

文章编号: 1001-5078(2004)06-0493-03

背景光对四象限探测器干扰的研究

匡萃方, 冯其波, 刘斌

(北京交通大学理学院, 北京 100044)

摘要:给出了四象限探测器(QD)光电探测原理,从理论上详细分析了背景光干扰下对位置探测精度的影响,得出位置误差与测量位置存在线性关系、与信噪比几乎存在反比关系,并用实验验证了分析结果。最后提出了减小背景光影响的几种措施。本文为估算由此造成的定位误差提供了理论依据。

关键词:四象限探测器;背景光;误差分析;位置测量;位置误差

中图分类号:TH765.2;TG502;O439 **文献标识码:**A

Study on Background Light Influences on Four-quadrant Detector

KUANG Cui - fang, FENG Qi - bo, LIU Bin

(School of Sciences, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: The photoelectric detection principle four quadrant detector was introduced in this paper. The background light influences on four quadrant detector were analyzed in detail in theory. The analysis results indicate that position error is linear with measurement position and nearly inverse proportion to the SNR. The prediction of theory is consistent with experimental results. Some methods of decreasing background light influences on QD were given in the end. The work makes it possible to evaluate such additional position error quantitatively and guide the application of QD.

Key words: Four - quadrant detector(QD); background light; error analysis; position measurement; position error

1 引言

硅光电池四象限探测器是在同一芯片上做出四个探测器,这四个探测器具有基本相同的参数,并分别称为A、B、C与D四个象限。四象限探测器用途较为广泛^[1-3]。它的光电转换特性文献[4]进行了详细的分析。但有关背景光对其位置探测的影响未见报道。本文从理论和实验分析这一影响。

2 四象限探测器工作原理

四象限探测器是把四个性能完全相同的光电二极管按照四个象限排列,称为四象限光电二极管,它的基本结构如图1示,象限之间的间隔被称为死区,工艺上要求做得很窄。光照面上各有一根引出线,

而基区引线为公共极。光斑被四个象限分成A、B、C、D四部分,对应的四个象限极产生的阻抗电流为 I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 。当光斑在四象限探测器上移动时,各象限受光面积将发生变化,从而引起四个象限产生的电流强度变化。由下式可以确定横向、纵向偏移量,采用的算法是:

$$\begin{aligned} x &= k \frac{(I_1 + I_4) - (I_2 + I_3)}{I_1 + I_2 + I_3 + I_4} \\ y &= k \frac{(I_1 + I_2) - (I_3 + I_4)}{I_1 + I_2 + I_3 + I_4} \end{aligned} \quad (1)$$

作者简介:匡萃方(1977-),男,博士生,现从事光电检测研究。
Email: kcf0424@sina.com
收稿日期:2004-04-12

式中的 k 为比例系数是一常量。

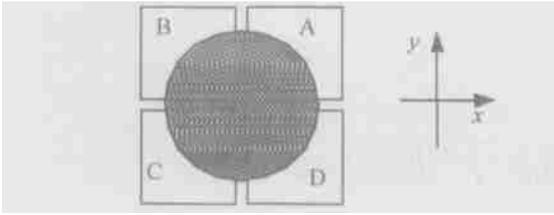


图 1 四象限探测器示意图

3 背景光干扰下的误差分析

由 QD 输出电流与光斑位置的关系式(1)可以看到,将 QD 用作位敏探测器时,光斑中心位置的计算是通过各象限产生的电流强度变化得到,而各电流大小是与其受光面光强有关。而在检测中,除了测量光外,还有其它背景光在 QD 上造成响应,这将会干扰测试系统,使测量精度降低,甚至无法工作。因此在测量过程中应考虑到如何解决背景光干扰问题。

3.1 背景光模式及干扰分析

实际过程中背景相当复杂,除了覆盖整个敏感面的稳定漫射型背景外,还可能有周期性背景如照明灯光为 50Hz 的背景,远处的灯成像在 QD 面上所形成的集中型背景等。在考虑背景光的情况下(1)式可以修改为:

$$x = k \frac{(I_{01} + I_{b1} + I_{04} + I_{b4}) - (I_{02} + I_{b2} + I_{03} + I_{b3})}{I_{0i} + I_{bi}}$$

$$y = k \frac{(I_{01} + I_{b1} + I_{02} + I_{b2}) - (I_{03} + I_{b3} + I_{04} + I_{b4})}{I_{0i} + I_{bi}}$$

(2)

式中 I_0 为测量光强, I_b 为背景光中,令

$$I_0 = \sum_{i=1}^4 I_{0i}, I_b = \sum_{i=1}^4 I_{bi}, k = I_0 / I_b, \text{ 则}$$

$$x = k \frac{(I_{01} + I_{04}) - (I_{02} + I_{03})}{I_0(1 + 1/k)} + k \frac{(I_{b1} + I_{b4}) - (I_{b2} + I_{b3})}{I_0(1 + 1/k)}$$

$$y = k \frac{(I_{01} + I_{02}) - (I_{03} + I_{04})}{I_0(1 + 1/k)} + k \frac{(I_{b1} + I_{b2}) - (I_{b3} + I_{b4})}{I_0(1 + 1/k)}$$

(3)

由于四象限面积很小,为了讨论方便,假定背景光在四象限是均匀照射,有 $I_{b1} = I_{b2} = I_{b3} = I_{b4}$ 。令 x_0, y_0 为无背景光干扰时位置坐标。

$$x = \frac{k}{1 + k} x_0$$

$$y = \frac{k}{1 + k} y_0 \tag{4}$$

则存在背景光干扰时的位置误差为:

$$x = x - x_0 = - \frac{1}{1 + k} x_0$$

$$y = y - y_0 = - \frac{1}{1 + k} y_0 \tag{5}$$

$$= \sqrt{(x)^2 + (y)^2} = \frac{1}{1 + k} \sqrt{x_0^2 + y_0^2} \tag{6}$$

由上式可以看出,在背景光干扰时,造成的位置误差与光强之比(信噪比) k 和测量光本身位置有关。

3.2 实验与分析

根据以上的理论分析,在光学平台的二维调节架上利用 UDT 公司的四象限探测器进行实验。使用的测量光是经过单模光纤准直后的激光,其光功率为 $I_0 = 0.51\text{mW}$ 。为了使实验现象更明显,在此使用靠近探测器的白炽灯作为背景光源。

表 1、2 是在背景光一定的情况下,探测器有、无背景光时, x 方向、 y 方向探测器的读数。图 2、3 是在光强比为 $k = 1.21$ 时,对表 1、2 分别处理后实验误差值与理论值误差值的比较。由图 2、3 看出实验结果与理论计算值基本相符合,即在背景光一定情况下,探测器的位置误差与其测量位置几乎存在线性关系。

表 1 背景光不变时 x 方向读数(单位: μm)

	$I_0 = 0.51\text{mW}$	$I_b = 0.42\text{mW}$	$k = I_0 / I_b = 0.21$		
x_0	-153.1	-136.0	-112.1	-102.1	-92.5
x	-73.7	-64.9	-53.0	-47.8	-42.9
x_0	-79.1	-59.7	-39.1	-8.1	15.6
x	-36.0	-26.9	-16.9	-1.6	10.5
x_0	31.4	53.1	76.5	95.6	109.5
x	18.2	29.1	40.7	50.5	57.9
x_0	127.7	152.3			
x	66.3	78.6			

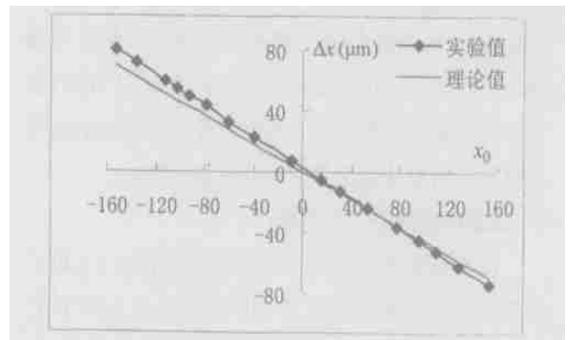


图 2 背景光一定时,探测器 x 方向位置误差与理论误差对比

表 2 背景光不变时 y 方向读数(单位: μm)

	$I_0 = 0.51\text{mW}$	$I_b = 0.42\text{mW}$	$k = I_0 / I_b = 0.21$		
y_0	- 151.1	- 127.1	- 102.2	- 78.7	- 55.1
y	- 76.8	- 64.9	- 52.5	- 40.5	- 28.7
y_0	- 33.0	- 5.7	19.1	40.5	63.5
y	- 17.7	- 4.2	8.3	18.9	29.5
y_0	88.8	111.3	130.5	154.4	
y	42.1	54.6	63.2	75.0	

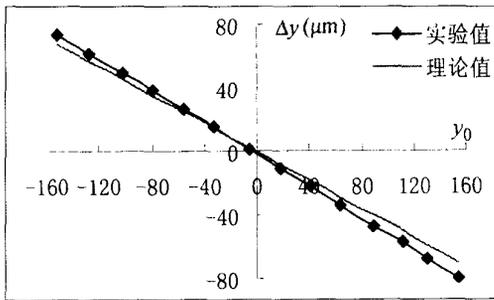


图 3 背景光一定时,探测器 y 方向位置误差与理论误差对比

表 3 是在测量位置不变情况下 ($x_0 = - 53.1\mu\text{m}$, $y_0 = - 53.7\mu\text{m}$),探测器随着背景光逐渐增强时 x、y 方向位置坐标读数。图 4、5 是对表 3 数据处理后的实验误差与理论误差值随信噪比 k 变化的比较。由图 4、5 可得出实验和理论计算基本符合,即在探测器位置不变的情况下,位置误差与信噪比几乎有反比的关系。

表 3 探测器在不同信噪比下的读数
(位置单位: μm ,背景光 I_b 单位: μW)

	$x_0 = - 53.1\mu\text{m}$	$y_0 = - 53.7\mu\text{m}$	$I_0 = 0.51\text{mW}$		
x	- 51.4	- 46.0	- 42.5	- 38.8	- 36.7
y	- 50.7	- 44.1	- 39.9	- 38.2	- 36.6
I_b	25.5	69.7	102.0	127.5	141.1
x	- 36.1	- 34.8	- 33.6	- 30.8	- 29.8
y	- 36.5	- 32.9	- 31.5	- 28.6	- 27.1
I_b	164.9	183.6	243.6	263.5	341.7
x	- 27.4	- 26.6	- 23.1	- 11.1	
y	- 23.7	- 20.3	- 19.8	- 13.2	
I_b	515.5	656.2	775.2	986.0	

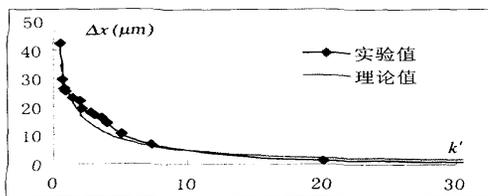


图 4 信噪比变化时,探测器 x 方向位置误差与理论误差的比较

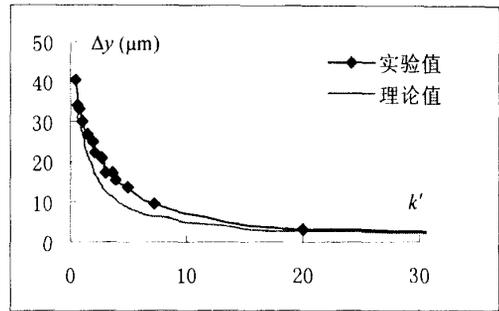


图 5 信噪比变化时,探测器 y 方向位置误差与理论误差的比较

3.3 减少背景光对四象限干扰的途径

由上面分析知道,背景光干扰所造成误差大小取决于照射到 QD 上位置指示光源与背景光强之比 k。还有测量光测量前的位置坐标值大小。针对以上分析有两种措施可以尽量减少背景光对 QD 器件测量干扰。一是:可以使 k 增大,即保证较强的信噪比。为了提高信噪比可以根据 QD 光谱响应峰值进行光学窄带滤波。对于响应光谱与背景光重叠部分,还可以根据背景光的变化缓慢的特性,在电路上采用交流调制频率分离方法。二是:采用调零法,即在测量之前使得其输出坐标值为 (0,0),再进行测量。

4 结论

本文从理论上分析了背景光对四象限探测器 (QD) 的影响。并用实验验证了分析结果。同时也针对分析结果提出了减少背景光对 QD 测量影响的措施。

参考文献:

- [1] 匡萃方,冯其波,等.基于激光准直直线度测量方法的研究[J].光学技术.2003,29(6):699 - 701
- [2] K C Fan, Yang Zhao. A laser straightness measurement system using optical fiber and modulation techniques[J]. Machine tools and manufacture. (2000) 40:2073 - 2081
- [3] 安凯,汪红熳,任戈.四象限探测仪测角新算法[J].激光与红外.2001,31(6):328 - 329
- [4] 匡萃方,冯其波,冯俊艳,等.四象限探测器用作激光准直的特性分析[J].光学技术.2004,30(4),待发表.