

可擦除相变光学头系统公差与光斑测试*

陈海清 阮 玉 常洋燕

(华中理工大学光电子工程系, 武汉 430074)

提要 根据波像差理论,分析了光学头中各误差源及其对波像差造成的影响,制定了相应公差容限,分析了微光斑的显微测试原理,建立了一种显微放大系统,能有效地评价光点质量。

关键词 误差源,公差容限,显微测试

1 引 言

在光盘技术中,设计与研究高质量小型轻量化的光学头直接关系到光盘机的整体性能。光学头的性能不仅与构成系统的光学部件的设计、加工质量有关,而且还依赖于系统的装配性能。要求准直透镜以及会聚透镜达到衍射受限的成像质量。从设计与加工的观点考虑,在用于光盘机之前,必须进行光学头成像质量的测试,以确保其高性能。要求光学部件达到衍射受限的光学质量。不仅仅为了把激光束会聚成微米级光斑,而且也是为了给伺服电路提供稳定的调焦与跟踪信号。因此,光学头系统公差的分配,成像微光斑质量的测试是设计与研制光学头中重要的技术环节。

2 系统公差分配

依据波像差理论,在光学头光路系统中,从激光二极管到会聚透镜光束所经过的光学部件,均要对光波波前产生畸变。累加效应是对扫描光点产生不利的影晌,将光点的功率从中心凸部移到亮斑的边缘上。如果像差充分小,Strell 强度和透镜孔径横切面上测得的波差方差与 $(\Delta W)^2$ 之间有简单的关系:

$$(\Delta W)^2 = (\overline{W^2}) - \overline{W}^2$$

归一化的扫描点轴向温度为

$$I_0 = 1 - 4\pi^2(\Delta W)^2$$

式中, $(\Delta W)^2$ 以 λ^2 表示。由于衍射效应的制约,即使是无像差,扫描光点的尺寸也不可能像几何光学所指出的那样无穷小^[1]。

在极坐标系中,光学系统的初级像差的形式可表示为

$$W(r, \phi) = W_{40}r^4 + W_{31}r^3\cos(\phi - \phi_1) + W_{22}^2r^2\cos^2(\phi - \phi_2) + W_{20}^2r^2 + W_{11}r\cos(\phi - \phi_1)$$

* 该课题属国家 7·5 攻关项目。

收稿日期: 1993 年 12 月 24 日; 收到修改稿日期: 1994 年 4 月 4 日

式中, W_{40} 为球差, W_{31} 为慧差, W_{22} 为像散, W_{20} 为离焦, W_{11} 为倾斜。

各光学部件均要对波前造成影响, 为了使整个光学系统达到衍射受限的成像质量, 有必要对各个光学部件给出公差容限。可擦除双光路相变光盘的光路如图 1 所示。该系统能够实现双光斑形成, 系统中采用了一大块光学胶合件来完成光束的合并与分离, 使得系统结构简单, 而且可减小杂散光的影响。

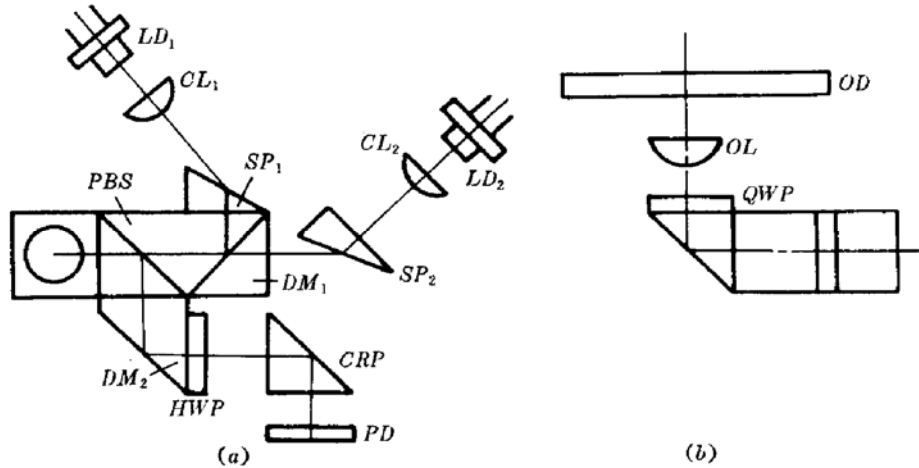


Fig. 1 Optical system of phase-change disk with two beams

(a) schematic diagram of the optical system; (b) arrangement of object lens and optical disk

考虑一读写与伺服光学系统。图 1 中一个高功率激光二极管 (LD_1, λ_1) 用于记录与读出。激光器发出光束被准直透镜 CL_1 准直, 经扩束棱镜 SP_1 整形成为圆光束。圆光束被分光镜 DM_1 全反后, 经偏振分光棱镜 PBS , $1/4$ 波片 QWP , 会聚透镜 DL , 在光盘面上形成亚微米光斑。由光盘反射回的光束到达偏振分光镜 PBS 后, 由于光束已两次通过 QWP , 光束偏振方向由 P 变为 S 。光束全反后, 经分光镜 DM_2 全透过, 经 $1/2$ 波片 HWP , 使光束变为 P 偏振光束, 进入临界角棱镜与四像限探测器 PD , 引出数据信号 RF 、调焦伺服信号 FES 、径向跟踪信号 TES 。另一个高功率激光二极管 (LD_2, λ_2) 用于擦除。激光束经准直后仍为 $3:1$ 的椭圆光束, 经压束棱镜 SP_2 压束后, 成为 $10:1$ 的超长椭圆光束, 光束经分光镜 DM_1 后, 与 830 nm 波长光束合并, 经偏振分光镜 PBS , 波片 QWP , 会聚透镜 DL , 在光盘面上形成超长椭圆光斑。

上述光路中误差源分析如下:

读/写光路: LD_1 的波面误差为 δW_{LD_1} , 光束的整形误差为 δW_{SP_1} , 准直透镜误差为 δW_{CL_1} , 分光镜 DM_1 误差为 δW_{DM_1} , 偏振分光镜 PBS 误差为 δW_{PBS} , 波片 QWP 误差为 δW_{QWP} , 会聚透镜 OL 误差为 δW_{OL} , 基板 SB 误差为 δW_{SB} , 装配误差为 δW_{AD_1} 。

擦除光路: LD_2 波面误差为 δW_{LD_2} , 光束的整形误差为 δW_{SP_2} , 准直透镜误差为 δW_{CL_2} , 分光镜 DM_1 误差为 δW_{DM_1} , 偏振分光镜 PBS 误差为 δW_{PBS} , 波片 QWP 误差为 δW_{QWP} , 会聚透镜 OL 误差为 δW_{OL} , 基板 SB 误差为 δW_{SB} , 装配误差为 δW_{AD} 。

为了使系统达到衍射受限的成像质量, 必须满足 SD 条件^[2], 即

$$\Delta W = \sqrt{\delta W_{LD_1}^2 + \delta W_{CL_1}^2 + \delta W_{SP_1}^2 + \delta W_{PBS}^2 + \delta W_{QWP}^2 + \delta W_{OL}^2 + \delta W_{SB}^2 + \delta W_{AD}^2} \leq \lambda/14$$

就现有加工情况而言, 公差作如下控制(均为 RMS): 平面为 $0.01 \sim 0.015\lambda$, 准直透镜为 0.025λ 会聚透镜为 0.3λ , 基板为 0.05λ , 装配为 0.02λ 。代入公式计算, 得

$$\Delta W_1 = \sqrt{(0.025\lambda)^2 + (0.03\lambda)^2 + (0.05\lambda)^2 + (0.02\lambda)^2 + 2(0.015\lambda)^2} = 0.07\lambda$$

$$\Delta W_2 = \sqrt{(0.025\lambda)^2 + (0.03\lambda)^2 + (0.05\lambda)^2 + (0.02\lambda)^2 + 4(0.015\lambda)^2} = 0.073\lambda$$

显然满足系统要求。

3 微光斑显微测试

光学头的光斑评价是光学头质量检测中的重要项目，是一个光学综合指标。不仅要测试光斑大小，而且要观察成像质量。我们开发了一种显微放大系统，能有效地评价光点质量。

光盘用会聚透镜的数值孔径在 0.55~0.65 之间，其理论光点大小依下式确定：

$$D = 0.55\lambda/NA$$

要测量光点大小，至少要把光点放大到 2 mm。为此，采用三级放大系统，如图 2 所示。系统为两个透镜系统加 CCD 摄像机构成。无限共轭放大、有限共轭放大和 CCD 放大串联在一起。严格控制每一级放大的放大倍率误差，并取得准确实测值，以便在实测中修正。采用两片厚 1.2 mm 的补偿片来模拟光盘。图 3 所示为显微放大系统的光学系统部分。

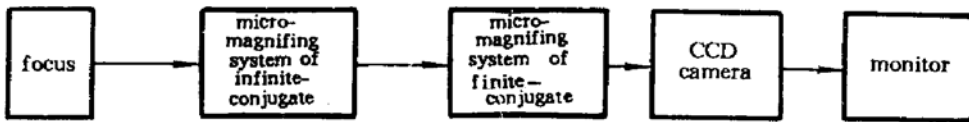


Fig. 2 Schematic diagram of micro-magnifying system

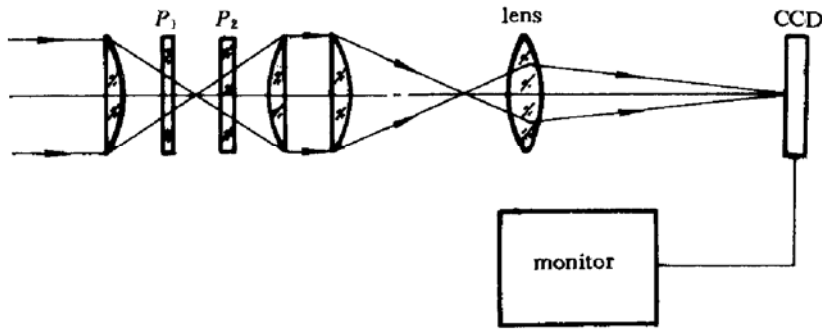


Fig. 3 Micro-magnifying optical system

系统放大倍率计算公式为：

$$\text{无限共轭放大: } \Gamma_u = f_2/f_1$$

$$\text{有限共轭放大: } \Gamma_i = - f_3/x$$

$$\text{CCD 放大: } \Gamma_{\text{CCD}}$$

$$\text{系统放大倍率: } \Gamma_{\text{sys}} = \Gamma_u \cdot \Gamma_i \cdot \Gamma_{\text{CCD}}$$

第一级放大透镜系统，线视场较小，中等孔径，主要校正轴上点像差与近轴点像差；第二级放大透镜系统，视场中等，孔径也中等，应兼顾轴上与轴外点像差。放大率误差与畸变要统筹考虑。若 $f_1 = 3.6 \text{ mm}$, $f_2 = 90 \text{ mm}$, $f_3 = 20 \text{ mm}$, $x = -2 \text{ mm}$, $\Gamma_{\text{CCD}} = 20.8$, 则系统放大倍率为

$$\Gamma_{\text{sys}} = \Gamma_u \cdot \Gamma_i \cdot \Gamma_{\text{CCD}} = 25 \cdot 10 \cdot 20.8 = 5200$$

通过该系统不仅能测量经会聚物镜聚焦之后的光斑大小，同时观察成像质量，并且能有效

地评价光点质量。

4 结束语

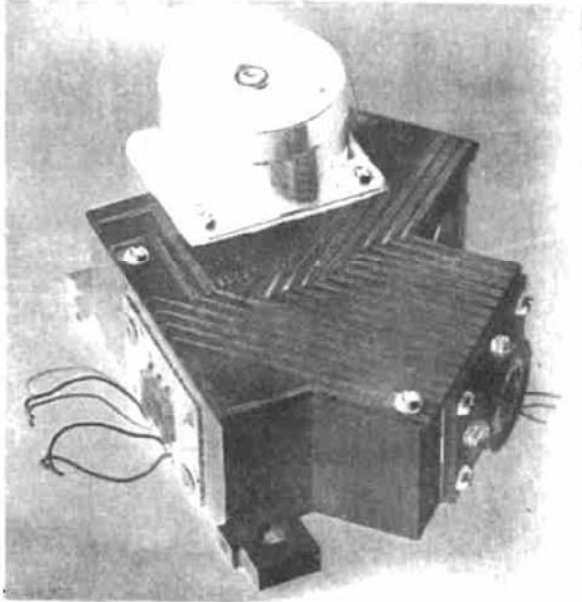


Fig. 4 PC-1 type optical head

该相变型光学头为整体结构,即整个底座为一整体,有利于精密成型压铸工艺,便于成批生产。该光学头重量轻、结构紧凑、稳定性高,光学头实物照片见图 4。

光学头的主要技术指标经实测结果如下:光学系统耦合效率为 42.5%,椭圆光斑长短轴比大于 8:1,记录用圆光斑直径为 $0.9\ \mu\text{m}$,外形尺寸为 $46.6 \times 38 \times 34\ \text{mm}^3$,重量为 64.5 g,自动调焦精度为 $0.15\ \mu\text{m}$,自动跟踪精度为 $0.08\ \mu\text{m}$ 。

致谢 在研制过程中得到了清华大学、北京航空航天大学、上海光学机械厂有关同志的大力协助,在此深表感谢。

参 考 文 献

- 1 Paul Kuttner. Optical systems for optical disk technology. *SPIE*, 1982, 329: 137
- 2 D. D. Lowenthal. Maréchal Intensity criterion modified for Gaussian beams. *Appl. Opt.*, 1974, 13: 2126

System Tolerance of the Optical Head Used in Phase-change Optical Disk and Spot Size Measurement

Chen Haiqin Ruan Yu Chang Yangyan

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Abstract Based on the wave theory, every error source and its influence on the wave aberration are analyzed, and the corresponding tolerance limit is formulated. The micromasure principle for submicron size spot is analyzed. A microscope system is set up, and the quality of a light spot is evaluated effectively by the system.

Key words error source, tolerance limit, micromasure