



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102323703 A

(43) 申请公布日 2012. 01. 18

(21) 申请号 201110212315. 9

(22) 申请日 2011. 07. 27

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 孙强 安岩 刘英 李淳

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 陶尊新

(51) Int. Cl.

G02F 1/35 (2006. 01)

G01N 21/65 (2006. 01)

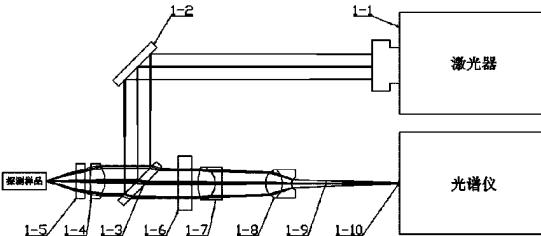
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统

(57) 摘要

一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统，涉及近红外光学系统。它解决了现有拉曼光谱仪的外光路系统的实现成本高，并且由于该系统的尺寸大，需要占用很大空间，因而不能满足现场检测的问题，该系统包括激光器、二向色镜、单透镜、平行平板、陷波滤光片、第一双胶合透镜和第二双胶合透镜，激光器出射激光光束经反射镜反射至二向色镜，经二向色镜后的光束反射至单透镜和平行平板，经平行平板后的光束会聚至探测样品；所述会聚光束经探测样品后发生散射的光束入射至平行平板和平单透镜，散射光束经二向色镜后依次入射至陷波滤光片、第一双胶合透镜和第二双胶合透镜后会聚到微型拉曼光谱仪的入射狭缝处。本发明具有更大的物方数值孔径，降低了成本。



1. 一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统,该系统包括激光器(1-1)、反射镜(1-2)、二向色镜(1-3)、单透镜(1-4)、平行平板(1-5)、陷波滤光片(1-6)、第一双胶合透镜(1-7)和第二双胶合透镜(1-8),其特征是,所述的激光器(1-1)出射激光光束经反射镜(1-2)反射至二向色镜(1-3),经二向色镜(1-3)后的光束反射至单透镜(1-4)和平行平板(1-5),经所述平行平板(1-5)后的光束会聚至探测样品;所述会聚光束经探测样品后发生散射,所述散射光束入射至平行平板(1-5)和单透镜(1-4),所述散射光束经二向色镜(1-3)后依次入射至陷波滤光片(1-6)、第一双胶合透镜(1-7)和第二双胶合透镜(1-8),最后光束会聚到微型拉曼光谱仪的入射狭缝(1-10)处。

2. 根据权利要求1所述的一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统,其特征在于,所述的单透镜(1-4)在物方数值孔径为0.33时是球面透镜,在物方数值孔径为0.35时是非球面透镜。

3. 根据权利要求1所述的一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统,其特征在于,所述反射镜(1-2)、二向色镜(1-3)、单透镜(1-4)、平行平板(1-5)、陷波滤光片(1-6)、第一双胶合透镜(1-7)和第二双胶合透镜(1-8)的材料为K9、ZF2或者BaK6中的任一种光学材料。

4. 根据权利要求1所述的一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统,其特征在于,所述的反射镜(1-2)为介质反射镜。

5. 根据权利要求1所述的一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统,其特征在于,所述二向色镜(1-3)的入射角为45°时,反射波长为785nm的激光,透射波长为在795nm~1214nm的长波段光束,透过率为90%,所述二向色镜的镜片材料折射率为1.72。

一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种物方小视场和大数值孔径、像方小数值孔径特定要求的近红外光学系统。

背景技术

[0002] 物体受到激发光源的激发,从量子理论来讲,物体内部分子与光子会发生弹性碰撞和非弹性碰撞,弹性碰撞产生的散射光频率与入射光频率相同,通常这类散射被称为瑞利散射,非弹性碰撞产生的散射光的频率与入射光频率有变化,通常这类散射被称为拉曼散射,拉曼散射光是由于物质分子的振动和转动而产生,这种振动和转动的特点直接影响拉曼散射光的频移。一般来说,波长为785nm激光器激发的拉曼散射光频移在 250cm^{-1} - 2875cm^{-1} 。拉曼散射光的强度小于入射光的 10^{-6} ,而瑞利散射光的强度一般在入射光强度的 10^{-3} 。由于其信号要远远弱于瑞利散射光,强烈的瑞利散射光会淹没拉曼散射光。

[0003] 拉曼光谱仪外光路的前端光学系统,要将激发光束很好地会聚,照射到待测物体上,同时大数值孔径地收集拉曼散射光;后端光学系统,要将收集到的拉曼散射光,以和光谱仪匹配的小数值孔径输出给光谱仪狭缝。通常物方数值孔径和像方数值孔径的比值大于6,因此拉曼光谱仪的外光路设计就格外重要。

[0004] 目前国内大多数搭建拉曼光谱系统的科研院校大多数要么购买现有国外的拉曼探头,成本较高,且针对于特定的实验要求,具有一定的局限性;要么自己搭建的外光路系统则尺寸很大,需要占用很大的空间,不能满足现场检测的需要。

[0005] 为解决国内拉曼探头的制造,和进一步提高国内外已有的拉曼探头的聚光能力,本发明自主研发了一款拉曼光谱仪外光路,此光学系统和我们研制的一款微型拉曼光谱仪相匹配。

发明内容

[0006] 本发明为解决现有拉曼光谱仪的外光路系统的实现成本高,并且由于该系统的尺寸大,需要占用很大空间,因而不能满足现场检测的问题,提供一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统。

[0007] 一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统,该系统包括激光器、二向色镜、单透镜、平行平板、陷波滤光片、第一双胶合透镜和第二双胶合透镜,所述的激光器出射激光光束经反射镜反射至二向色镜,经二向色镜后的光束反射至单透镜和平行平板,经所述平行平板后的光束会聚至探测样品;所述会聚光束经探测样品后发生散射,所述散射光束入射至平行平板和单透镜,所述散射光束经二向色镜后依次入射至陷波滤光片、第一双胶合透镜和第二双胶合透镜,最后光束会聚到微型拉曼光谱仪的入射狭缝处。

[0008] 本发明的工作原理:本发明所述的光学系统实现将激光光源激发的光束经过会聚之后入射到系统前方探测样品处,照射处的探测样品内部受到激光光束的激发,产生与入射光同频率的瑞利散射光线和与入射光不同频率的拉曼散射光线,由于瑞利散射光线比拉

曼散射光线强,因此需要在该光学系统中加入可以滤除掉瑞利散射光线的陷波滤光片,经过该光学系统收集到的是被探测样品内部分子非弹性碰撞产生的拉曼散射光,再将收集到的拉曼散射光以1：12像方数值孔径输出给光谱仪,该光学系统提高能量的利用率,避免杂散光的引入。

[0009] 本发明的有益效果:一、本发明所述的光学系统,成本低,物方数值孔径能够达到0.33～0.35,提高拉曼散射光谱探测的灵敏度,二、像面在狭缝方向的光线强度分布均匀,忽略光源带来的照度不均匀问题,使狭缝沿谱线方向获得相对均匀的强度;三、本发明所述的外光路的光学系统与光谱仪的数值孔径相匹配,针对相对孔径为1：12的光谱仪可以达到最高的能量利用效率,同时也不产生附加的杂散光。

附图说明

[0010] 图1为本发明所述的一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统的原理图;

[0011] 图2为本发明所述的一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统中二向色镜的光谱特性曲线;

[0012] 图3为本发明所述的一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统中陷波滤光片的光谱特性曲线;

[0013] 图4为本发明所述的一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统的像面相对照度曲线;

[0014] 图5为本发明所述的一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统中几何包围圆能量示意图;

[0015] 图6为本发明所述的一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统中加入非球面的单透镜之后系统的像面相对照度示意图;

[0016] 图7为本发明所述的一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统中加入非球面的单透镜之后的几何包围圆能量示意图。

[0017] 图中:1-1、激光器,1-2、反射镜,1-3、二向色镜,1-4、单透镜,1-5、平行平板,1-6、陷波滤光片,1-7、第一双胶合透镜,1-8、第二双胶合透镜,1-9、光阑,1-10、狭缝。

具体实施方式

[0018] 具体实施方式一、结合图1至图7说明本实施方式,一种基于微型拉曼光谱仪的外光路光学系统,该系统包括激光器1-1、反射镜1-2、二向色镜1-3、单透镜1-4、平行平板1-5、陷波滤光片1-6、第一双胶合透镜1-7和第二双胶合透镜1-8,激光器1-1发出波长为785nm的激光,经过反射镜1-2后改变光路方向,反射到二向色镜1-3上,二向色镜1-3反射785nm激光波长,经过前组的单透镜1-4和平行平板1-5会聚到前端的探测样品;拉曼散射光线经过平行平板1-5和单透镜1-4之后,形成准直光束,透过二向色镜1-3进入后面的光学系统,陷波滤光片1-6滤除掉掺杂在收集光路中的瑞利散射光线,经过双胶合1-7和双胶合1-8之后将光线会聚到相对孔径为1：12的光谱仪的入射狭缝1-10上,满足光谱仪的数值孔径要求,且像面沿狭缝方向相对照度大于80%。光线在距离像面34mm处的光斑直径为3mm,这样能够满足光线充分进入光谱仪狭缝,减小环境杂散光的影响。

[0019] 本实施方式所述的反射镜1-2采用介质反射镜,在特定的波长可以达到99%的反

射率,对入射光小角度变化不敏感,牢固度好,抗损伤能力强。

[0020] 结合图1进一步说明本实施方式,本实施方式主要实现两个目的,由激光器1-1发出的光线要经过反射镜1-2~平行平板1-5会聚到前方探测样品,同时二向色镜1-3~第二胶合透镜1-8的组合实现拉曼散射光线的收集;所述的二向色镜1-3、单透镜1-4和平行平板1-5在两个目的中都起到作用。单透镜1-4和双胶合透镜1-7组成了前组系统,实现收集大角度的拉曼散射光和满足要求的平行光。由于该系统中照明光源采用的是激光器1-1,为了避免光学元件尤其是胶合面的损伤,导致系统的破坏,将二向色镜1-3与陷波滤光片1-6安放在第一双胶合透镜之前,这里要保证单透镜1-4与二向色镜1-3之间的光束为平行光,即光束在单透镜1-4与二向色镜1-3上的高度差值的数量级在 10mm^{-3} ,同时保证接收散射光的孔径角度尽量大。在小视场的情况下,影响单透镜1-4的像差主要有球差、轴向色差,采用单透镜1-4在满足以上条件下,不能完成对自身像差的校正,对于轴上点像差为主的系统,负球差是单透镜1-4主要的像差。因此在单透镜1-4之后加入的第一双胶合透镜1-7主要校正球差,第一双胶合透镜1-7中负透镜产生的正球差补偿单透镜1-4的负球差,第一双胶合透镜1-7的正透镜和负透镜的组合,平衡单透镜1-4带来的轴向色差。

[0021] 考虑到外光路系统要将拉曼散射光尽量多地输出到后续的光谱仪系统中,因此需要在狭缝1-10处得到尽可能小的会聚光斑。同时为了得到满足后续光谱仪特定的数值孔径,在光阑1-9处的光斑需要在直径为3mm的圆内,如果没有后组的第二双胶合透镜1-8的限制,仅靠前组中的第一双胶合透镜1-7很难达到要求,选用光谱仪的相对孔径为1:12时,后组的工作距会很长,不能满足微型光谱仪的要求。本实施方式中采用正负透镜组合的第二双胶合透镜1-8,所述第二双胶合透镜1-8中的正透镜的加快会聚,负透镜的发散,两镜组成了“摄远系统”,这样结构的目的是将主平面前移,达到增加系统有效焦距和缩短系统尺度的作用,同时可以满足光谱仪数值孔径的要求。在第二双胶合透镜1-8中,正透镜承担主要的光焦度,负透镜对来自前组的系统带来的残余像差进行补偿,并补偿正透镜的像差。对于小相对孔径、小视场的光学系统,后组“摄远系统”主要考虑球差,第二双胶合透镜1-8的胶合面产生的正球差补偿一、三面的负球差。

[0022] 结合图2说明本实施方式,当所述二向色镜1-3的入射角为45°时,反射波长为785nm的激光,同时透过其余波长的光线,在长波段795nm~1214nm的透过率达到90%以上,所述二向色镜的镜片材料折射率为1.72。

[0023] 结合图3说明本实施方式,所述的陷波滤光片1-6的作用在于对瑞利散射光线及激光器1-1反射的785nm光线有很高的衰减率,较窄的禁带宽度,尖锐的光谱边缘,光密度达到6以上,对于禁带之外的波长有着较高的透过率,在590nm~760nm以及810nm~1040nm两波段的透过率大于90%。

[0024] 本实施方式中物方收集散射光线的数值孔径为0.35。压缩的像方数值孔径为0.04,达到在距离像面34mm处的光斑直径为3mm的要求,这样能够满足光线充分进入光谱仪狭缝,减小环境杂散光的影响。

[0025] 结合图5至图7说明本实施方式,图5所述的光学系统各个视场的90%以上的几何包围圆能量被包围在半径35μm的圆内。从图6可以看出本发明所述的光学系统加入了非球面的单透镜之后,系统物方的数值孔径可以达到0.35时,像面相对照度仍可以保持在80%以上,以达到较高的能量利用率。从图7中可以看出加入非球面的单透镜之后,系统物

方的数值孔径可以达到 0.35 时,各个视场的 90%以上的能量被包围在半径 $30 \mu m$ 的圆内。

[0026] 本发明所述的光学系统中各个面的像差不是独立的,前组带来的像差对后组会产生影响。所述的光学系统中单透镜 1-4 能够满足物方大数值孔径的要求,但所述的单透镜 1-4 对于自身的球差难以校正,单透镜 1-4 自身的像差转移到了后续的光学系统中。校正球差是非球面主要的应用之一,考虑在单透镜 1-4 中引入非球面,可以减少透镜边界光线的剧烈折射,本发明所述的单透镜 1-4 为圆锥曲面,实现了消球差的目的,同时可以得到更大的收集拉曼散射光的角度,光学性能有进一步的提高。

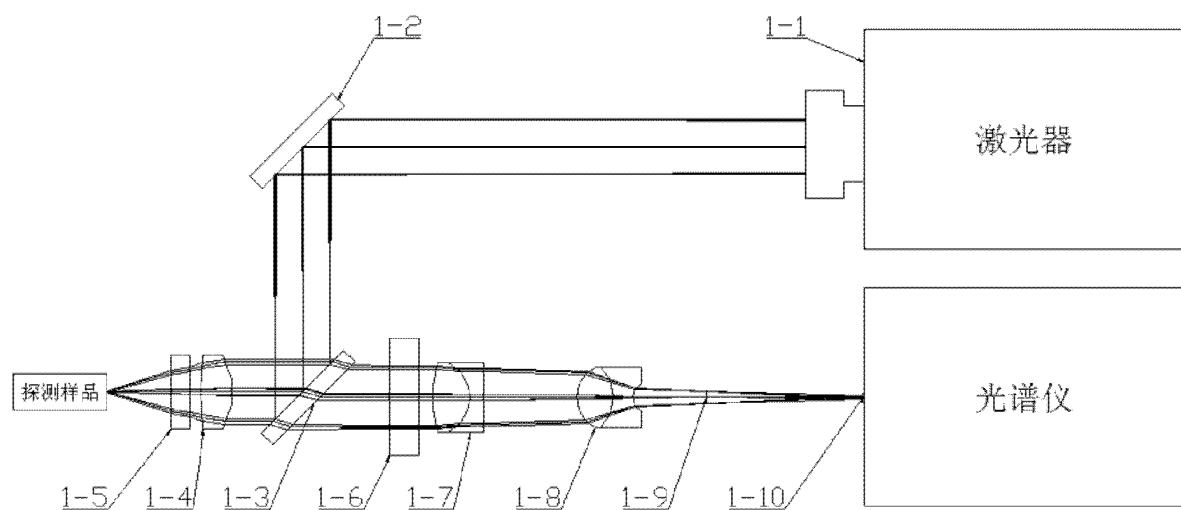


图 1

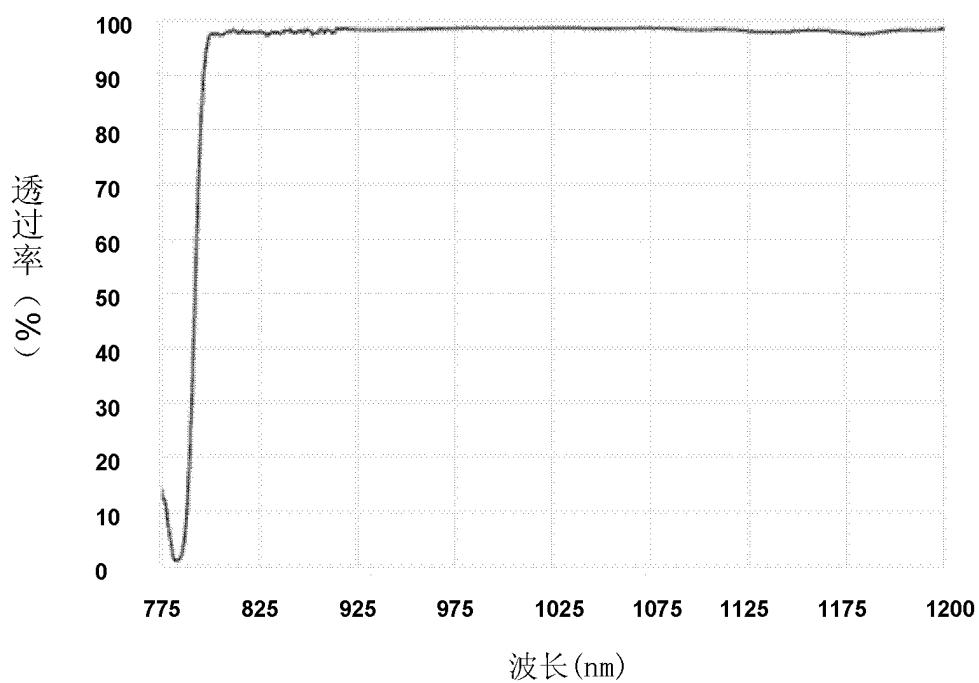


图 2

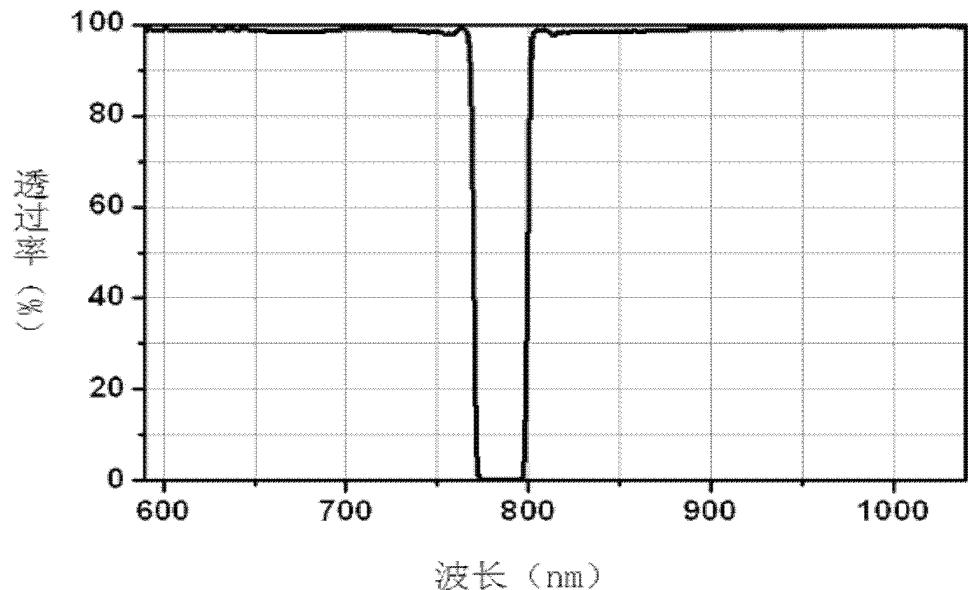


图 3

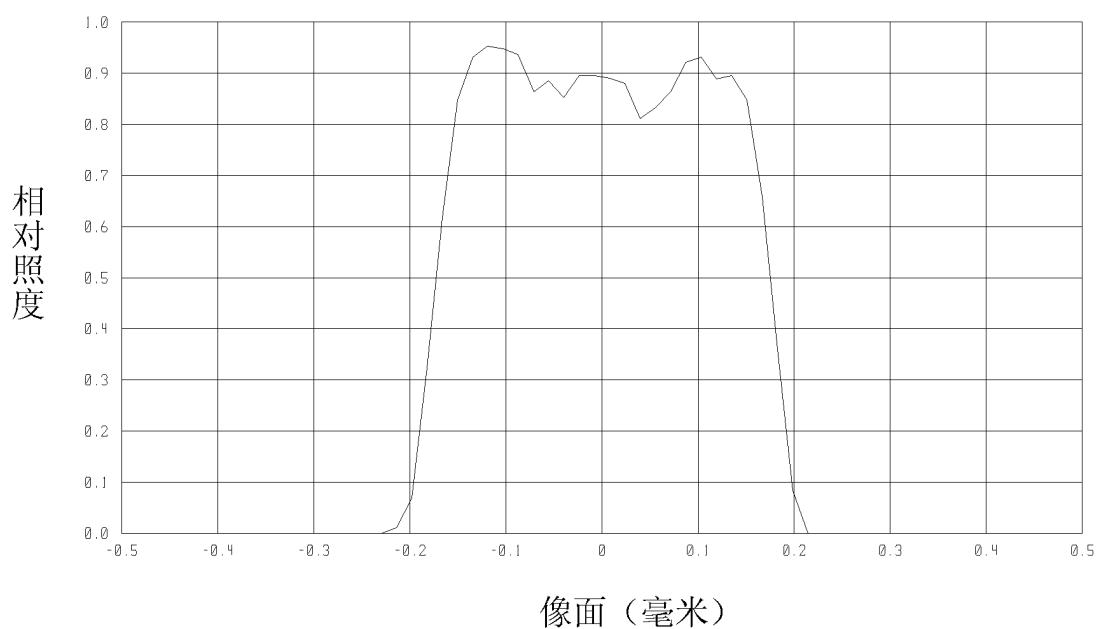


图 4

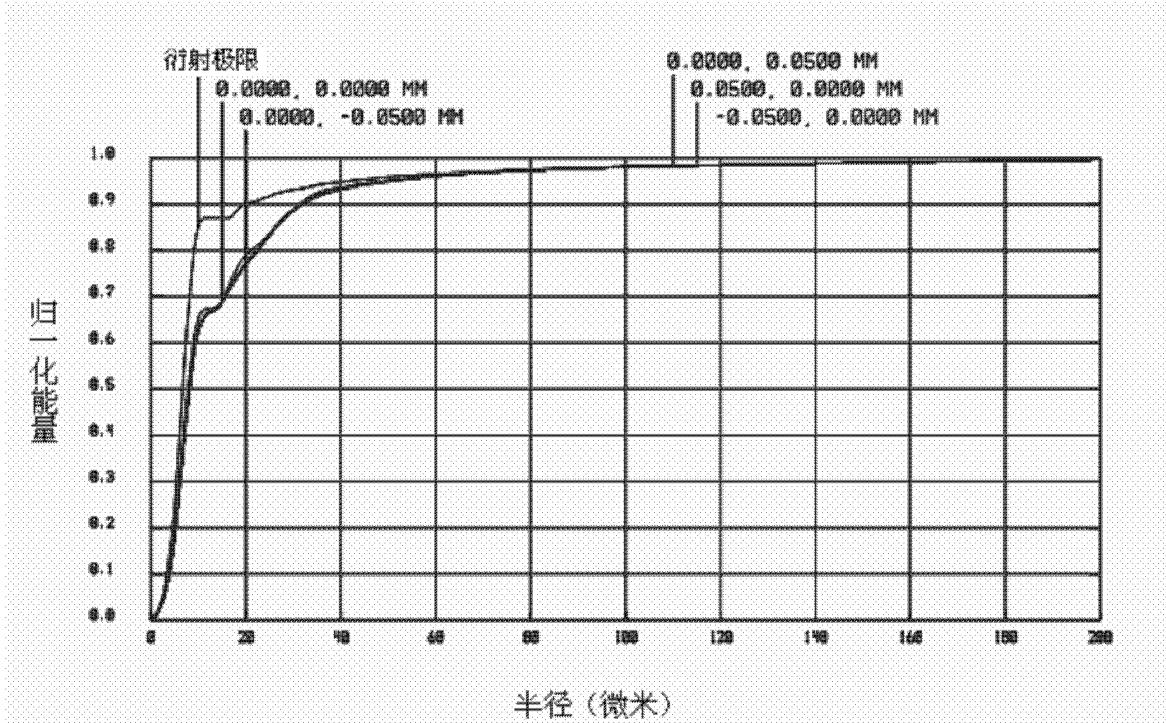


图 5

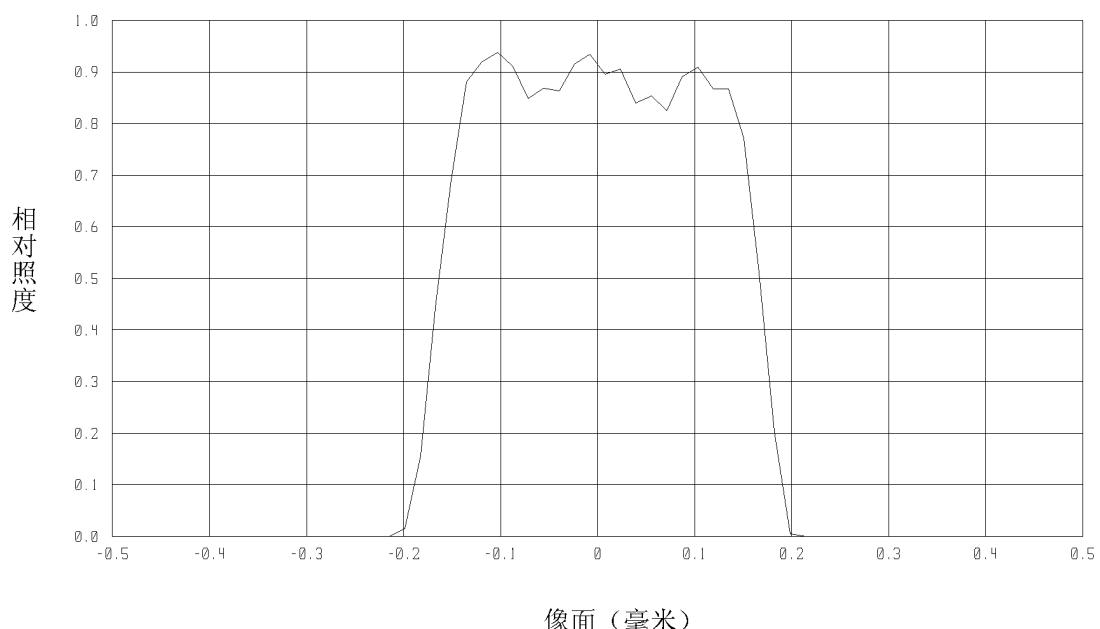


图 6

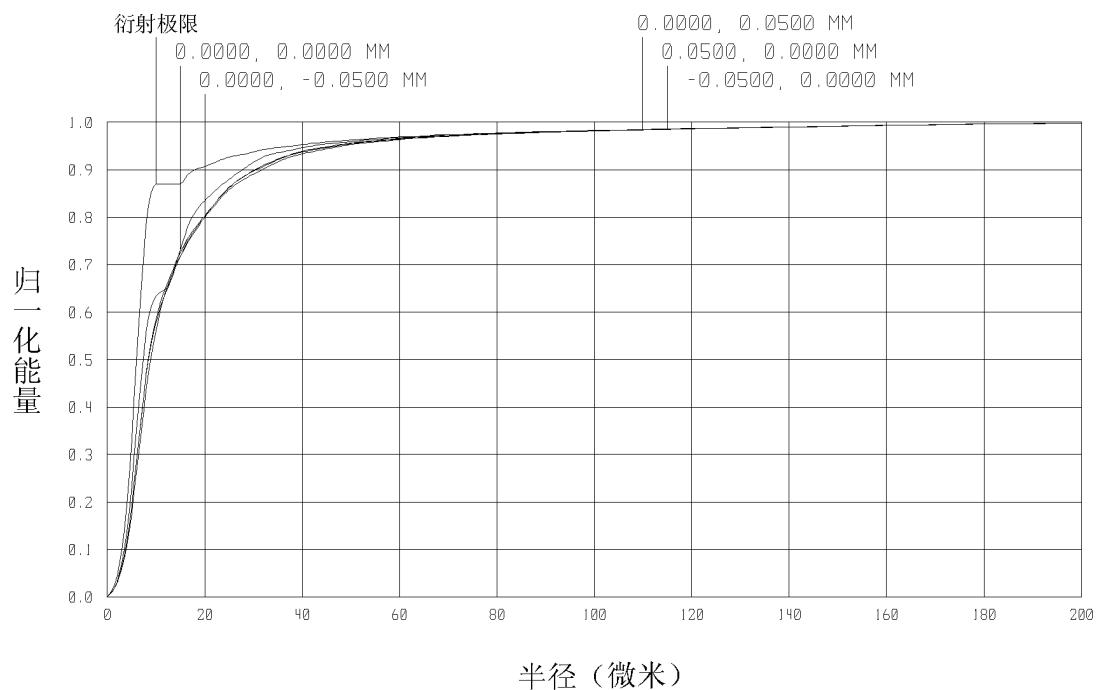


图 7