



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102540419 B

(45) 授权公告日 2014. 01. 22

(21) 申请号 201010619283. X

(22) 申请日 2010. 12. 31

(73) 专利权人 上海微电子装备有限公司

地址 201203 上海市浦东区张江高科技园区  
张东路 1525 号

(72) 发明人 武珩 黄玲 刘国淦

(74) 专利代理机构 北京连和连知识产权代理有  
限公司 11278

代理人 王光辉

(51) Int. Cl.

G02B 13/18(2006. 01)

G02B 13/22(2006. 01)

G02B 13/00(2006. 01)

G02B 1/00(2006. 01)

G03F 7/20(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1841112 A, 2006. 10. 04, 全文.

CN 101438196 A, 2009. 05. 20, 全文.

US 4919524 A, 1990. 04. 24, 全文.

US 2010195070 A1, 2010. 08. 05, 全文.

JP 特开 2005-109286 A, 2005. 04. 21, 全文.

JP 特开 2004-12825 A, 2004. 01. 15, 全文.

审查员 高迎春

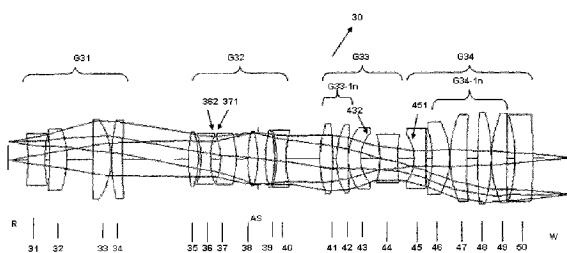
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种大视场投影光刻物镜

(57) 摘要

一种投影光刻物镜,把掩模的图像聚焦成像在硅片上,从掩模开始沿光轴依次包括:一具有正光焦度的第一透镜组 G31;一具有正光焦度的第二透镜组 G32;一具有正光焦度的第三透镜组 G33;以及一具有正光焦度的第四透镜组 G34;上述四个透镜组,构成 2x 放大倍率设计,半视场不小于 100mm,±5nm 的 I 线带宽保证了足够的曝光光强。同时,本发明以相对简单的结构实现所需的微米极的分辨率,还能够校正大视场范围内畸变、场曲、像散、色差。



1. 一种投影光刻物镜,把掩模的图像聚焦成像在硅片上,从掩模开始沿光轴依次包括:

- 一具有正光焦度的第一透镜组 G31 ;
  - 一具有正光焦度的第二透镜组 G32 ;
  - 一具有正光焦度的第三透镜组 G33 ;以及
  - 一具有正光焦度的第四透镜组 G34 ;
- 其中,所述各透镜组满足以下关系:

$$1.8 < |f_{G32}/f_{G31}| < 5.4$$

$$0.57 < |f_{G33}/f_{G34}| < 0.97$$

$$0.19 < |f_{G33}/f_{G32}| < 0.5$$

其中:

$f_{G31}$ :所述第一透镜组 G31 的焦距; $f_{G32}$ :所述第二透镜组 G32 的焦距; $f_{G33}$ :所述第三透镜组 G33 的焦距;以及  $f_{G34}$ :所述第四透镜组 G34 的焦距;

所述第一透镜组 G31 由至少四片透镜构成;

所述第二透镜组 G32 由至少六片透镜构成;所述第二透镜组 G32 至少包含两对相邻的正负透镜组合;

所述第三透镜组 G33 由至少六片透镜构成;所述第三透镜组 G33 包含一子透镜组 G33-1n,所述子透镜组 G33-1n 光焦度为正,包含所述第三透镜组 G33 中至少两个位置相邻且光焦度为正的透镜;

所述第四透镜组 G34 由至少六片透镜构成;所述第四透镜组 G34 包含一子透镜组 G34-1n,所述子透镜组 G34-1n 光焦度为正,包含所述第四透镜组 G34 中至少三个位置相邻且光焦度为正的透镜;

所述各透镜组与子透镜组之间满足以下关系式:

$$1.03 < |f_{e1\_max}/f_{G31}| < 1.95$$

$$0.34 < |f_{G33-1n}/f_{G33}| < 0.87$$

$$0.21 < |f_{G34-1n}/f_{G34}| < 0.47$$

其中:

$f_{e1\_max}$ :第一透镜组 G31 内光焦度最大的透镜的焦距; $f_{G33-1n}$ :第三透镜组 G33 的子透镜组 G33-1n 的焦距; $f_{G34-1n}$ :第四透镜组 G34 的子透镜组 G34-1n 的焦距;

所述第二透镜组 G32 内至少包含一正透镜和其相邻的一负透镜,其阿贝数比满足以下关系:

$$1.23 < V_{G32\_正}/V_{G32\_负} < 1.85 ;$$

所述第三透镜组 G33 的子透镜组 G33-1n 内相邻两片正透镜的焦距,按照从掩模到硅片的顺序焦距依次为  $f_{41}$ 、 $f_{42}$ ,这两片透镜的焦距满足以下关系: $0.75 < f_{41} < f_{42} < 1$ ;

其中: $V_{G32\_正}$ 为所述第二透镜组 G32 内一正透镜的阿贝数; $V_{G32\_负}$ 为所述第二透镜组 G32 内与所述正透镜相邻的一负透镜的阿贝数。

2. 如权利要求 1 所述的投影光刻物镜,其特征在于,所述第二透镜组 G32 内至少包含一正透镜和其相邻的一负透镜的阿贝数比满足以下关系:

$$1.59 < V_{G32\_正}/V_{G32\_负} < 2.65$$

其中： $V_{G32正}$ 为所述第二透镜组 G32 内一正透镜的阿贝数； $V_{G32负}$ 为所述第二透镜组 G32 内与所述正透镜相邻的一负透镜的阿贝数。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的投影光刻物镜，其特征在于，所述投影物镜由至少两种高折射率材料与至少两种低折射率材料构成；所述高折射率材料是指 I 线折射率大于 1.55 的材料，包括 I 线折射率大于 1.55 且阿贝数小于 45 的第一种材料，以及 I 线折射率大于 1.55 且阿贝数大于 50 的第二种材料；所述低折射率材料是指 I 线折射率小于 1.55 的材料，包括 I 线折射率小于 1.55 且阿贝数小于 55 的第三种材料，以及 I 线折射率小于 1.55 且阿贝数大于 60 的第四种材料。

4. 如权利要求 3 所述的投影光刻物镜，其特征在于，所述第一透镜组 G31 的第一透镜及所述第四透镜组 G34 的最后一块透镜，均由所述第一种材料构成。

5. 如权利要求 3 所述的投影光刻物镜，其特征在于，所述第一、第二、第三、第四透镜组都包含至少一片透镜由第一或第二种材料构成。

6. 如权利要求 3 所述的投影光刻物镜，其特征在于，所述第一、第二、第四透镜组包含至少一片透镜由第一种材料构成。

7. 如权利要求 3 所述的投影光刻物镜，其特征在于，所述第三透镜组的透镜均由第二种材料或第四材料构成。

8. 如权利要求 3 所述的投影光刻物镜，其特征在于，所述第二透镜组内至少包含一对凹面相对透镜；所述第三透镜组内至少包含一片弯月式透镜，且凹面面向像面；所述第四透镜组内至少包含一片弯月式透镜，且凹面面向物面。

## 一种大视场投影光刻物镜

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体加工技术领域,特别涉及光刻机投影光学系统中的一种大视场投影物镜。

### 背景技术

[0002] 目前在半导体加工技术领域,微米级分辨率,高产率的投影光学系统需求日益增加。步进式光刻设备为了获得高产率,通常采用大的曝光视场,同时为了配合掩模尺寸,部分光学系统采用了 1.25 或 1.6 倍放大倍率。

[0003] 日本专利 JP2000199850 公开了一种 1.6x 放大倍率的光刻投影物镜。曝光波长使用 G 线、H 线波段,硅片面视场大小 117.6mm,硅片面数值孔径为 0.1。此物镜为 38 片的多透镜结构,且包含一片非球面。

[0004] 日本专利 JP2006267383 公开了一种 1.25x 放大倍率光刻投影物镜。使用曝光波长为 I 线,带宽为  $\pm 3\text{nm}$ ,半视场为 93.5mm。

[0005] 日本专利 JP2007079015 公开了另一种 1.25x 放大倍率投影物镜,该物镜使用曝光波长也为 I 线,带宽为  $\pm 1.5\text{nm}$ ,半视场也为 93.5mm。

[0006] 在 LCD 光刻机领域大曝光视场设计通常占有优势,同时为了配合掩模尺寸,很多光学系统采用大于 1 倍甚至接近 2 倍放大倍率的投影物镜。综合上述背景技术,及实际使用需求需要设计一种 2 倍投影光刻物镜。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种大曝光视场投影物镜,能校正多种像差,特别是畸变、场曲、像散、轴向色差、倍率色差,并实现物像空间的双远心。

[0008] 本发明一种投影光刻物镜,把掩模的图像聚焦成像在硅片上,从掩模开始沿光轴依次包括:一具有正光焦度的第一透镜组 G31;一具有正光焦度的第二透镜组 G32;一具有正光焦度的第三透镜组 G33;以及一具有正光焦度的第四透镜组 G34;

[0009] 其中,所述各透镜组满足以下关系:

$$[0010] \quad 1.8 < |f_{G32}/f_{G31}| < 5.4$$

$$[0011] \quad 0.57 < |f_{G33}/f_{G34}| < 0.97$$

$$[0012] \quad 0.19 < |f_{G33}/f_{G32}| < 0.5$$

[0013] 其中:

[0014]  $f_{G31}$ :所述第一透镜组 G31 的焦距; $f_{G32}$ :所述第二透镜组 G32 的焦距; $f_{G33}$ :所述第三透镜组 G33 的焦距;以及  $f_{G34}$ :所述第四透镜组 G34 的焦距。

[0015] 较佳地,所述第一透镜组 G31 由至少四片透镜构成;所述第二透镜组 G32 由至少六片透镜构成;所述第二透镜组 G32 至少包含两对相邻的正负透镜组合;所述第三透镜组 G33 由至少六片透镜构成;所述第三透镜组 G33 包含一子透镜组 G33-1n,所述子透镜组 G33-1n 光焦度为正,包含所述第三透镜组 G33 中至少两个位置相邻且光焦度为正的透镜;所述第

四透镜组 G34 由至少六片透镜构成 ; 所述第四透镜组 G34 包含一子透镜组 G34-1n, 所述子透镜组 G34-1n 光焦度为正, 包含所述第四透镜组 G34 中至少三个位置相邻且光焦度为正的透镜 ;

[0016] 所述各透镜组与子透镜组之间满足以下关系式 :

$$[0017] \quad 1.03 < |f_{e1\_max}/f_{G31}| < 1.95$$

$$[0018] \quad 0.34 < |f_{G33-1n}/f_{G33}| < 0.87$$

$$[0019] \quad 0.21 < |f_{G34-1n}/f_{G34}| < 0.47$$

[0020] 其中 :

[0021]  $f_{e1\_max}$  : 第一透镜组 G31 内光焦度最大的透镜的焦距 ;  $f_{G33-1n}$  : 第三透镜组 G33 的子透镜组 G33-1n 的焦距 ;  $f_{G34-1n}$  : 第四透镜组 G34 的子透镜组 G34-1n 的焦距。

[0022] 较佳地, 所述第二透镜组 G32 内至少包含一正透镜和其相邻的一负透镜, 其阿贝数比满足以下关系 :

$$[0023] \quad 1.23 < V_{G32\_正}/V_{G32\_负} < 1.85$$

[0024] 其中 :  $V_{G32\_正}$  为所述第二透镜组 G32 内一正透镜的阿贝数 ;  $V_{G32\_负}$  为所述第二透镜组 G32 内与所述正透镜相邻的一负透镜的阿贝数。

[0025] 较佳地, 所述第二透镜组 G32 内至少包含一正透镜和其相邻的一负透镜的阿贝数比满足以下关系 :

$$[0026] \quad 1.59 < V_{G32\_正}/V_{G32\_负} < 2.65$$

[0027] 其中 :  $V_{G12\_正}$  为所述第二透镜组 G32 内一正透镜的阿贝数 ;  $V_{G12\_负}$  为所述第二透镜组 G32 内与所述正透镜相邻的一负透镜的阿贝数。

[0028] 较佳地, 所述第三透镜组 G33 的子透镜组 G33-1n 内相邻两片正透镜的焦距, 按照从掩模到硅片的顺序焦距依次为  $f_{41}$ 、 $f_{42}$ , 这两片透镜的焦距满足以下关系 :  $0.75 < f_{41} < f_{42} < 1$ 。

[0029] 较佳地, 所述投影物镜由至少两种高折射率材料与至少两种低折射率材料构成。

[0030] 其中, 所述高折射率材料是指 I 线折射率大于 1.55 的材料, 包括 I 线折射率大于 1.55 且阿贝数小于 45 的第一种材料, 以及 I 线折射率大于 1.55 且阿贝数大于 50 的第二种材料 ; 所述低折射率材料是指 I 线折射率小于 1.55 的材料, 包括 I 线折射率小于 1.55 且阿贝数小于 55 的第三种材料, 以及 I 线折射率小于 1.55 且阿贝数大于 60 的第四种材料。

[0031] 较佳地, 所述第一透镜组 G31 的第一透镜及所述第四透镜组 G34 的最后一块透镜, 均由所述第一种材料构成。

[0032] 较佳地, 所述第一、第二、第三、第四透镜组都包含至少一片透镜由第一或第二种材料构成。

[0033] 较佳地, 所述第一、第二、第四透镜组包含至少一片透镜由第一种材料构成。

[0034] 较佳地, 所述第三透镜组包含至少一片透镜由第二种材料构成。

[0035] 较佳地, 所述第二透镜组内至少包含一对凹面相对透镜 ; 所述第三透镜组内至少包含一片弯月式透镜, 且凹面面向像面 ; 所述第四透镜组内至少包含一片弯月式透镜, 且凹面面向物面。

[0036] 本发明使用较少的镜片完成 2x 放大倍率设计, 半视场不小于 100mm,  $\pm 5\text{nm}$  的 I 线带宽保证了足够的曝光光强。同时, 本发明以相对简单的结构实现所需的微米极的分辨率,

还能够校正大视场范围内畸变、场曲、像散、色差。

### 附图说明

[0037] 关于本发明的优点与精神可以通过以下的发明详述及所附图式得到进一步的了解。

[0038] 图 1 所示为本发明光刻物镜一实施例的光学结构示意图；

[0039] 图 2 所示为本发明一实施例成像畸变曲线图；

[0040] 图 3 所示为本发明一实施例物方及像方远心曲线图；

[0041] 图 4 所示为本发明一实施例像差曲线图。

### 具体实施方式

[0042] 下面结合附图详细说明本发明的具体实施例。

[0043] 如图 1 所示,本发明的实施例投影物镜 30 的镜片数量为 20 片,各参数要求如表 1 所示:

[0044] 表 1

[0045]

工作波长	@365nm ± 5nm
像方数值孔径 NA	0.1
放大倍率	-2
像方视场(直径)	200mm
物像距离	1500mm

[0046] 投影物镜 30 由 20 片透镜组成,20 片透镜全部为球面。分为四个透镜组 G31、G32、G33、G34,光焦度均为正。

[0047] 第一透镜组 G31 由四片透镜构成,光焦度分别为负、正、正、正。

[0048] 第二透镜组 G32 由六片透镜构成,光焦度依次为正、负、负、正、正、负。第二透镜组 G32 至少包含两对相邻的正负透镜组合。且第二透镜组 G32 内至少包含一对凹面相对透镜。

[0049] 第三透镜组 G33 由六片透镜构成,光焦度依次为正、正、正、正、负、负。第三透镜组 G33 包含一子透镜组 G33-1n,子透镜组 G33-1n 光焦度为正,包含第三透镜组 G33 中至少两个位置相邻且光焦度为正的透镜;且第三透镜组 G33 内至少包含一片弯月式透镜,凹面面向像面。

[0050] 第四透镜组 G34 由六片透镜构成,光焦度依次为负、正、正、正、正、负。第四透镜组 G34 包含一子透镜组 G34-1n,子透镜组 G34-1n 光焦度为正,包含第四透镜组 G34 中至少三个位置相邻且光焦度为正的透镜;且第四透镜组 G34 内至少包含一片弯月式透镜,凹面面向物面。

[0051] 本发明投影物镜 30 由至少两种高折射率材料与至少两种低折射率材料构成。其中高折射率材料指 I 线折射率大于 1.55 的材料,包括 I 线折射率大于 1.55 且阿贝数小于

45 的第一种材料,及 I 线折射率大于 1.55 且阿贝数大于 50 的第二种材料。其中低折射率材料指 I 线折射率小于 1.55 的材料,包括 I 线折射率小于 1.55 且阿贝数小于 55 的第三种材料,及 I 线折射率小于 1.55 且阿贝数大于 60 的第四种材料。

[0052] 设计优化方案为在第一、二、三、四组都包含至少一片镜片由第一或第二种材料构成。第一、二、四透镜组包含至少一片镜片由第一种材料构成。第三透镜组包含至少一片镜片由第二种材料构成。更进一步第一透镜组 G33 第一片透镜及第四透镜组最后一片透镜,最优化由第一种材料构成。

[0053] 第一透镜组 G31 由四片透镜 31、32、33、34 构成。透镜 31 为双凹式负透镜,透镜 32 为凹面面向掩模面 R 的弯月式的正透镜,透镜 33、34 为正透镜。透镜 31、32、34 由第一或第三种材料构成,透镜 33 由第二或第四种材料构成。

[0054] 第二透镜组 G32 由六片透镜 35、36、37、38、39、40 构成。透镜 35 为双凸式正透镜,透镜 36、37 为负透镜,透镜 36 凹面 362 及透镜 37 凹面 371 相对。透镜 38、39 为正透镜,透镜 40 为负透镜。透镜 35、36、38、39 全部由第二或第四种材料构成,透镜 37、40 由第一或第三种材料构成。

[0055] 第三透镜组 G33 由四片透镜 41、42、43、44 构成,透镜 41、42 为正光焦度,透镜 43、44 为负光焦度。透镜 43 为弯月式透镜,其凹面 432 弯向硅片面。透镜 41、42、43、44 全部为第二或第四种材料。

[0056] 第四透镜组 G34 由六片透镜 45、46、47、48、49、50 构成,光焦度分别为负、正、正、正、正、负。透镜 45 后表面为平面,其凹面 451 面向掩模面。透镜 45、47 由第二或第四种材料构成,透镜 46、48、49、50 由第一或第四种材料构成。

[0057] 以下透镜组 G33、G32、G33、G34、及其子透镜组透镜间的关系式进一步确立了物镜像质优化的基础。

$$[0058] \quad 1.8 < |f_{G32}/f_{G31}| < 5.4 \quad (1)$$

$$[0059] \quad 0.57 < |f_{G33}/f_{G34}| < 0.97 \quad (2)$$

$$[0060] \quad 0.19 < |f_{G33}/f_{G32}| < 0.5 \quad (3)$$

$$[0061] \quad 1.03 < |f_{e1\_max}/f_{G31}| < 1.95 \quad (4)$$

$$[0062] \quad 0.34 < |f_{G33-1n}/f_{G33}| < 0.87 \quad (5)$$

$$[0063] \quad 0.21 < |f_{G34-1n}/f_{G34}| < 0.47 \quad (6)$$

$$[0064] \quad 0.75 < f_{41}/f_{42} < 1 \quad (7)$$

$$[0065] \quad 1.23 < V_{G32\_正}/V_{G32\_负} < 1.85 \quad (8)$$

$$[0066] \quad 1.59 < V_{G32\_正}/V_{G32\_负} < 2.65 \quad (9)$$

[0067] 其中:

[0068]  $f_{G33}$ :透镜组 G33 的焦距; $f_{G32}$ :透镜组 G32 的焦距; $f_{G33}$ :透镜组 G33 的焦距; $f_{G34}$ :透镜组 G34 的焦距; $f_{e1\_max}$ :透镜组 G31 内光焦度最大的透镜的焦距; $f_{G33-1n}$ :透镜组 G33 的子透镜组 G33-1n 的焦距; $f_{G34-1n}$ :透镜组 G34 的子透镜组 G34-1n 的焦距; $f_{41}$ 和  $f_{42}$ :透镜组 G33 的子透镜组 G33-1n 内相邻 2 片透镜 41 和 42 的焦距,按照从掩模到硅片的顺序; $V_{G32\_正}$ 和  $V_{G32\_负}$ :透镜组 G32 内部相邻的一个正透镜和负透镜的阿贝数。

[0069] 本实施例第三透镜组 G33 的子透镜组 G33-1n 内两片透镜 41 和 42 的焦距,按照从掩模到硅片的顺序依次为  $f_{41}$ 、 $f_{42}$ ,这两片正透镜的焦距满足以下关系: $f_{41} < f_{42}$ ,这两片正

透镜作用是将第二透镜组出射的光线逐步压缩,从而对场曲校正有益。

[0070] 关系式 (1)-(9) 定义了透镜组 G33、G32、G33、G34 及其子透镜组、透镜校正像差的结构关系。

[0071] 表 2 给出了本实例的投影物镜的具体设计值,正的半径值表示曲率中心在表面的右边,负的半径值代表曲率中心在表面的左边。光学元件厚度或两个光学元件之间的间隔是到下一个表面的轴上距离。所有尺寸单位都是毫米。

[0072] 表 2 中,“S#”表示表面编号,“STOP”表示孔径光阑 AS,半径项中,“INF”表示无穷大。

[0073] 表 2

[0074]

S #	半径	厚度与间距	材料	备注
OBJ	INF	47.0004		物方工作距离
1	-341.576	34.29386	PBL25Y	L1
2	1185.168	12.21087		
3	-222.541	45.3383	PBM18Y	L2
4	-161.39	71.85194		
5	INF	47.00983	SFSL5Y	L3
6	-183.839	1		
7	844.4744	26.49825	PBL25Y	L4
8	INF	194.2484		
9	414.9022	26.25041	SFSL5Y	L5
10	-243.136	6.168656		
11	-176.468	23	BSM51Y	L6
12	254.7796	31.33048		
13	-178.33	44.40986	PBM18Y	L7
14	-232.626	29.66318		
15	403.048	25.85819	SFSL5Y	L8
16	-230.792	1		
17	INF	30.67998		(STOP)
18	313.9001	25.88924	SFSL5Y	L9
19	-331.934	6.301843		
20	-270.11	23	PBM18Y	L10
21	288.0486	64.21258		

[0075]

22	329.4014	27.44817	SFSL5Y	L11
23	-680.652	2.530852		
24	186.3488	28.49718	BSL7Y	L12
25	3221.473	1.000735		
26	161.8902	29.67068	BSM51Y	L13
27	105.8729	64.02459		
28	-238.698	48.93309	BSM51Y	L14
29	389.3077	38.0038		
30	-117.901	23	BSM51Y	L15
31	INF	20.13205		
32	-320.124	46.94477	PBM18Y	L16
33	-226.249	4.830725		
34	317.7772	49.397	BSL7Y	L17
35	5543.824	32.52187		
36	345.6422	49.34704	PBM18Y	L18
37	-1234.86	1		
38	330.8498	49.41093	PBM18Y	L19
39	INF	27.72791		
40	-434.844	37.4797	PBM18Y	L20
41	-12935.3	100.8894		像方工作距离
IMG	INF	0		

[0076] 图 2 表明实施例 30 畸变良好。

[0077] 图 3 表明实施例 30 的物方校正在 3mrad 左右,像方远心校正在 10mrad 左右。

[0078] 图 4 中的光线像差曲线表明本实施例 30 的像质校正情况较好,实现了  $i$  线  $\pm 5\text{nm}$  内的良好像质。

[0079] 本说明书中所述的只是本发明的较佳具体实施例,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对本发明的限制。凡本领域技术人员依本发明的构思通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案,皆应在本发明的范围之内。

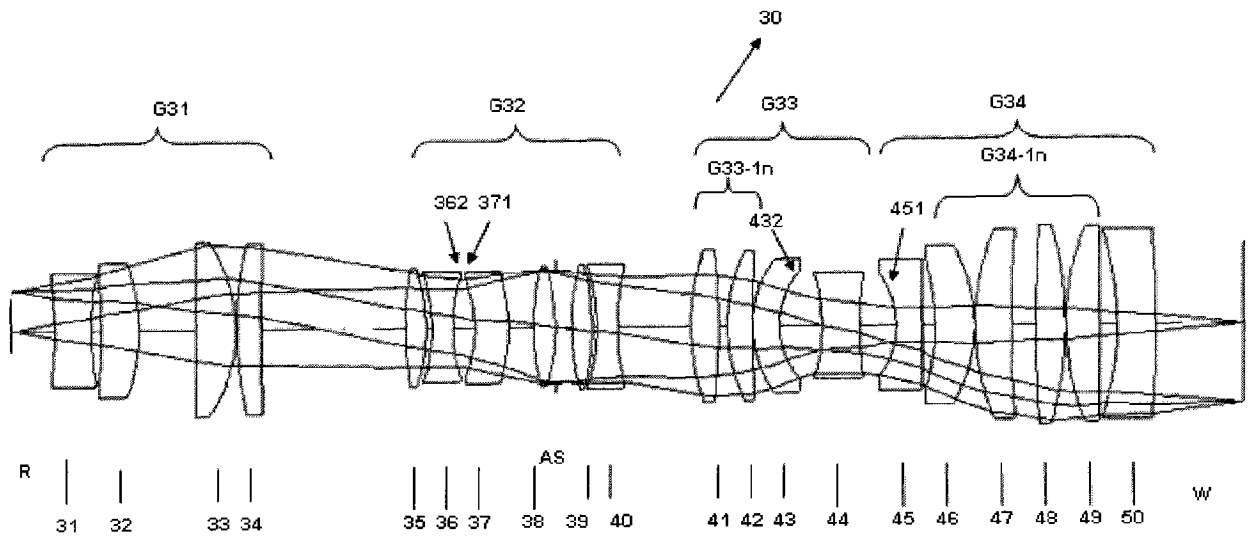


图 1

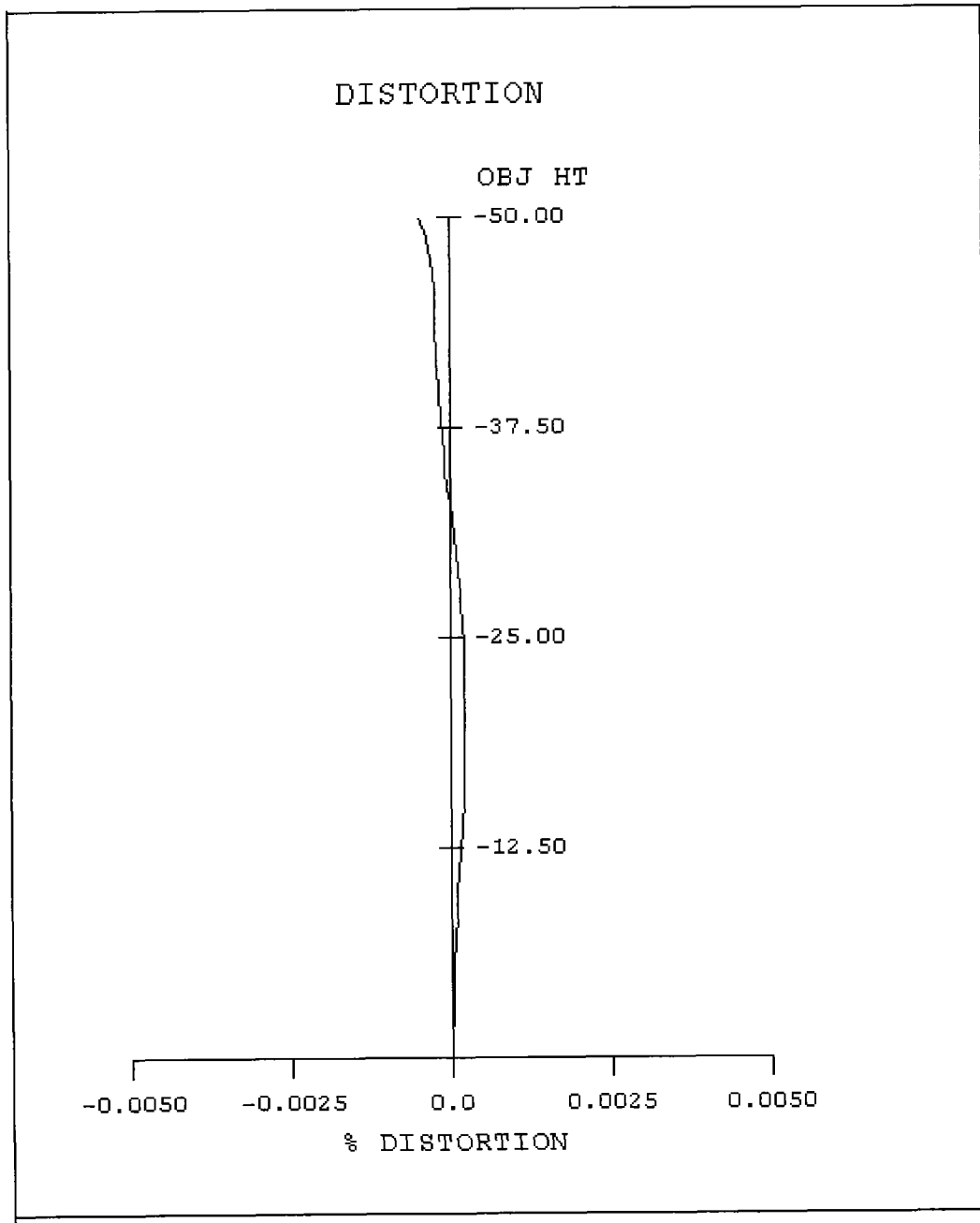


图 2

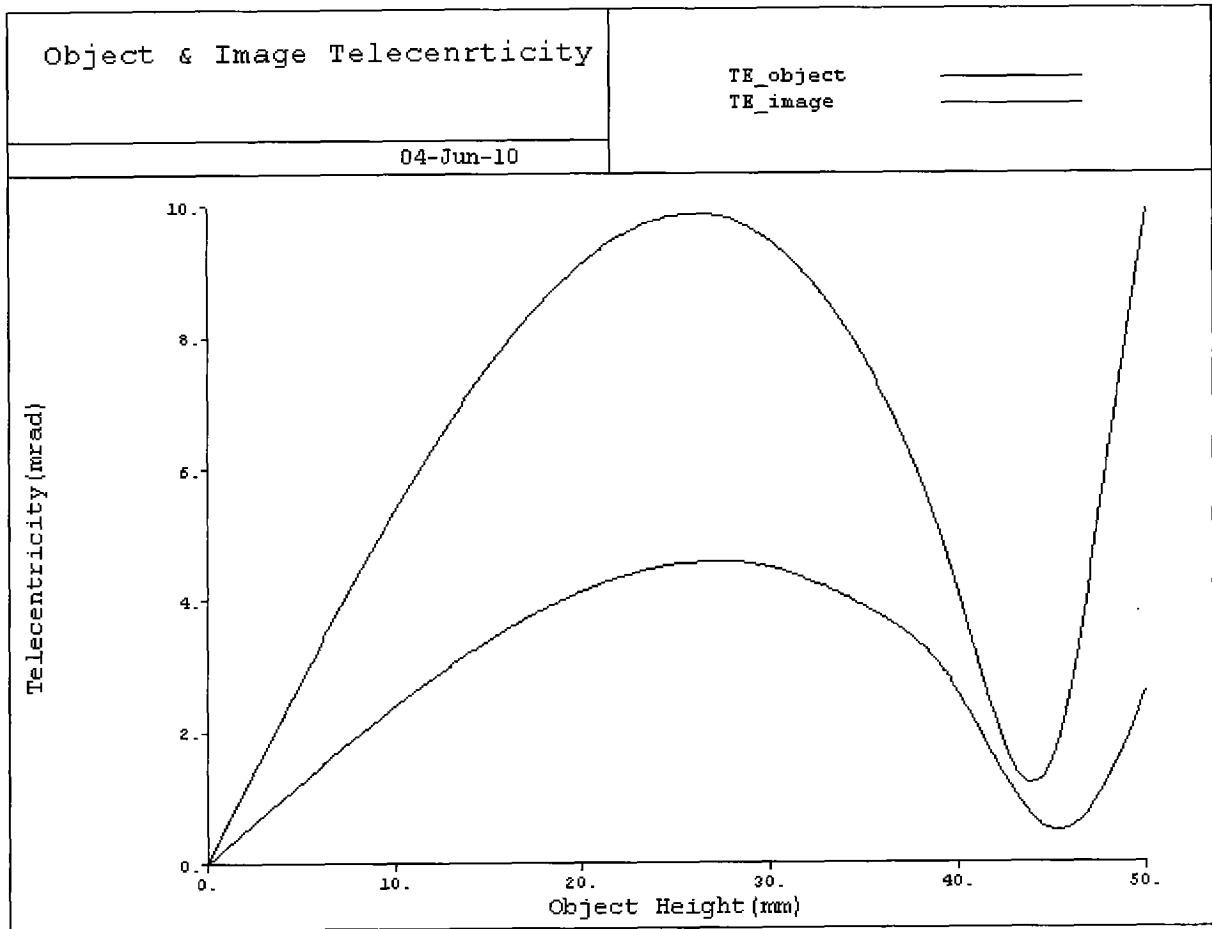


图 3

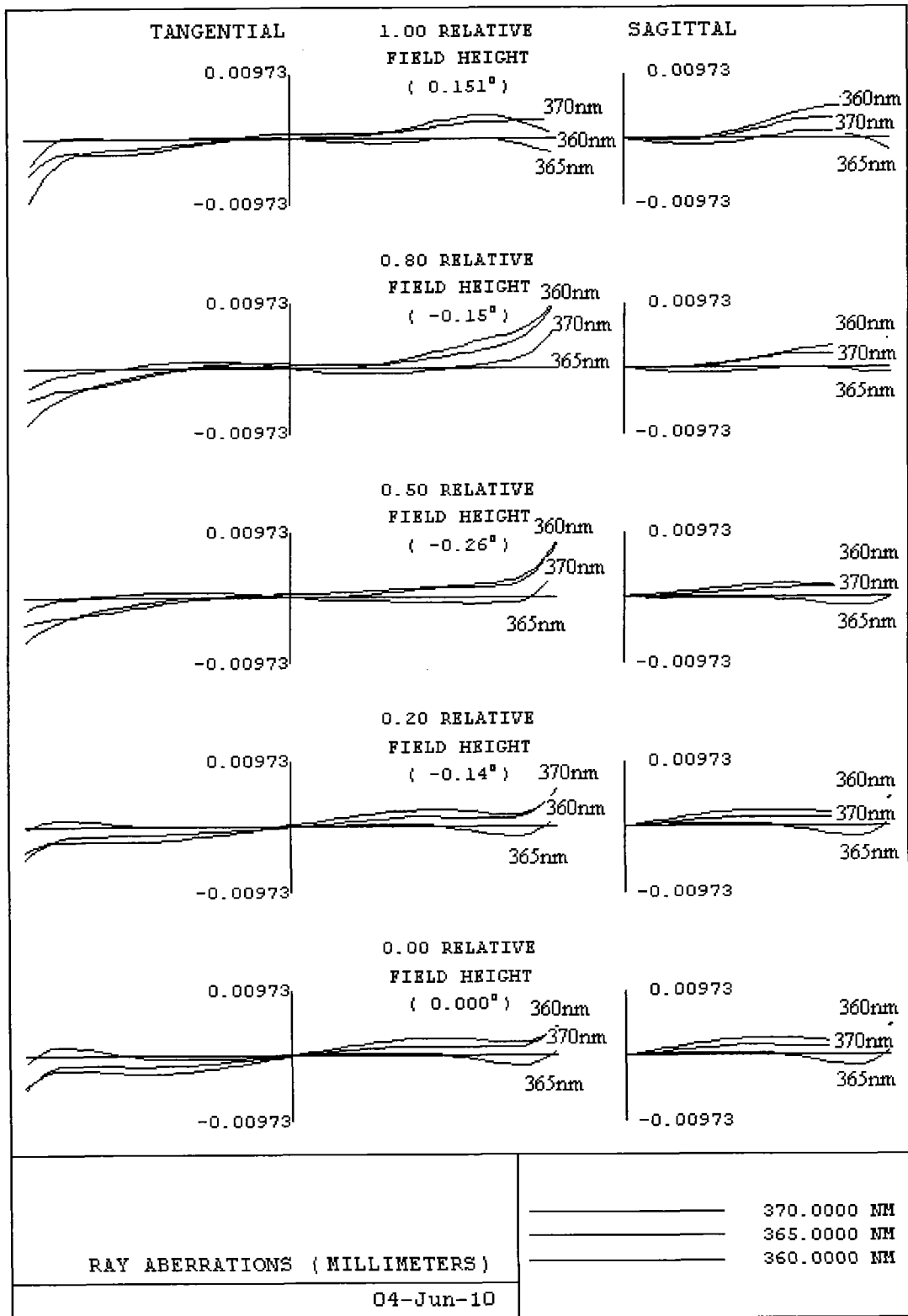


图 4