4008.424

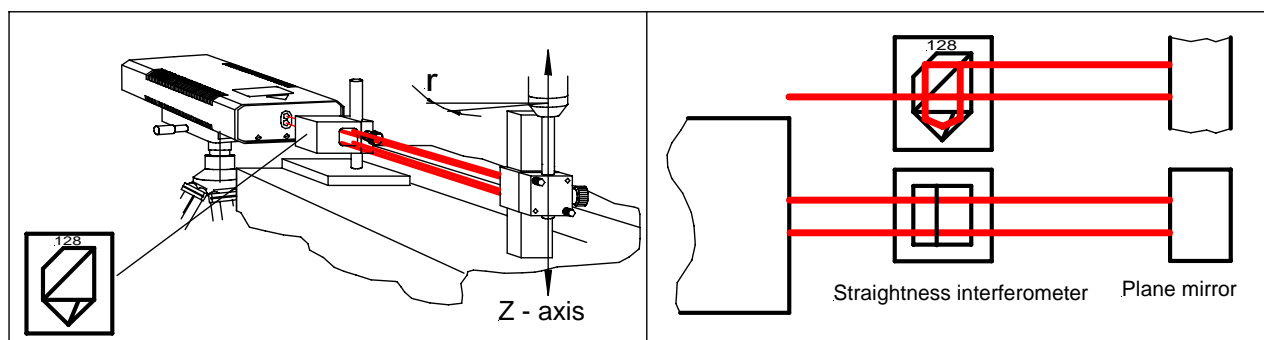
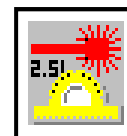


图 2: 光路示意图: 用于滚动角测量的角度干涉仪



平面反射镜干涉仪

图 2 列出了垂直运动方向下滚动角测量的元件。要水平运动方向测量滚动角，必须使用光束方向转移棱镜 120（图 2 和图 4a），因为测量光束必须旋转 90°。

元件

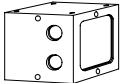

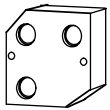
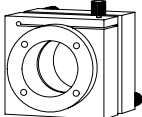
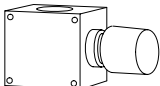
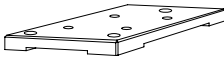
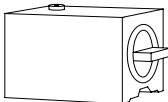
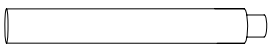

直线度干涉镜 128 269302-4012.824		数量:1
测量镜 165 269302-4016.524		数量: 1
光束方向转移棱镜 120 269302-4008.424		数量:1
可倾斜支架 524 269302-4010.925		数量: 1
夹具 507 269302-4010.325		数量: 2
安装板 504 269302-4014.410		数量: 2
磁性基座 506 260298-3000.128		数量: 2
支柱 140 / 90 or 200 260297-9900.128 140 260297-9900.228 90 260297-9900.328 200		数量: 2
螺栓一套 269302-4005.624		数量: 1

图 3: 滚动角测量的光学镜元件和机械组件

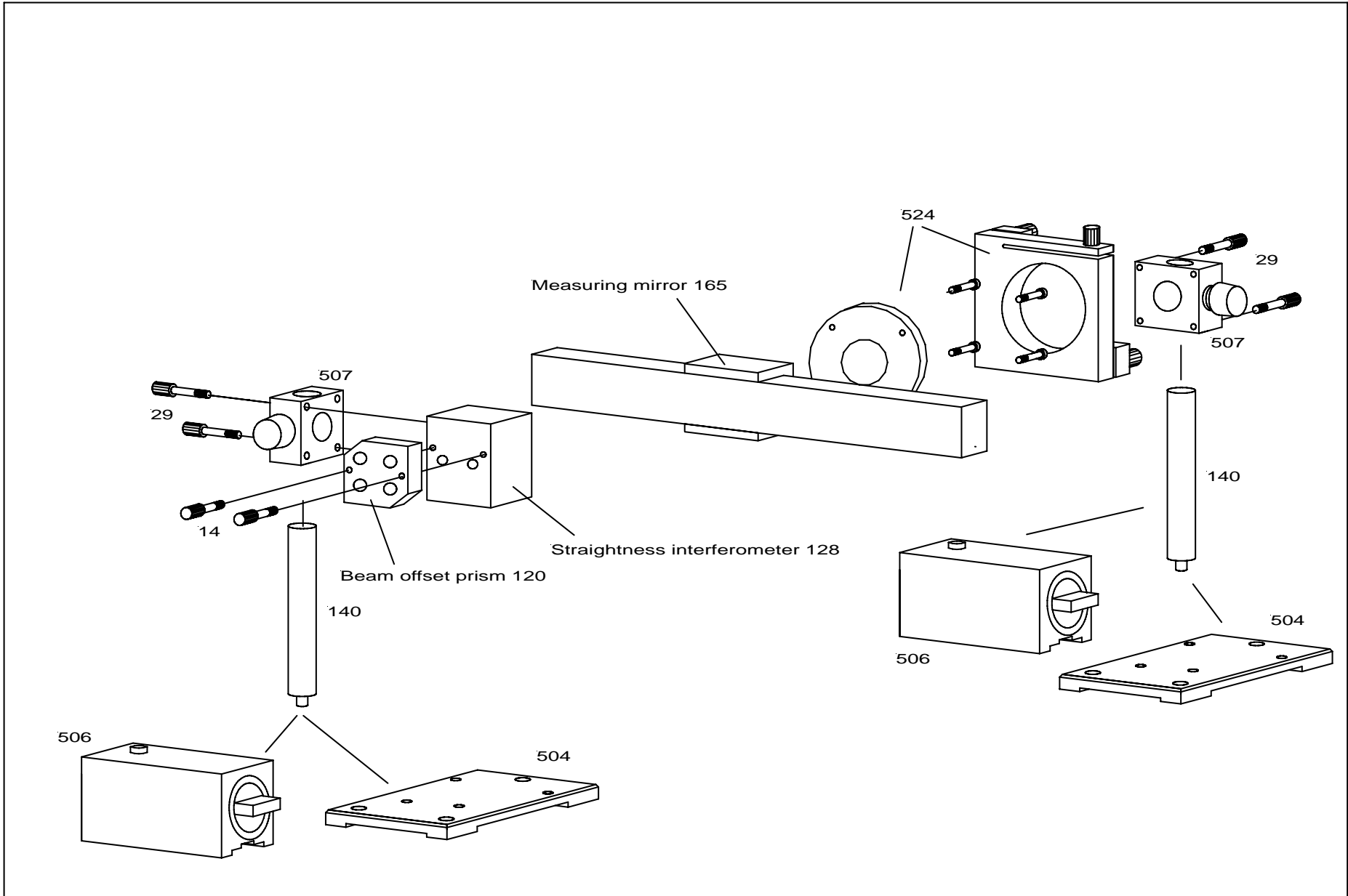


Fig. 4a: Roll angle measurement with straightness interferometer - horizontal configuration

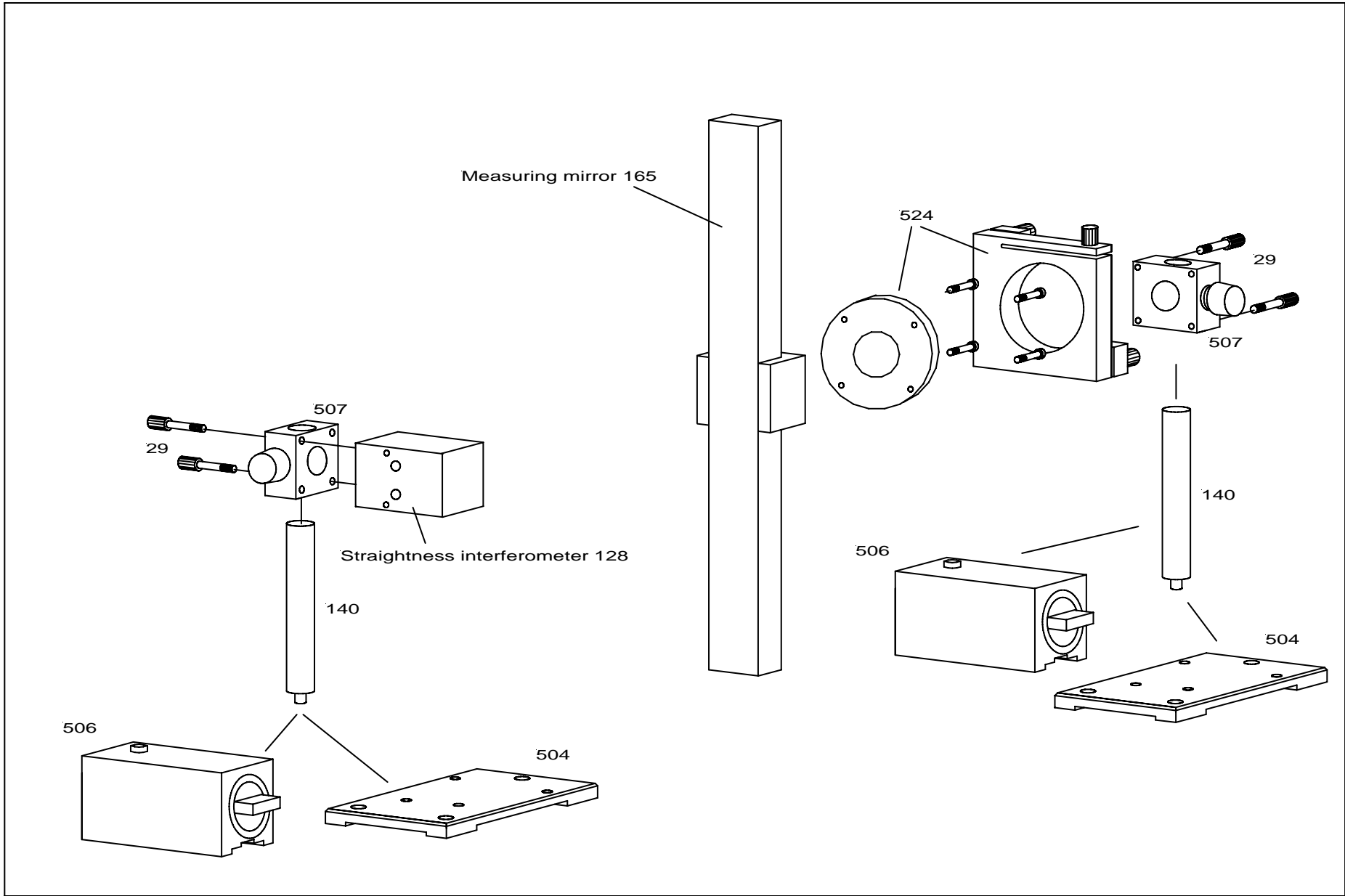
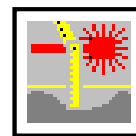


Fig. 4b: Roll angle measuring with straightness interferometer - vertical configuration



直线度测量干涉仪

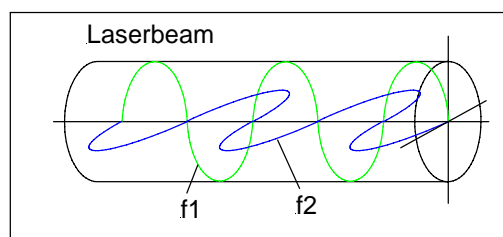
E 直线度测量

在平面度测量过程中，由角度测量而间接的测量了平面度的偏差。不同于这个偏差，使用直线度干涉仪可以直接测量直线度。镜面区域在它们的平面上可以非常准确用作直线测量面，镜面的不平就会导致系统出错。通过该直线度干涉仪可以轻松的测量出机床导轨、坐标测量机及其他机械设备的平面度偏差。直线度干涉镜用作分光镜，加上双光楔镜和角隅反射镜就构成直线度测量系统 (图 2)。

功能描述

来自激光器的光束进入直线度干涉镜后作为测量光束，在平面上振动后产生正交频率不同的光束 f_1 和 f_2 (图 3)。

图 1:
在图中，
振动平面 f_1 为垂直光束，
 f_2 为水平光束。



由于它们的平面振动频率不同(图 1)，两个频率经偏振分光镜后进入不同的干涉仪。当频率 f_1 的振动平面平行于偏振分光镜的位置和方向时就会偏转 90° 。通过干涉镜的 $1/2$ 波片后，振动平面又旋转了 90° ，经干涉镜后再偏转 90° 。

频率 f_1 通过 $1/4$ 波片，然后再次平行于 f_2 ，由于偏振方向的不同， f_2 经干涉镜后没有影响。经过不同的延迟波片 ($f_1: \lambda/2$ 和 $\lambda/4$ 波片 $f_2: 0 \lambda/2$ 波片) 物体后，两束频率进入偏振电路。

光束撞击到双光楔镜后，两个频率折射为一定的角度，然后在角度干涉镜上相互垂直，它们再次反射后，经双光楔镜进入干涉镜。当它们经过延迟波片后，根据它们的偏振方向和撞击光学元件 (Level II) 的角隅反射镜的情况，两个频率恢复平面偏振。近似的，Level I (图 4) 的两个频率再次沿干涉仪、双光楔镜、角度反射镜的光路运行和折返；当它们再次穿过延迟波片时，它们的振动平面就发生了旋转。现在相对于光束，频率 f_1 水平振动，频率 f_2 垂直振动。因此 f_1 相对于激光头偏振分光了 90° ，频率 f_2 经涂层后进入激光头。

当双光楔镜不动时，传感器 E1 记录了激光的频差 ($f_1 - f_2 = 640\text{MHz}$)，它等于激光头中电路参照信号 E2 测得的参考信号。如果双光楔镜移动，两个频率经过的光路长度就会改变，因此各自的测量距离 δz 就会变得更长或更短。频差 (df_1, df_2) 就是双光楔的位移。它们是由传感器 E1 测得的，这是由于光束经过了光路两次的原因

$$\Delta f = (f_1 + 4df_1) - (f_2 - 4df_2) \quad \text{oder} \quad \Delta f = (f_1 - 4df_1) - (f_2 + 4df_2)$$

在干涉仪系统的高频部分，两个传感器 (E1 和 E2) 信号相互比较，结果就是多普勒效应产生的频率转移，这个转移的频率就是双光楔镜的位移。

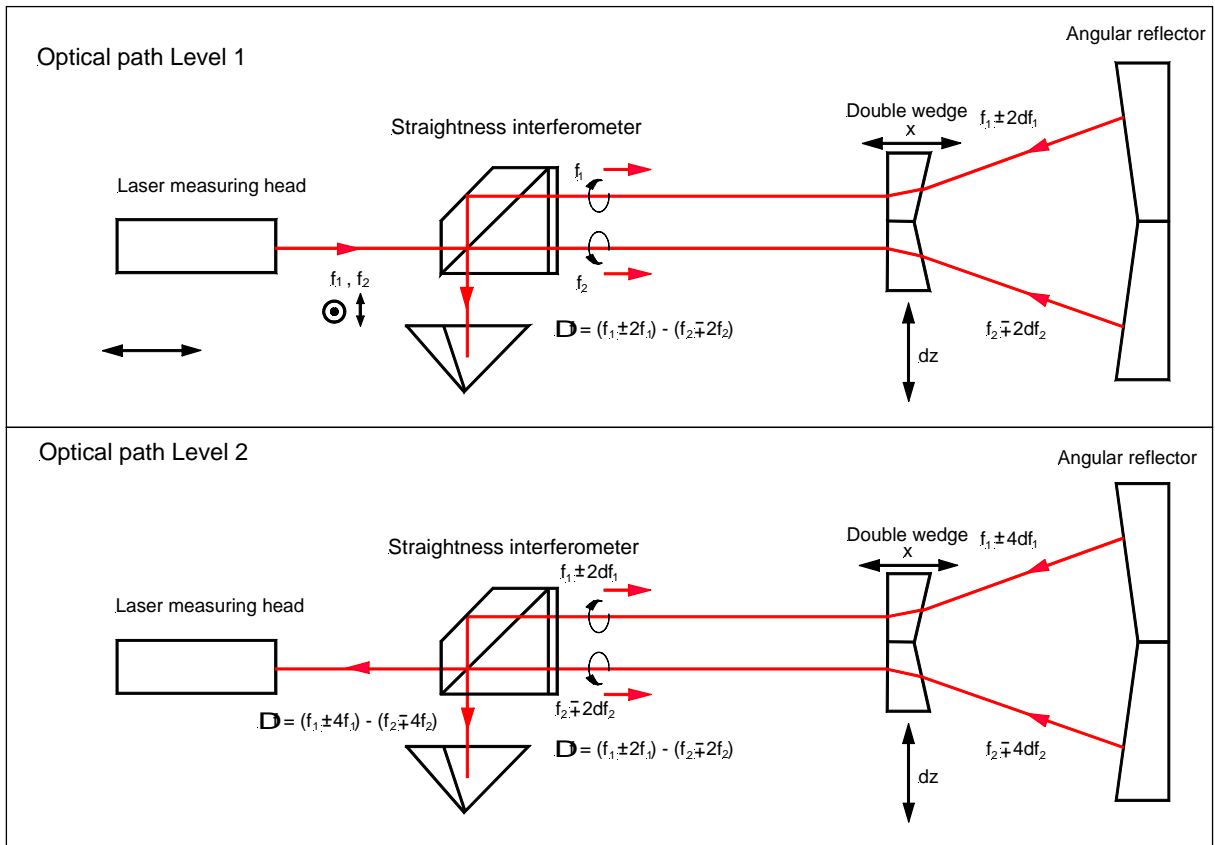
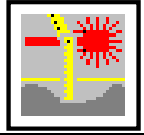


图 2: 直线度干涉仪光路

必须区分:

1. 水平直线度误差
2. 垂直直线度误差

要测量垂直的直线度，必须使用光束方向转移棱镜 120，以便来自干涉镜的光束能够进入激光测量头（图 4b）。

使用光束方向转移棱镜 120，光束沿对角改变方向，改变 90°。

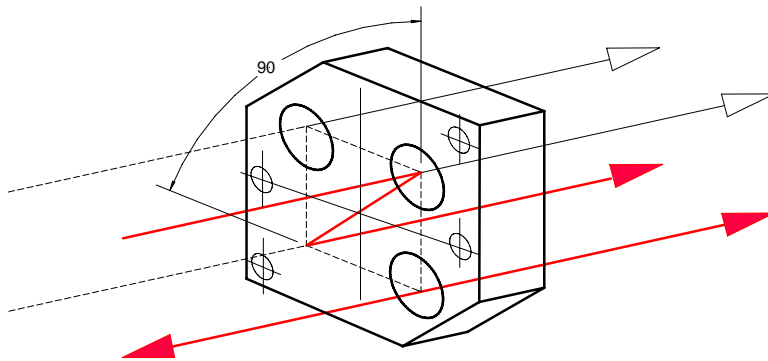
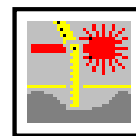


图 3: 光束方向转移棱镜 120 的功能



直线度测量干涉仪

对于直线度的测量，ZLM700 干涉仪有两种选择：

1. 轴长 **2m** 的直线度测量，分辨率 29nm。
2. 轴长 **10m** 的直线度测量，分辨率 145nm。

直线度测量的光学镜元件：

1 直线度干涉镜 128	269302-4012.824
1 光束方向转移棱镜 120	269302-4008.424
1 双光楔镜 108 (2m)	269302-4010.824
或 112 (10m)	269302-4011.224
1 角度反射镜 109 (2m)	269302-4010.924
或 113 (10m)	269302-4011.324

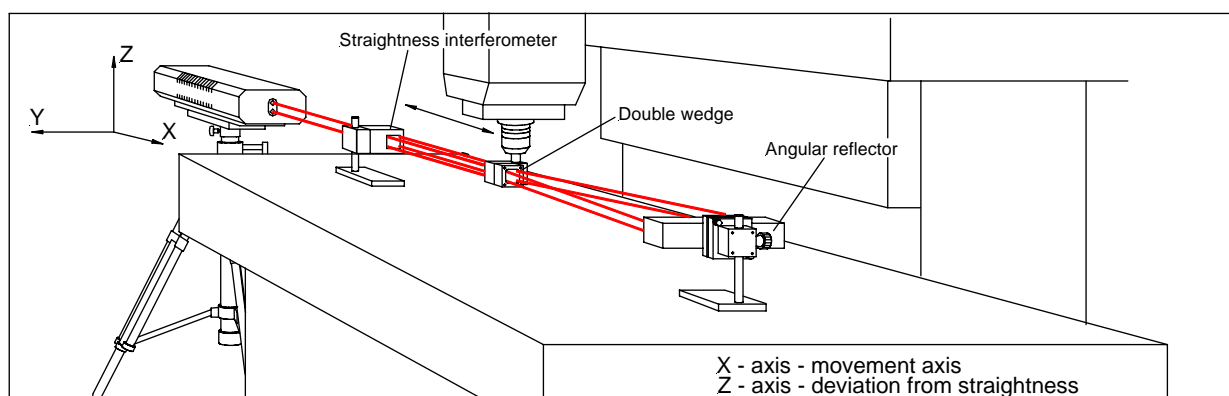


图 4a: 水平结构下的直线度测量

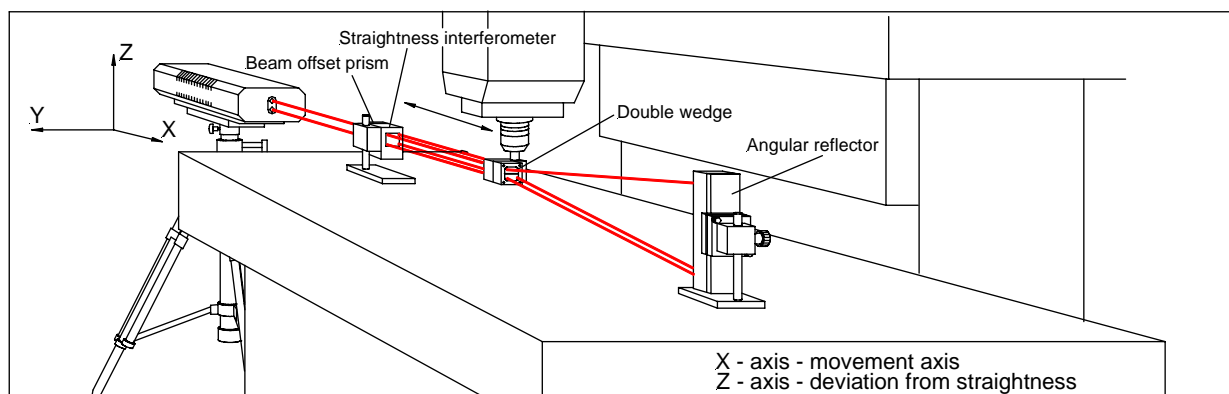
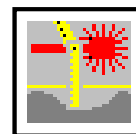


图 4b: 垂直结构下的直线度测量



直线度测量干涉仪

安装

光学镜元件和机械组件如图 5 所示。
图 6 和 7 给出了它们的组装示意图。

直线度干涉仪(水平 / 垂直结构)

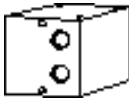
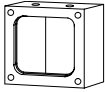
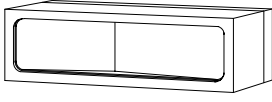
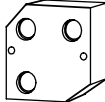
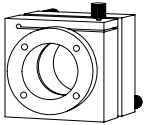
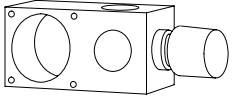
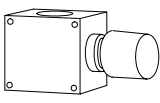
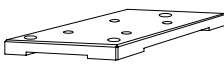
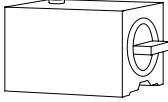
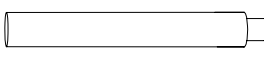

直线度干涉镜 128 2693 02- 4012.824		数量: 1
双光楔镜 2m / 10m 269302- 4010.824 2m 269302- 4011.224 10m		数量: 1
角度反射镜 2m / 10m 269302-4010.924 2m 269302-4011.324 10m		数量: 1
光束转向镜 269302-4008.424		数量: 1
可倾斜支架 524 269302-4010.925		数量: 1
夹具 508 269302-4010.125		数量: 2
夹具 507 269302-4010.325		数量: 1
安装板 504 269302-4014.410		数量: 2
磁性基座 506 260298-3000.128		数量: 2
支柱 90/140/200 260297-9900.128		数量: 2
螺栓一套 269302-4005.624		数量: 1

图 5:直线度干涉仪光学镜元件和机械组件

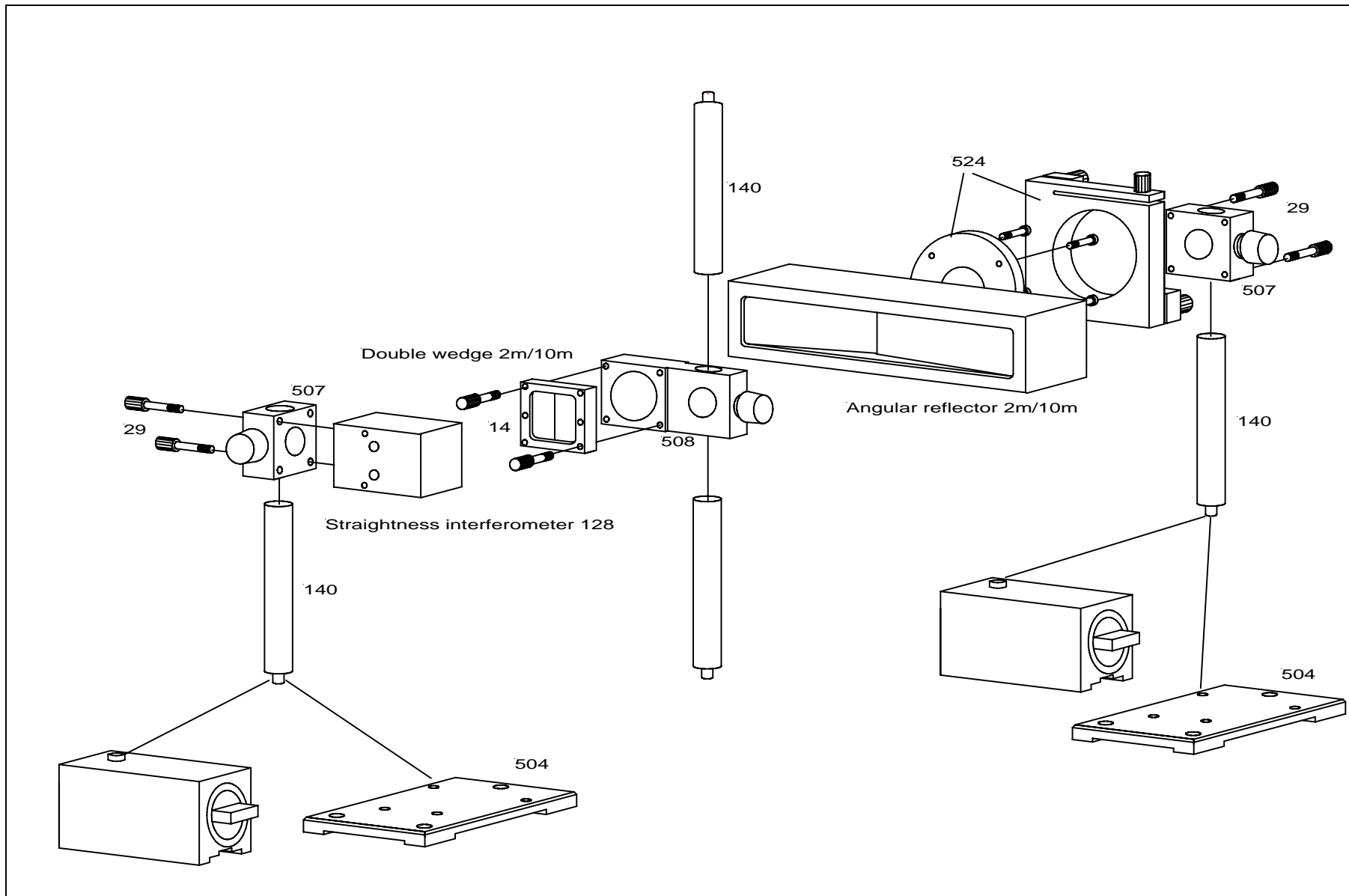


Fig. 6: Straightness interferometer, horizontal configuration (assembly drawing)

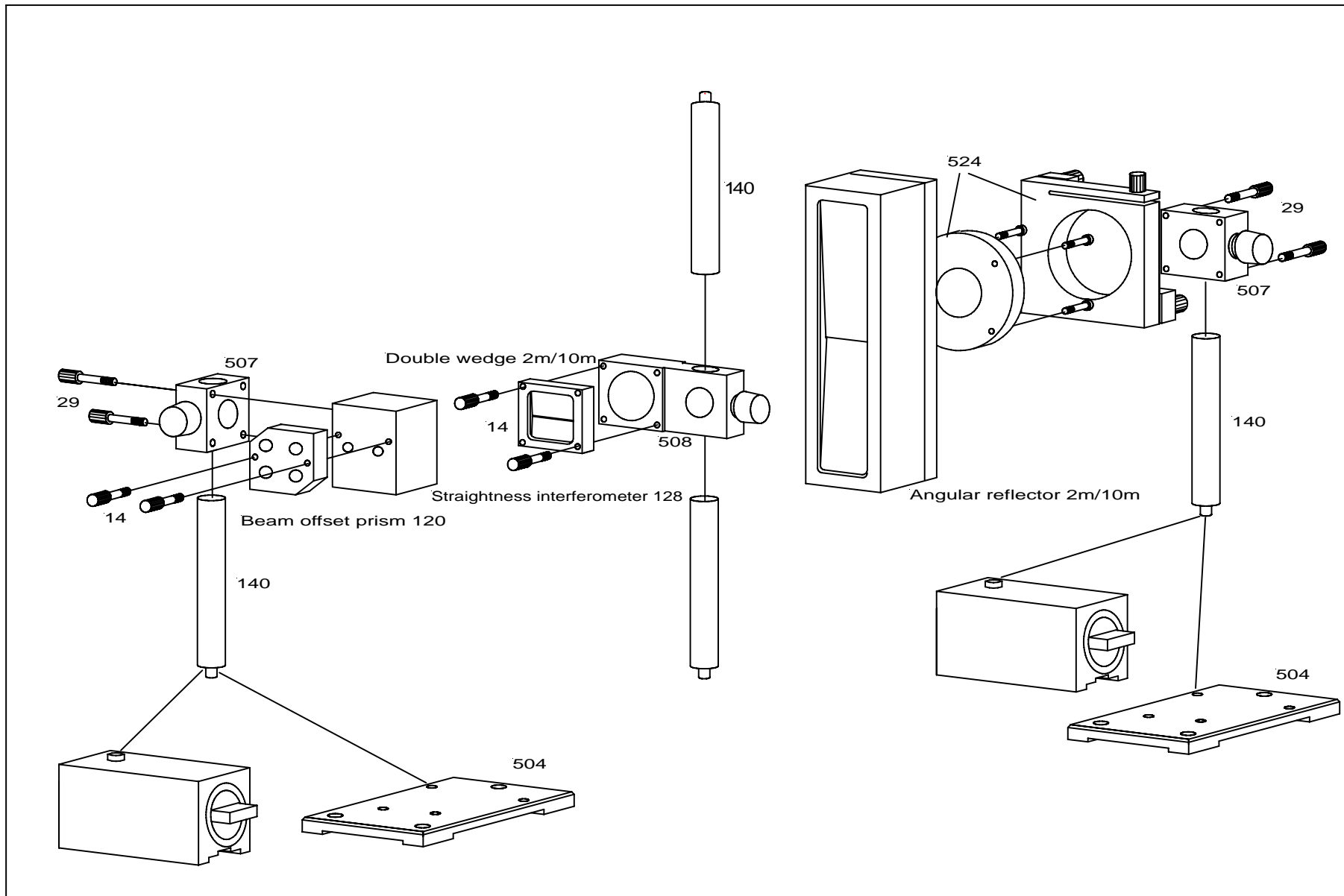
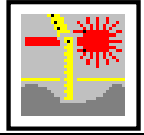


Fig. 7: Straightness Interferometer, vertical configuration (assembly drawing)



系统安装

如果所有系统组件(激光头、直线度干涉镜 128、双光楔镜、角度反射镜)已组装完成, 就可以根据被测物体开始调整系统了。

按以下步骤进行调整:

1. 确定要测量的运动轴, 在运动部位找到一个合适的位置来固定双光楔镜 (1)。
例: 图 8 主轴夹头 - 双光楔镜
2. 在与运动轴成一条直线的方向寻找一个静止参考点, 用来固定干涉镜和角度反射镜。
例: 图 8 机床 - 角度反射镜
机床 - 干涉仪



重要:

测量反射镜必须位于运动轴上, 而干涉仪的参考点和激光器的光束必须和运动轴平行。

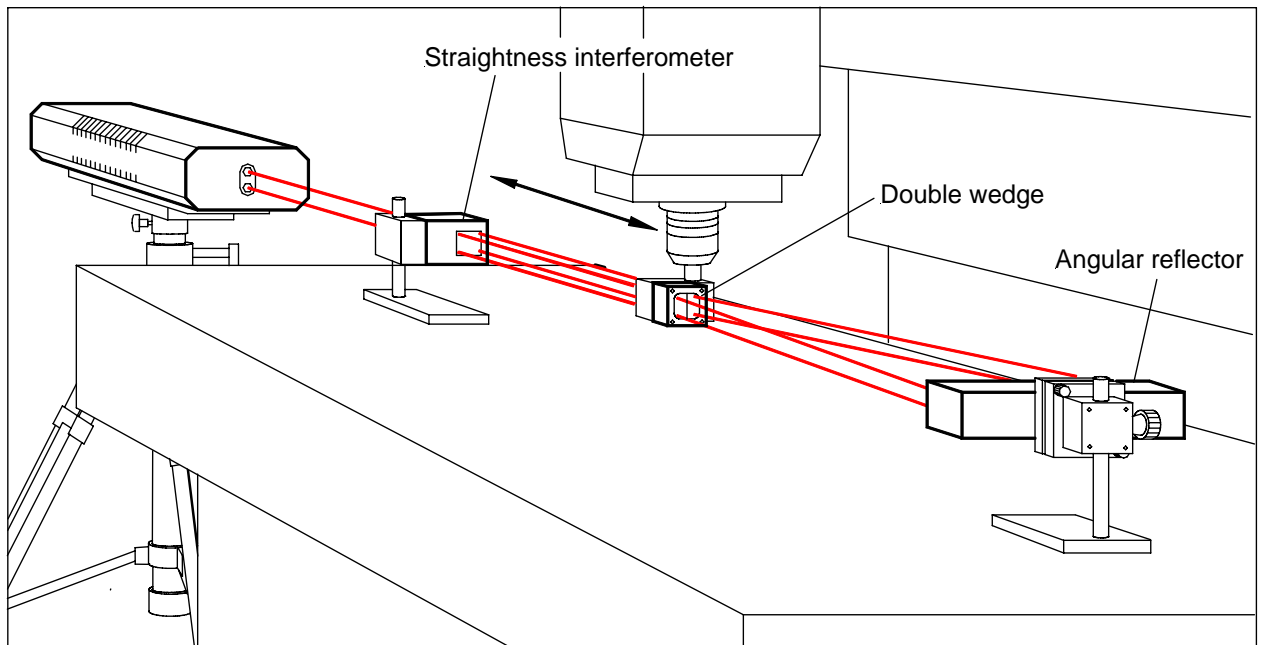


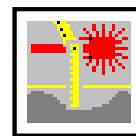
图 8: 机床测量示意图

3. 把测量反射镜固定在 1 项中找到的位置上。



重要:

要减小角度误差, 干涉镜和角隅反射镜必须与测量直线等高 ($h_1 = h_2$, 见图 9)。



4. 简单调整安装的光学镜的光轴。



要点:

- (1) 激光头与干涉镜的距离越近越好。(X_{tot})。
- (2) 角度反射镜与干涉镜的距离越远越好。(X_{max}) (图 9)。
- (3) 检查可调云台是否位于平行位移和倾斜范围的中间点。⇒它能够保证在光路精确调整的过程中, 有足够的调整空间。

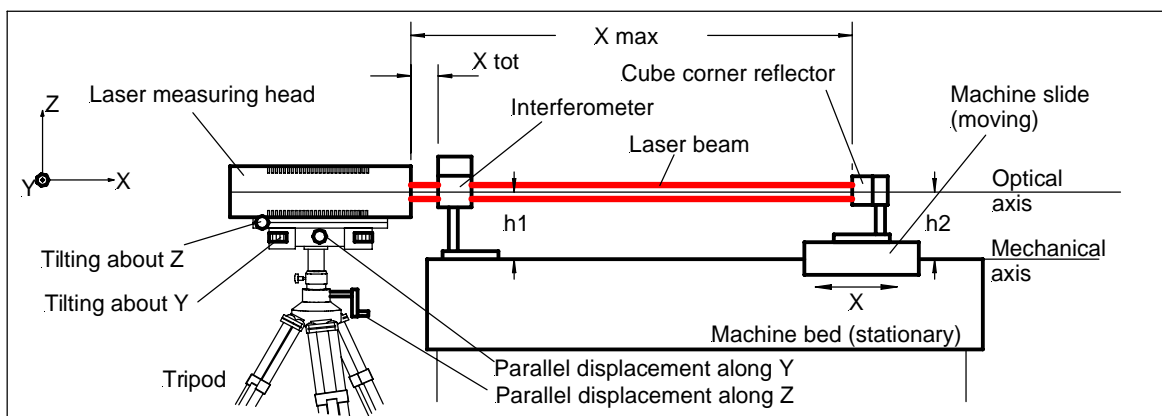


图 9: 测量光路示意图

5. 精确调整光路



要点:

要调整与测量轴平行的光路, 把干涉镜从光路上移开, 仅保留角隅反射镜在光路上。⇒这样, 仅有的一束光就会返回到直线度干涉镜 128 上, 这使得系统易于调整。⇒使用直线光束(见图 10), (盖住其他光束)。

建议: 双角隅反射镜可以用作角隅反射镜。

它和双光楔镜一起直接更换。要使用角隅反射镜 102, 就必须使中心微移 7.5mm, 把接装板 542 作为补偿器。

位置和方向调整见图 10:

- 位置调整 (沿 y 和 z 的平行位移)
($\Delta y, \Delta z$)
- 方向调整 (沿 y 和 z 的倾斜)
($\Delta\phi_y, \Delta\phi_z$)

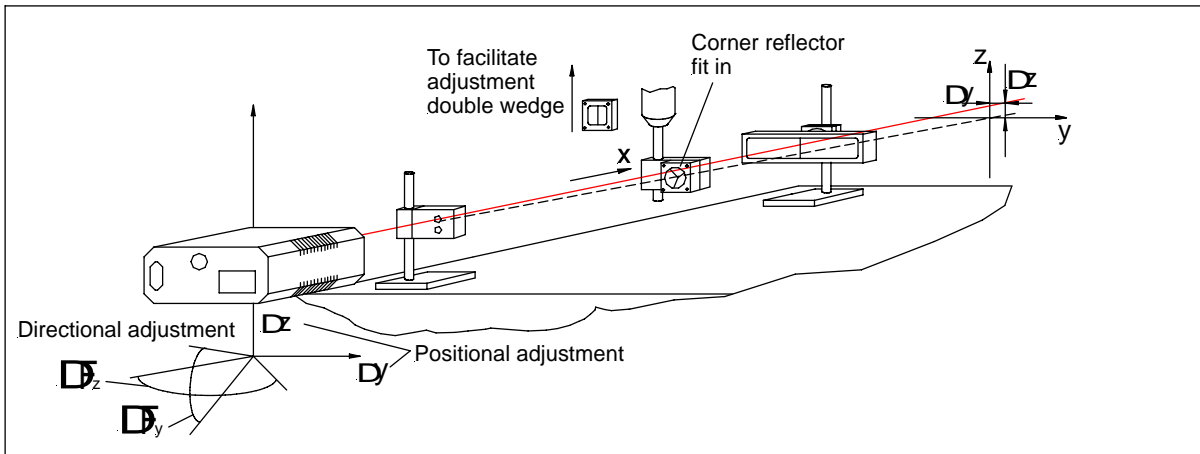
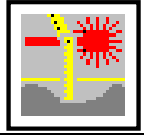


图 10: 使用角隅反射镜的光路调整

ZLM 700 激光干涉仪通过可调云台和三角架能够方便的进行位置调整和方向调整。它的优点是用户不需要在两个位置点（激光头和测量反射镜）之间来回多次调整。

对位置和方向调整来说，角隅反射镜的位置对于直线度干涉仪来说非常重要（见图 11, 12）。

位置调整, ⇒ 角隅反射镜离激光头最近。
平行位移

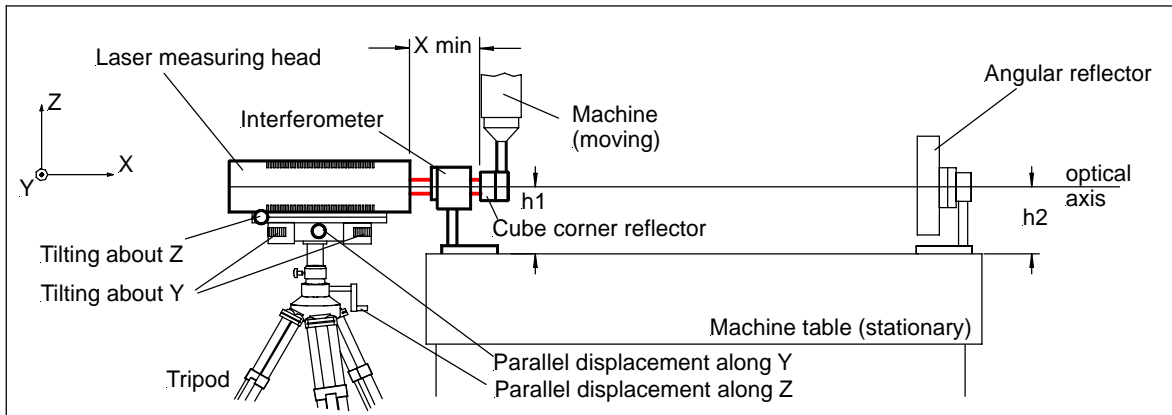


图 11: 光路的位置调整

方向调整，倾斜 ⇒ 角隅反射镜的位置离激光头最远

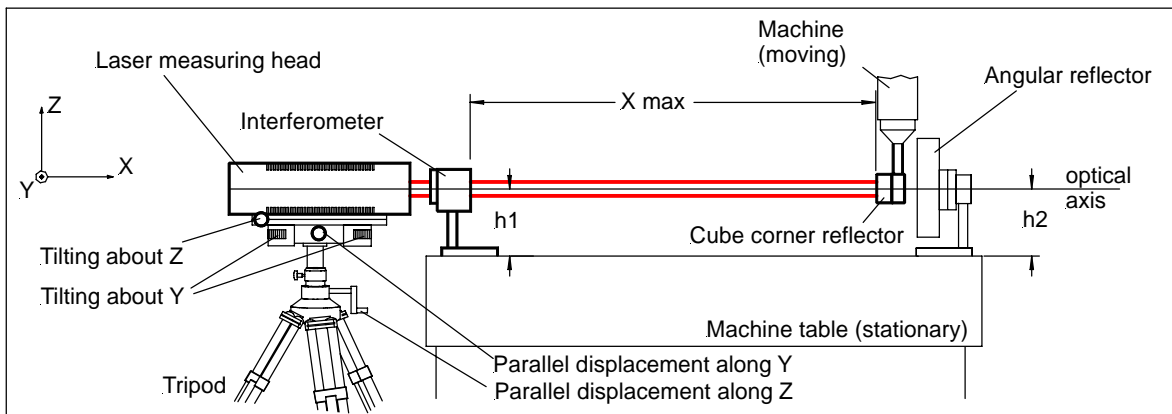
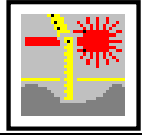



图 12: 光路的方向调整



调整

基于以上基本原则，按以下步骤进行光路调整：



- 1) 在计算机的屏幕上“Measurement 测量”工具栏下，点击  按钮。
在这个按钮的菜单里，计算机的显示器上会显示两个斑点，代表反射到激光头里的参考光束和测量光束。屏幕下方的图条表示调整的结果的理想程度，图条越长，效果越好。
- 2) 把角隅反射镜移动到离激光头最远的点 (图 12)，在 Y 和 X 方向调整光束方向：
 $\Delta\Phi_y$ - 旋转可调云台的侧面的两个滚花头螺杆。
 $\Delta\Phi_z$ - 旋转可调云台的两个滚花头高度螺杆。

直至反射的光束能够完全进入激光头的光束入口为止。
要进行精确调整，使用计算机屏幕上的十字形靶心。

- 3) 把角隅反射镜移动到离激光头最近的点 (图 13)，在 y 和 z 方向调整光束方向：
 Δy - 旋转可调云台的千分尺螺丝，把光束置于平行方向。
 Δz - 旋转三角架的高度调节把手。

直至反射的光束能够完全进入激光头的光束入口为止。
要进行精细调整，使用计算机屏幕上的十字形靶心。

重复上述步骤 2 和 3，直到光束位置没有变化 (相对于计算机屏幕上的十字靶心)。
光学镜和机械轴之间的永久角度误差，可以在计算机屏幕十字靶心的下方的蓝色移动条上显示。

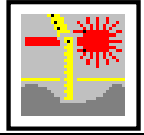
- 4) 通过以下步骤调整角度反射镜，图 13
 - 把双角隅反射镜和双光楔镜互换
 - 在上部位的两束光上，调整角度干涉仪的水平方向和垂直方向



重要：

光束必须射到上部的镜面上（上层）与角度反射镜的中心线对称（顶部边缘）。

- 通过旋转安装夹具的螺丝来调整角度反射镜，以便光束能够反射回入射方向。两束光都必须再次经过上层的双光楔镜（观察双光楔镜上反射回的光束，直到它与来自干涉仪中的光束重合）。通过正确调整，底层（图 13）的两束光反射回角度反射镜了。



- 两束光均位于角度反射镜的底部（有微小的横向偏移）。
通过微调角度反射镜，底部的垂直光路就会随上部的光路而调整（图 13）。

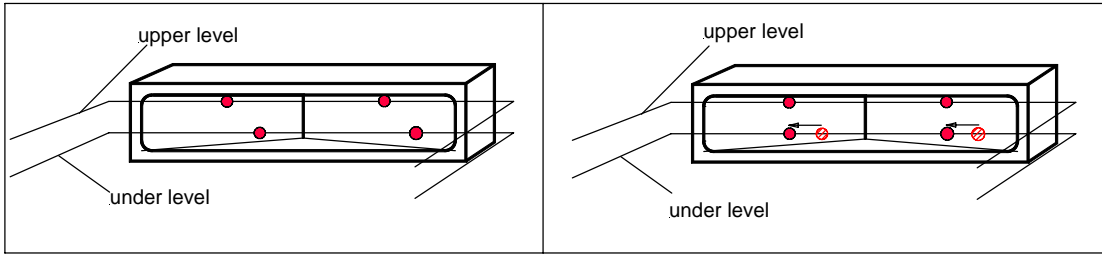


图 13:

通过正确的调整光束，就可反射到底部的光束入口。



最后，通过使用 [target icon] 来精确调整光束。

重要

注意测量光束和参考光束十字形相交线点在计算机的屏幕上是否处在相等的位置。
(对于获得良好的干涉信号非常重要)

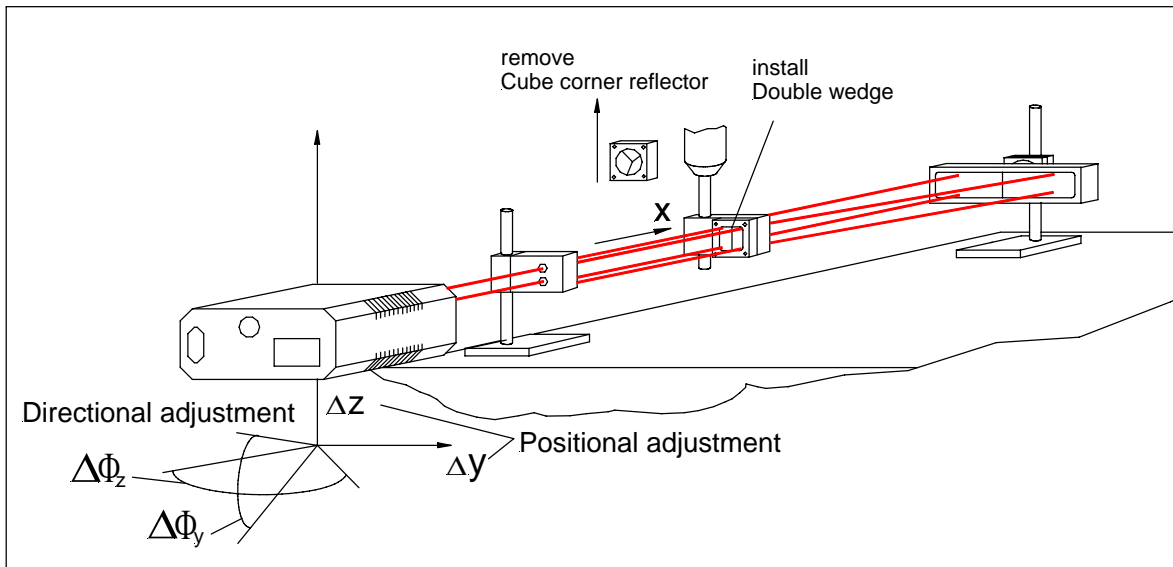
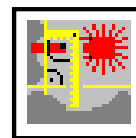


图 14: 对双光楔干涉仪的调整

随着双光楔镜和角度反射镜的调整完成，现在就可以对系统进行测量了（见软件部分的操作手册）。



垂直度干涉仪

F 垂直度测量

机床的两个轴的垂直度偏差可以通过以下方式进行测量：

1. 测量机床轴的直线度。
2. 测量之后，把角度反射镜挡板保持不变作为参考光束。
3. 把一个 90° 五棱镜 (角度误差小于等于 $1''$) 置入第二个轴的光路中。
4. 在角度反射镜位置不变的情况下，通过五棱镜来测量第二个轴的直线度。

这样就会得出两个轴的直线度偏差，即标准的垂直度（五棱镜）。

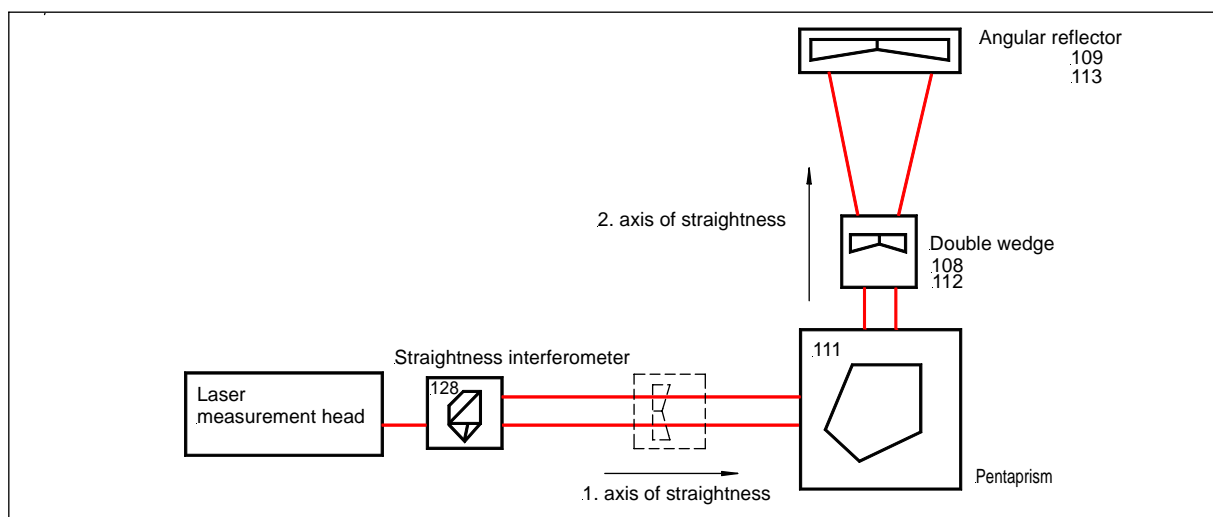
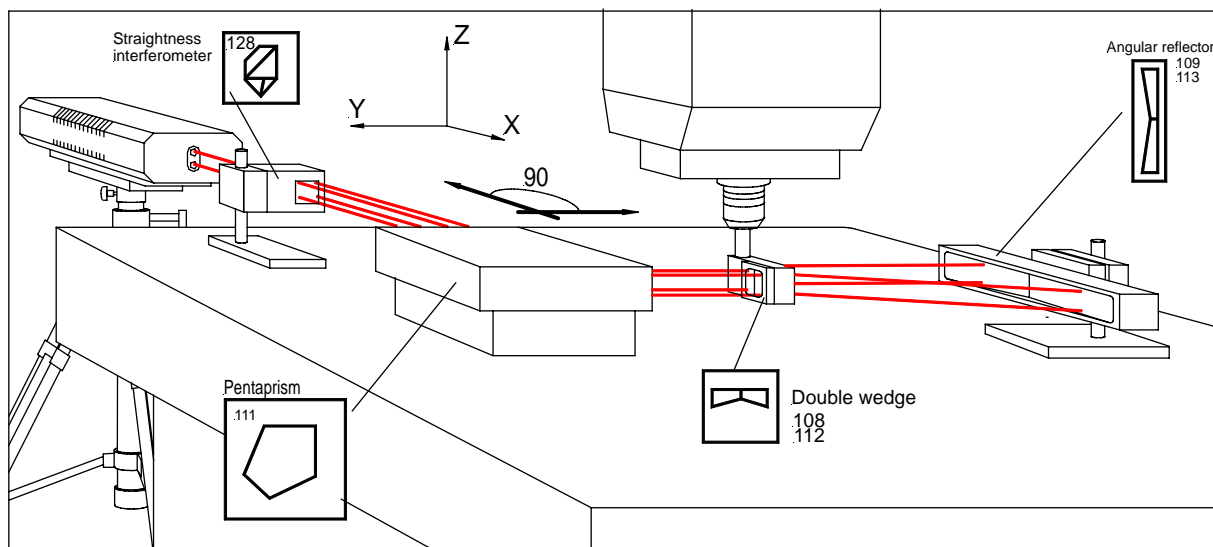
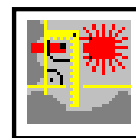


图 1: 垂直度测量示意图(水平方向)



垂直度干涉仪

垂直度的测量（通过使用其他的光学镜组件）可以看作是直线度测量的延伸。两个轴的直线度的测量依赖于它们的直角位置必须处在同一水平。
根据轴位置的不同，应作如下区别：

1. 水平垂直度的测量 (图 1)
2. 垂直垂直度的测量 (图 2)

垂直度的测量可以参考两个直线度的情况来选择：

2m 轴长
10m 轴长

用于直线度测量的光学镜元件：

1 直线度干涉镜 128		269302-4012.824
1 光束方向转移棱镜 120		269302-4008.424
1 双光楔镜 108	2m	269302-4010.824
或 112	10m	269302-4011.224
1 角度反射镜 109	2m	269302-4010.924
或 113	10m	269302-4011.324
1 五棱镜 111		269302-4011.124
1 角隅反射镜 116		269302-4011.624
1 90°光束转向镜 110		269302-4011.024

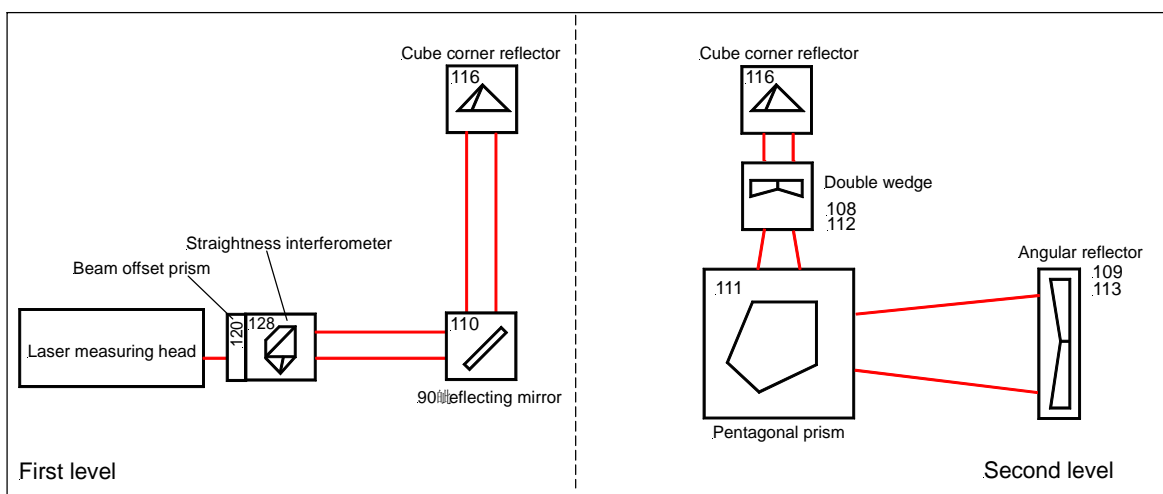
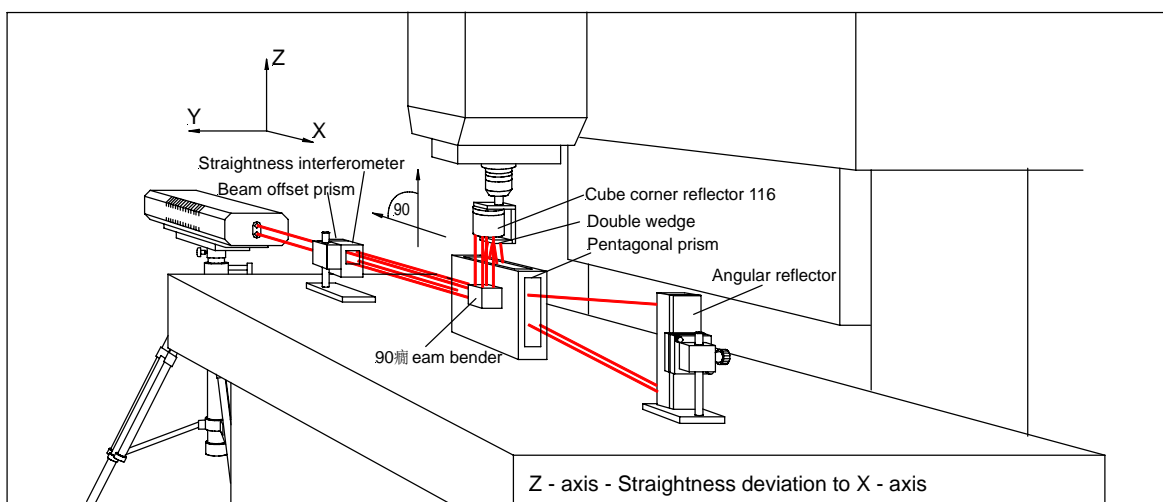
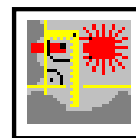


Fig. 2 : 垂直度测量示意图 (垂直方向)



垂直度干涉仪

功能描述

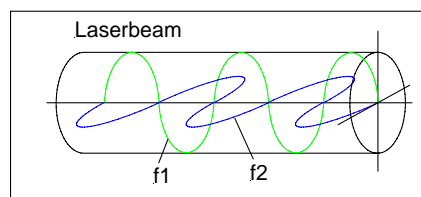
使用一个五棱镜作为测量元件，它能够在确保高精度(小于等于 1 μ)的情况下获得一个 90°的角。根据干涉原理(见 E1-E11 页的介绍)，对轴的测量(相互垂直 90°)由直线度测量来完成。测量完第一个轴后，角度反射镜的位置保持不变。角度反射镜(直线度元件)通常就是两个测量轴间相互的参考镜。

用于垂直度测量的轴，光路被放大了。

在这种情况下，**90°光束转向镜**(用螺栓固定在五棱镜上)、**带双光楔的角隅反射镜**(用螺栓固定在测量轴的运动部件上)和**五棱镜**被固定在了光路上(图 3、图 4a、图 4b 说明了光路的位置)。

来自激光头的光束进入直线度干涉镜后作为测量光束，两个频率在振动平面上产生了正交频率 f1 和 f2。

在光束里，f1 为垂直的振动平面，
f2 水平的振动平面。



由于振动的平面不同，两个频率由直线度干涉镜的偏振分光涂层分开，频率反射了 90°。由于它的振动平面平行于偏振分光镜的涂层位置和方向，经过干涉镜的 1/2 波片后，它的振动平面被旋转了 90°，并且干涉镜又再次将其反射了 90°。然后频率 f1 进入到 1/4 波片，由于偏振的不同方向，然后经过干涉镜不做任何改变的情况下再次平行于 f2。经过不同的延迟波片(f1: $\lambda/2$ 、 $\lambda/4$ ； f2: 0 $\lambda/2$)两个频率形成圆偏振光。它们经过 90°转向镜后，被角隅反射镜反射到双光楔镜上。

反射到双光楔镜后，两个频率按一定的角度折射，然后经过五棱镜(标准的直线度元件)垂直于角度反射镜的表面。经由五棱镜、双光楔镜、角隅反射镜和 90°光束转向镜后再次反射到其在干涉镜自身的光路上。

当它们经过延迟波片时，两个频率再次进行平面偏振，并且根据它们的偏振方向被光学涂层反射，撞击到底部光学元件各自的反射镜上(level II)。同样的，到达 level I 上(图 4)，两个频率再次沿着由干涉仪、90°光束转向镜、角隅反射镜、双光楔镜和角度反射镜及其反方向组成的光路上运行；当它们再次经过延迟波片时，它们的振动平面被旋转了，现在频率 f1 水平振动，频率 f2 垂直振动。这样 f2 不被偏振分光镜反射而直接回到激光头，而 f1 经由偏振分光镜后改变了 90°后返回到激光头。

在双光楔镜保持不动的情况下，传感器 E1 记录了光束的频差是 $f1-f2 = 640\text{MHz}$ ，它等于电子参考信 E2 在激光头探测到的信号。如果双光楔镜移动，两个频率经过的光路长度就会改变，因此各自的测量距离 δz 就会变长或变短。频率的改变($df1$, $df2$)对应的就是双光楔镜位移的变化。由于光束穿过了光路两次，它是由传感器 E1 探测到的。

$$\Delta f = (f1 + 4df1) - (f2 - 4df2)$$

$$\Delta f = (f1 - 4df1) - (f2 + 4df2)$$

具体采用哪个公式，要看双光楔镜运动的方向。

在干涉仪系统的高频部分，两个传感器信号(E1 和 E2)相互比较。由于多普勒效应，会产生一个频移，这个频移就是要测量的双光楔镜的位移。保持角度反射镜不变(垂直度测量的基本要求)，两轴机械轴的垂直度误差就可以通过五棱镜(标准的垂直度元件)的两个直线度测量来得到。

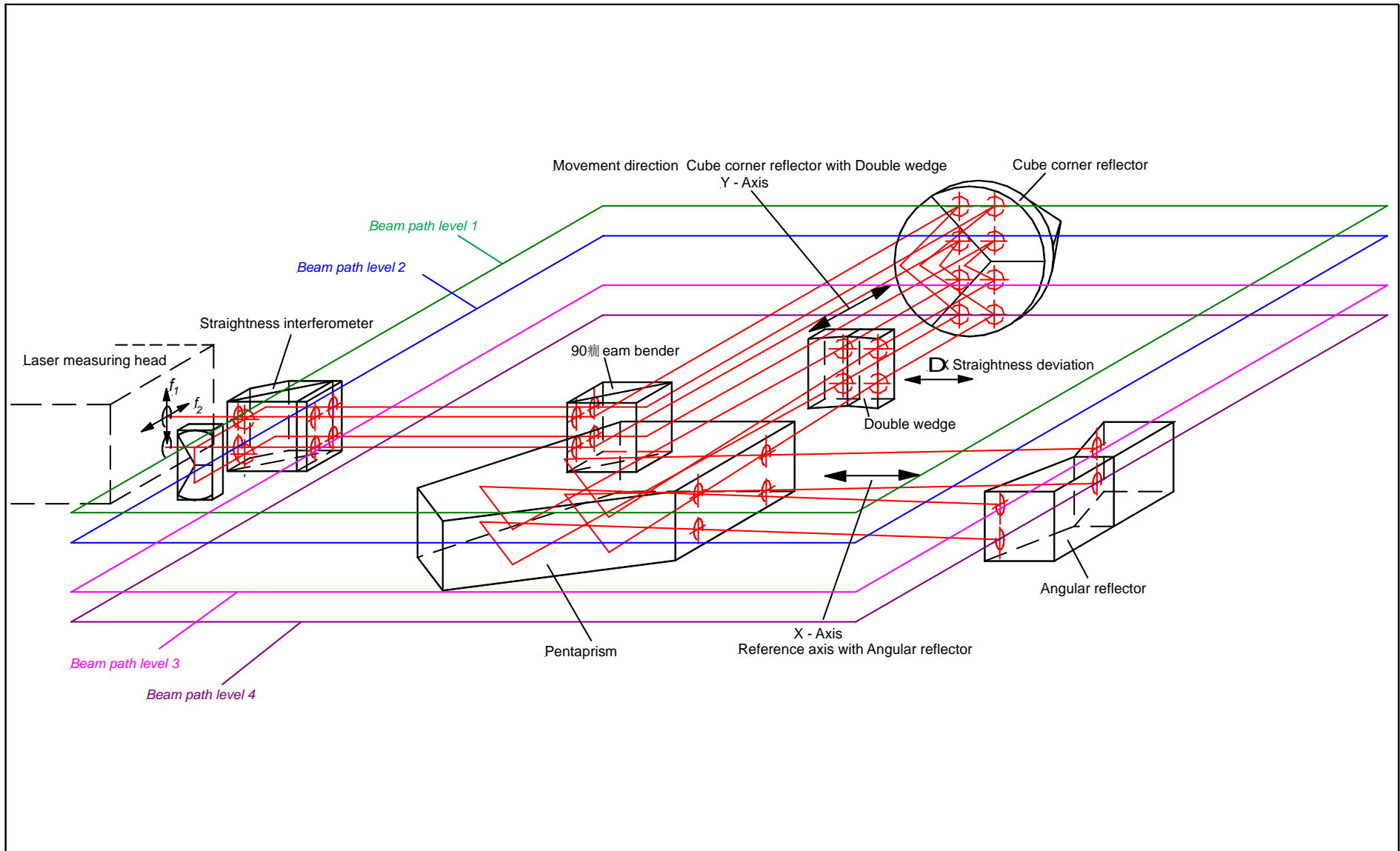


Fig. 3: Optical path - Squareness measurement

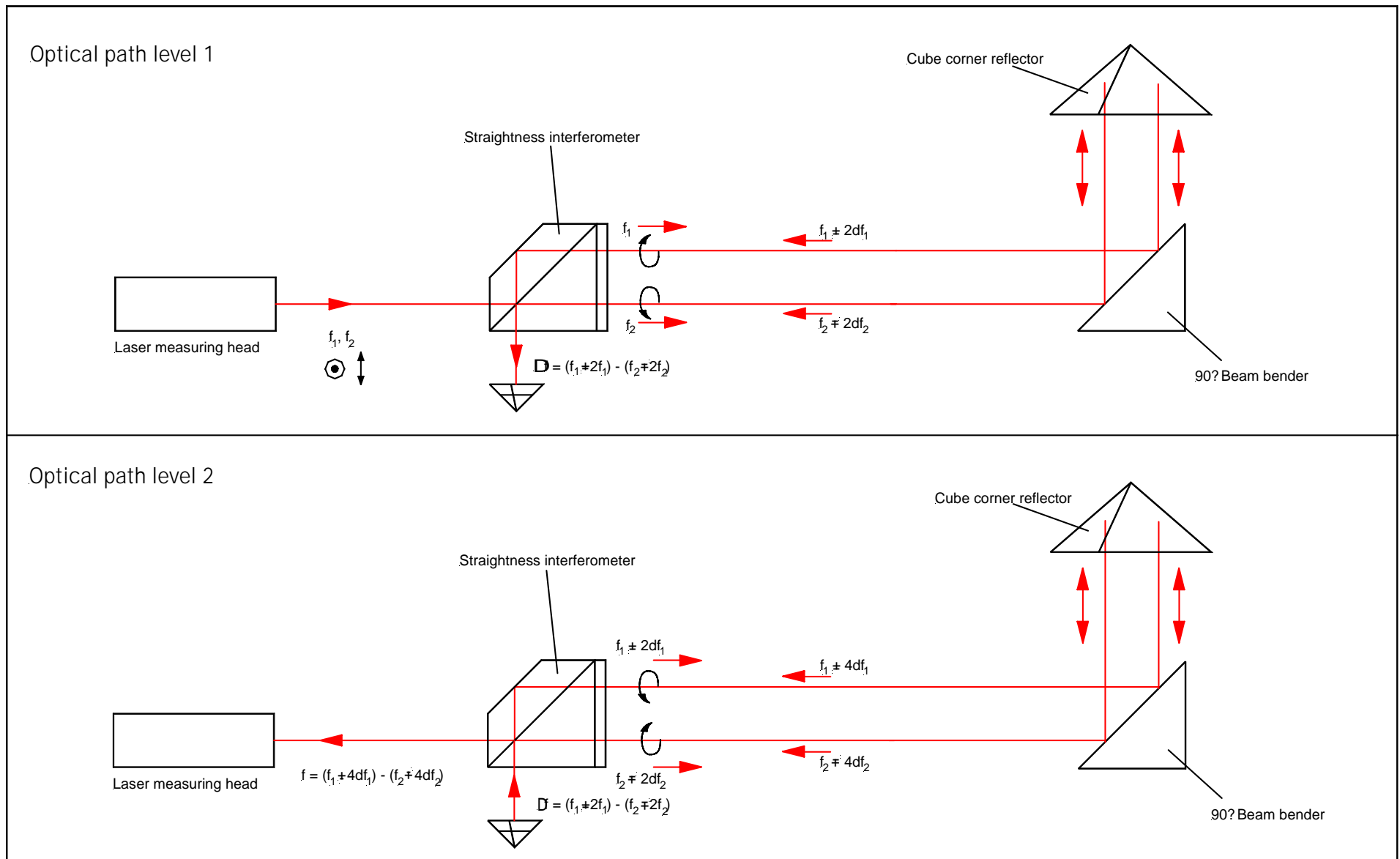


Fig. 4a: Operating principle straightness interferometer / squareness

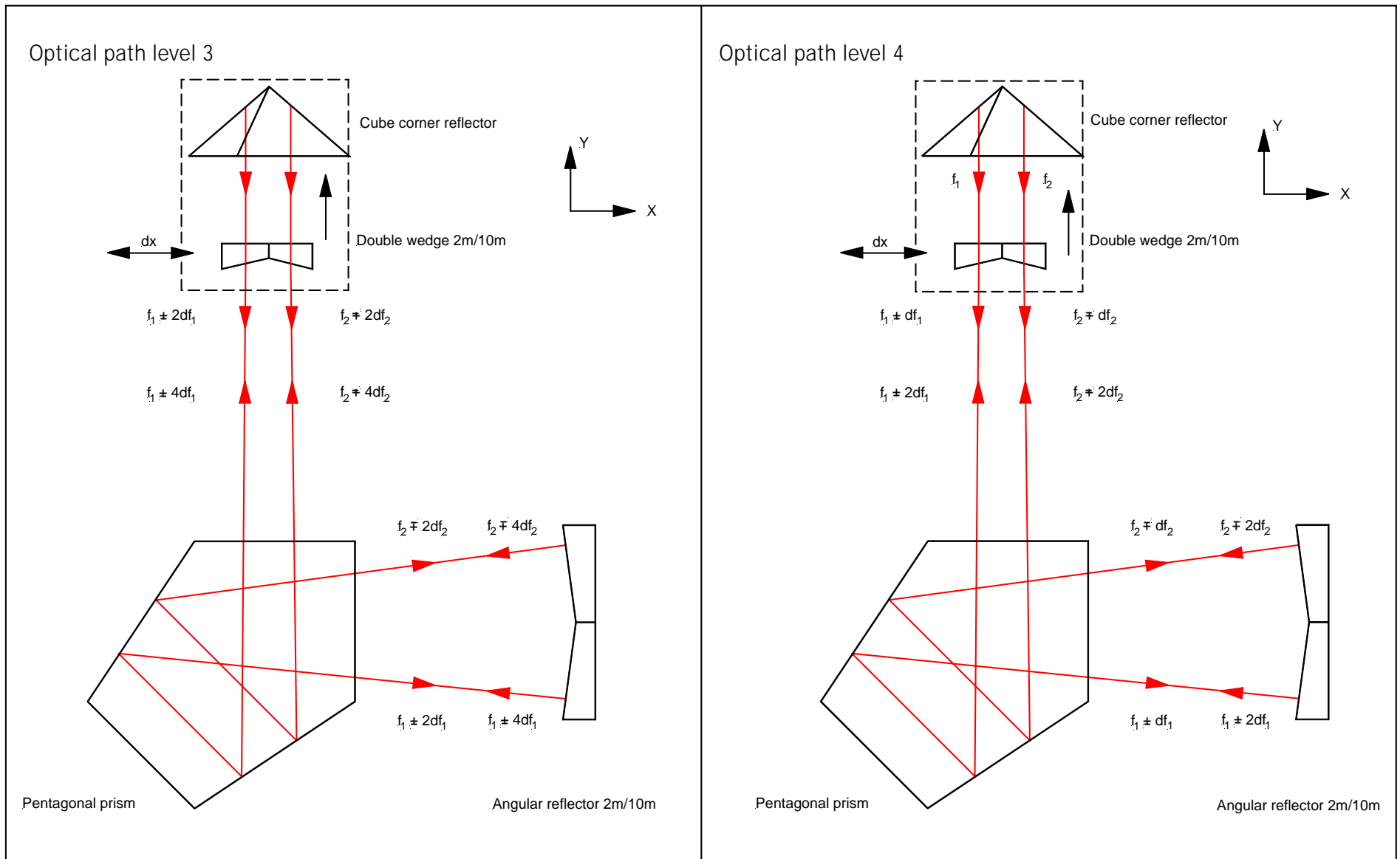
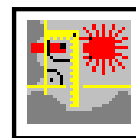


Fig. 4b: Operating principle straightness interferometer / squareness



垂直度干涉仪

系统安装

图 5 列出了用于垂直度测量的光学镜元件和机械组件。图 6 和 7 说明了他们的组装。

垂直度干涉仪

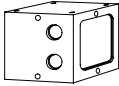
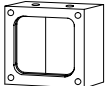
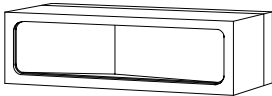
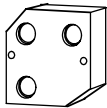

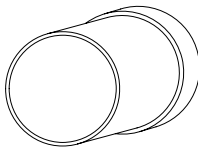
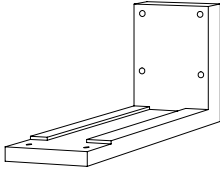
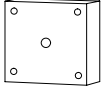
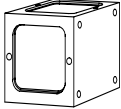
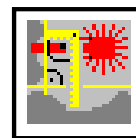
垂直度干涉镜 128 269302-4012.824		数量: 1
双光楔镜 108 (2m) / 112 (10m) 269302- 4010.824 269302- 4011.224		数量: 1
角度反射镜 109 (2m) / 113 (10m) 269302-4010.924 269302-4011.324		数量: 1
光束方向转移棱镜 120 269302-4008.424		数量: 1
五棱镜 111 269302-4011.124		数量: 1
角隅反射镜 116 269302-4011.624		数量: 1
角撑架 521 269302-4010.425		数量: 1
接装板 522 269302-4018.110		数量: 1
90° 光束转向镜 269302-4011.024		数量: 1

图 5a : 垂直度测量的光学镜元件和机械组件 (第一部分)



垂直度干涉仪


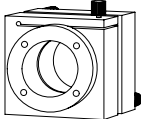
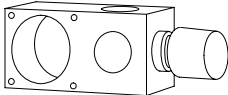
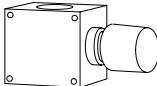
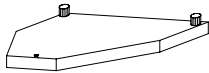
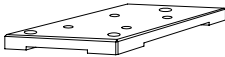
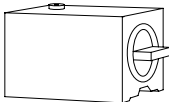




挡光板 519 269302-4014.310		数量: 2
可倾斜夹具 524 269302-4010.925		数量: 1
夹具 508 269302-4010.125		数量: 2
夹具 507 269302-4010.325		数量: 1
可调板 548 269302-4012.425		数量: 1
安装板 504 269302-4014.410		数量: 2
磁性基座 506 260298-3000.128		数量: 2
支柱 200 / 140 oder 90 260297-9900.128		数量: 2
螺栓一套 269302-4005.624		数量: 1
滚花头螺栓 29 269302-4011.225		数量: 4
滚花头螺栓 45 269302-4011.425		数量: 2

图 5b: 垂直度测量的光学镜元件和机械组件 (第二部分)

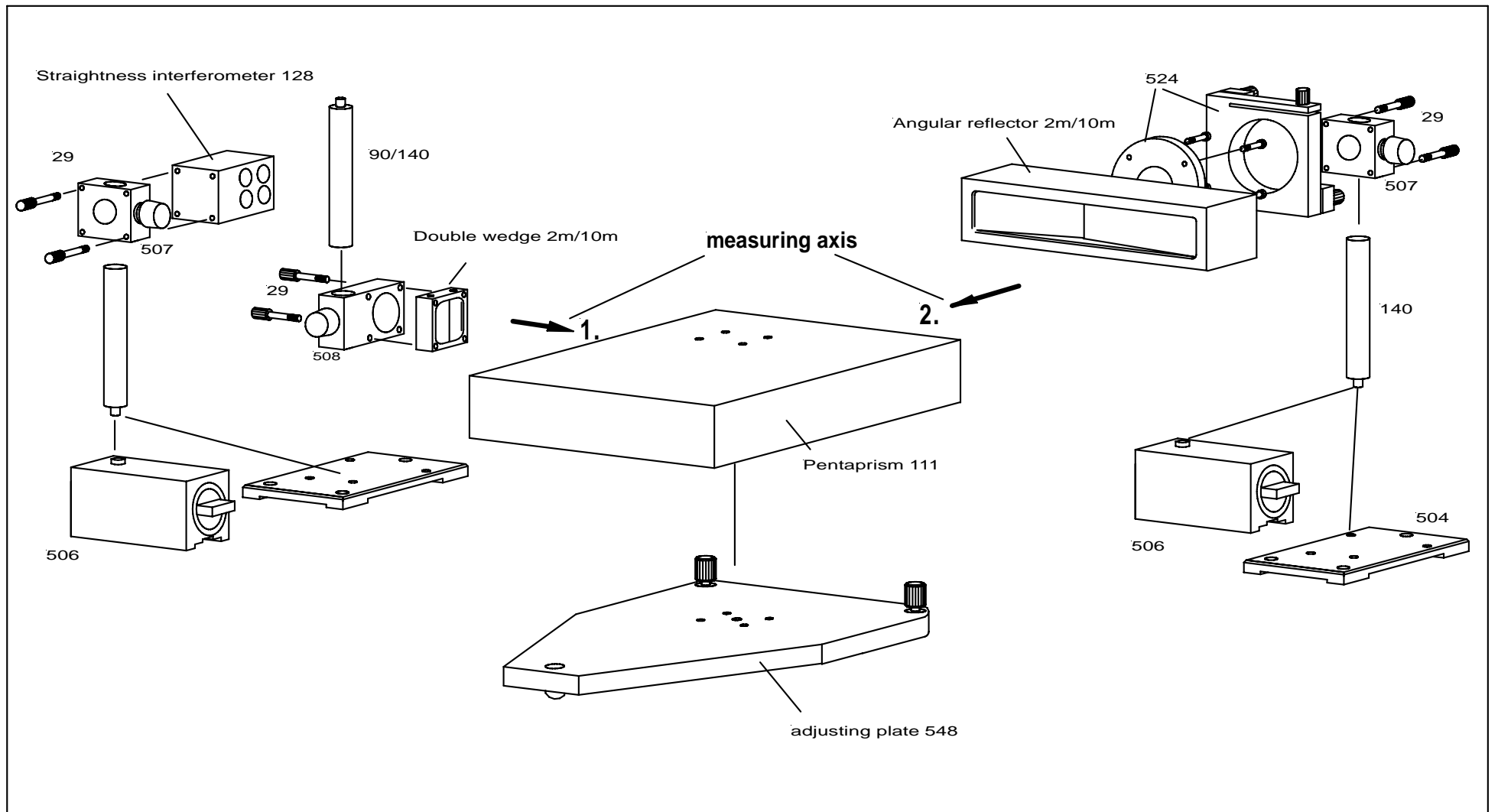


Fig.6: Squareness Interferometer, horizontal configuration (assembly drawing)

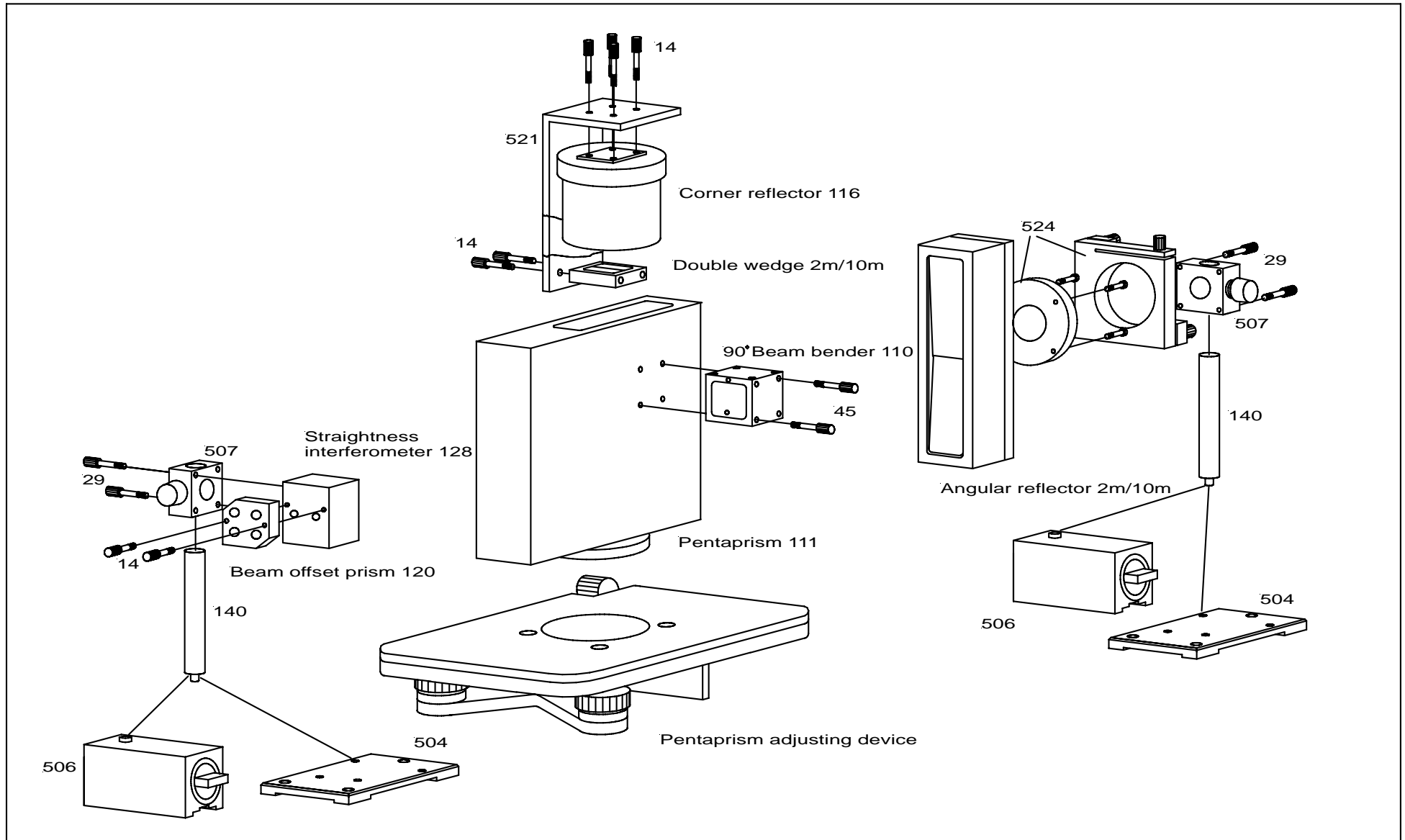
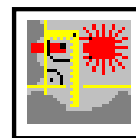


Fig. 7: Squareness Interferometer, vertical configuration (assembly drawing)



垂直度干涉仪

调整

当所有的系统组件已经组装完成后，就可以进行调整了。调试过程（分水平方向和垂直方向）如下：

1) 调整直线度测量的基轴：

请参考直线度干涉仪中的"调整"部分（见 E7-E11 页）。

2) 调整垂直轴：

- 角度反射镜的位置保持不变
- 找到一个固定五棱镜的点
- 把角隅反射镜和双光楔镜固定在被测物体上。
例: 图 1 和 2 主轴夹头 (pinole)
- 横向移动激光头和直线度干涉镜 40mm。
- 根据直线度干涉镜、90°光束转向镜、角隅反射镜、双光楔镜，对激光头进行位置调整和方向调整。



重要

在调整过程中所有元件的位置均可改变(角度反射镜除外!!!)。



要点

由于光束的多次旋转，这一调整过程需要花费一定的时间。因此，在调整前，一定要仔细准备好几何布置图。

还需要使用两个四光束挡板 519。第一个固定在 90°光束转向镜上，另一个固定在双光楔镜上。角度反射镜必须已经安装好，以便光束能够照射到该区域(不是在边缘上，见图 8)。

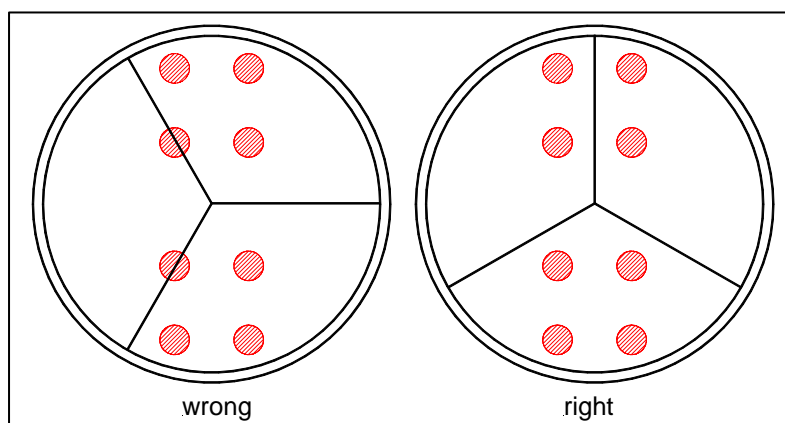
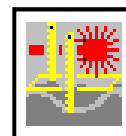


图 8: 角隅反射镜的光束位置

3) 盖住测量光束和参考光束



调整过程按照“直线度干涉仪”E10-E11 页来进行。



平面度干涉仪

G 平面度测量

使用平面度干涉仪可以对物体表面的平整度进行测量（如机床基座、导轨的运动方向等）。它是基于角度测量的基础上来进行的，平面度干涉仪包括如下元件，图 1：

1 角度干涉镜 114	269302-4015.324
1 双角隅反射镜 115	269302-4015.424
2 带旋转镜的基板 118	269302-4015.524
1 距离基板 50	269302-4011.825
1 距离基板 100	269302-4011.725
1 距离基板 150	269302-4011.625

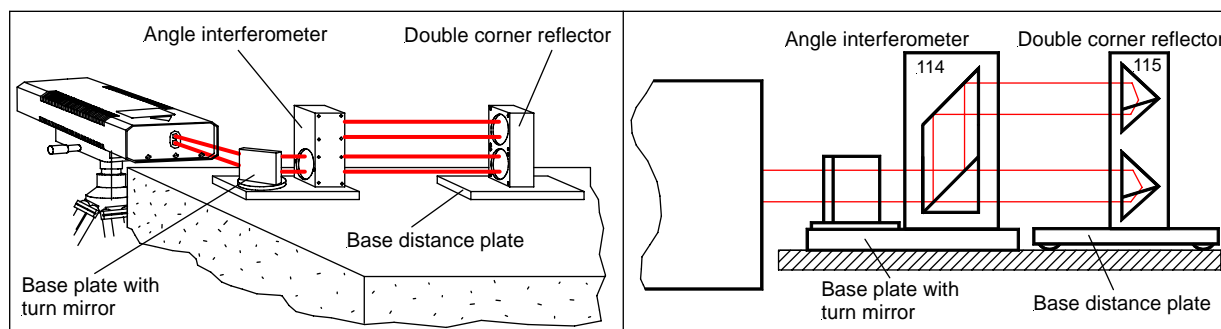


图 1: 平面度干涉仪 (光路示意图)

功能描述

平面度干涉仪

平面度干涉仪是建立在角度干涉仪的基础之上的。

来自激光头的两束光在角度干涉仪里经偏振分光镜分光，一束光经 90° 光束转向镜后转向 90°，平行于经偏振分光镜后没有转向的另外一束光。

由于偏振分光镜的作用，测量反射镜仅接收含有频率 f_1 的光束，而参考反射镜仅接收含有频率 f_2 的光束。当角隅反射镜不动时，传感器 E1 探测激光的频差 $f_1 - f_2 = 640\text{MHz}$ ，它等于激光头里电子参考光束探测到的信号 E2。

在线性运动中，如果双角隅反射镜角度位置改变 $\Delta\varphi$ ，则两束光会分别产生多普勒频移 $\pm df_1$ 和 $\pm df_2$ 。相应的，传感器 E1 根据测量反射镜的运动方向记录了一个测量频率 $\Delta f_{\text{Meas}} = (f_1 \pm df_1) - (f_2 \pm df_2)$ 。

在激光干涉仪系统的高频部分，探测到的两束信号 E1 和 E2 相互进行对比，由于多普勒效应，会产生一个 Δf_{Meas} 的频移，这个频移就是双角隅反射镜（图 2）所测量的位移 Δx 。

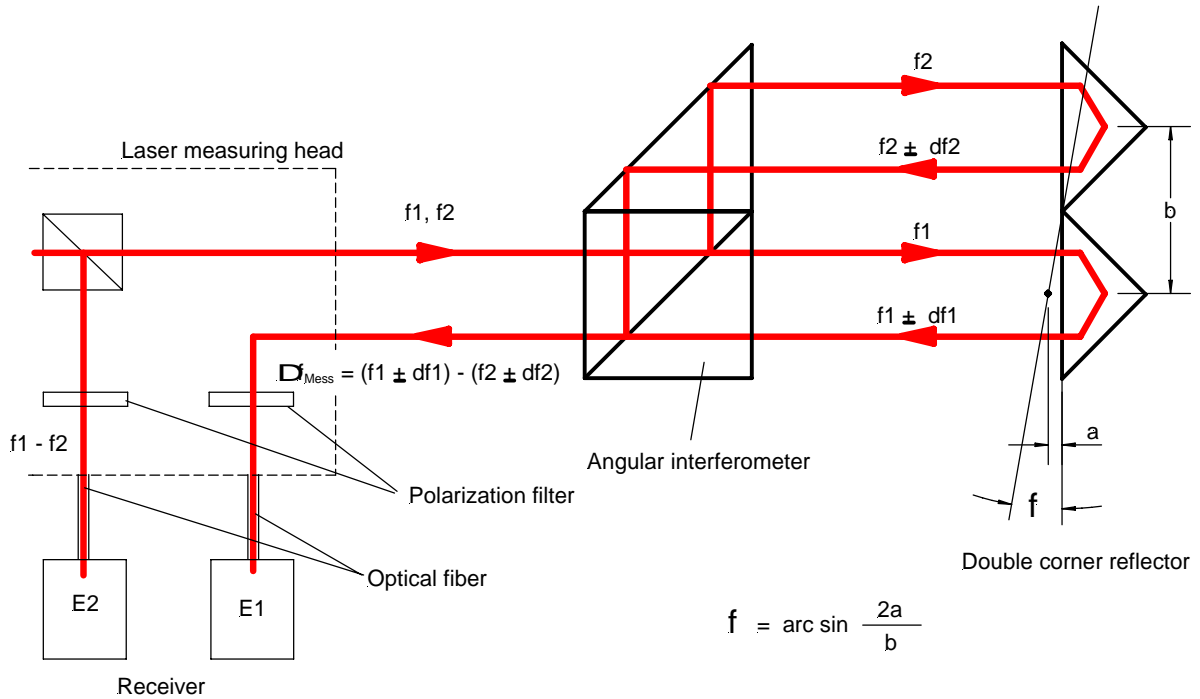
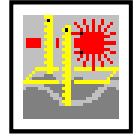


图 2: 角度干涉仪示意图

平面度测量

平面度的测量(平面度偏差情况)是沿多行的网格内对多个直线度进行的测量来组成的 (图 3), 通常采用的有两种测量方法, 十字法和米字法 (图 4)。有关这两种方法的详细说明, 请阅读软件部分的操作手册。

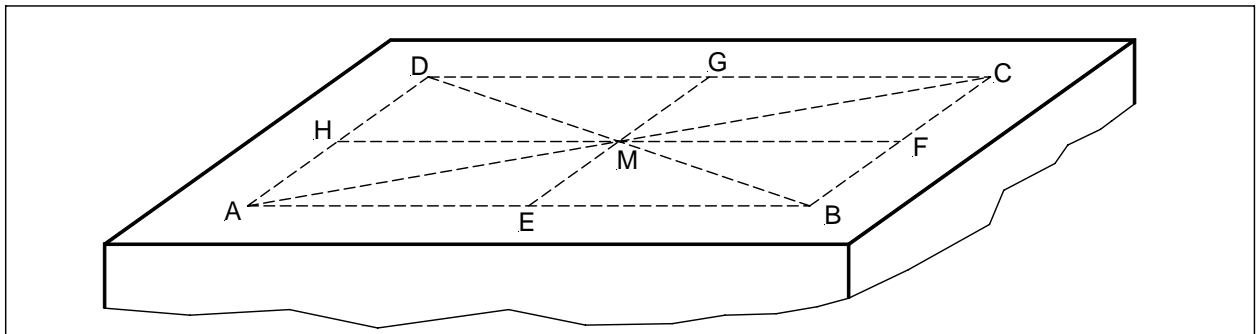


图 3: 米字网格测量法

根据预先设定的测量点的数量, 预置线被分为多个间隔, 这些网格对应于基础距离板的支持点。
 可使用的三个大小: **150 mm、100 mm 和 50 mm**

双角隅反射镜安装在基础距离板上, 它从第一个测量点沿分割的线向下一个距离点做 S 型运动, 按同样的规律, 一直运动到最后一个测量点。

运动过程中, 光束 绝不可 中断(这样会导致前述测量点的数据连接会丢失!)。

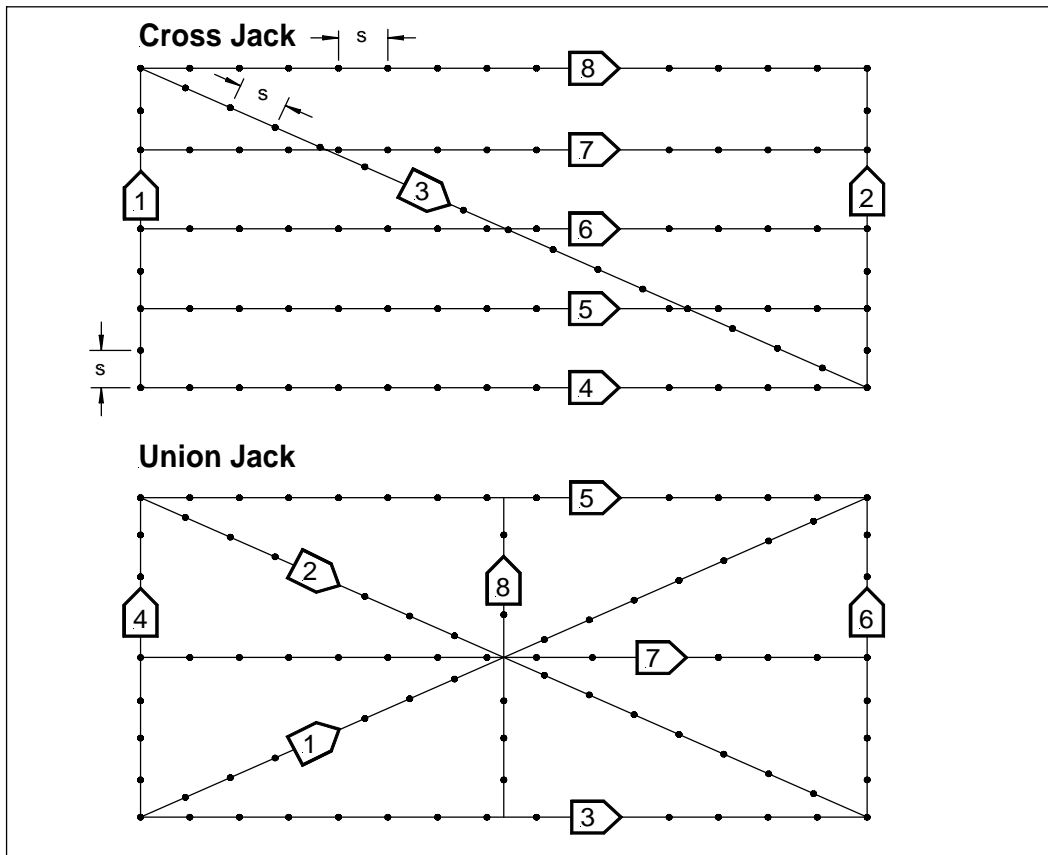
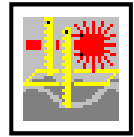


图 4: 米字网格测量法

每个网格线的高度轮廓（1-8）均来自各个测量点、角度偏差 $\Delta\phi$ 和"s"基础距离的高度不同。

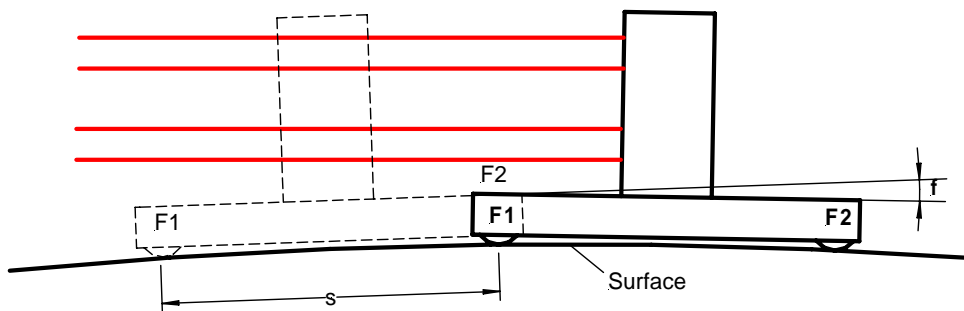


图 5: 使用基础距离板双角隅反射镜的位移

每个偏差是:

$$\delta z = s \cdot \tan \phi$$

通过重复测量携带双角隅反射镜（位于基点 2 上的基点 1）的基础距离板的位移，就可以计算出不同间隔点的直线度偏差（图 6）。

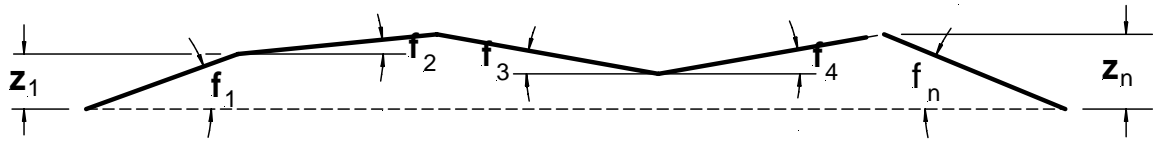
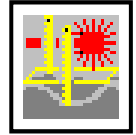


图 6: 某一直线的高度（直线度）判别情况

把每个直线的高度轮廓放在一起，就构成了这个平面的高度情况，即平面度情况。

在这个情况下，每个高度就相当于一个正常的测量点（图 7：在距离 δa 时的普通测量点 M），由这些点形成一条线。

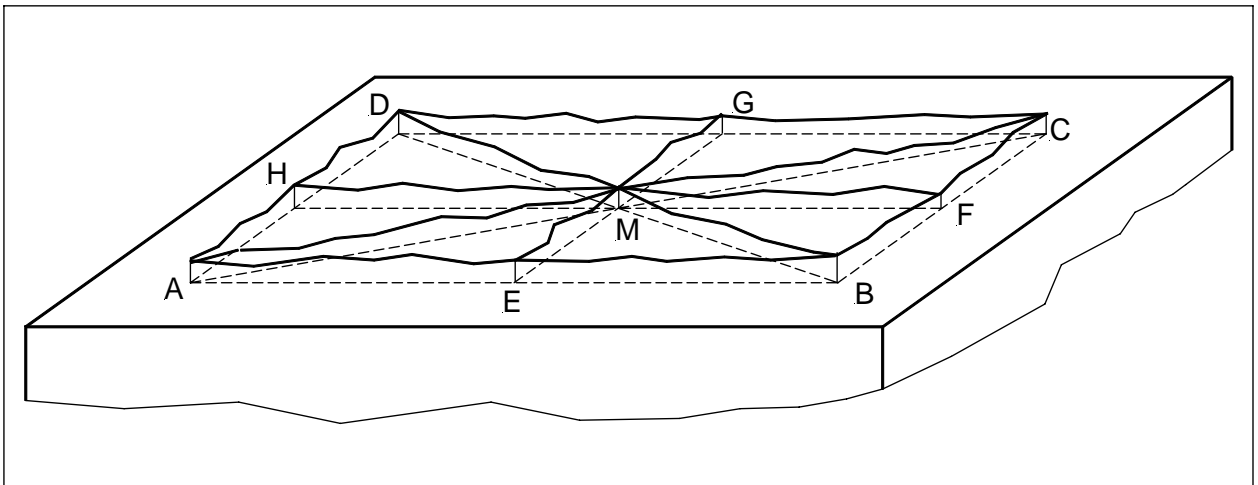


图 7: 整体平面的平面度

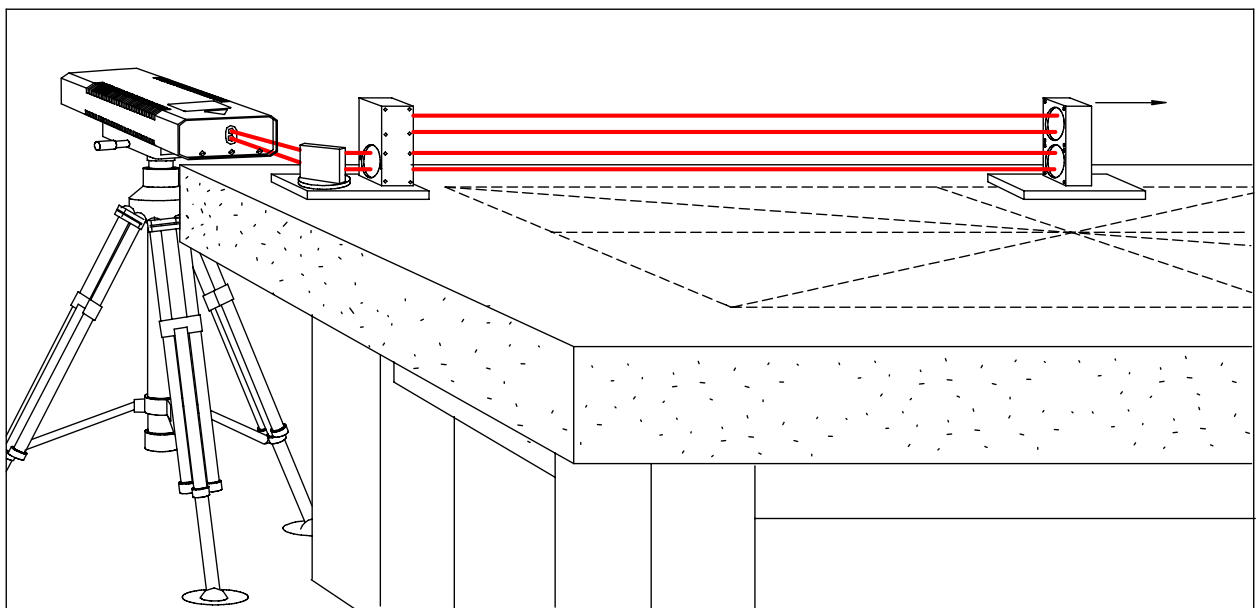
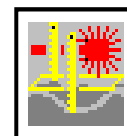


图 8: 表面测量示意图



平面度干涉仪

安装

平面度干涉仪的光学镜元件和机械组件见图 9。
图 10 展示了他们的组装方法。

平面度干涉仪

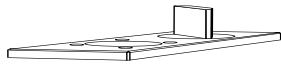
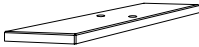


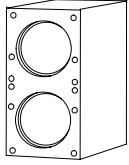
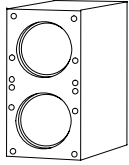
带旋转镜的基板 118 269302-4015.524		数量: 2
距离基板 150 269302-4011.625		数量: 1
距离基板 100 269302-4011.725		数量: 1
距离基板 50 269302-4011.825		数量: 1
角度干涉镜 114 269302-4015.324		数量: 1
双角隅反射镜 115 269302-4015.424		数量: 1

图 9: 平面度测量的光学镜元件和机械组件

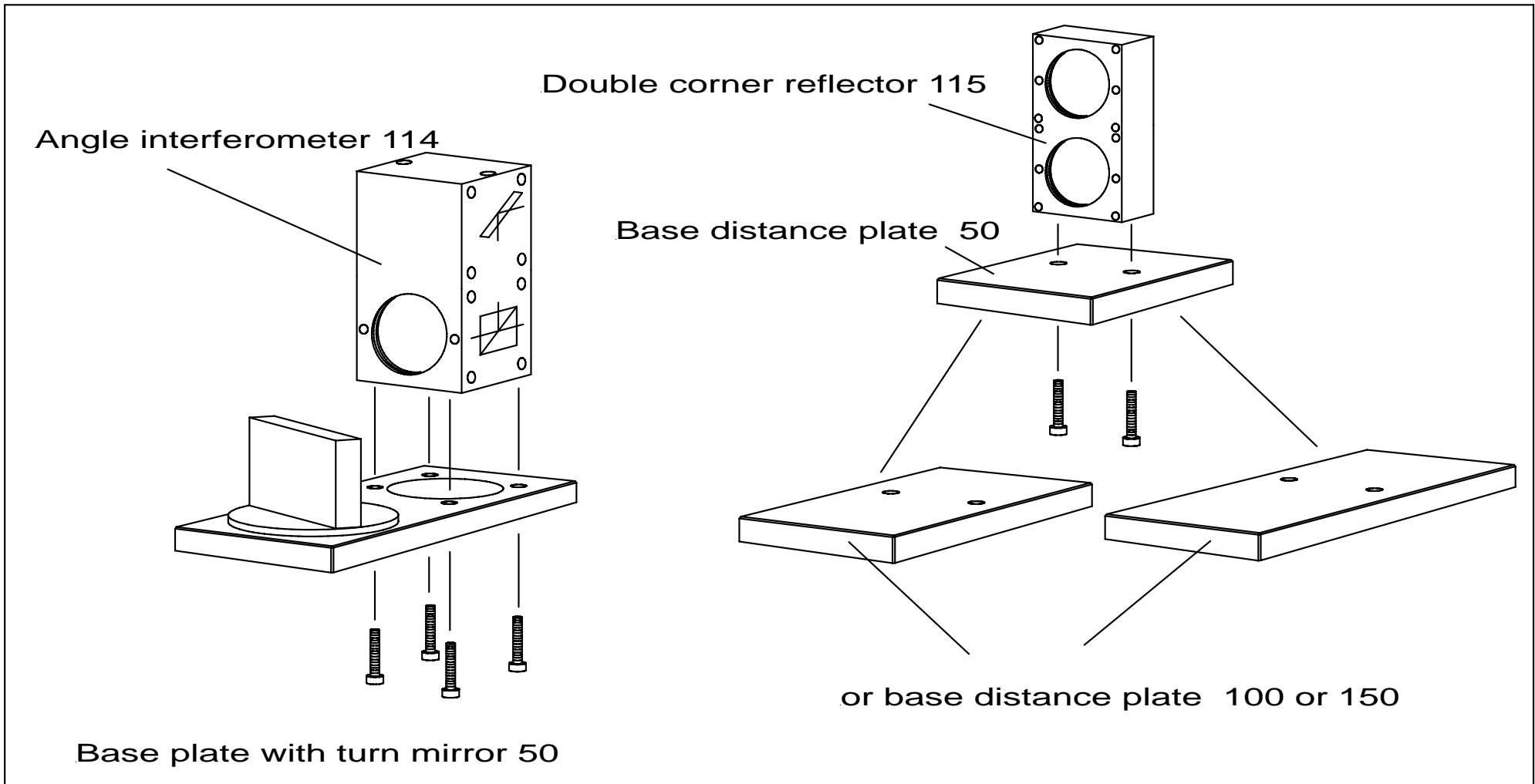
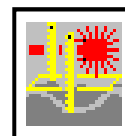


Fig. 10: Mounting assembly flatness measurement



系统安装

当所有系统组件(激光头、角度干涉镜、双角隅反射镜)组装完成后, 就可以根据被测物体开始调整了。使用以下步骤对系统进行调整:

1. 确定激光束的测量平面位置。
2. 在与运动轴成直线的位置确定一个静态的参考点。
使用带旋转镜的基板调整测量轴、角度干涉镜和双角隅反射镜。



重要

光学镜组件必须位于动态轴上, 角度干涉镜、双角隅反射镜的静态参考点和激光头的光束出口要在与运动轴成一条直线的方向进行调整 (图 11)。

3. 把光学镜组件固定在已找到的点上尽量减少测量误差。

角度干涉镜
双角隅反射镜 (测量镜)

静态参考点 (2)
动态测量点 (1)



重要

角度干涉镜和双角隅反射镜必须与测量的直线等高 ($h_1 = h_2$, 图 11) 以避免角度误差

4. 简单调整已安装光学镜系统的光轴

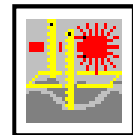


要点:

- (1) 激光头与干涉镜的距离越近越好。
- (2) 双角隅反射镜与干涉镜的距离越远越好。
- (3) 检查可调云台是否位于平行位移和倾斜范围的中间点。⇒它能够保证在光路精确调整的过程中,

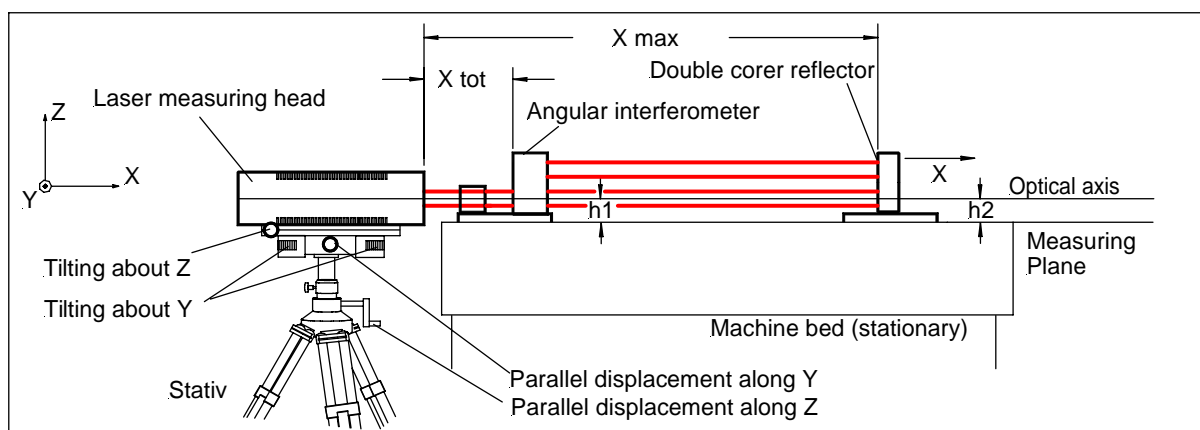
中,

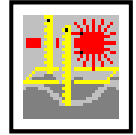
有足够的调整空间。



平面度干涉仪

图 11: 光路示意图





5. 精确调整光路

 **要点:**

要调整与测量轴平行的光路，把干涉镜从光路上移开，仅保留双角隅反射镜在光路上。⇒ 这样，仅有的一束光就会返回到激光头上，这样使得系统易于调整。

之后，再把干涉镜放回到光路上，现在就可进行精确调整了。

位置和方向调整见图 12:

- 位置调整 (沿 y 和 z 的平行位移)
($\Delta y, \Delta z$)
- 方向调整 (沿 y 和 z 的倾斜)
($\Delta\phi_y, \Delta\phi_z$)

ZLM 700 激光干涉仪通过可调云台和三角架能够方便地进行位置调整和方向调整。它的优点是用户不需要在两个位置点（激光头和测量反射镜）之间来回多次调整。

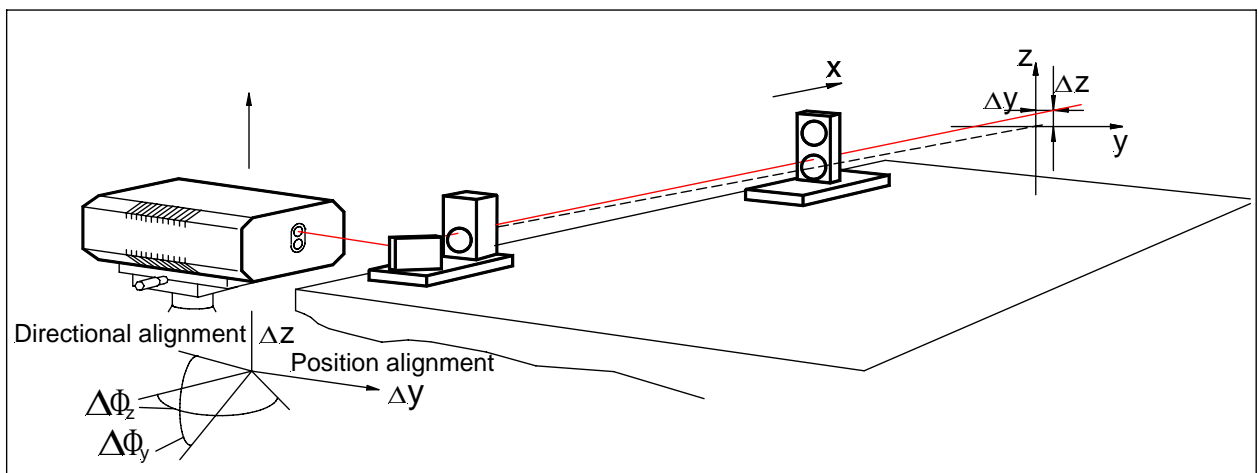


图 12: 光路的调整

对于位置和方向调整来说，双角隅反射镜的位置相对于角度干涉仪来说，是非常重要的。

位置调整, 平行位移 ⇒ 双角隅反射镜的位置离激光头最近
图 13

方向调整, 倾斜位置 ⇒ 双角隅反射镜的位置离激光头最远
图 14

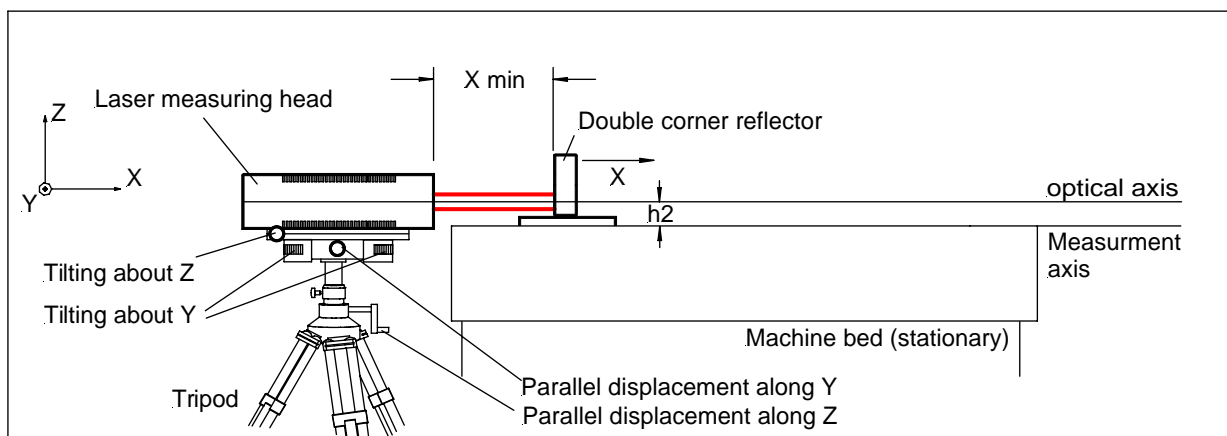
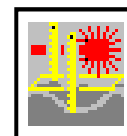


图 13: 位置调整

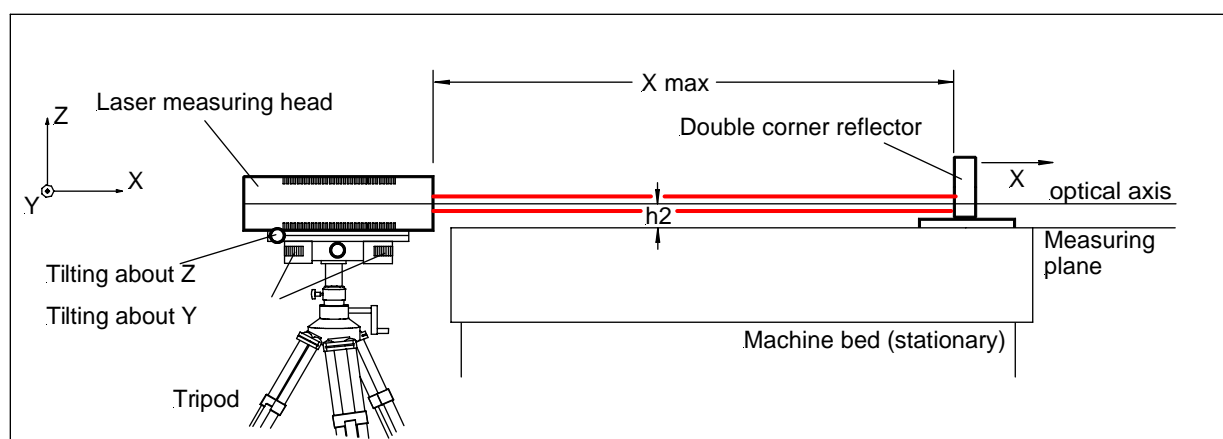



图 14: 方向调整

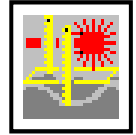
调整

基于以上基本原则，按以下步骤进行光路调整：



- 1) 在计算机的屏幕上“Measurement 测量”工具栏下，点击  按钮
在这个按钮的菜单里，计算机的显示器上会显示两个斑点，代表反射到激光头里的参考光束和测量光束。屏幕下方的图条表示调整的结果的理想程度，图条越长，效果越好。
- 2) 把双角隅反射镜移动到离激光头最远的点(图 14)，在 Y 和 X 方向调整光束方向：
 $\Delta\Phi_y$ - 旋转可调云台的侧面的两个滚花头螺杆。
 $\Delta\Phi_z$ - 旋转可调云台的两个滚花头高度螺杆。

直至反射的光束能够完全进入激光头的光束入口为止。
要进行精确调整，使用计算机屏幕上的十字形靶心。



3) 把双角隅反射镜移动到离激光头最近的点 (图 13), 在 y 和 z 方向调整光束方向:

- Δy - 旋转可调云台的千分尺螺丝, 把光束置于平行方向。
- Δz - 旋转三角架的高度调节把手。

使用屏幕上的十字形靶心进行精确调整。

重复上述步骤 2 和 3, 直到光束位置没有变化 (相对于计算机屏幕上的十字靶心)。
光学镜和机械轴之间的永久角度误差, 可以在计算机屏幕十字靶心的下方的蓝色移动条上显示。

4) 光路调整完成后, 使用以下步骤调整角度干涉仪光路 (图 12):

- 把角度干涉仪固定在测量网格线上用于第一个直线度的测量。
- 机械安装的高度不需要调整(高度等于双角隅反射镜的高度)。



- 更换角度干涉仪后对光路进行精确调整, 通过屏幕检查调整的效果。



重要

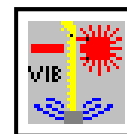
注意十字靶心中测量光束点和参考光束点的位置是否相同。
(对于获得良好的干涉信号非常有帮助)



请注意!

在其他测量的直线上, 对光学元件进行的调整要使用转向镜把光束转向到角度干涉仪中。如果这一步骤不能实现, 则激光头必须放置, 且光路必须在测量的水平上, 如本章所述。

干涉仪全部调试完成, 现在就可以对系统进行测量了 (见软件部分的操作手册)。



振动度干涉仪

H 振动度测量

用于振动度测量的干涉仪，测量光束通过凸透镜可聚焦在被测物体上。这样，使用非常小的镜面或反射面就可测量运动区域为 $\pm 0.2\text{mm}$ 的振动情况。因此振动度测量干涉仪特别适用于工作环境中的微小运动情况（如压电执行器）、反射物体的同心度测量和振动度测量。

用于振动度测量的光学组件有：

- | | |
|--|-----------------|
| 1 偏振分光镜 101 | 269302-4010.124 |
| 1 角隅反射镜 102 (作为参考反射镜) | 269302-4010.224 |
| 1 测振仪配套透镜 320 | 269302-4006.424 |
| 1 小型平面镜反射镜 317 (作为测量反射镜)
或者是反射物体的表面 | 269302-4010.324 |

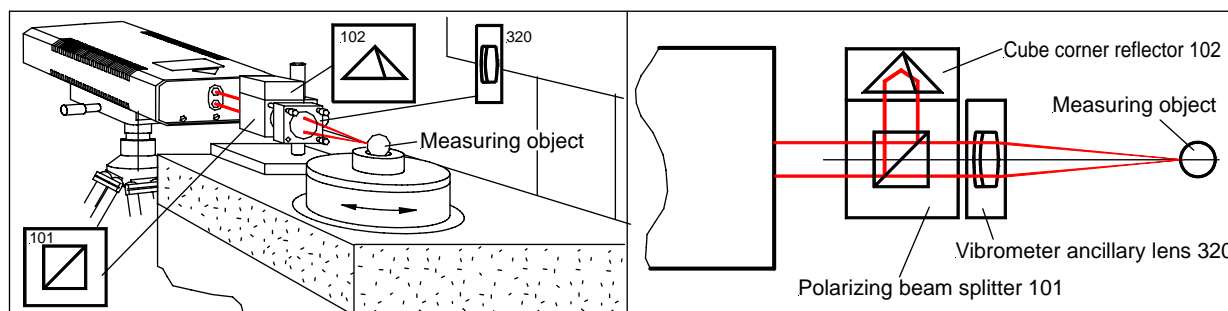


图 1: 振动度测量光路示意图(使用测量球进行同心度测量)

功能描述

把来自激光头的光束作为测量光束，经过带有配套透镜的干涉镜后，进入测量反射镜和参考反射镜，然后光束撞击到传感器 E1 上。

由于干涉镜中偏振分光镜的作用，测量反射镜仅接收含有频率 f_1 的光束，而参考反射镜仅接收含有频率 f_2 的光束。

当测量反射镜不动时，E1 探测到的激光的频差为 $f_1 - f_2 = 640\text{MHz}$ ，它等于激光头中探测到的电子参考信号 E2。随着测量反射镜的运动，含有频率 f_1 的光束部分由于反射镜的反射，产生多普勒频移 $\pm df_1$ 。相应地，传感器 E1 记录了测量频率 $\Delta f + df_1$ 或 $\Delta f - df_1$ ，是相加还是相减取决于测量反射镜的运动方向。E1 和 E2 检测到的两个信号在高频部分进行对比，根据多普勒效应就会产生一个 $\pm df_1$ 的频移，这个频移就是测量反射镜的光程，由此就可以计算出测量反射镜的位移(图 2)。

振动度干涉仪的分辨率是 **2.5 nm**。

动作范围是 $\pm 0.2\text{mm}$ 。

辅助测振仪的焦距为 **200 mm** (透镜中心到焦点的距离为 **196.12 mm**)。

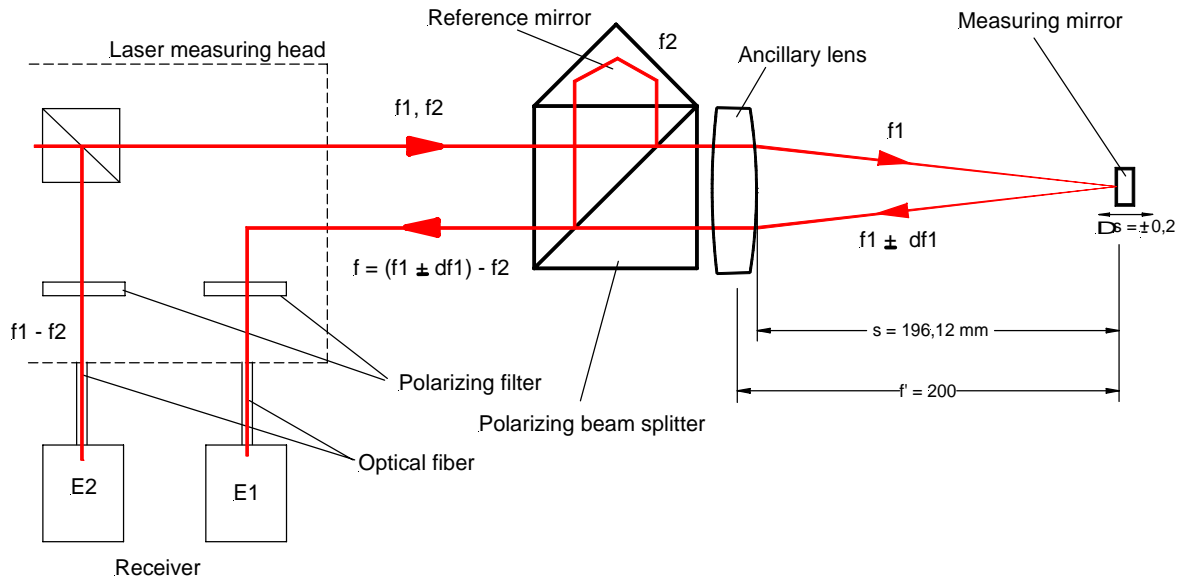
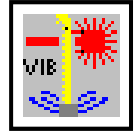
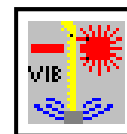


图 2: 振动度测量示意图

安装

图 3 是使用透镜附件（2.5nm 分辨率）组成的角隅反射镜干涉仪的光学元件和机械组件。图 1 给出了整个系统的示意图（三角架和可调云台不包括在内）。图 4 描述了元件和组件的组装情况。图 5 给出了一个实际的应用示例。由于系统采用模块化设计，还可选用其他的安装方式。有关储运箱的使用方法，请看图 4 部分“系统描述和操作”。



使用透镜附件的角隅干涉仪(2.5 nm 分辨率)

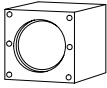
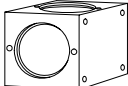



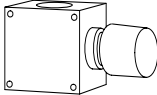

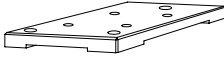
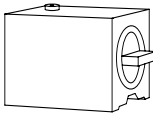



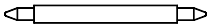
角隅反射镜 102 269302-4010.224		数量: 1
偏振分光镜 101 269302-4010.124		数量: 1
小平面对反射镜 317 269302-4016.124		数量: 1
测振仪辅助透镜 320 269302-4006.424		数量: 1
可调板 269302-4006.425		数量: 1
夹具 507 269302-4010.325		数量: 1
挡光板 516 269302-4014.210		数量: 1
安装板 504 269302-4014.410		数量: 1
磁性基座 506 260298-3000.128		数量: 1
支柱 140 260297-9900.128		数量: 1
螺栓一套 269302-4005.624		数量: 1
滚花头螺栓 36 269302-4011.325		数量: 2
间隔装架 269302-4014.825		数量: 1

图 3: 振动度测量的光学镜元件和机械组件

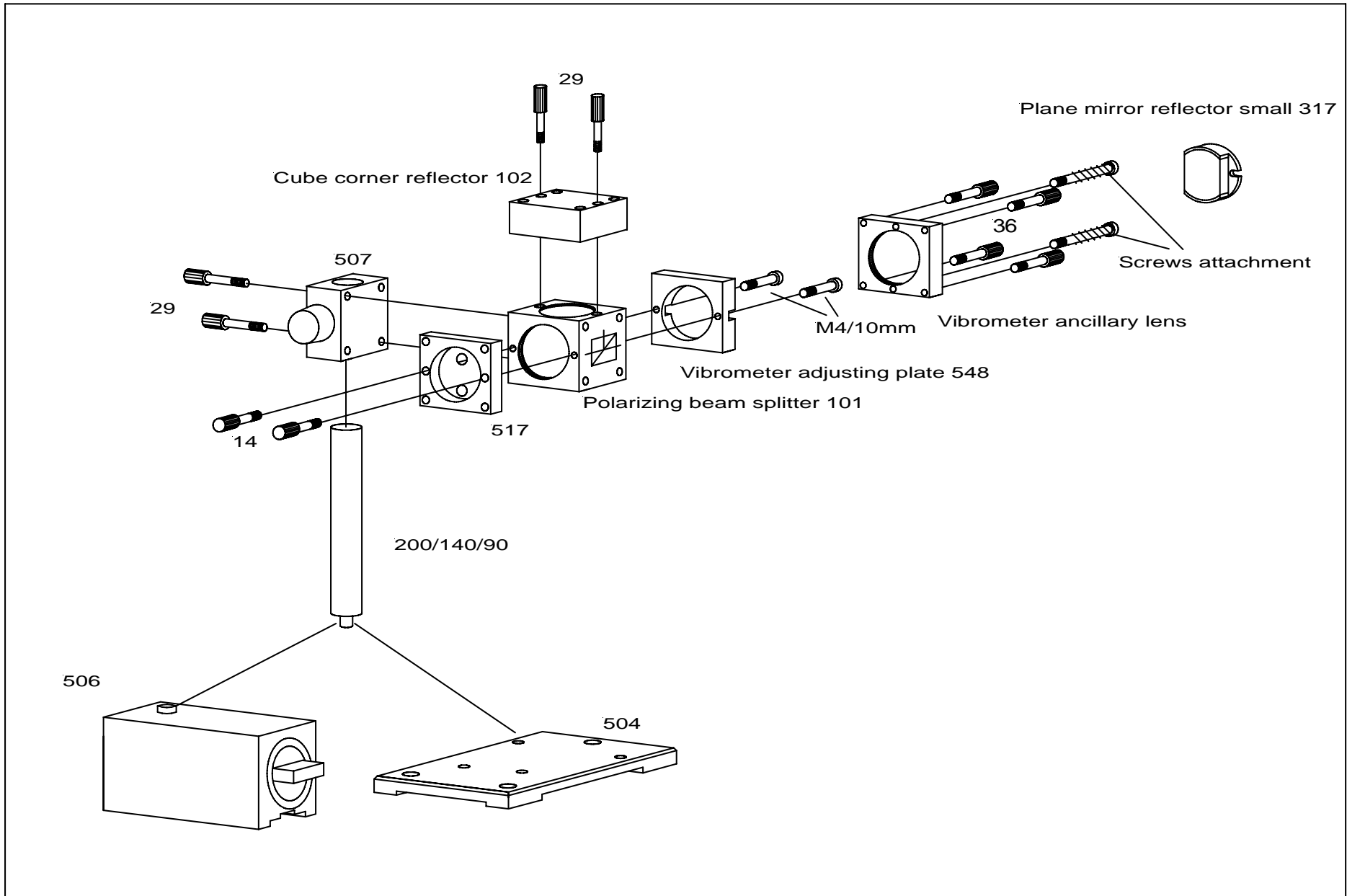


Fig. 4: Assembly of optical and mechanical components

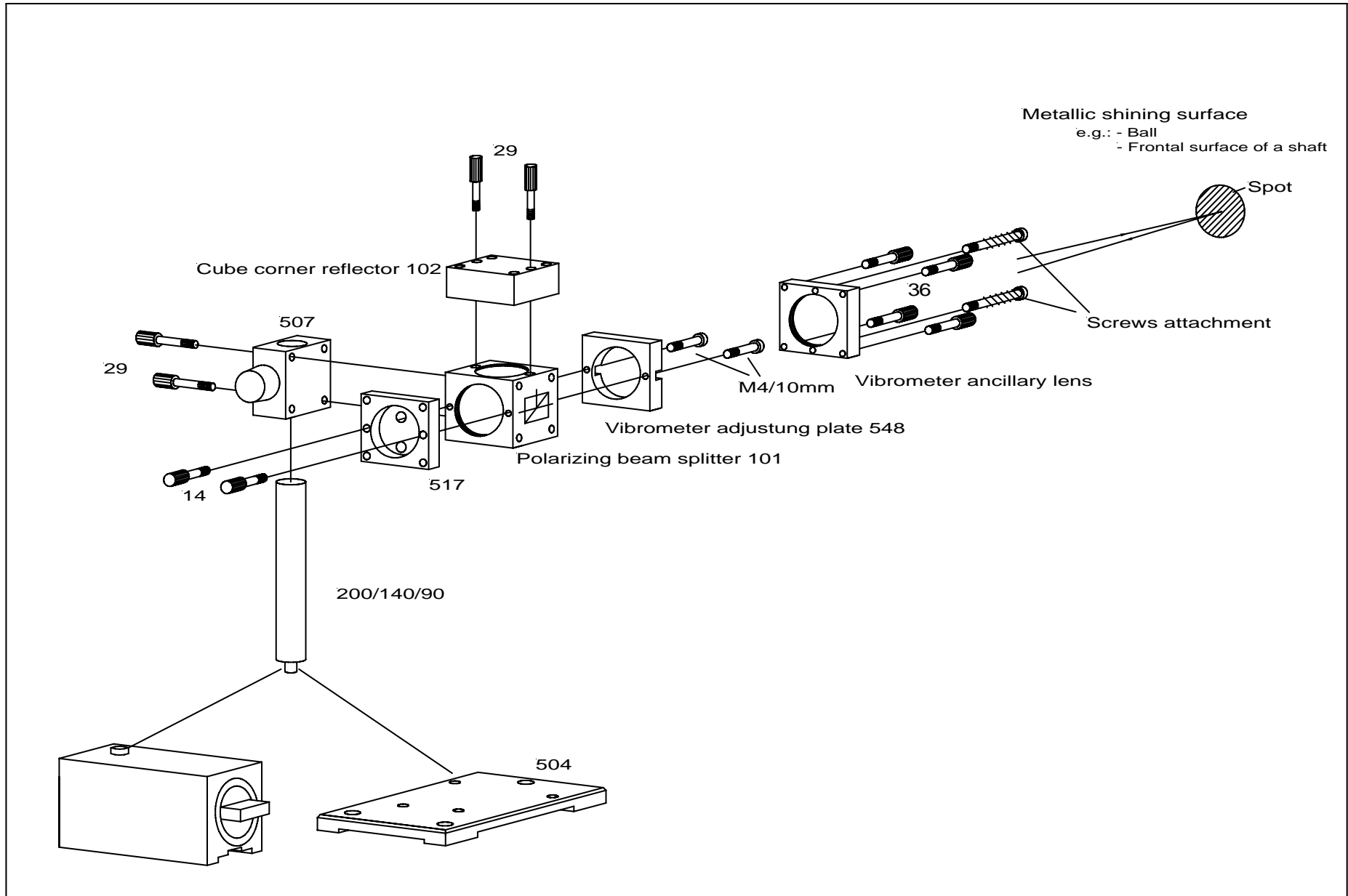
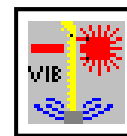


Fig. 5: Assembly of optical and mechanical components



系统安装

测振仪辅助透镜可以和测振仪调整板直接固定在干涉镜上。使用四个滚花头螺栓 36 进行调整。在激光头、带辅助透镜的干涉镜、平面镜反射镜完全组装完成后，按以下步骤进行操作：

1. 确定被测的运动轴，在运动的被测物体上寻找一个位置，用于固定光学元件（1）。
2. 在与运动轴成一条直线的位置寻找一个静止参考点（2）。
3. 注意辅助透镜的焦距（约 200mm），透镜中心和反射面之间的距离为 $S = 196.12 \text{ mm}$ 。

要点:

- (1) 激光头与干涉仪的距离越近越好。
- (2) 检查可调云台是否位于平行位移和倾斜范围的中间点。
⇒ 它能够保证在光路精确调整的过程中，有足够的调整空间。

4. 把光学元件固定在已寻找到的位置点上，减少测量误差。
带辅助透镜的干涉镜 固定在静止参考点上 (2)
平面镜（测量）反射镜 固定在运动测量点上 (1)

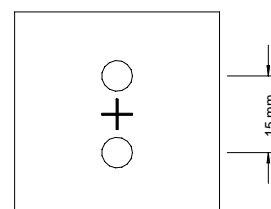
重要:

光束撞击反射镜 7.5mm，进入中心。
只有经过测振仪辅助透镜的光束，才能被反射到反射镜的中心。

以下要点有助于调试:

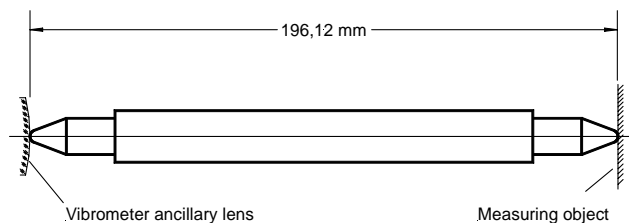
靶标

使用靶标可以使得调整更为简单。
在这种情况下，十字放置在光斑到达的位置。
不使用测振仪辅助透镜，光束在上圈进行调整。



间隔装架

用作间隙调整
被测物体 - 透镜顶部






调整

基于以上基本原则，按以下步骤进行光路调整：



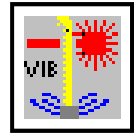
- 1) 在计算机的屏幕上“Measurement 测量”工具栏下，点击  按钮。
在这个按钮的菜单里，计算机的显示器上会显示两个斑点，代表反射到激光头里的参考光束和测量光束。屏幕下方的图条表示调整的结果的理想程度，图条越长，效果越好。由于撞击反射镜的时间短，屏幕图不能有效的减少余弦误差，这一误差需要在确定激光头平行于运动轴的过程中进行调整。当然，屏幕图有助于根据十字靶心的情况来优化两束光的位置。
- 2) 调整辅助透镜相对于平面镜反射镜的距离：
使用四个滚花头螺栓精确调整辅助透镜和平面镜反射镜的位置，这一过程可以使用间隔装架。
如果透镜和平面镜反射镜之间的距离等于透镜的焦距，测量光束就会出现在屏幕上，而且可优化的调整到十字靶心上。



重要：

注意测量光束和参考光束十字形相交线点在计算机的屏幕上是否处在相等的位置。
(对于获得良好的干涉信号非常重要)

激光干涉仪调试完毕，可以进行测量了 (见软件操作手册)。



应用举例

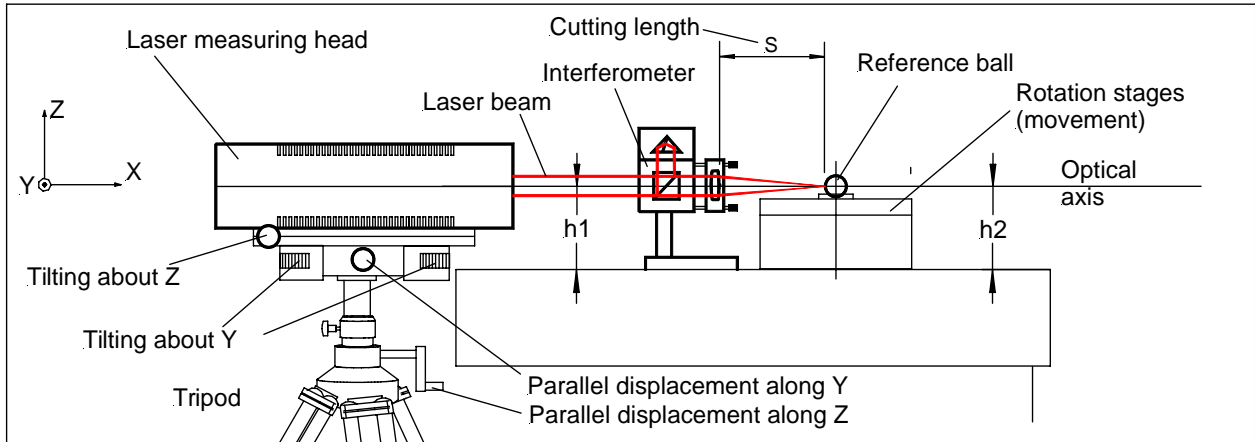


图 6: 旋转平台的径向测量 (例 1)

说明:

把带有镜面喷涂的高精度玻璃球作为测量旋转平台径向偏差的参考反射镜，把它固定在旋转平台的中心。光束经过辅助透镜后聚焦到玻璃球的赤道上形成一个点。光束以同样的角度反射出去，经过透镜后进入干涉仪。

光轴必须垂直面向球的旋转轴。参考球不能精确的调整到旋转轴的平台。该测量被一个周期(360°)正弦调整误差覆盖，这调整误差需要使用软件来排除。

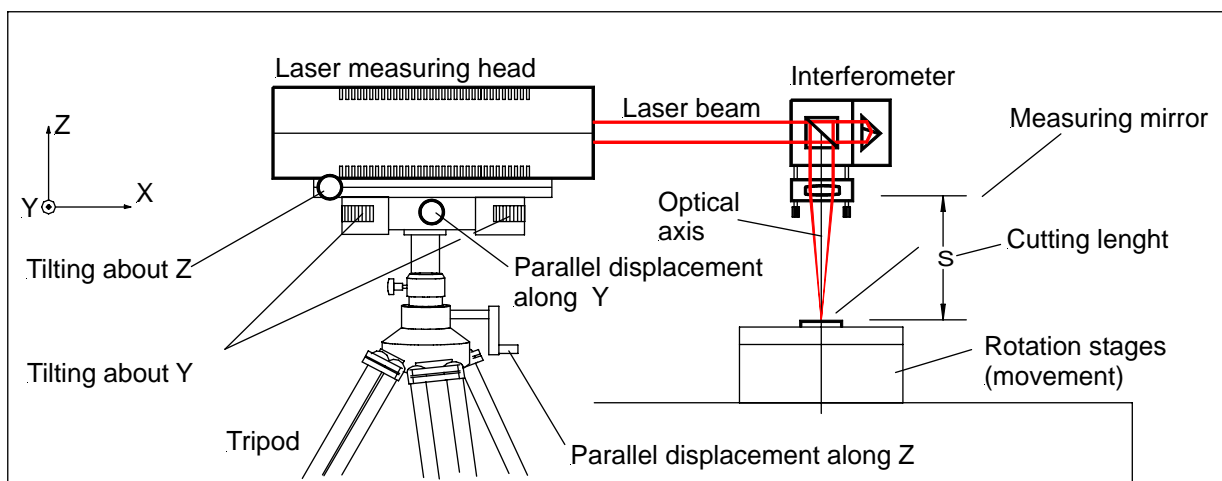
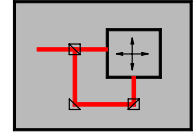


图 7: 旋转平台的轴向测量 (例 2)

说明:

使用平面镜来测量旋转平台的轴向偏差，干涉仪和辅助透镜同心固定。平面镜的倾斜台相对于旋转轴来说不能精确调整，它需要通过仔细调整轴中心的焦点位置来排除误差。



I 多轴测量系统 ZLM 800

ZLM 系列干涉仪激光所提供的能量较多，它能够为多个干涉仪提供光路。激光经强分光镜（50%，33% 或 25%）后可以测量四个相互独立的系统。使用数据处理器 AE800 和特制软件，每路信号都可单独进行处理。

图 1 显示了使用平面反射镜干涉仪进行两轴系统测量的情况。

在这个系统中安装了两个长平面镜，相互间成 90° 角组成 XY 平面。两束光线的交叉点严格按照阿贝原理组成坐标。在这个交叉点上，可以调整诸如显微镜的轴使其垂直于测量水平面或 3D 测圆器，使其达到最大精度（还可达在 XY 平面对运动的俯仰角进行调整）。

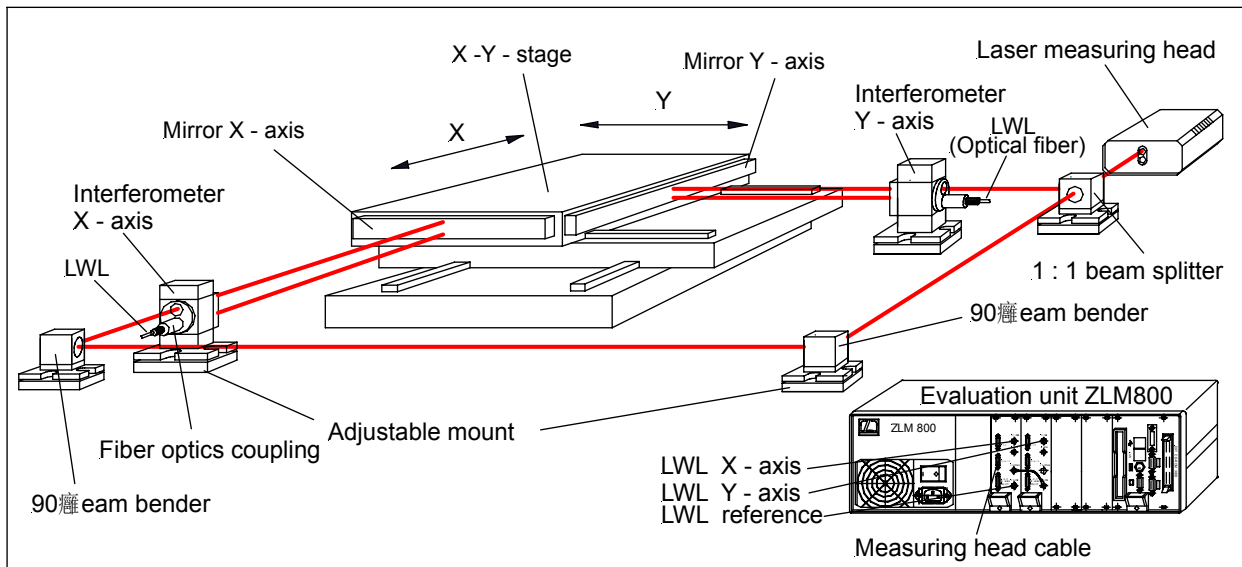


图 1：使用平面反射镜干涉仪的两轴测量系统示意图

1. 光学镜构成

ZLM800 可以根据用户的需要，选择各种测量方案。因此，图 1 可以延伸出 Z 轴测量或使用测角干涉仪来测量俯仰角。

1.1. 用于光束控制和光束分开的光学镜元件

在多轴测量系统的光束控制中，可以将一束光返回到测量激光头中。对于从干涉仪出来的其他光束的控制，需要使用光纤电缆来进行。第一种情况是光学镜组件可控制两束光的必须距离是 15mm（标准）。

因此，就有两组光学镜元件：

- 双光束光学镜组件
- 单光束光学镜组件

1.1.1. 90° 光束转向镜

光学镜元件包括一个倾斜了 45° 的平面镜。 90° 角使用可倾斜光学镜元件来调整。镜面喷涂采用中性偏振喷涂，以便光束的偏振性保持不变。

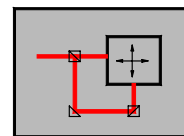


图 2:
90° 光束转向镜 110
 用于双光束,
 直接偏振中性镜面喷涂
料号: 269302-4011.024

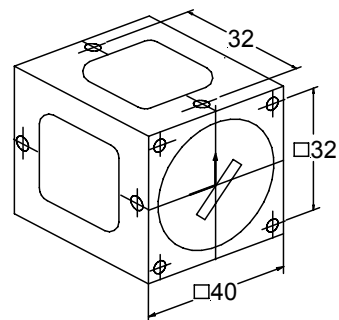
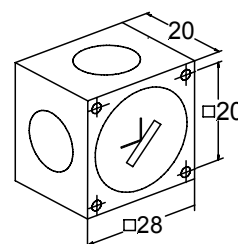


图 3:
90° 光束转向镜 205
 用于单光束
 直接偏振中性镜面喷涂
料号: 269302-4012.424



1.1.2. 分光镜

对于强光束的分光，使用高强度分光镜来进行。每个测量轴的光强等额分配，它可通过不同的光学镜元件的组合来实现。比重大的强光束分光镜采用金属喷涂的方法来进行反射传输（重要：光强比重大小决定了偏振性），根据偏振性情况，以下分别列出了光学镜元件的分光强度。

图 4:
分光镜 A
 用于双光束
料号: 见下表

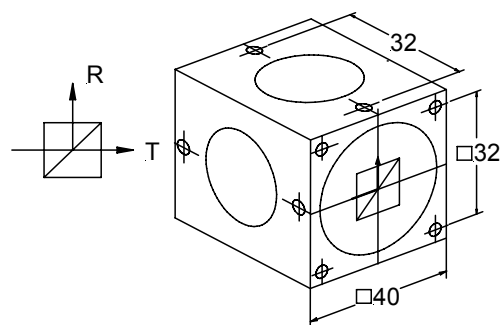
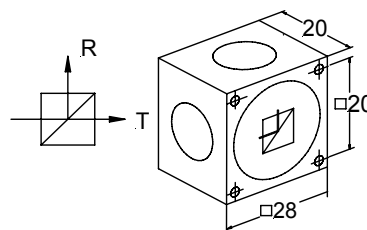
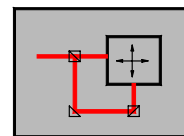


图 5:
分光镜 B
 用于单光束
料号: 见下表





分光比	位置号	R / % (反射比)	T / % (传输比)	料号
非传导偏振中性喷涂 ⊥ 垂直偏振 水平偏振				
A 1:1	201	⊥ 50 50	⊥ 50 50	269302-4011.424
A 1:2	212	⊥ 33 33	⊥ 67 67	269302-4017.824
A 1:3	211	⊥ 25 25	⊥ 75 75	269302-4017.624
B 1:1	203	⊥ 50 50	⊥ 50 50	269302-4012.124
B 1:2	210	⊥ 33 33	⊥ 67 67	269302-4017.924
B 1:3	209	⊥ 25 25	⊥ 75 75	269302-4017.724
金属喷涂				
A 2,5:1	207	⊥ 72 61	⊥ 21 32	269302-4011.724
A 4:1	202	⊥ 80 70	⊥ 14 24	269302-4011.824
B 2,5:1	208	⊥ 72 61	⊥ 21 32	269302-4012.324
B 4:1	204	⊥ 80 70	⊥ 14 24	269302-4012.224

1.1.3. 干涉仪

ZLM800 干涉仪系统可用于各种测量系统进行方案选择(图 10a、10b、10c)。注意机器运动部分（测量位置）要反方向与机器的静止部分（参考位置）。

测量点的正确位置和测量水平的倾斜度将在这个相反的参考位置被测量，参考位置分为两个轴。

图 10a: 测量光学镜元件，包括标准元件

图 6:

偏振分光镜 101

料号: 269302-4010.124

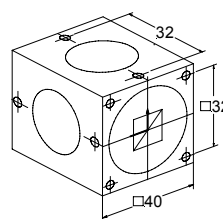


图 7:

角隅反射镜 102

料号: 269302-4010.224

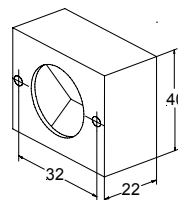
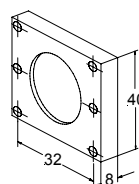


图 8:

$\lambda/4$ - 波片 104

料号: 269302-4010.424



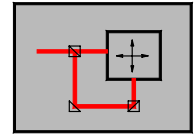


图 9:
 光纤耦合器 222
 用于偏振分光镜 101
 料号: 269302-4015.724

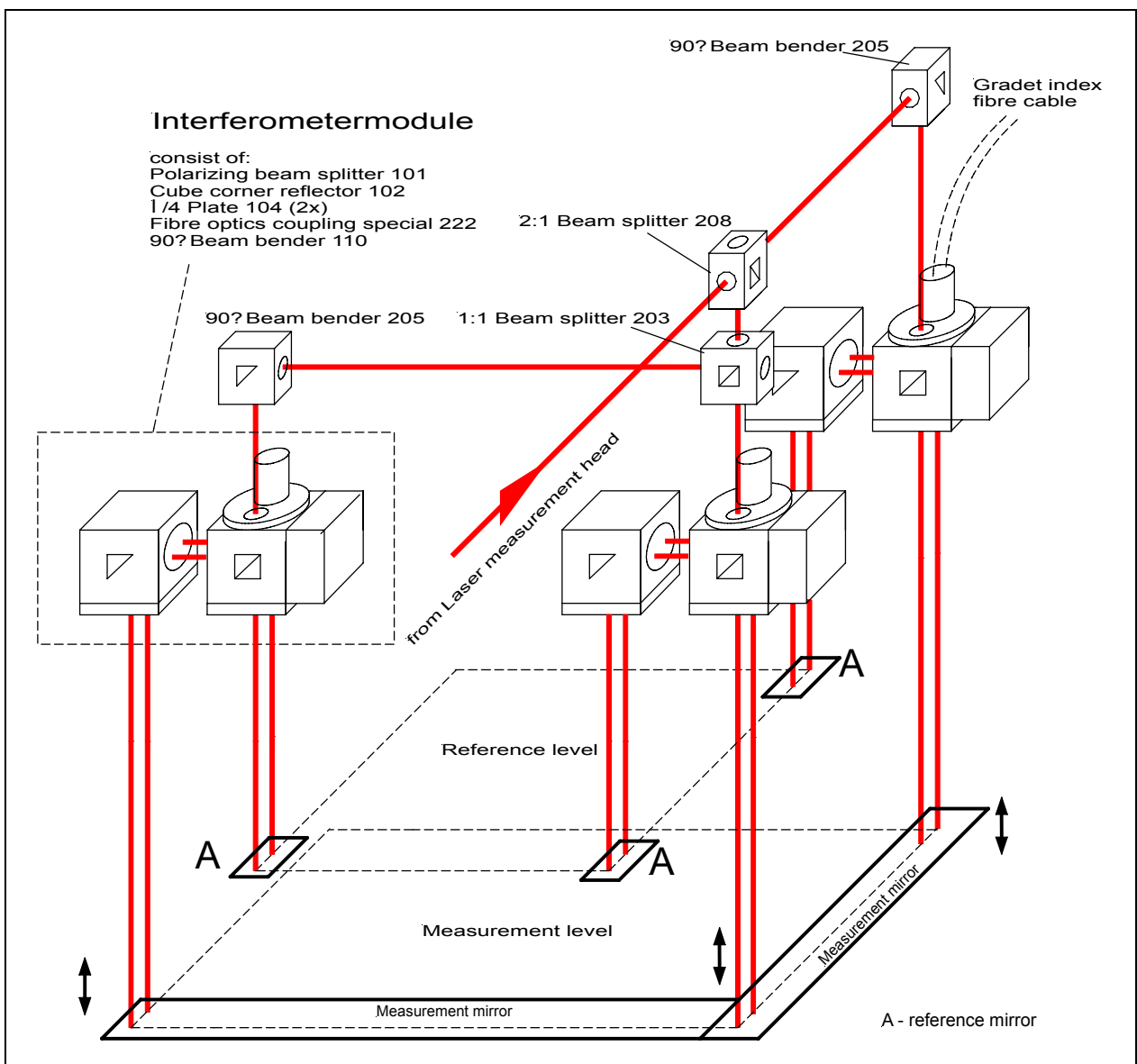
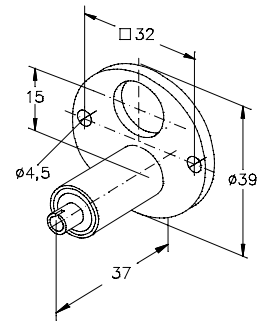


图 10a: 多轴测量系统(使用标准元件的三轴干涉仪)

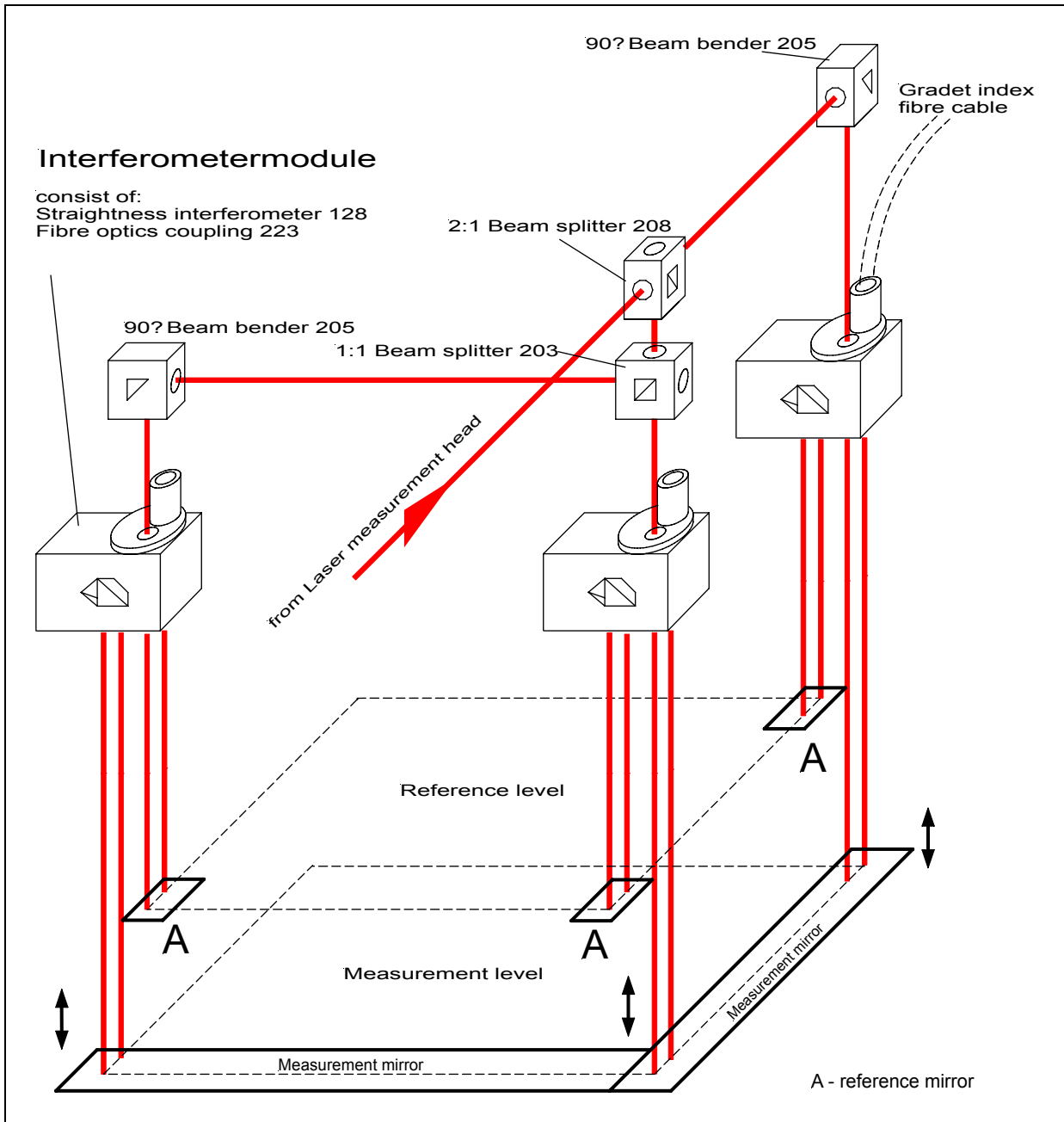
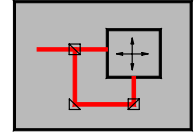
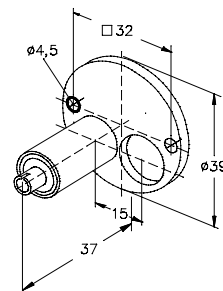
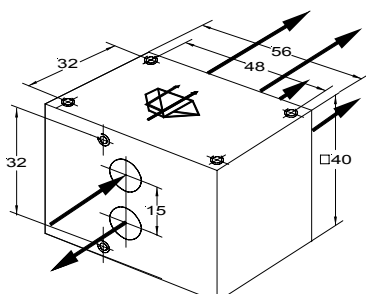


图 10b: 三轴测量系统(使用直线度干涉仪的三轴系统)

图 11:

直线度干涉镜 128
料号: 269302-4012.824

光纤耦合器 223
用于直线度干涉仪
料号: 269302-4015.824



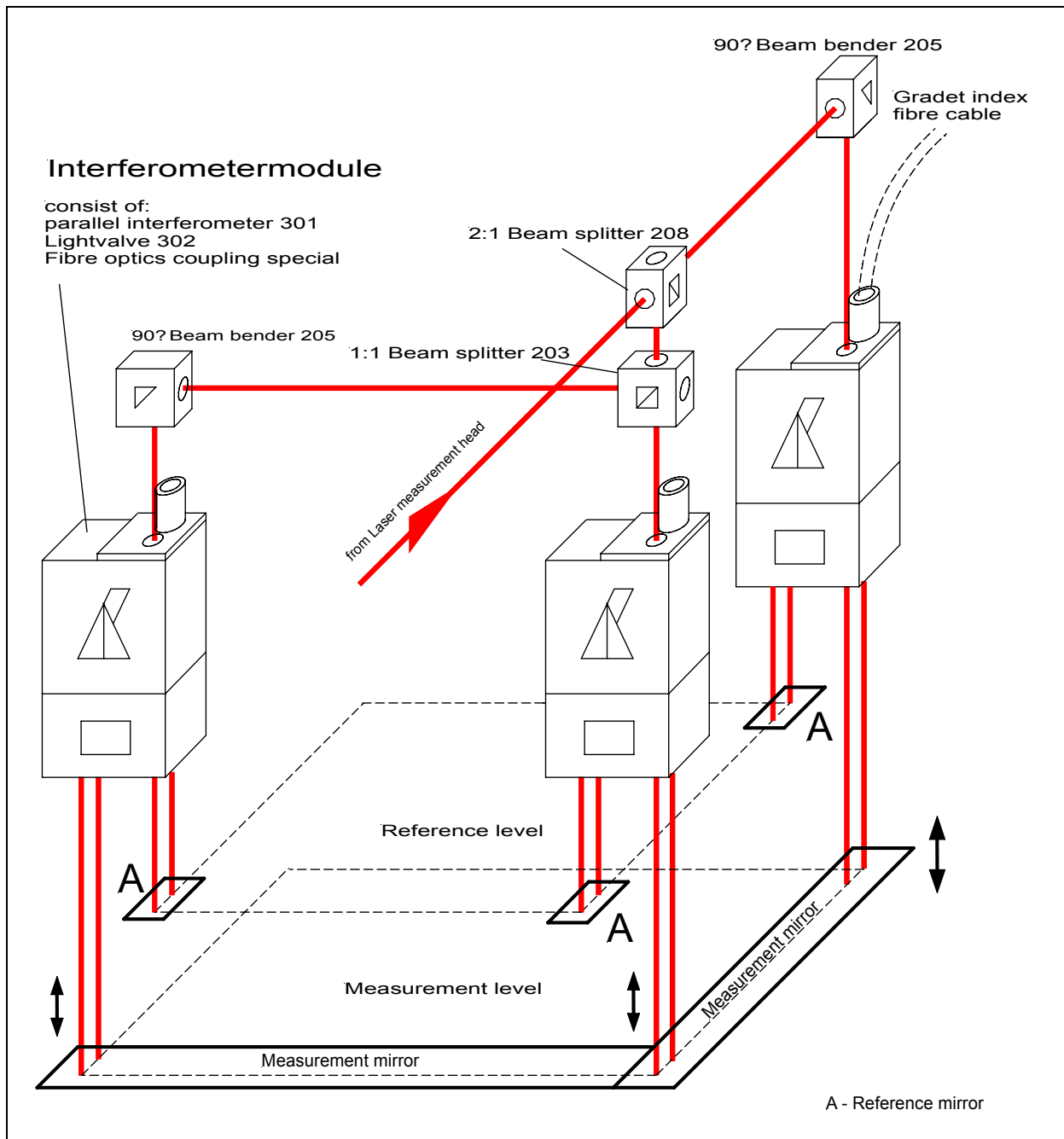
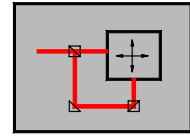


图 10c: 多轴测量系统 (使用平行度干涉仪的三轴系统)

图 12:
 平行度干涉镜 301
 (“Kösters” – 干涉仪)
 料号: 269302-4013.324

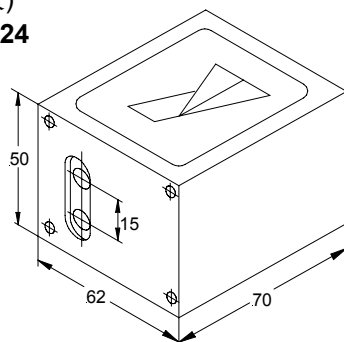
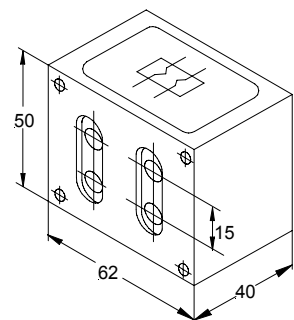


图 13:
 光阀 302
 (只用于连接平行度干涉镜)
 料号: 269302-4013.424



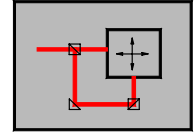
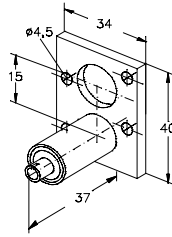


图 14:
 光纤耦合器 224
 用于平行度干涉镜 301
 料号: 269302-4015.924



1.2. 平行度干涉仪的功能描述

使用强光束分光镜，将一部分光束分光作为测量光束，然后进入 Kösters 棱镜 (图 12)，在 Kösters 棱镜里分成两束正交的偏振光，一束反射到测量镜上，另一束反射到比较镜上。它们经 Kösters 棱镜后形成两束平行光，经过两个平面波片后进入光阀。一个波片为 $\lambda/2$ 波片，它把偏振面光束旋转 90° ，这样两束光就在相同的方向上振动。第二个波片没有偏振光产生，仅用于保持光路的对称性。光阀包括一个有特里皮耶棱镜组成的偏振分光镜。经修正和偏振后，两束光分别进入光阀，经过不受阻碍的绝缘分离层分光镜后，通过 $\lambda/4$ 波片，被反射回自身的测量镜和比较镜上。当通过 $\lambda/4$ 波片时，两个线偏振光转换为圆偏振光。当两束光在平面镜和通过 $\lambda/4$ 波片路径反射后，圆偏振光再次变成线偏振光，但是现在的偏振平面旋转了 90° ，因此光束再次返回到绝缘分离层光阀而不再传输，但是被反射到特里皮耶棱镜里。在特里皮耶棱镜里两束光被平行反射，经由绝缘分离层后，再次进入测量镜和比较镜里。经 $\lambda/4$ 波片后，光束再次成为圆偏振光，在平面镜反射后经 $\lambda/4$ 沿输入光路再次形成线偏振光。现在振动平面已经被旋转了 90° ，两束光经绝缘分离层的光阀后被传输离开。一束再次在 $\lambda/2$ 振动波片上旋转，使它在转向镜的偏振分光层上被反射，和在此的第二个光束产生干涉，进入 AE800 数据处理器的接收器 2 上。在平面镜双反射的同时，获得了光学镜的四倍光路。光学测量镜运到而形成的四倍光路的分辨率是 1.25nm 。光束分布如此设计的目的是两束光使用同样的光路。在度量衡上一个最大的优点是光束能都对称 (图 15、16)。

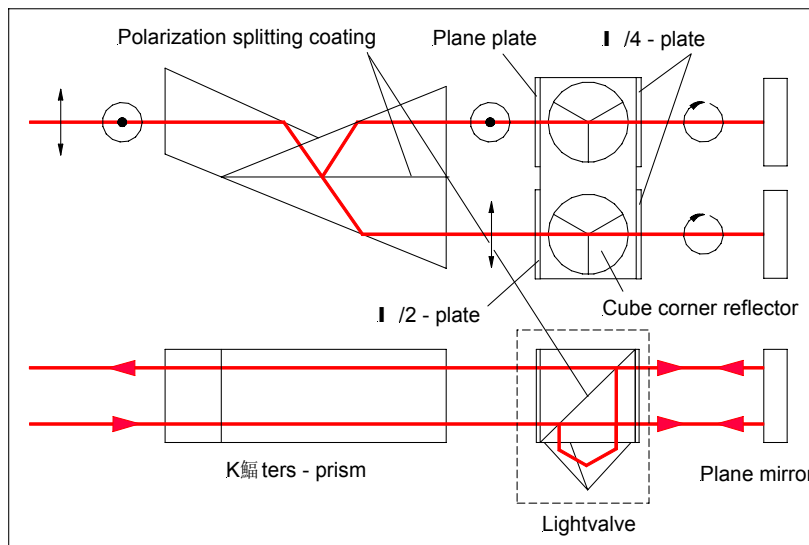


图 15: 平行度干涉仪

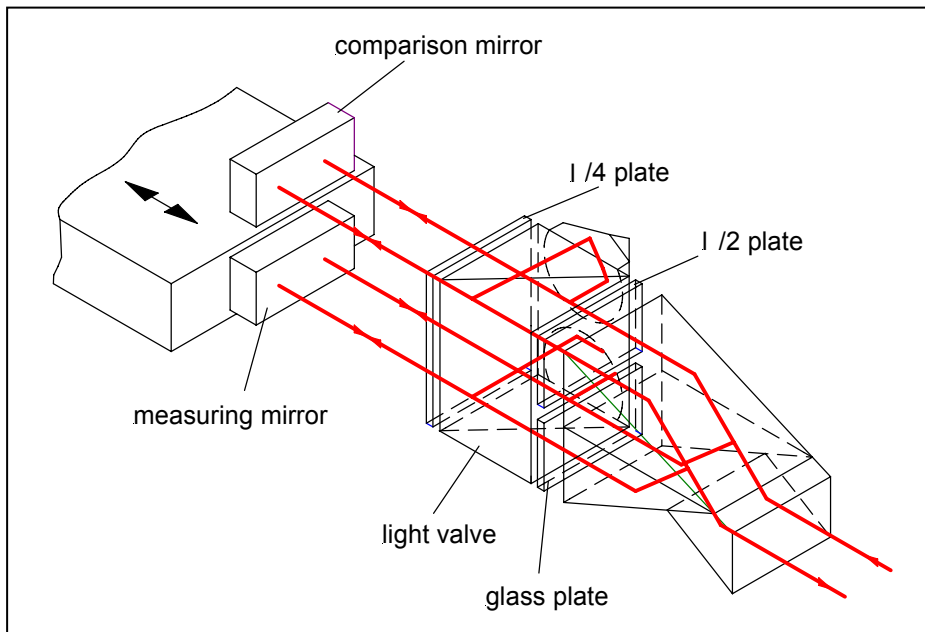
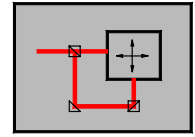


图 16: 不同平面反射镜干涉仪的光学镜示意图

1.3. 光学镜元件的安装件

以下为光学镜元件的安装件:

图 17:
可调安装件 588, 用于光学元件安装 □ 40
料号: 269302-4009.025

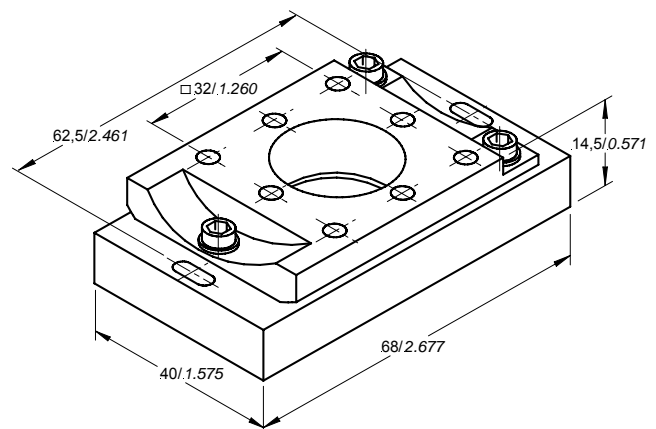
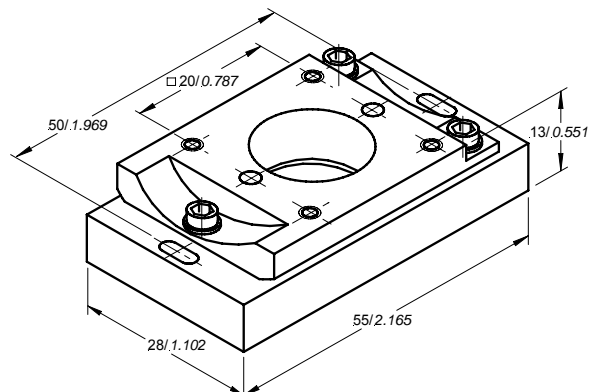
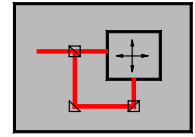


图 18:
可调安装件 589, 用于光学元件安装 □ 28
料号: 269302-4009.125





2. 数据处理器 AE 800

2.1. AE 800cPCI-PXI

数据处理器的基本构成如下:

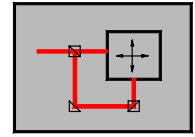
- 19" – 3HE 数据盒系统, 用于 1 – 4 轴, 可选 6 – 8 轴
- CPCI (PXI) – 用于 8 个插槽的底板, 可选 24 个
- 1 - 4 插装件(根据干涉仪的数量而定)
- cPCI/PXI 数据处理器, Pentium III 850 MHz + WINDOWS 2000/XP 操作系统
- 1 个控制单元, RS-232 和 CENTRONICS 接口
- 接口用于 键盘、鼠标、显示器
Ethernet、LAN、USB1/2、RS 232、IEEE 488、可选外部驱动器
- 插装件的外部接口:
 - 32 bit 实时计数信号 (15ns)
 - AQB – 计数器输入, 如海德汉标尺(20MHz)
 - AQB – 计数器输出, 用于监视控制 (10MHz)
 - 16 x 12 bit ADC – 输入
 - 外部触发器输入/触发器输出
 - 外部归零输入

图 19 列出了数据处理器 AE 800 cPCI-PXI 的接口。

前页部分的接口可以分成多个接口用于和其他设备或接口的数据交换, 在激光测量中, 这些接口是必要的。

2.1.1 激光测量系统中的接口

激光头	连接激光头的电缆, (用于在屏幕上调整显示参考光束和测量光束)
AUK 环境传感器	AUK 电缆接线
IF - in	每个干涉仪轴的接线(每轴一个 1 x)
Ref - in	激光头的参考光束光纤电缆接线
Ref – in/out	激光头的每个测量光束电缆接线



2.1.2. 数据交换接口

键盘和鼠标接口	6-pin Mini-DIN 电气接口 (PS/2), 鼠标接口
显示器接口	
IDE 接口	外部连接 EIDE 设备 (硬盘、CD、磁盘驱动器)
串口	与外部设备的数据交换 (2 个 RS232 串口) 用于超级计算机
IEEE 488 或 SCSI	与外部设备的数据交换(可选)
IF32 轴 (可选)	32 Bit-实时时间接口 (获取当前位置的数值, 配合重置和触发器功能使用)
A-Q-B 计数器输入 2. counter	记录汉德曼尺的数字脉冲 (0, 90°, 180°, 270°)
A-Q-B 计数器输出	激光位置数据的串口输出 (0, 90°, 180°, 270°)用于显示控制

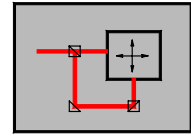
有关接口的使用说明, 请参考软件部分的操作手册。

2.2. AE 800 PCI

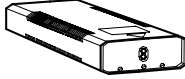



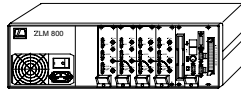
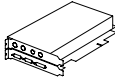
对于标准的 PC、工业 PC 和便携式 PC, 该型号均可使用:

AE 800 PCI/Master	用于第一个测量轴
AE 800 PCI/Slave	用于其它的测量轴

电气工作情况和接口情况与 PXI 相同。



2.3. 系统构成

<p>激光头 269302-4040.026</p>		<p>数量 1</p>
<p>激光头电缆 269302-5041.524</p>		<p>数量 1</p>
<p>光纤电缆 212.678</p>		<p>每轴 1 个</p>
<p>电源线(DIN 标准) 146.250</p>		<p>数量 1</p>
<p>数据处理器 AE 800: AE 800cPCI-PXI 1 轴测量 .../1S 269302-5070.126 2 轴测量 .../2S 269302-5070.226 3 轴测量 .../3S 269302-5070.326 4 轴测量 .../4S 269302-5070.426</p>		<p>数量 1</p>
<p>或 AE 800 PCI 1 轴测量 .../Master 269302-5071.026 每多一个测量轴 .../Slave 269302-5071.526</p>		<p>数量 1 数量 1/每轴</p>

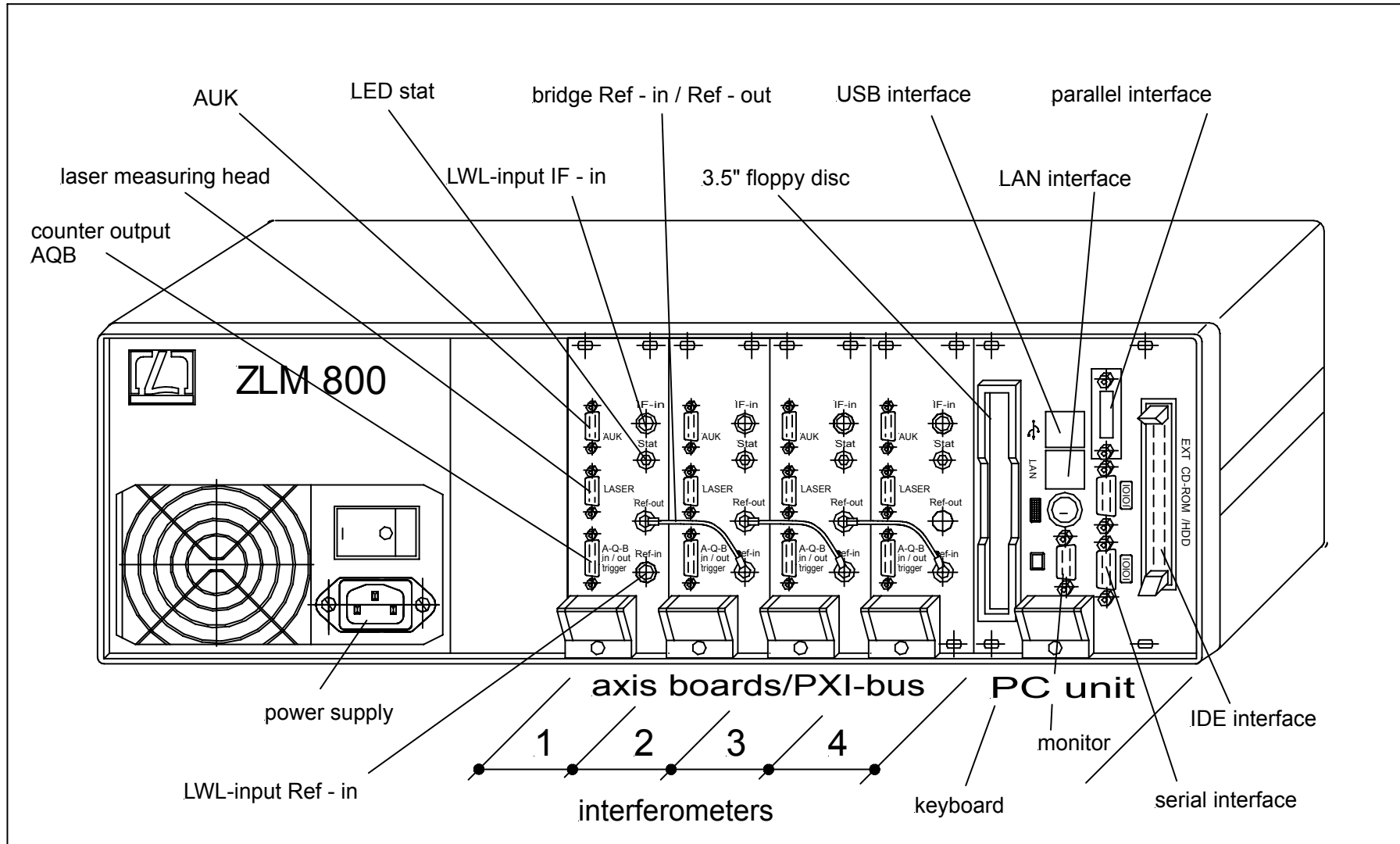
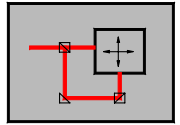
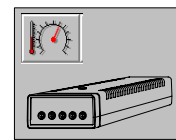


Fig. 19 Evaluation Unit ZLM 800cPCI-PXI



AUK 环境传感器

环境对测量结果的影响可以通过以下两种方法进行补偿:

1. 通过键盘手动输入当前的温度、气压和空气湿度的数值。
要获得这些数值, 需要用户使用相关的仪表对这些参数进行测量, 并不断更新这些参数。
在稳定的室内环境中, 至少每天对数值更新一次。
在工厂的生产环境中, 一天要更新多次, 以便能达到 **2 $\mu\text{m}/\text{m}$** 的测量精度。
2. 使用 AUK 500 自动环境传感器(269302-4053.226)来获取空气温度、压力和湿度的数值。
环境自动传感器使用五个材料温度传感器, 所有数据以 $< 1 \text{ Hz}$ 的速率自动更新。
在设定激光干涉仪的过程中, 除明显的出错外(如阿贝比较器出错), 可以达到 **0.9 $\mu\text{m}/\text{m}$** 的测量精度。

空气折射率的判定

要确保 ZLM 系列激光干涉仪在非真空中测量的稳定性和持续的精准度, 就必须不断地记录环境空气的折射率, 以便相应的修正激光的波长。通常情况下, 通过以下三种方法进行修正:

1. 通过传统模拟仪表读出空气温度、压力和湿度的数值, 然后通过电脑键盘把这些数据输入到计算机中。读取这些参数的间隔时间要依赖于空气参数的变化。这种方法是最简单的方法, 在各种测量工作中, 基本能够满足测量的要求。

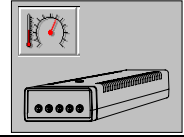
精度: 2 $\mu\text{m}/\text{m}$

2. 使用**高分辨率传感器 (参数法)**。通过与计算机的连接, 传感器就能够自动测量温度、压力和湿度并把这些参数及时的更新到计算机中。通常的情况下, 通过连接特制的材料环境传感器用于环境的自动测量和整个测量系统的环境参数更新。

精度: 0.6 $\mu\text{m}/\text{m}$

3. 使用一个**折射仪 (参考法)**。这是最昂贵的方法。有多种方案可用于这种方法, 有简单的波长跟踪折射仪, 也有复杂的多腔真空折射仪。它们的共同点是折射率的测量要依赖于外部的参考距离和需要增加干涉仪的通路。

精度: 0.3 $\mu\text{m}/\text{m}$



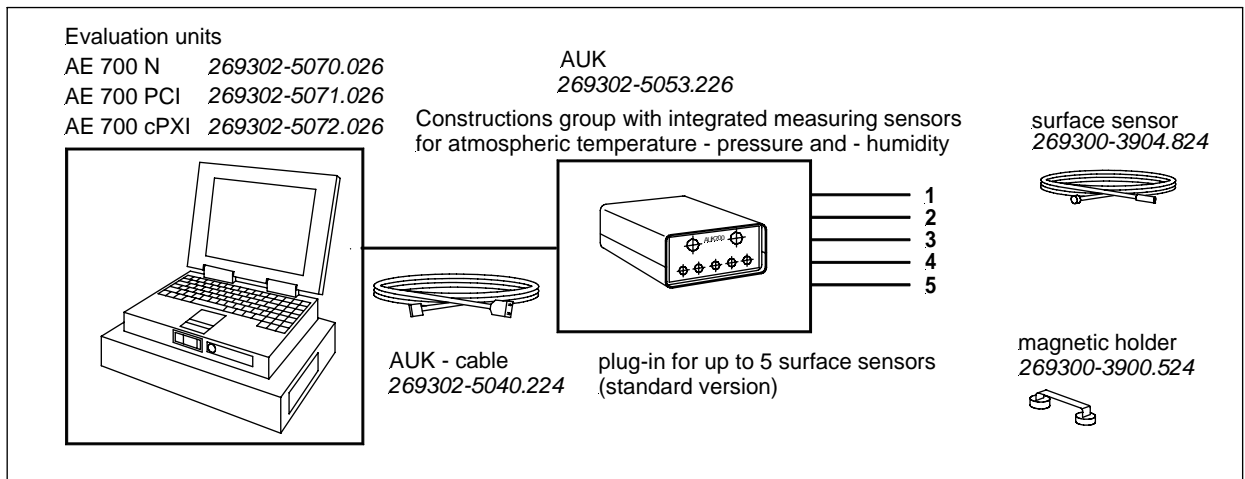
通过以上方法，一旦确定了折射率，激光器的波长就通过以下公式计算出来。

$$\lambda = \lambda_0/n$$

其中 λ : 光束在空气中的波长
 λ_0 : 光束在真空中的波长
 n : 空气的折射率

工作模式

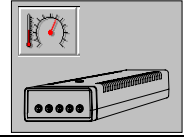
AUK 环境传感器采用参数法工作。集成式高精度传感器不断地测量空气的温度、压力和湿度并把这些数据传输到计算机中，由艾德伦公式/1/，计算机就能够计算出空气的折射率，从而稳定激光器的波长。



艾德伦公式的应用 “标准空气”（充有氮气、氧气和的湿度 300 ppm 的二氧化碳）的湿度：

$$n = 1 + (2.8793 \cdot 10^{-7} \cdot P) : (1 + 0.003671 \cdot T) - (3.6 \cdot 10^{-8} \cdot P_w)$$

- B: 标准空气的折射率
- P: 空气压力 hPa
- T: 空气温度°C
- P_w: 水蒸气颗粒压力 hPa
 100%相对湿度, 20°C: 23hPa)



以下环境为典型的室内测量环境:

$T = 20^{\circ}\text{C} \pm 1\text{K}$
 $P = 1013 \text{ hPa} \pm 10\text{hPa}$
 $F = 50\% \pm 20\%$

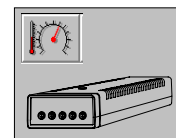
艾德伦公式取测量房间的平均折射率

$$n = 1.0002712 \pm 4 \cdot 10^{-6}$$

不断修正折射率的必要性在于从多种折射率的变化中进行优化。

下表列出了用于特定长度测量的空气参数，测量距离的不同，环境空气的参数也不同。

参数	测量数值的偏差	
空气温度	- 0.92 $\mu\text{m}/\text{m}/\text{K}$	$(dn/dT \approx -0.92 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1})$
环境压力	0.27 $\mu\text{m}/\text{m}/\text{hPa}$	$(dn/dP \approx +0.27 \cdot 10^{-6} \text{ hPa}^{-1})$
空气湿度	0.01 $\mu\text{m}/\text{m}/\%$ 相对湿度	$(dn/dP_w \approx -3.6 \cdot 10^{-8} \text{ hPa}^{-1})$



AUK 环境传感器

空气污染物的影响

参数法采用的是标准的空气成分。然而在工业环境中，空气中包含各种气体和颗粒，环境传感器 AUK 对这些气体和颗粒不能够进行辨别。在这种情况下，要计算出空气的折射率的变化，通过下表列出的情况来修正折射率，气体在空气中的浓度将会改变折射率 $1 \cdot 10^{-7}$ ：

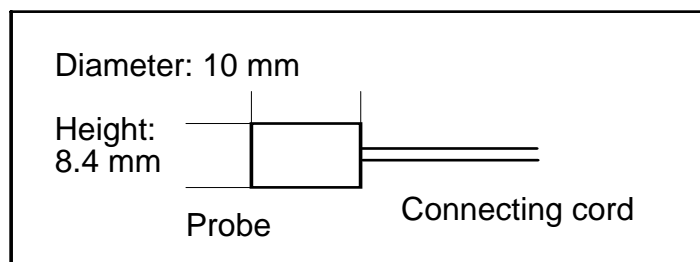
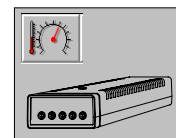
	具体折射率 $n - 1 (\cdot 10^{-4})$	空气浓度 $dn = 1 \cdot 10^{-7}$ ppm
空气	2.72	-
一氧化碳	3.2	2100
二氧化碳	4.2	680
二氧化硫	6.3	280
氢氰酸	4.0	780
氨水	3.5	1300
丙烷	10.3	130
丁烷	12.9	98
辛烷	23.0	50
苯	15.8	77
乙醇	8.1	190
丙酮	10.2	130
乙酸乙酯	13.0	97
四氯乙烯	18.7	63
氟利昂 F22	7.3	220
F12	10.3	130
F1281	12.0	110

以上数值是在 20 °C，1013 hPa 下的数值

表面温度传感器

通常情况下，对测量精度的影响不仅仅取决于折射率测量的不确定性。

要避免测量误差，还需要知道测量物的温度或整个测量系统的温度分布情况 (材料的热膨胀系数)。AUK 环境传感器可以方便地连接五个材料温度传感器（表面温度传感器）。它们能够准确的测量出技术元件的温度，导热性优于 $10 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 。



这些传感器配有 5 m 电缆，其他长度的电缆根据要求可供。传感器已密封，应避免在使用过程中使遭到碰撞而损坏。

传感器配有螺丝、磁体或粘合剂支架用于固定到被测物体上。

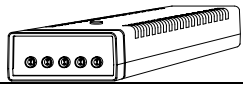

动态测量

动态测量取决于特定的测量环境。表中所列的时间百分比仅供参考，它参照了钢铁物体的热导性系数 $50 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 。

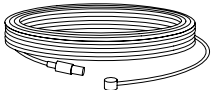

时间百分比 (秒)	T/50	T/90	T/95	T/98
	3,2	7,8	12,4	30

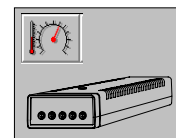
根据用户要求，传感器可提供生产商的合格证或德国 DKD 或 PTB 认证。测量误差不包括用户特定的误差影响（被测物的热导性系数、传感器和被测物接触点的热传导情况等）。

供货范围和料号

AUK 环境传感器 269302-5053.226	
AUK 电缆 269302-5040.224	

AUK 配件: 材料温度传感器 (材料补偿)

表面传感器 2 269300-3904.824	
磁性支架 2 269300-3900.524	



技术参数

AUK 环境传感器

测量范围

空气温度	10 °C...40 °C
环境压力	800 hPa...1200 hPa
空气湿度	10 %...90 % 相对湿度

传感器采样时间

1 s

单个元件的测量精度

空气温度	100 mK
环境压力	0.4 % FS
空气湿度	5.0 % 相对湿度

根据量程的测量精度

1.5 μm/m

表面温度传感器

测量范围

型号 040050	-20 °C...+ 40 °C
型号 060050	0 °C...+ 60 °C

传感器采样时间

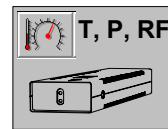
1 s

测量精度

100 mK

备注

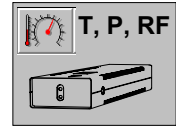
/1/ Edlen,B.: The Refractive Index of Air.
Metrologia 2 (1966), 71 - 80



规范/使用环境

ZLM 干涉仪技术规范

He-Ne 激光平均波长	632.8nm
激光稳频精度	$8 \cdot 10^{-9}$ 一小时内, $2 \cdot 10^{-8}$ 寿命周期内
光束直径	6mm
突发光束的最大能量输出	1mW
运行频率	640MHz / 中间频率 2.56GHz
每束激光可测量的轴数 ZLM 700 ZLM 800	1 4 (可更多)
距离测量分辨率 角隅反射镜干涉仪 平面镜干涉仪	2.5nm 1.25nm
测量距离	≤40m, 可选 120m
使用角度干涉的角度测量 分辨率 角度范围	$1.25 \cdot 10^{-7}$ rad ±8°, 20m 距离
使用直线度干涉仪的角度测量 分辨率 角度范围	$3.3 \cdot 10^{-7}$ rad ±15°, 10m 距离
直线度测量分辨率 2m 距离时 10m 距离时	29nm 145nm
直线度测量范围	±5mm
测量速度	≤ 4m/s, 可选 12m/s 平移 ≤ 320rad/s 旋转
非线性	±0.625nm (2.5nm 分辨率) ±0.312nm (1.25nm 分辨率)
接口 ZLM 700 / 800	32bit 实时计数器信号(15ns) AQB 计数器输入, 如海德汉尺 (20 MHz) AQB 计数器输出用于动作控制(10 MHz) 16 x 12 bit ADC –如数 外部触发器输入/触发器输出 外部归零输入
ZLM 800 数据处理器	19" – 3HE 系统, 用于 1-4 轴 cPCI –用于 8 个插槽 CPCIC/PXI 处理器, 奔腾 III 850 MHz
ZLM 800 数据处理器接口	键盘、鼠标、显示器 Ethernet, LAN, USB1/2, RS232, IEEE488, 可选外部磁盘驱动
使用环境	15° C-30° C



规范/使用环境

使用环境

ZLM 700 / 800 激光干涉仪皆可用于恶劣的工业环境。光学镜组件适用于在高真空环境下工作。测量和参考信号通过光纤电缆把光路电信号传输到数据处理器中，因此信号不受外部环境的干扰。

要使干涉仪能够安全的工作，并且取得良好的测量效果，需要考虑以下因素：

- 激光头需要预热 10 – 15 分钟才能使波长稳定。

- 激光头 LED 指示灯的含义：

红	激光不稳定
绿	激光稳定

- 正确对光纤电缆进行接线：

测量 Mess	↔	测量 Mess
参考 Ref	↔	参考 Ref

- 注意保持光纤电缆的接头和光学镜的表面清洁！

- 根据机械测量轴对光路进行正确的调整。



通过按钮  检查光轴的位置。

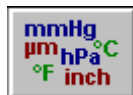
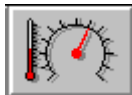


重要

测量光束和参考光束的象限位置必须相同
(对获得良好的测量信号非常重要)

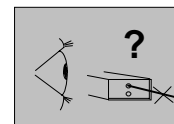
- LED 的意义 AE 700
AE 800 (每轴一个 LED)

红	不能对光束信号进行处理
绿	有足够的干涉信号



- 使用  和  按钮，输入正确的环境数据。

- 在测量的过程中，不要中断光路信号。



常见问题

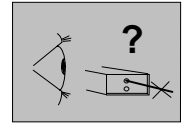
常见问题

1. 激光头部分

错误	原因	措施
激光器不工作	<ul style="list-style-type: none"> - 保险丝故障 - 电源故障 - 高压故障 - 激光管老化 - 电源电压不符 	<ul style="list-style-type: none"> - 请咨询代理商或客服 - 请咨询代理商或客服 - 请咨询代理商或客服 - 请咨询代理商或客服 - 使用正确的电源电压
LED 总是红灯	<ul style="list-style-type: none"> - 管理器损坏或故障 - 激光头太热 - 反馈 * 	<ul style="list-style-type: none"> - 请咨询代理商或客服 - 保持环境温度小于 30°C - 重新调整系统
LED 显示为红或闪烁	<ul style="list-style-type: none"> - 激光头控制出现问题或故障 - 激光头太热 - 反馈 * 	<ul style="list-style-type: none"> - 请咨询代理商或客服 - 保持环境温度小于 30°C - 采用新的调整方法
参考镜没有光束	<ul style="list-style-type: none"> - 激光头内部故障 	<ul style="list-style-type: none"> - 请咨询代理商或客服
测量镜没有光束	<ul style="list-style-type: none"> - 没有正确调整光路 - 激光头内部故障 	<ul style="list-style-type: none"> - 重新调整系统 - 请咨询代理商或客服
激光头的参考出口没有光束	<ul style="list-style-type: none"> - 如果电气没有问题，则为激光头电缆故障。 	<ul style="list-style-type: none"> - 更换电缆
激光头的测量出口没有光束	<ul style="list-style-type: none"> - 如果电气没有问题，则为激光头电缆故障。 	<ul style="list-style-type: none"> - 更换电缆

* 反馈

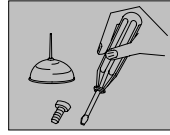
如果部分光束被反射到其自身上，就成为反馈，这样管理器就会发生故障。这种情况通常发生在平面镜干涉仪的精确调整过程中（也发生在直线度和垂直度系统的调整过程中）。由于元件的公差问题，通常反射镜有微小的倾斜。在反馈点上，它阻止了缓慢的调整。



2. 数据处理器 AE 700

AE 700 N 带 PCI 总线的坞站系统和笔记本电脑
 AE 700 PCI 工业 PC 带 PCI 总线系统
 AE 700 cPCI-PXI 工业 PC 带 cPCI/PXI 总线系统

错误	原因	措施
侧面状态控制灯不亮	<ul style="list-style-type: none"> - 数据处理器没有正确接线 - 数据处理器故障 	检查所有的解析那，通知代理商或客服人员
虽然连接了光线电缆，前面状态控制灯仍为红色	<ul style="list-style-type: none"> - 激光头电缆输出„Ref“ 或 „Mess“没有光束 - 测量光束和参考光束协调性不好 - 数据处理器故障 	请参看激光头的故障部分， 更换测量电缆，提高光束协调性，通知代理商或客服人员
在工作的过程中，前部控制灯 LED 闪烁	<ul style="list-style-type: none"> - 激光头电缆没有连接好 - 激光头电缆出现故障 - 参考光束和测量光束的协调性不好 - 数据处理器故障 	检查激光头电缆， , 通知代理商或客服人员



保养与维护

- ZLM 700 / 800 激光干涉仪不需要定期的保养。
- 所有的亮度钢部件均使用高等级非磁性钢来制造。光学镜的表面必须保持清洁，粗糙的表面会影响测量结果。
- 不要使用手指触碰光学镜表面。使用清洁刷来清洁镜片上的灰尘。要清除镜头上的污垢，使用柔软的棉花蘸上蒸馏水来进行擦洗；要清除油脂污垢，需要使用柔软的棉花蘸上清洁剂来进行擦洗。要避免镜面弄脏，把不需要使用的元件放置在储运箱里，并把箱盖盖好。
- 用户不能自行更换保险丝，如果激光器出现故障，请通过代理商或直接通知德国 JENAer Meßtechnik GmbH 公司来处理。数据处理器 AE 700 和环境传感器没有保险丝，如果出现故障，请联系 JENAer Meßtechnik GmbH 或其代理商。
- 建议每两年对设备检查一次，如果需要，可以通过生产商来对其进行检查。



注意

不要擅自打开激光头和数据处理器 AE 700 / AE 800 !

对产品进行擅自拆卸和修理不在质保范围和时间内，造成故障和损失的，生产商和代理商不承担任何的责任！

服务

JENAer Meßtechnik GmbH 公司的专家们对 ZLM700/800 出现的任何问题可及时给予技术支持和服务。

服务地址:

JENAer Meßtechnik GmbH
Carl-Zeiss-Promenade 10
D-07745 Jena
Germany

Tel.-Nr.:+49 3641 64 2978
Fax-Nr.:+49 3641 64 2603

e-mail: info@jenaer-mt.de

中国独家代理商:

上海贝丁汉工业自动化设备有限公司
电话: 021-50265166
传真: 021-23010464
手机: 13564994396
邮箱: sales@bedhang.com
网址: www.beidinghan.com

本说明书为翻译件
仅供用户参考