

# 扩束棱镜在激光陀螺信号 检测中的应用

孔祥贵 冯铁菝 金国藩  
(清华大学精仪系,北京)

## 提 要

本文指出,利用扩束棱镜将高斯光斑在一维方向扩束,能明显地提高多个探测器所探测的激光陀螺拍频信号的信噪比。

关键词: 激光陀螺,扩束棱镜。

## 一、引 言

激光陀螺信号处理系统不仅需给出惯性系统转速或转角的大小,而且应辨别其转动方向。一种简单有效的方案是由两个光电探测器探测由合光棱镜产生的拍频空间条纹<sup>[1,2]</sup>。此方法中,两个探测器空间之距为空间条纹周期的1/4,相当于 $\pi/2$ 相位差。但环形激光器输出光斑较小,通常光腰 $\omega_0=0.3\sim 0.4\text{mm}$ 。在此有限的区域中不易放置两个分离的探测器,而要采用集成探测器。利用集成探测器时,要求条纹变密且接收面积小,因而使棱镜调整困难,信号减弱。本文报道了利用扩束棱镜扩大产生信号的空间区域的方法。理论和实验结果表明,加入扩束棱镜后既可以放置两个分离的探测器又提高了拍频信号的信噪比。

## 二、理 论 分 析

设光斑直径为 $\omega_0$ ,两个探测器空间距离为 $2T$ ,两个光斑错位为 $2b$ ,如图1所示,则两束光的复振幅分布为

$$E_1 = \frac{A_0}{\omega_0} \exp \left[ -\frac{(x+b)^2}{\omega_0^2} \right], \quad (1)$$

$$E_2 = \frac{A_0}{\omega_0} \exp \left[ -\frac{(x-b)^2}{\omega_0^2} \right]. \quad (2)$$

式中 $A_0$ 为一常数。当两个探测器对称布置时,每一探测器所接收的拍频信号强度为

$$I_{1,2} = \int_{T-s/2}^{T+s/2} E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos(\omega t + \varphi_0) dx. \quad (3)$$

式中 $\omega$ 为拍频信号的圆频率, $2s$ 为探测器的响应面积。由(1),(2),(3)式可得拍频周期信号幅度,即最大与最小强度之差为

$$I_{1,2 \max} - I_{1,2 \min} = \int_{T-s/2}^{T+s/2} \frac{4A_0^2}{\omega_0^2} \exp \left[ -\frac{(x-b)^2}{\omega_0^2} + \frac{(x+b)^2}{\omega_0^2} \right] dx$$

$$= \frac{4A_0^2 s}{\omega_0^2} \exp \left[ -\frac{2b^2}{\omega_0^2} - \frac{2T^2}{\omega_0^2} \right]. \quad (4)$$

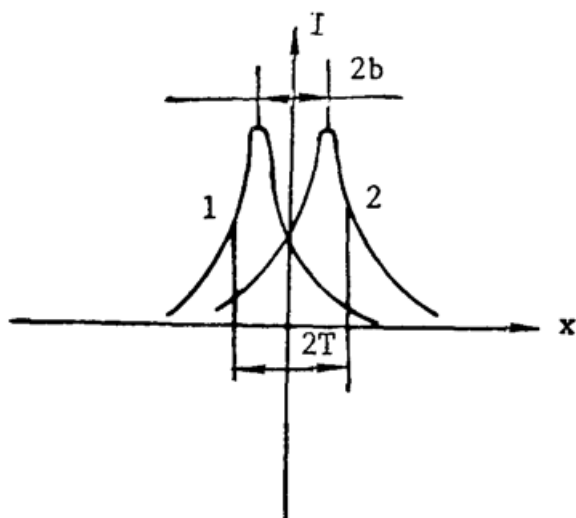


Fig. 1 Schematic signal detection diagram in RLG. 1, 2 the place where detectors are placed

当两个探测器非对称布置时,从图 1 可看出,其中必有一个探测器探测到很弱的信号。若设光功率不变,而将光斑直径  $\omega_0$  增大  $K$  倍,则有

$$E'_1 = \frac{A_0}{\omega_0 \sqrt{K}} \exp \left[ -\frac{(x+b)^2}{K^2 \omega_0^2} \right], \quad (5)$$

$$E'_2 = \frac{A_0}{\omega_0 \sqrt{K}} \exp \left[ -\frac{(x-b)^2}{K^2 \omega_0^2} \right]. \quad (6)$$

此时拍频信号最大幅度为

$$I'_{1,2 \max} - I'_{1,2 \min} = \frac{4A_0^2 s}{\omega_0^2 K} \exp \left[ -\frac{2b^2}{K^2 \omega_0^2} - \frac{2T^2}{K^2 \omega_0^2} \right]. \quad (7)$$

在激光陀螺中,合光棱镜使两方向传播光近似重合,因而可设  $b=0$ 。若  $\omega_0=0.4 \text{ mm}$ ,  $2T=2 \text{ mm}$ 。未加入扩束棱镜时

$$I_{1,2 \max} - I_{1,2 \min} = \frac{4A_0^2 s}{\omega_0^2 \times 4700}, \quad (8)$$

加入  $K=4$  的扩束棱镜后

$$I'_{1,2 \max} - I'_{1,2 \min} = \frac{4A_0^2 s}{\omega_0^2 \times 12}. \quad (9)$$

(8), (9) 两式计算结果表明,加入扩束棱镜后,信号幅值增大了数百倍,信噪比将显著提高。在此情况下,可放置两个分离的探测器;若采用集成方法,则可布置四个或更多的光电元件以满足激光陀螺信号检测中误差补偿的要求。

### 三、实验结果

实验装置如图 2 所示。 $M_1, M_2, M_3$  三反射镜构成环形激光腔; $M_4, M_5$  相当于合光棱

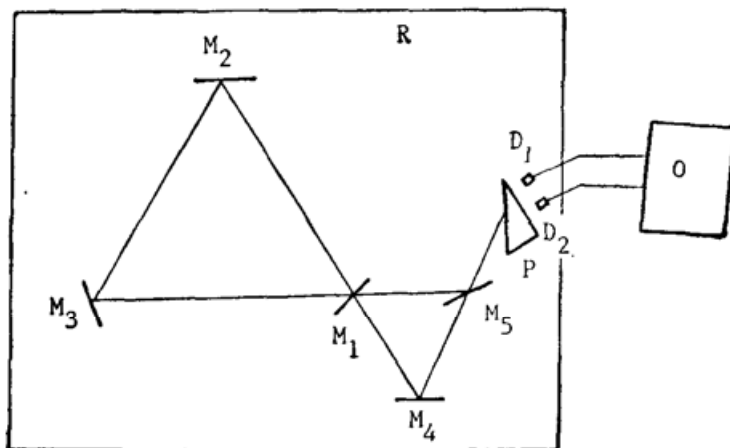


Fig. 2 Experimental setup

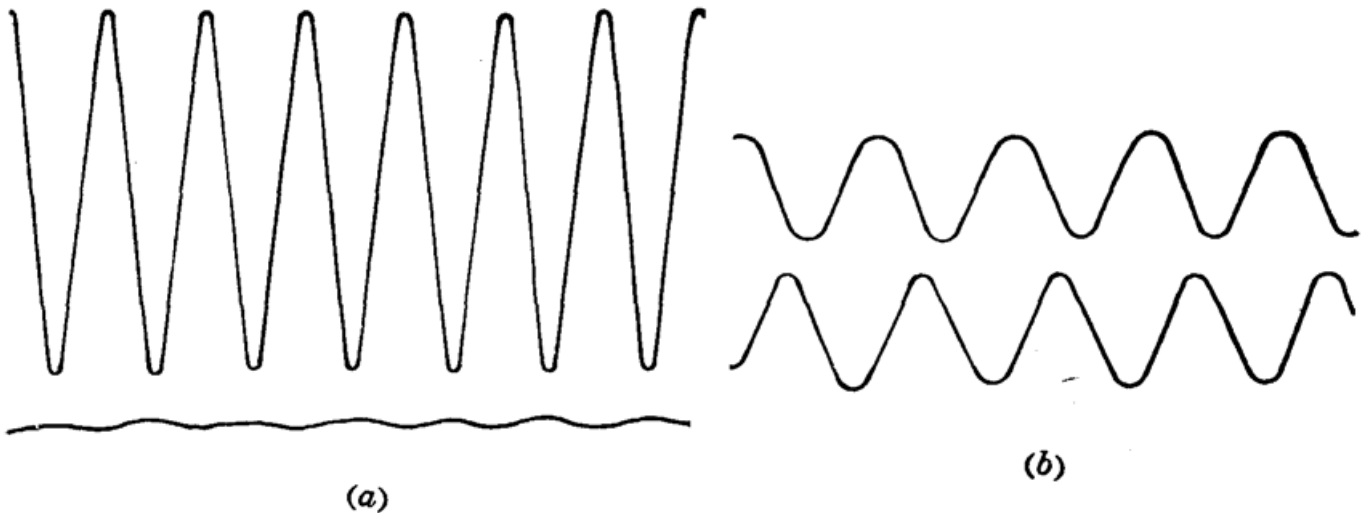


Fig. 3 Experimental results. (a) without beam-expander prism  
(b) with beam-expander prism

镜的作用, 它们将两方向传播光重叠, 且保证两光束有一小夹角以产生干涉条纹。 $P$  为扩束棱镜<sup>[3]</sup>, 放大倍数  $K=4$ 。为减小棱镜  $P$  入射面上的反射损耗, 棱镜入射面镀有增透膜。 $D_1$ 、 $D_2$  为两光电二极管, 其间距为 4 mm;  $R$  为转台。由于波器  $O$  观测两拍频信号, 观测结果如图 3 所示。无扩束棱镜时, 两个探测器中只有一个探测器获得信号, 而加入扩束棱镜后, 两个探测器获得较大拍频信号。

本实验中所用扩束棱镜由清华大学现代应用物理系提供, 在此致谢。

### 参 考 文 献

- [1] *U. S. Patent*, 4529311, 1985.
- [2] 姜亚南;《环形激光陀螺》, (清华大学出版社, 北京, 1985), 214~217.
- [3] F. J. Durate; *Appl. Opt.*, 1981, 20, No. 15 (Jun), 2113~2116.

## Beam-expander prism used in laser gyroscope signal detection

KONG XIANGGUI, FENG TIESUN AND JIN GUOFAN  
(Precision Instrument Dept. Tsinghua University, Beijing)

(Received 14 November 1989; revised 16 April 1990)

### Abstract

It is predicated both theoretically and experimentally that beam-expander prism utilized in the signal detection of laser gyroscope can effectively enhance the signal to-noise ratio of beat signal received by detectors.

**Key words:** laser gyroscope; beam-expander prism.