激光光波自动比长仪*

上海市计量测试管理局激光比长仪组

激光光波自动比长仪是测量精密线纹尺的长度计量基准仪器,它对发展国防尖端、精密机械加工和仪器仪表工业具有重要意义。

在毛主席“独立自主、自力更生”伟大的方针指引下,1968年底,由上海机床厂、上海计量测试管理局、复旦大学、上海第二机床厂、上海精密机床研究所和沈阳仪器仪表研究所等单位,组成了以工人为主体的试验小组,协作研制激光光波自动比长仪。经过二年多时间试验研究,于1971年5月研制成功了由我国自行设计制造、全部采用国产元件并应用激光、固体电路等先进技术的激光光波自动比长仪。

激光光波自动比长仪的研制成功,是毛主席革命路线的伟大胜利。

仪器结构及工作原理,如图1所示。床身(1)以三点松弛支承安放在底座(2)上,底座以对应三点安放在地基上。装有光电显微镜(7)、干涉仪参考镜(17)和干涉仪台(3)、空气折射率测量仪台(4)*均与底座相连接,从而克服了由于工作台(5)的运动产生床身变形所引起的干涉仪分光镜(15)、参考镜、光电显微镜三者相对位置的变化,否则在测量时就会产生系统误差。工作台上装有被测线纹尺(8)和干涉仪可动稜镜(19)。通过变速箱由蜗轮蜗杆带动闭合式钢带(23)而传动工作台。仪器装有保温罩。整套仪器由连同可逆计数器、打印机的操作台,对线纹尺作自动测量。由电位差计与铂电阻温度计和用铜——镍铜热电偶作为敏感元件所组成的温度测量台、气压计、湿度计同时工作。一次测量毫米间隔的一米线纹尺需25分钟。仪器

的总重量约为3.5吨。仪器的工作原理:从He—Ne(同位素)气体激光管(10)射出的光束,由反射镜(12)反射至聚光镜(13)和物镜(14)成为平行光束,经分光镜(15)分成两路,一路由分光镜表面反射至反射镜(16)到参考稜镜(17),另一路透过分光镜由反射镜(18)反射至安装在工作台上的可动稜镜(19),两路光束再从稜镜返回至分光镜重合,产生干涉条纹。光程差等于半波长的偶数倍时得到亮条纹,光程差等于半波长的奇数倍时得到暗条纹。当工作台连续移动时,由于两路光程差的不断改变,使干涉条纹明暗交替变化,工作台的移动距离可以用下式表示:

$$L = N \cdot \frac{\lambda}{2}$$

式中 L ——工作台的移动距离,
 N ——干涉条纹明暗变化次数,
 λ ——激光波长。

明暗交替变化的干涉条纹,经反射镜(20),通过分象稜镜(21)由光电倍增管(22)转换成电信号送入可逆计数器计数。

被测量线纹尺亦装在工作台上,由安装在立柱(9)上的光电显微镜(7)来瞄准线纹尺的刻线中心。随着工作台的移动,当刻线经过光电显微镜光轴时,它的影象被安装在显微镜象面上的光电倍增管(24)接收,由光信号转换成电信号用来控制可逆计数器所计的干

本文1972年3月6日收到。

* 目前该仪器对确定空气折射率是在对线纹尺测量过程中,同时测量气压、温度和湿度,并按Edlen《空气折射系数》一文的公式计算(Metrologia, Vol. 2, 1966)。

图 1 激光自动比长仪总图

图 2 干涉条纹

图 3 四倍频可逆原理逻辑图

涉条纹数,然后用数码显示和打印记录。记录下来的干涉条纹数乘以半波长,再进行空气折射率、温度修正后,即得到被测量两刻线间的距离。这样实现了由光波波长过渡到米尺上去。

为了提高仪器精度和满足可逆计数器的需要,对干涉仪光路 A 中置有平面平行玻璃板,以获得相位差 90° 的两组干涉条纹,如图 2 所示。并经光电转换和通过图 3 的逻辑环节达到四倍频细分,使计数器的单位当量成为 1/8 波长。

仪器精度: 该仪器用殷钢基准米尺作了 32 次测量。以正向测量 4 次和返向测量 4 次

作为一组,共测四组,测量数据见下表:

测量组别	测量平均值 (毫米)	$\Delta_{\text{测}} = \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} (\mu)$
第一组	1000.00250	± 0.10
第二组	1000.00256	± 0.15
第三组	1000.00264	± 0.09
第四组	1000.00256	± 0.15

表中, $\Delta_{\text{测}}$ ——8 次作为一组测量结果算术平均值的极限误差。

为了直观地看出四组测量的精密度(即仪器的重复性),取每组每 100 毫米各点,画出长度曲线见图 4。

图 4 对殷钢基准米尺测量结果散发曲线图

根据该仪器在加工、安装、调整以及在测量中可能产生误差的因素均考虑在内,并从

理论分析和单项系统误差的实际测定中得到: $\Delta_{\text{系}} = \pm 0.14 \mu$ 。