



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103576317 B

(45) 授权公告日 2015. 10. 14

(21) 申请号 201210248607. 2

(22) 申请日 2012. 07. 18

(73) 专利权人 大族激光科技产业集团股份有限公司

地址 518000 广东省深圳市南山区高新技术
园北区新西路 9 号

(72) 发明人 李家英 周朝明 孙博 陈玉庆
高云峰

(74) 专利代理机构 深圳中一专利商标事务所
44237

代理人 张全文

(51) Int. Cl.

G02B 27/09(2006. 01)

B23K 26/36(2014. 01)

B23K 26/064(2014. 01)

(56) 对比文件

CN 101887173 A , 2010. 11. 17,

CN 102004319 A , 2011. 04. 06,

JP 特开平 9-61709 A , 1997. 03. 07,

US 2008/0174864 A1 , 2008. 07. 24,

审查员 吴杏

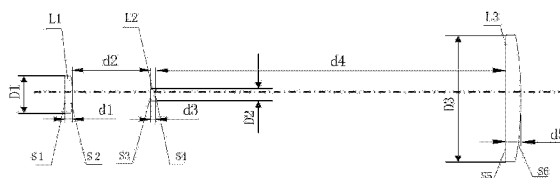
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种紫外激光变倍扩束系统及激光加工设备

(57) 摘要

本发明适用于激光加工领域, 提供了一种紫外激光变倍扩束系统, 包括第一、二、三透镜; 第一、三透镜为平凸正透镜, 第二透镜为凸凹负透镜; 第一、二、三透镜分别包括第一、二曲面, 第三、四曲面及第五、六曲面; 第一至六曲面的曲率半径为 ∞ , -30, 10, 2. 2, ∞ , -81; 第一至三透镜的中心厚度为 2, 1, 4; 第一第三透镜的外径为 10, 3, 34; 第一至三透镜的折射率与阿贝数的比例为 1. 57 : 41, 1. 48 : 68, 1. 57 : 41; 第二、三曲面的间距为 6~37; 第四、五曲面的间距为 114~125, 单位 mm, 公差为 5%。该系统可将入射光扩束 2~16 倍, 可适应不同出射直径及发散角的激光器, 提高了激光加工的效率及精度。



CN 103576317 B

1. 一种紫外激光变倍扩束系统,其特征在于,包括沿入射光线的传输方向依次共轴设置的第一透镜、第二透镜及第三透镜;所述第一透镜和第三透镜均为平凸型正透镜,所述第二透镜为凸凹型负透镜;

所述第一透镜包括第一曲面和第二曲面,所述第二透镜包括第三曲面和第四曲面,所述第三透镜包括第五曲面和第六曲面;所述第一至第六曲面沿入射光线的传输方向依次排布;

所述第一至第六曲面的曲率半径依次为: ∞ , -30mm, 10mm, 2.2mm, ∞ , -81mm;

所述第一至第三透镜的中心厚度依次为:2mm, 1mm, 4mm;

所述第一至第三透镜的外径依次为:10mm, 3mm, 34mm;

所述第一至第三透镜的折射率与阿贝数的比例依次为:1.57:41, 1.48:68, 1.57:41;

所述第二曲面与第三曲面在光轴上的间距为6~37mm;所述第四曲面与第五曲面在光轴上的间距为114~125mm;

各所述曲率半径、中心厚度、外径、折射率与阿贝数的比例以及各所述间距的公差范围均为5%。

2. 如权利要求1所述的紫外激光变倍扩束系统,其特征在于,所述第二曲面与第三曲面在光轴上的间距为36.9mm;所述第四曲面与第五曲面在光轴上的间距为114.3mm。

3. 如权利要求1所述的紫外激光变倍扩束系统,其特征在于,所述第二曲面与第三曲面在光轴上的间距为32.6mm;所述第四曲面与第五曲面在光轴上的间距为118.8mm。

4. 如权利要求1所述的紫外激光变倍扩束系统,其特征在于,所述第二曲面与第三曲面在光轴上的间距为27.8mm;所述第四曲面与第五曲面在光轴上的间距为120mm。

5. 如权利要求1所述的紫外激光变倍扩束系统,其特征在于,所述第二曲面与第三曲面在光轴上的间距为23.3mm;所述第四曲面与第五曲面在光轴上的间距为120.5mm。

6. 如权利要求1所述的紫外激光变倍扩束系统,其特征在于,所述第二曲面与第三曲面在光轴上的间距为19.6mm;所述第四曲面与第五曲面在光轴上的间距为120.8mm。

7. 如权利要求1所述的紫外激光变倍扩束系统,其特征在于,所述第二曲面与第三曲面在光轴上的间距为14.4mm;所述第四曲面与第五曲面在光轴上的间距为121.1mm。

8. 如权利要求1所述的紫外激光变倍扩束系统,其特征在于,所述第二曲面与第三曲面在光轴上的间距为9.8mm;所述第四曲面与第五曲面在光轴上的间距为121.3mm。

9. 如权利要求1所述的紫外激光变倍扩束系统,其特征在于,所述第二曲面与第三曲面在光轴上的间距为6mm;所述第四曲面与第五曲面在光轴上的间距为121.4mm。

10. 一种激光加工设备,包括紫外激光器、用于对所述紫外激光器发出的激光进行扩束的扩束系统,以及用于将经过扩束后的光束进行聚焦的聚焦镜,其特征在于,所述扩束系统采用权利要求1~9任一项所述的紫外激光变倍扩束系统。

一种紫外激光变倍扩束系统及激光加工设备

技术领域

[0001] 本发明属于激光加工技术领域,尤其涉及一种紫外激光变倍扩束系统及激光加工设备。

背景技术

[0002] 在激光加工领域,激光束的出光直径 Φ 都很小(约为 1mm),若直接聚焦如此细的光束,其瑞利斑就会很大。根据瑞利斑公式: $\delta = 2.44 \lambda f/D$,其中, δ 为瑞利斑的直径, D 为聚焦镜的入瞳直径, f 为焦距。可见: D 越小, δ 越大,其聚焦点的能量越弱,这样会大大降低系统的加工精度。因此,用于激光加工的光学系统一般都要配用扩束镜,将出自激光器的细光束进行扩束,然后再供激光加工聚焦镜进行聚焦。

[0003] 根据拉氏不变量(Lagrange)定理: $J = nD \theta = n' D' \theta'$,其中: n 和 n' 分别表示光学系统的物方和像方介质的折射率,当物方和像方介质均为空气时, $n = n' = 1$; D 和 D' 分别表示光学系统的入瞳直径和出瞳直径; θ 和 θ' 表示入射光和出射光的视场角,当视场角很小时,可以用弧度来表示。由上式可见,当 θ 较大时,可通过扩束镜将光束放大 $\beta = D/D'$ 倍,以用于激光加工。

[0004] 在激光加工时,许多加工对象所适用的激光波长 λ 是不同的,如 $\lambda = 1064\text{nm}$; $\lambda = 532\text{nm}$; $\lambda = 266\text{nm}$ 等,因此便出现了适应不同波长的激光器的各种光学扩束镜,同时要求光学扩束镜的使用范围越大越好,即同一扩束镜可以配合不同的应用环境,如不同的激光器出瞳直径、发散角等,另外也要求其能够配合不同的激光加工聚焦镜达到理想的耦合。因此,变倍扩束镜便成为激光加工领域的研究热点。目前常用的可变倍率的扩束镜多为 $2^x \sim 8^x$,变倍数值小,不能很好的满足激光加工的需要。在要求大倍率扩束时,只好使用定倍扩束镜,无法通过一个扩束镜实现多种倍率扩束要求,为激光加工带来了不便,影响了激光加工的效率。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种紫外激光变倍扩束系统,旨在解决现有扩束镜扩束能力有限,适应范围小的问题。

[0006] 本发明是这样实现的,一种紫外激光变倍扩束系统,包括沿入射光线的传输方向依次共轴设置的第一透镜、第二透镜及第三透镜;所述第一透镜和第三透镜均为平凸型正透镜,所述第二透镜为凸凹型负透镜;

[0007] 所述第一透镜包括第一曲面和第二曲面,所述第二透镜包括第三曲面和第四曲面,所述第三透镜包括第五曲面和第六曲面;所述第一至第六曲面沿入射光线的传输方向依次排布;

[0008] 所述第一至第六曲面的曲率半径依次为: ∞ , -30mm, 10mm, 2.2mm, ∞ , -81mm;

[0009] 所述第一至第三透镜的中心厚度依次为: 2mm, 1mm, 4mm;

[0010] 所述第一至第三透镜的外径依次为: 10mm, 3mm, 34mm;

[0011] 所述第一至第三透镜的折射率与阿贝数的比例依次为:1.57:41,1.48:68,1.57:41;

[0012] 所述第二曲面与第三曲面在光轴上的间距为6~37mm;所述第四曲面与第五曲面在光轴上的间距为114~125mm。

[0013] 各所述曲率半径、中心厚度、外径、折射率与阿贝数的比例以及各所述间距的公差范围均为5%。

[0014] 本发明的另一目的在于提供一种激光加工设备,包括紫外激光器、用于对所述紫外激光器发出的激光进行扩束的扩束系统,以及用于将经过扩束后的光束进行聚焦的聚焦镜,所述扩束系统采用所述的紫外激光变倍扩束系统。

[0015] 本发明通过对该扩束系统的各透镜进行上述设计后,使该系统可以将入射的紫外激光光束扩大为原来的2~16倍,其扩束范围极大的超过了传统的扩束镜,可适应更多不同出射直径及发散角的紫外激光器,进而扩大了该扩束系统的使用范围,提高了激光加工的效率。并且,该系统的最大扩束倍数高于传统扩束镜的扩束倍数,使得光束的整形效果更好,进而有效改善了光束的聚焦效果,有利于提高激光加工的精度。

[0016] 由于该扩束系统具有较大的变倍范围,适应性更强,使采用该扩束系统的激光加工设备具有更高的加工精度及更高的加工效率。

附图说明

[0017] 图1是本发明实施例紫外激光变倍扩束系统的结构示意图;

[0018] 图2是本发明实施例紫外激光变倍扩束系统的聚焦点弥散图;

[0019] 图3是本发明实施例紫外激光变倍扩束系统的传递函数曲线图;

[0020] 图4是本发明实施例紫外激光变倍扩束系统的能量集中度曲线图。

具体实施方式

[0021] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0022] 以下结合具体实施例对本发明的具体实现进行详细描述:

[0023] 图1示出了本发明实施例提供的紫外激光变倍扩束系统的结构示意图,为了便于说明,仅示出了与本实施例相关的部分。

[0024] 该紫外光变倍扩束系统主要适用于紫外光扩束,特别是355nm的紫外光。如图1,该系统包括沿入射光线的传输方向共轴设置的第一透镜L1、第二透镜L2及第三透镜L3。第一透镜L1为平凸型正透镜,第二透镜L2为凸凹型负透镜,第三透镜L3为平凸型正透镜。其中,第一透镜L1包括沿着入射光线的传输方向排布的第一曲面S1和第二曲面S2,即第一曲面S1和第二曲面S2分别作为光入射面和光出射面。同样的,第二透镜L2包括第三曲面S3和第四曲面S4,第三透镜L3包括第五曲面S5和第六曲面S6。入射光线沿着第一曲面S1向第六曲面S6的方向传输,经过整个扩束系统后得以扩束放大。

[0025] 在该系统中,第一透镜L1的第一曲面S1为平面,曲率半径为 ∞ ,第二曲面S2相对于第一曲面S1向外凸出,曲率半径为-30mm,其中,负号表示曲面的球心位于曲面的物方空

间,正号(本实施例中不带有负号标记的即为正)表示曲面的球心位于曲面的像方空间,以下同理。另外,第一透镜 L1 的中心厚度 d_1 (即第一透镜 L1 在光轴上的厚度)为 2mm,外径 D_1 为 10mm。第一透镜 L1 的折射率 N_{d1} 与阿贝数 V_{d1} 的比例为 1.57 :41。上述各参数并非唯一选择,均存在 5% 的公差范围,即允许各参数在 $\pm 5\%$ 范围内变化。

[0026] 第二透镜 L2 的第三曲面 S3 向物方凸出,曲率半径为 10mm,第四曲面 S4 同样向物方凸出,但相对于第三曲面 S3 内凹,曲率半径为 2.2mm,第二透镜 L2 的折射率 N_{d3} 与阿贝数 V_{d3} 的比例为 1.48 :68,且第二透镜 L2 的中心厚度 d_3 为 1mm,外径 D_2 为 3mm。第二透镜 L2 的各参数的公差范围仍为 5%。

[0027] 第三透镜 L3 的第五曲面 S5 为平面,曲率为 ∞ ,第六曲面 S6 相对第五曲面 S5 向外凸出,曲率半径为 -81mm,第三透镜 L3 的折射率 N_{d5} 与阿贝数 V_{d5} 的比例为 1.57 :41,中心厚度 d_5 为 4mm,外径 D_3 为 34mm。第三透镜 L3 的各参数的公差范围同为 5%。

[0028] 并且,本发明对第一透镜 L1 和第二透镜 L2 之间的距离,以及第二透镜 L2 与第三透镜 L3 之间的距离进行了限定,具体的,第一透镜 L1 的出射面(第二曲面 S2)与第二透镜 L2 的入射面(第三曲面 S3)在光轴上的间距 d_2 为 6~37mm,公差为 5%,第二透镜 L2 的出射面(第四曲面 S4)与第三透镜 L3 的入射面(第五曲面 S5)在光轴上的间距 d_4 为 114~125mm,公差为 5%。

[0029] 以下通过表格对上述方案进行更加清晰的说明:

[0030] 表 1 紫外激光变倍扩束系统的结构参数

[0031]

L (透镜)	S (曲面)	R (曲率半径)	d (曲面间隔)	d (中心厚度)	材料 (Nd/Vd)	D (外径)
1	1	∞	d ₂	2	1.57/41	10
	2	-30				
2	3	10	d ₄	1	1.48/68	3
	4	2.2				
3	5	∞		4	1.57/41	34
	6	-81				

[0032] 通过对各透镜进行上述设计后,该扩束系统可以将入射的紫外激光光束扩大为原来的 2~16 倍,其扩束范围极大的超过了传统的扩束镜,可适应更多不同出射直径及发散角的紫外激光器,进而扩大了该扩束系统的使用范围,提高了激光加工的效率。并且,根据拉式不变量定量,当光束扩大后,其发散角便会减小,该系统的最大扩束倍数高于传统扩束镜的扩束倍数,也使得光束发散角的缩小程度优于传统扩束镜对光束的收缩效果,使出射光束的平行度更好,聚焦效果好,进而更有利于在激光加工过程中进行后续整形及聚焦,提高加工精度。

[0033] 该系统适用于发散角为 $\pm 2\sim 4$ 豪弧度(即发散角的角度大小为 2~4 豪弧度)的紫外激光器,其入瞳直径的范围为 2~8mm,出瞳直径的范围可达 4~32mm,光学总长可控制在 135mm 之内。对于最大出射直径为 2mm 的紫外激光束,该扩束系统可将其扩束 2~16 倍;对于最大出射直径为 8mm 的紫外激光束,该扩束系统可将其扩束 2~4 倍。

[0034] 图 2、3、4 分别示出了该扩束系统的聚焦点弥散图、光学传递函数曲线图及能量集中度曲线图。根据上述附图可知该扩束系统的出射光的聚焦性较好(弥散斑的形状规则且

弥散范围较小,能量集中度较高,使得激光加工的精度和效率较高。

[0035] 优选的,上述第一、第二、第三透镜的表面曲率半径、折射率与阿贝数的比例、中心厚度及外径的参数可选择以上提供的具体参数。即:第一透镜 L1 的第一曲面 S1 的曲率半径为 ∞ ,第二曲面 S2 的曲率半径为 -30mm,中心厚度 d1 为 2mm,外径 D1 为 10mm。第一透镜 L1 的折射率 Nd1 与阿贝数 Vd1 的比例为 1.57 :41。第二透镜 L2 和第三透镜 L3 同理。该优选的方案具有更佳的扩束效果,尤其适用于 355nm 的紫外扩束。

[0036] 进一步的,在上述的核心或优选方案的基础上,可以通过对第二曲面 S2 与第三曲面 S3 在光轴上的间距 d2 和第四曲面 S4 与第五曲面 S5 在光轴上的间距 d4 进行不同的设计而获得不同的扩束倍数 β 。以下提供几种具体的优选方案。

[0037] 作为第一种优选的方案,可以将第二曲面 S2 与第三曲面 S3 在光轴上的间距 d2 设定为 36.9mm,将第四曲面 S4 与第五曲面 S5 在光轴上的间距 d4 设定为 114.3mm,当然,该参数为优选的参数,该间距同样具有 5% 的公差范围。此时,该系统的扩束倍数 β 为 2 倍。

[0038] 作为第二种优选的方案,可以将第二曲面 S2 与第三曲面 S3 在光轴上的间距 d2 设定为 32.6mm,将第四曲面 S4 与第五曲面 S5 在光轴上的间距 d4 设定为 118.8mm,公差为 5%。此时,该系统的扩束倍数 β 为 4 倍。

[0039] 作为第三种优选的方案,可以将第二曲面 S2 与第三曲面 S3 在光轴上的间距 d2 设定为 27.8mm,将第四曲面 S4 与第五曲面 S5 在光轴上的间距 d4 设定为 120mm,公差为 5%。此时,该系统的扩束倍数 β 为 6 倍。

[0040] 作为第四种优选的方案,可以将第二曲面 S2 与第三曲面 S3 在光轴上的间距 d2 设定为 23.3mm,将第四曲面 S4 与第五曲面 S5 在光轴上的间距 d4 设定为 120.5mm,公差为 5%。此时,该系统的扩束倍数 β 为 8 倍。

[0041] 作为第五种优选的方案,可以将第二曲面 S2 与第三曲面 S3 在光轴上的间距 d2 设定为 19.6mm,将第四曲面 S4 与第五曲面 S5 在光轴上的间距 d4 设定为 120.8mm,公差为 5%。此时,该系统的扩束倍数 β 为 10 倍。

[0042] 作为第六种优选的方案,可以将第二曲面 S2 与第三曲面 S3 在光轴上的间距 d2 设定为 14.4mm,将第四曲面 S4 与第五曲面 S5 在光轴上的间距 d4 设定为 121.1mm,公差为 5%。此时,该系统的扩束倍数 β 为 12 倍。

[0043] 作为第七种优选的方案,可以将第二曲面 S2 与第三曲面 S3 在光轴上的间距 d2 设定为 9.8mm,将第四曲面 S4 与第五曲面 S5 在光轴上的间距 d4 设定为 121.3mm,公差为 5%。此时,该系统的扩束倍数 β 为 14 倍。

[0044] 作为第八种优选的方案,可以将第二曲面 S2 与第三曲面 S3 在光轴上的间距 d2 设定为 6mm,将第四曲面 S4 与第五曲面 S5 在光轴上的间距 d4 设定为 121.4mm,公差为 5%。此时,该系统的扩束倍数 β 为 16 倍。

[0045] 以下通过表格对上述优选的方案进行更加清晰的说明。

[0046] 表 2 透镜曲面间隔与扩束倍数对照表

[0047]

d2 (mm)	d4 (mm)	β
36.9	114.3	2

32.6	118.8	4
27.8	120	6
23.3	120.5	8
19.6	120.8	10
14.4	121.1	12
9.8	121.3	14
6	121.4	16

[0048] 根据上述各优选的方案,可以获得 2~16 倍的扩束效果,在激光打标过程中,可以根据实际激光器的出瞳直径、发散角,以及聚焦镜的具体情况调整三个透镜的相对距离,即调节曲面间隔 d_2 和 d_4 ,进而对激光光束进行适当的扩束,使扩束后的激光束能够满足激光加工精度的要求并配合不同的激光加工聚焦镜达到理想的耦合,以提高激光加工的质量和效率。

[0049] 本发明提供的紫外激光变倍扩束系统可实现 2~16 倍扩束,扩束范围远大于传统的扩束镜,可明显提高激光加工精度和质量,应用范围广,适用于各种紫外激光加工设备中,以作为设备的扩束系统对激光器发出的光进行扩束,然后通过激光加工设备的聚焦镜将扩束后的光束聚焦到待加工的工件上。

[0050] 由于该扩束系统具有较大的变倍范围,适应性更强,使采用该扩束系统的激光加工设备具有更高的加工精度及更高的加工效率。

[0051] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

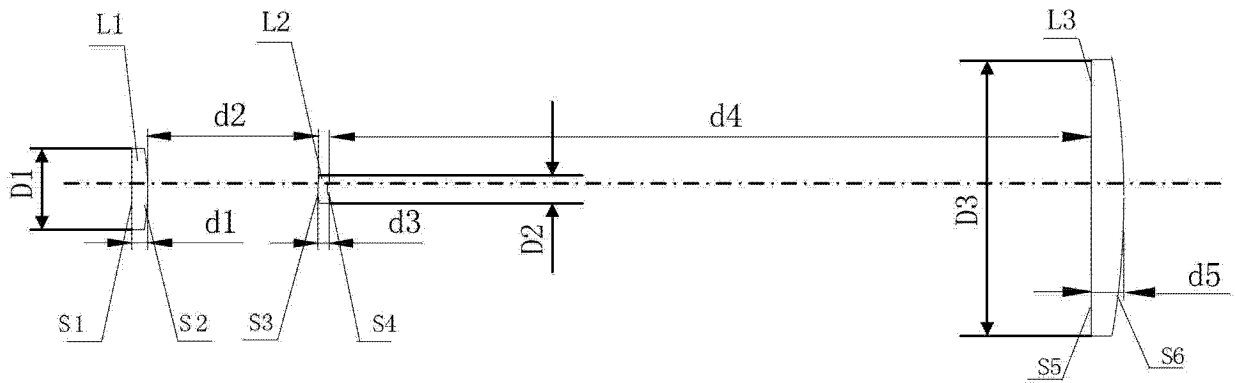


图 1

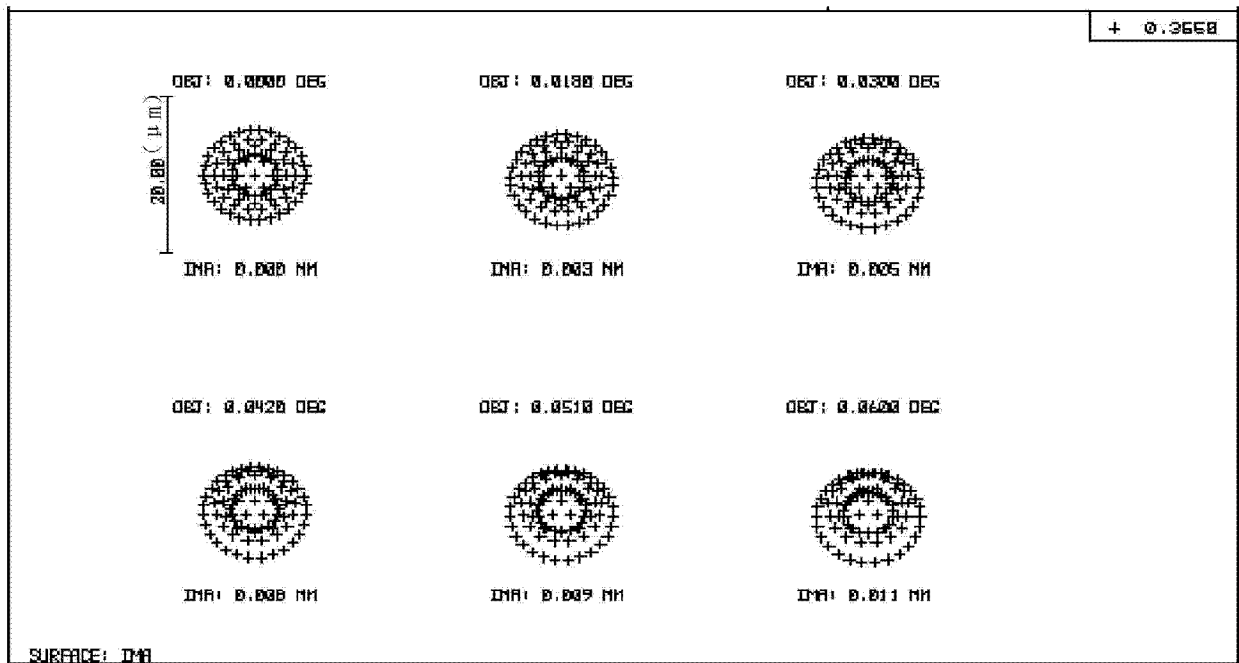


图 2

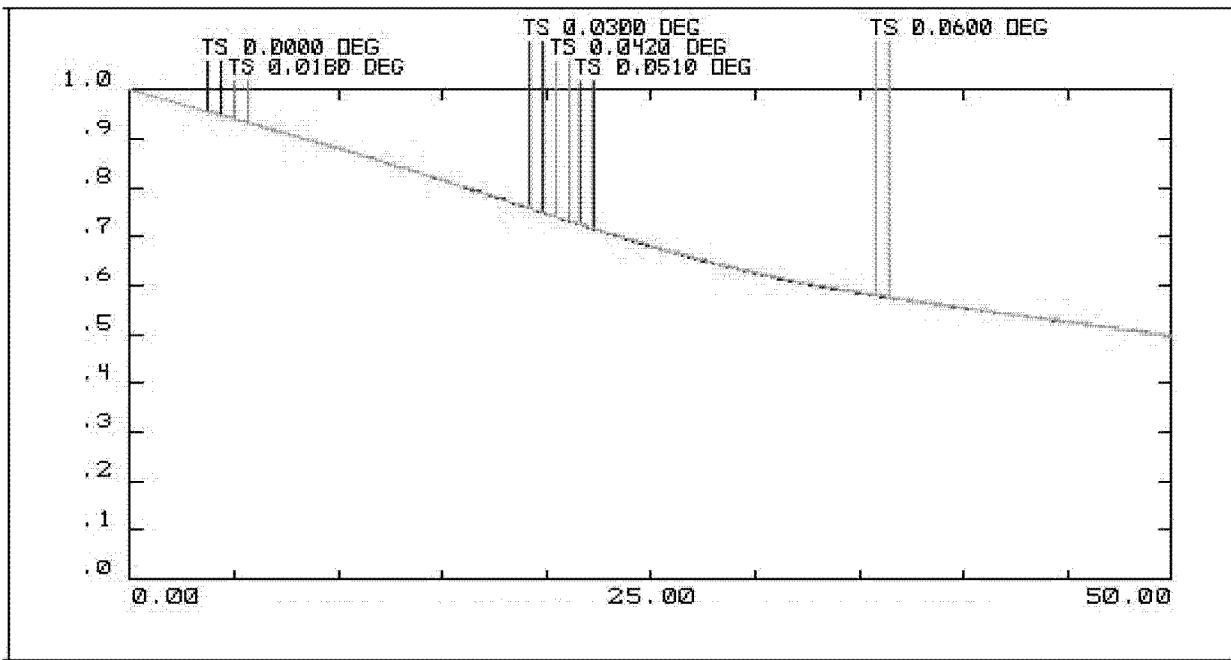


图 3

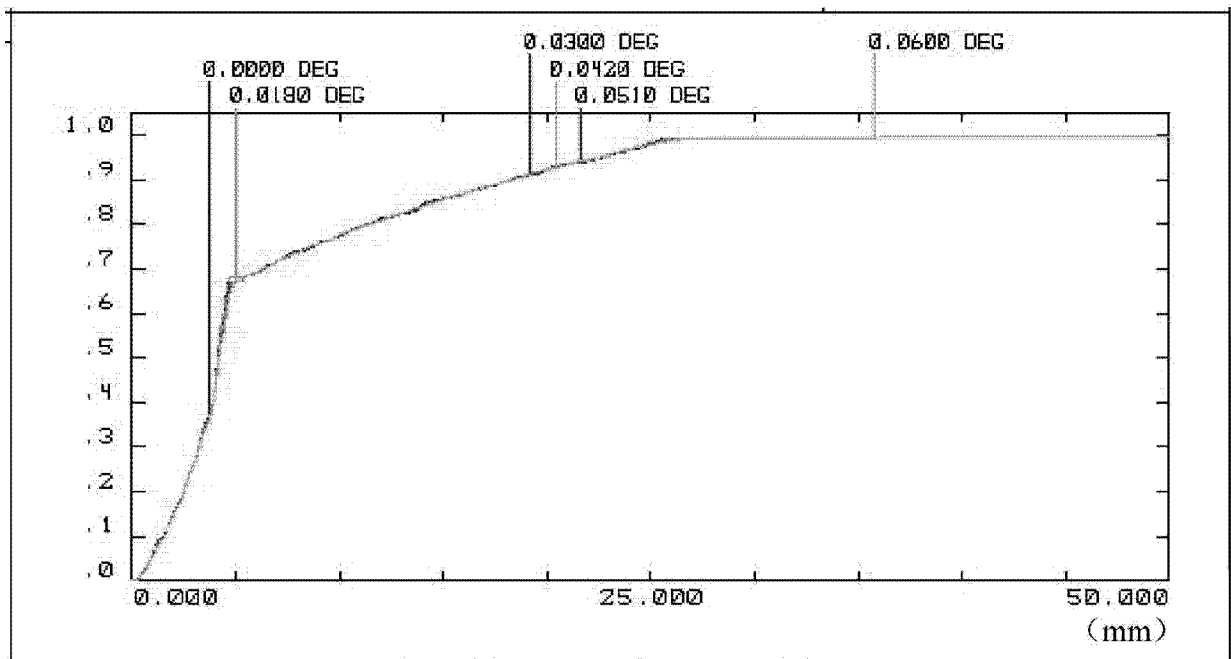


图 4