



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102012556 A

(43) 申请公布日 2011. 04. 13

(21) 申请号 201010529567. X

(22) 申请日 2010. 11. 03

(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 李殿军 谢冀江 杨贵龙 郭劲

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 南小平

(51) Int. Cl.

G02B 17/06 (2006. 01)

G02B 5/10 (2006. 01)

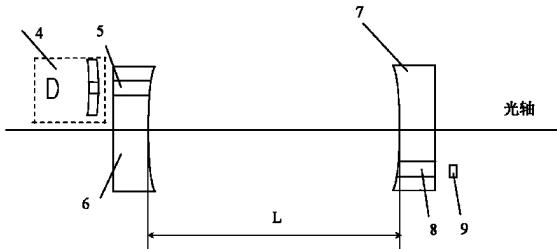
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

稳腔式无源激光距离欺骗系统

(57) 摘要

稳腔式无源激光距离欺骗系统属于光电对抗技术领域，该系统包括光束耦合器、第一通光孔、第一球面反射镜、第二球面反射镜、第二通光孔和匹配反射镜，光束耦合器由一组光学镜片组成，其光轴通过第一通光孔的中心；第一球面反射镜和第二球面反射镜形成稳定谐振腔结构，第一通光孔开设在第一球面反射镜上，第二通光孔开设在第二球面反射镜上，第一通光孔和第二通光孔到光轴的距离相等；匹配反射镜为球面反射镜，其曲率半径与第二球面反射镜的曲率半径相等，位于第二通光孔内。本发明可实现从可见到长波红外全波段激光的有效距离欺骗，从而使其对重要目标起到有效保护的作用，弥补了光纤式激光距离欺骗系统有效波段受限的技术缺陷。



1. 稳腔式无源激光距离欺骗系统，其特征在于，该系统包括光束耦合器(4)、第一通光孔(5)、第一球面反射镜(6)、第二球面反射镜(7)、第二通光孔(8)和匹配反射镜(9)，光束耦合器(4)由一组光学镜片组成，其光轴通过第一通光孔(5)的中心；第一球面反射镜(6)和第二球面反射镜(7)形成稳定谐振腔结构，第一通光孔(5)开设在第一球面反射镜(6)上，第二通光孔(8)开设在第二球面反射镜(7)上，第一通光孔(5)和第二通光孔(8)到光轴的距离相等；匹配反射镜(9)为球面反射镜，其曲率半径与第二球面反射镜(7)的曲率半径相等，位于第二通光孔(8)内。

2. 如权利要求1所述的稳腔式无源激光距离欺骗系统，其特征在于，所述光束耦合器(4)为卡塞格林系统，其主镜和次镜均镀有金属反射膜。

3. 如权利要求1所述的稳腔式无源激光距离欺骗系统，其特征在于，所述第一球面反射镜(6)、第二球面反射镜(7)和匹配反射镜(9)的反射面均镀有金属膜。

4. 如权利要求1或3所述的稳腔式无源激光距离欺骗系统，其特征在于，所述第一球面反射镜(6)和第二球面反射镜(7)的曲率半径相等，且两个反射镜平行对称放置。

稳腔式无源激光距离欺骗系统

技术领域

[0001] 本发明属于光电对抗技术领域，涉及一种稳腔式无源激光距离欺骗系统。

背景技术

[0002] 无论是导弹发射、火炮攻击、还是飞机空袭或者投放激光制导武器，都要先对被攻击目标进行测距或者目标指示，而且只有当攻击系统收到激光测距的回波信号确认目标后才会实施下一步火力打击，因此，被探测到的目标很可能会在几十秒内遭到攻击，所以，为保护己方的重要目标，需要部署各种相应的光电对抗设备来压制或者干扰敌方激光测距机上的光电接收探测器，例如利用各种激光距离欺骗系统将敌之激光测距信号经过一段时间延迟之后再反射回去，造成测距机距离判断失误，将能够有效保护己方目标。以炮弹这一常规武器为例：以往坦克火炮采用传统交汇定位方法，测距误差通常在百米以上，命中一个1500m的固定目标需要花费炮弹13发；采用激光测距误差将减小到5m左右，命中同样远的目标仅需1~2发。如果将激光距离欺骗系统装载在坦克上，造成大于百米的欺骗距离则可以保证坦克的安全。激光距离欺骗系统分为有源和无源两种。有源式距离欺骗系统实际上就是一台能够发射与敌方探测信号一样的激光器，造成敌方接收到虚假信号造成距离判断失误。无源式距离欺骗系统不发射激光而是利用各种手段接收敌之发射的探测激光并将其经过一段时间的延迟后再返回到敌方的探测器中，导致其测得的距离虚假地增加，其中，最典型的是光纤激光距离欺骗系统，如图1所示，系统包括激光接收耦合系统1、光导纤维2和激光反射耦合系统3。由于光导纤维2的长度通常达数百米甚至千米以上，因此该系统在理论上可达到较好的激光距离欺骗效果。但在实际中，由于光纤激光距离欺骗系统是依靠光纤介质本身传输光束，受到介质透过率的限制，只适合应用于可见和波长短于 $2\mu m$ 以下的激光，对于中长波红外则失去作用。而中长波是光电对抗中重要的波段，研究该波段的激光距离欺骗技术具有重要的意义。

发明内容

[0003] 为克服现有技术存在的缺陷，本发明的目的在于满足现代战争对光电对抗系统的技术要求，实现全波段（包括可见、近红外、中长波）的对抗能力和手段，特设计一种稳腔式无源激光距离欺骗系统。

[0004] 为了实现上述目的，本发明的技术方案如下：

[0005] 稳腔式无源激光距离欺骗系统，包括光束耦合器、第一通光孔、第一球面反射镜、第二球面反射镜、第二通光孔和匹配反射镜，光束耦合器由一组光学镜片组成，其光轴通过第一通光孔的中心；第一球面反射镜和第二球面反射镜形成稳定谐振腔结构，第一通光孔开设在第一球面反射镜上，第二通光孔开设在第二球面反射镜上，第一通光孔和第二通光孔到光轴的距离相等；匹配反射镜为球面反射镜，其曲率半径与第二球面反射镜的曲率半径相等，位于第二通光孔内。

[0006] 本发明的有益效果是：本发明提出的稳腔式无源激光距离欺骗系统可实现从可见到长波红外全波段激光的有效距离欺骗，从而使其对于重要目标起到有效保护的作用，弥补了光纤式激光距离欺骗系统有效波段受限的技术缺陷。

附图说明

- [0007] 图 1 是现有技术的光纤式无源激光距离欺骗系统构成示意图。
- [0008] 图 2 是本发明的稳腔式无源激光距离欺骗系统结构示意图。
- [0009] 图 3 是本发明采用的稳定腔工作原理示意图。
- [0010] 图 4 是第一反射镜或第二反射镜上的光点分布示意图。

具体实施方式

- [0011] 下面结合附图和具体实施例对本发明做进一步详细说明。
- [0012] 如图 2 所示，稳腔式无源激光距离欺骗系统包括光束耦合器 4、第一通光孔 5、第一球面反射镜 6、第二球面反射镜 7、第二通光孔 8 和匹配反射镜 9，光束耦合器 4 由一组光学镜片组成，其光轴通过第一通光孔 5 的中心，并与其成一特定的角度；第一球面反射镜 6 和第二球面反射镜 7 的曲率半径相同，平行对称放置，形成一个稳定谐振腔 ($0 \leq g_1 g_2 \leq 1$) 结构；第一通光孔 5 开设在第一球面反射镜 6 上，第二通光孔 8 开设在第二球面反射镜 7 上，第一通光孔 5 和第二通光孔 8 到光轴的距离相等；匹配反射镜 9 为球面反射镜，其光学反射面的曲率半径与第二球面反射镜 7 的曲率半径相等，匹配反射镜 9 的直径略小于第二通光孔 8 的直径，以使匹配反射镜 9 恰好可以放置到第二通光孔 8 中去，而且保证匹配反射镜 9 的反射面与第二球面反射镜 7 的反射面平齐。实验中，只要调节匹配反射镜 9 将光束按照原来光路反射回去即可。匹配反射镜 9 的突出作用在于有效地利用了反射镜的光学口径，增加了一倍的光程。
- [0013] 上述光束耦合器 4 采用卡塞格林系统，其主镜和次镜均镀有金属反射膜，以适应全波段激光的反射；第一球面反射镜 6、第二球面反射镜 7 和匹配反射镜 9 的反射面均镀有金属膜。
- [0014] 本发明稳腔式无源激光距离欺骗系统的工作原理是：对称放置的两个球面反射镜系统，当其镜间距 L、球面镜曲率半径 R、入射光束角度 θ 等参数满足特定条件时，光束将会在两个球面反射镜之间按照设计好的规律传播。通过改变两个球面反射镜的间距和曲率半径等参数，则可以控制光束的往返次数，这样的光学系统组成了稳定光学腔。事实上，光束在两个球面反射镜之间的多次反射增加了该光束在这两个球面反射镜之间的传播时间，因此该系统实际上起到了一种时间延迟的作用。

- [0015] 本发明采用的稳定腔工作原理是：如图 3 所示，第一球面反射镜 6 和第二球面反射镜 7 的曲率半径分别为 R_1 和 R_2 ，图 2 是图 3 的特例，图 2 中第一球面反射镜 6 和第二球面反射镜 7 完全相同，即 $R_1 = R_2$ ，对称放置；图 3 是一般情况，第一球面反射镜 6 和第二球面反射镜 7 不相同，它们的曲率半径分别为 R_1 和 R_2 ，镜间距（即腔长）为 L，那么，定义 g 因子如下： $g_1 = 1 - L/R_1$ ， $g_2 = 1 - L/R_2$ ，当满足条件 $0 \leq g_1 g_2 \leq 1$ 时，称之为稳定腔。稳定腔的特点是，近轴光束在这两个球面反射镜之间可以往返多次传播而不会逸出腔外。参见图 3，假设一束光入射到腔内，在腔内形成振荡，令 r_n 和 r'_{n+1} 分别为光束

经过 n 次往返后在第一球面反射镜 6 反射面上对于光轴的位移和倾角，分析表明如下关系式成立：

$$[0016] \quad r_n = r_0 \cos n\theta + \frac{Lg_2}{[g_1g_2(1-g_1g_2)]^{1/2}} (r'_0 - \frac{r_0}{R_1}) \sin n\theta$$

[0017] 上式中， r_0 和 r'_0 表示初始光束的位移和倾角， $\theta = \cos^{-1}(2g_1g_2-1)$ 表示连续两个反射点之间的夹角。为了分析方便，将上式改写成二维形式，则经过 n 次往返后光束在第一球面反射镜 6 反射面内的 x, y 坐标为：

$$[0018] \quad x_n = x_0 \cos n\theta + \frac{Lg_2}{[g_1g_2(1-g_1g_2)]^{1/2}} (x'_0 - \frac{x_0}{R_1}) \sin n\theta$$

$$[0019] \quad y_n = y_0 \cos n\theta + \frac{Lg_2}{[g_1g_2(1-g_1g_2)]^{1/2}} (y'_0 - \frac{y_0}{R_1}) \sin n\theta$$

[0020] 通常情况下，光线在每个球面反射镜表面上的照射点的轨迹形成一个椭圆，但在参数满足下式关系时，即：

$$[0021] \quad x_0 = \frac{Lg_2}{[g_1g_2(1-g_1g_2)]^{1/2}} (y'_0 - \frac{y_0}{R_1})$$

$$[0022] \quad y_0 = x'_0 - \frac{x_0}{R_1} = 0$$

[0023] 此时光线位置变为

$$[0024] \quad x_n = x_0 \cos n\theta, \quad y_n = x_0 \cos n\theta$$

[0025] 在第一球面反射镜 6 上光束照射点的轨迹将形成以 $r_1 = x_0$ 为半径的圆周运动，连续反射光线间的夹角为 θ 。

[0026] 第一球面反射镜 6 和第二球面反射镜 7 中间的位置光线轨迹形成的圆周半径 r_c 为

$$[0027] \quad r_c = r_1 \left(\frac{g_1 + 2g_1g_2 + g_2}{4g_2} \right)^{1/2}$$

[0028] 在第二球面反射镜 7 上光线轨迹形成的圆周半径 r_2 为

$$[0029] \quad r_2 = r_1 \left(\frac{g_1}{g_2} \right)^{1/2}$$

[0030] 特殊情况下，即当 $2k\pi = n\theta$ 时，式中 n 和 k 均为整数，经 n 次往返后，光线准确地返回入口处：说明在该条件下入射光束经过 n 次往返后将按照入射的原路反射回去。若两个球面反射镜取相同的曲率半径，则 g 因子变为 $g_1 = g_2 = g$ ，上述公式也可以得到相应的简化。

[0031] 利用光学腔可以将被传输激光光束光程增加的性质和光束传播的可逆性原理，通过系统的改造设计后将接收到的激光信号按照原路反射回去，即形成一个无源激光距离欺骗系统。其应用原理表述成一句话就是造成敌人的激光测距机接收到的信号是经过了时间延迟的虚假回波，从而达到欺骗的目的。延迟时间的计算方法是：设延迟时间为 t，延迟距离为 d，光速为 c，则 $t = d/c$ ，而 $d = L \times N$ ；若使用了匹配反射镜 9，实际的传播距离增加一倍，因此，总的延迟时间公式为 $t = 2 \times L \times N/c$ 。例如，一个镜间距 $L = 4m$ 的稳定腔系统，往返数 $N = 50$ 时就可以将光程增加 0.4km 左右，再设置一个出射光的匹配反射镜 9 使之按照原路返回，则实际增加的光程变为 0.8km 左右。

[0032] 实施例 1

[0033] 本发明系统的稳定腔反射镜采用 k9 光学玻璃镀金反射膜，对称结构（即第一球面反射镜 6 和第二球面反射镜 7 的曲率半径相等），其中在第一球面反射镜 6 和第二球面反射镜 7 的合适位置处开设一个 $\phi 10\text{mm}$ 的圆孔，导入和引出探测激光光束。所述的合适位置由所开设的圆孔直径 10mm 和反射次数 N 的乘积决定，该乘积的大小还决定了两个球面反射镜的直径尺寸。第一球面反射镜 6 开设的第一通光孔 5 和第二球面反射镜 7 开设的第二通光孔 8 完全一样，摆放时，两个通光孔所处的位置由 θ 角决定。理论上，可以按照下面的方法找到该位置： $\theta = 52.46^\circ$ ，50 次反射后的角度为 $52.46^\circ \times 50 = 2623^\circ$ ，这个角度减去以 360° 为倍数的角度即 $2623 - (360 \times 7) = 103^\circ$ （得数小于 360° 即可），因此，只要将该通光孔设置在 103° 即可。两个球面反射镜的直径取为 220mm，镀有金属膜 ($0.4 \sim 25 \mu\text{m}$ 可见光直到长波红外光反射率在 98%~99% 范围内)，往返反射次数 $N = 50$ 次，腔长 $L = 4\text{m}$ ，则根据公式相应的反射镜曲率 $R = 38.8\text{m}$ ，第一球面反射镜 6 或第二球面反射镜 7 上相邻两光点相对于光轴的角度移为 $\theta = 52.46^\circ$ ，在圆周上的中心间距为 12.56mm，光点分布情况如图 4 所示。经过 100 次反射后，系统的总反射率为 $0.98^{100} \sim 0.99^{100}$ ，即为 13%~36%。增加探测光程 0.8km，有效欺骗光谱覆盖范围 $0.4 \sim 25 \mu\text{m}$ 。

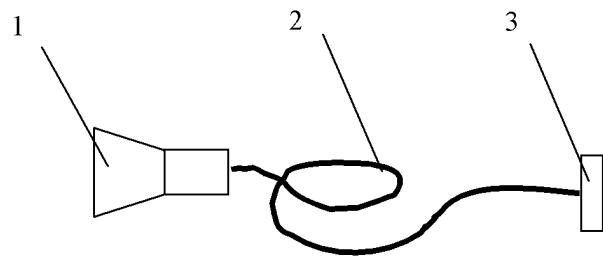


图 1

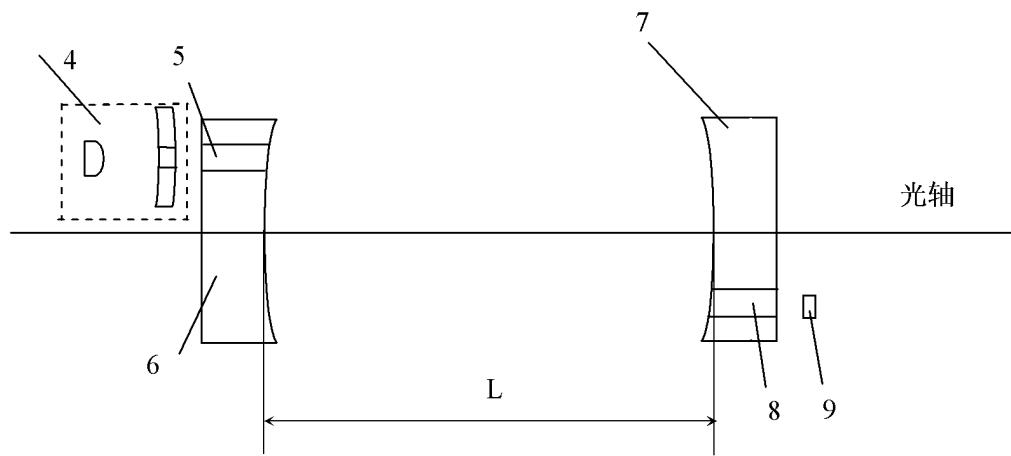


图 2

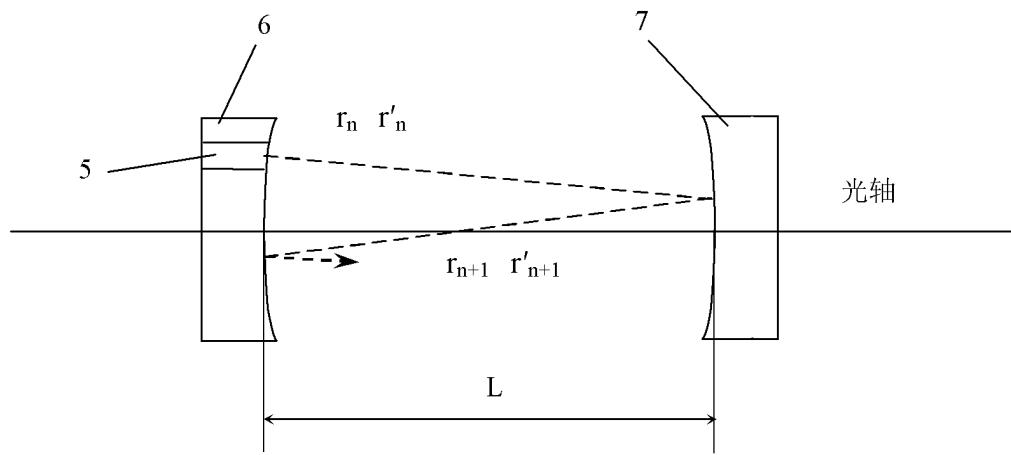


图 3

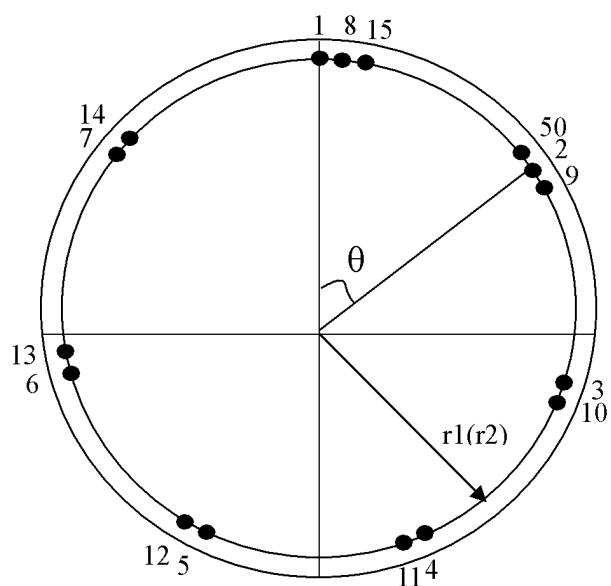


图 4