

文章编号: 0258-7025(2003)Supplement-0032-03

指纹采集用光栅研制

高键翔, 齐向东

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022)

摘要 详细介绍了指纹采集仪用光栅在研制过程中,对原有光栅刻划机分度系统结构改造和重新设计,以及新的刻划工艺,它包括刻划方法、切削角度的调整、金刚石刀具刀尖夹角的确定和被刻划材料的选择。

关键词 光电子学; 分度系统结构设计; 金刚石刀具; 切削角度

中图分类号 TH741.6

文献标识码 A

Develop of Gratings for Fingerprinter

GAO Jian-xiang, QI Xiang-dong

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,

The Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130022, China)

Abstract The paper elaborates the configuration transforming and redesigning to the original degree-dividing system of gratings ruling machine as well as some new ruling technologies, during the process of research and fabricating of gratings for fingerprinter. The technologies include the ruling methods, the adjusting of the cutting angle, the selecting for the knife tip angle of the diamond cutter and the choosing of the materials being ruled.

Key words optoelectronics; configuration designing of the degree-dividing system; diamond cutter; cutting angle

1 引言

指纹采集系统是目前国际上比较流行的人口数据档案管理系统,它具有保密性强、准确性高、易于实现数字化管理等很多优点,目前已在犯罪档案管理、企事业单位考勤管理、保密保险等很多领域得到越来越多的应用。

指纹采集仪按照采集元件的不同,可分为棱镜式和光栅式两种类型。棱镜式采集仪的采集元件为棱镜,它的优点是加工比较容易、工艺比较成熟,缺点是体积大、成本高,目前国内生产和研制的指纹采集仪都采用棱镜式。国际上已经较广泛地使用光栅式指纹采集仪,光栅式采集仪的优点是体积小、重量轻、成本低,有利于大批量生产。随着国内各行业对指纹仪的需求量的不断加大,目前国内的某些科研单位已经开始研制和生产光栅式指纹采集仪,但由于指纹采集用的光栅国内尚无研发单位,完全依赖进口,成本较高、供货周期得不到保证,从而限

制了国产化的进程。中国科学院长春光机所经过几年的努力,已经研制出指纹采集光栅,在国内处于领先水平。

2 指纹采集光栅的特征与使用原理

光栅的使用原理与棱镜相同,都是利用全反射原理。如图1所示,光栅材料的折射率为 n ,当被采集指纹按在光栅的背面时,由于指纹带有汗液,汗液与光栅材料的折射率接近,为 $n'(n' \approx n)$,照射到被采集指纹上的入射光,因指纹与光栅背面接触,因而在接触的界面产生透射,并被吸收或散射,不发生反射,产生暗背景。照射到不接触部分的入射光则发生全反射,产生亮背景。反射光经过光学系统成像到CCD接收器,这样就得到了被采集的指纹像。

指纹采集用光栅对槽距的要求比较严格,槽距太大会使指纹的像被刻槽分割明显,太小又会产生

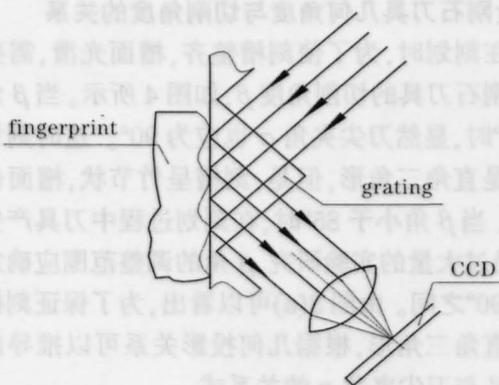


图1 光栅指纹采集原理图

Fig.1 Principle diagram of by grating fingerprinter
衍射现象而降低指纹像的清晰度,一般选择槽距为 $50\ \mu\text{m}$ 左右较合适。槽的截面形状是等腰直角三角形,好似许多直角棱镜排列在一起,槽面要求具有光学级光滑度,这样才能保证被采集指纹像的清晰度,从而保证采集头的识别率。

$$\delta = 2\sin^{-1} \frac{\sin\theta + n\sin(90^\circ - \sin^{-1}n^{-1})}{\sqrt{[\cos\theta + n\cos(90^\circ - \sin^{-1}n^{-1})]^2 + [\sin\theta + n\sin(90^\circ - \sin^{-1}n^{-1})]^2}} \quad (1)$$

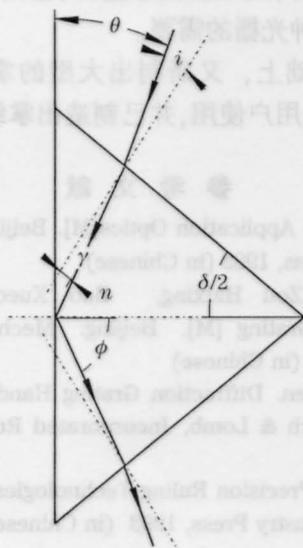


图2 采集头的全反棱镜

Fig.2 Total reflective prism for fingerprinter

当光栅刻槽角度一定时即 $\delta = 90^\circ$, $n = 1.465$,由(1)式可得 $\theta = 47.87^\circ$ 。由此可以得出,当光栅刻槽角度 δ 为 90° , 入射光与光栅表面夹角 $\theta \leq 47.87^\circ$ 时,满足全反射条件。

当入射光与光栅表面夹角一定时即 $\theta = 44^\circ$,由(1)式可得 $\delta = 91.49^\circ$ 。由此也可以得出,当入射角 θ 为 44° ,光栅刻槽角度 $\delta \leq 91.49^\circ$ 时,满足全反射条件。由于刻槽角度小于 90° 时,刻划比较困难,所以

3 产生全反射的条件

指纹采集头在工作时,必须保证入射到棱镜底边的光在指纹与棱镜不接触的部分产生全反射,因此必须给出发生全反射的临界入射角与棱镜顶角的关系,以保证当棱镜的顶角一定时,入射光的角度被限定在一定的范围之内,使之在界面产生全反射;或入射光角度一定时,棱镜的顶角被限定在一定范围之内,以保证入射光在底边产生全反射。

根据简单的全反射定律公式

$$\theta = \delta/2 - i, \quad \sin i = n \sin \gamma, \quad \sin \phi = 1/n$$

$$\theta = \delta/2 - \sin^{-1}[n \sin(90^\circ - \delta/2 - \sin^{-1}n^{-1})]$$

式中 θ 为入射光与光栅表面的夹角, δ 为光栅刻槽角度或棱镜的顶角, i 为入射角, γ 为折射角, ϕ 为临界角, n 为光栅材料的折射率。通过求解上面的方程,可以得到 θ 与 δ 的关系式:

刻槽角度选定为 90° 。

4 分度系统的结构设计及分度过程

4.1 分度系统的结构设计

由于指纹采集用光栅的光栅常数很大,原有刻划机^[4]的分度系统受结构限制不能满足刻划要求,为此在原有刻划机的基础上,设计安装了一套新的分度系统,它不仅达到了刻划这种光栅的技术要求,同时在结构上也实现了一次分度多次刻划的新刻划方法。采用新的刻划方法也解决了过去刻槽过浅的问题。新分度系统的结构不同于传统光栅刻划机所用的蜗轮、蜗杆式结构,而是采用棘轮2和拨盘3相

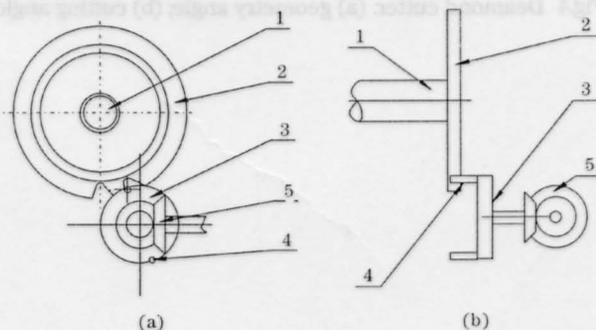


图3 分度机构主视图(a)和侧视图(b)

Fig.3 Configuration of degree-dividing system.

(a) front view; (b) side view

结合的结构,棘轮的齿数为20个,拨盘上装有一根拨杆4。每分度一次,拨盘转过 120° ,棘轮转过一个齿,棘轮带动丝杆转动一定角度,丝杆1与刻划机上工作台相连,每分度一次工作台移动一个光栅间距 $50\ \mu\text{m}$,如图3所示,(a)为分度机构主视图,(b)为分度机构侧视图。

4.2 分度过程

由刻划机刀桥带动金刚石刻刀,当金刚石刻刀往返一次,完成一次刻划后,联动机构带动齿轮副5轮转动一定角度,与齿轮副5轮相连的拨盘3上的拨杆4也转动相应的角度,当金刚石刀在同一刻槽中完成一定次数的刻划后,齿轮副5带动拨盘3完成下一次分度,开始下一个槽的刻划。槽距的大小与棘轮2的齿数、拨盘3上拨杆的数量有关系。

5 刻划工艺

5.1 刻划方法

刻划常规三角槽形光栅的方法是用劈形金刚石刀具的刀刃来挤压出三角槽形^[2-4],挤压出的三角槽形深度浅,达不到指纹采集用光栅所需要的槽形深度。因此,采用一种新的刻划方法——去屑法,即用劈形金刚石刀具去切削被刻划材料来获得三角槽形,如图4(a)和(b)所示, β 为切削角, α 为刀尖夹角,箭头所指方向为刀具在刻划时的运动方向,槽形深度由加在金刚石刀具上的重量和刻划次数来控制。

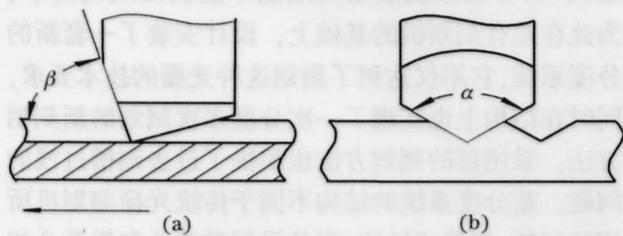


图4 金刚石刀具。(a)几何角度;(b)切削角度

Fig4 Deamond cutter. (a) geometry angle; (b) cutting angle

5.2 金刚石刀具几何角度与切削角度的关系

在刻划时,为了使刻槽整齐,槽面光滑,需要调整金刚石刀具的切削角度 β ,如图4所示。当 β 角等于 90° 时,显然刀尖夹角 α 也应为 90° 。这时刻划的槽形是直角三角形,但是,刻槽呈竹节状,槽面也不光滑。当 β 角小于 85° 时,在刻划过程中刀具产生跳动。经过大量的实验研究, β 角的调整范围应确定在 $85^\circ\sim 90^\circ$ 之间。由图3(a)可以看出,为了保证刻槽剖面是直角三角形,根据几何投影关系可以推导出切削角 β 与刀尖夹角 α 的关系式

$$\sin\alpha/(1+\cos\alpha)=\cos\beta, \quad (2)$$

由(2)式可以看出,切削角 β 值与 α 值的关系是一一对应的。

5.3 刻划材料的选择

常规刻制三角槽形光栅所用的刻划材料是用真空镀膜机蒸镀到玻璃基板上的铝膜,厚度由几微米到十几微米,可是指纹采集光栅的槽深为 $25\ \mu\text{m}$ 左右,铝膜的厚度远远达不到槽深要求,所以,选用了一种实体材料作为刻划材料。这种材料的特点是质地软韧性好,刻出的槽形整齐,槽面光洁度高,满足了刻划这种光栅的需要。

在此基础上,又研制出大型的掌纹采集用光栅,并提供给用户使用,并已制造出掌纹仪样机。

参 考 文 献

- 1 Zhang Yimo. Application Optics[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 1982 (in Chinese)
- 2 Zhu Shaoji,Zou Haixing, Bao Xuecheng *et al.*. Diffractive Grating [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 1986 (in Chinese)
- 3 E. G. Loewen. Diffraction Grating Handbook[M]. New York: Bausch & Lomb, Incorporated Rochester, 1977, 10: 1~59
- 4 Ma Hong. Precision Ruling Technologies [M]. Beijing: Weapon Industry Press, 1993 (in Chinese)