

# 用作光学蝶互连网络的全息互连光栅的研究\*

郑 杰 梁国栋 徐 迈

(中国科学院长春物理研究所, 长春 130021)

孙德贵 翁兆恒

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

**摘 要** 提出利用平面倾斜条纹(Slanted-fringe)透射体全息光栅等光强的0级和1级衍射光实现蝶互连网络中的直连和交连。在红敏光致聚合物干版上制备出了这种光栅互连器件, 并给出了这种器件的设计原理和制备方法。

**关键词** 全息光栅, 蝶互连, 红敏光致聚合物。

## 1 引 言

全混洗(Perfect shuffle)互连<sup>[1]</sup>、蝶(Butterfly)互连<sup>[2]</sup>和交叉(Crossover)互连<sup>[3]</sup>均属于规则光互连, 它们可直接用于解决具体的数值计算问题, 如: 快速傅里叶变换、矩阵变换、排序、多项式求值和并行处理等等。其中以蝶互连具有最强的规则性和良好的平行性, 利用光栅实现这种光互连特别有利。但是, 光束垂直经过一般的光学“薄”相位光栅后最少被分成三束光, 而蝶互连网络中最多只用到其中的两束, 不用的那一束光需用掩膜挡掉, 所以存在能量损失问题。而使用掩膜挡光不仅麻烦, 而且使互连网络变得更加复杂。

本文提出用布拉格衍射型体积相位光栅(即光学“厚”光栅)来实现蝶互连, 光束垂直通过这种透射式光栅后被分为+1级和0级两束衍射光束(其中0级光不改变方向, +1级光偏转一个固定的角度), 如图1所示。通过制备过程中的严格技术控制使这两束光的光强相等, 它们将分别完成蝶互连网络中的交连和直连, 而不会产生光能量损失。文中用红敏光致聚合物作为记录介质, 研制了大面积( $50 \times 50 \text{ mm}^2$ )光栅互连器件, 实现了光学蝶互连和光学数字逻辑操作<sup>[2]</sup>。

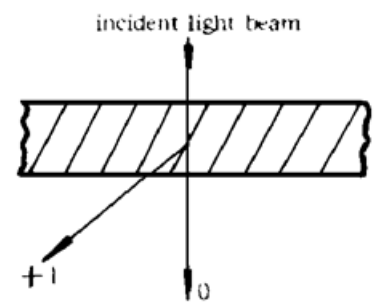


Fig. 1 Planar slanted-fringe dielectric grating geometry

## 2 全息光互连光栅的设计与制备

实验设计的光栅原理, 如图1所示, 该光学“厚”光栅, 应满足如下关系<sup>[4]</sup>:

\* 国家自然科学基金和应用光学国家重点开放实验室基金资助项目。

收稿日期: 1995年5月日; 收到修改稿日期: 1995年12月11日

$$Q = \frac{2\pi\lambda d}{n\Lambda^2} > 10 \quad (1)$$

式中  $\lambda$  为再现光的波长,  $d$  为光致聚合物薄膜的厚度,  $n$  为薄膜的折射率,  $\Lambda$  为光栅周期。实验中只要适当选取薄膜的厚度及曝光夹角即可满足(1)式。

设计的蝶互连网络所用光源为光发射二极管阵列 ( $\lambda' = 650 \text{ nm}$ ), 红敏光致聚合物作为全息光栅的记录介质, 并用 He-Ne 激光 ( $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ ) 作为记录光源。显然, 光栅的记录波长和再现波长非常接近, 所以, 由记录波长与再现波长的差异所引起的色差将会很小。该全息光栅变波长再现的设计原理, 如图2所示。光栅矢量  $\mathbf{K}$  ( $|\mathbf{K}| = 2\pi/\lambda$ ) 由两个相干记录光波  $\mathbf{k}_1$  和  $\mathbf{k}_2$  形成,  $\mathbf{k}'_1$  和  $\mathbf{k}'_2$  分别为再现光波的参考光和信号光波矢量。根据+1级衍射光束偏转角的设计要求和图2的矢量关系, 可决定光栅的周期和光栅条纹的倾斜角。

本文实际制备得到的红敏光致聚合物透射型体积相位光栅的衍射效率在70%以上, 而设计的蝶互连光栅只需要50%的+1级衍射, 同时保留50%的0级光。此要求可由体积全息光栅具有很强的角度选择性这个特点得到。体积光栅的灵敏角度表示为<sup>[4]</sup>:

$$2\Delta\theta = \Lambda/d \quad (2)$$

式中  $\Delta\theta$  角为光栅衍射效率下降50%时, 布拉格角的偏离值。在设计时, 根据(2)式并结合图2的矢量关系, 使垂直光栅平面入射的光束偏离布拉格角, 降低+1级衍射光的衍射效率, 使其与0级光的光强相等。

本实验采用的光致聚合物的厚度  $d = 10 \mu\text{m}$ , 折射率  $n = 1.5026$ , 记录光波在聚合物内的曝光夹角约为  $30^\circ$ , 故其光栅周期  $\Lambda = 1.22 \mu\text{m}$ 。曝光量为  $50 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ , 曝光采用双光路曝光记录, 曝光后再经后处理如: 显影、脱水、吹干等过程。把处理后的光栅封装即得到实验所需要的互连光栅, 图3即为该互连光栅的实验照片。

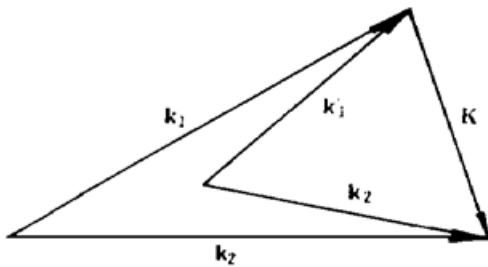


Fig. 2 Relationship between grating vector  $\mathbf{K}$  and wave vectors  $\mathbf{k}_1$ ,  $\mathbf{k}_2$  or wave vectors  $\mathbf{k}'_1$ ,  $\mathbf{k}'_2$

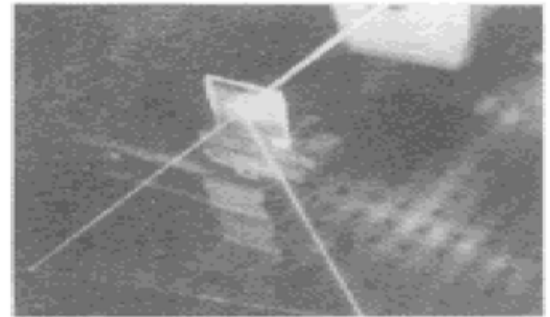


Fig. 3 Photograph of experimental demonstration

### 3 结果与讨论

在红敏光致聚合物干版上制备出了  $50 \times 50 \text{ mm}^2$  大面积均匀的蝶互连光栅器件, 用准直的光发射二极管光束垂直经过光栅, +1级衍射效率为45%, 与0级光强基本相等, 光栅边缘与中间的衍射效率差别不超过10%。光束经过这种光栅衍射后, 只存在用于蝶互连中直连和交连的0级衍射光和+1级衍射光, 没有其它无用的衍射级, 故不存在串扰和光能量损失问题, 而大面积均匀互连光栅可实现三维(面与面之间)叠层式多级互连, 其互连密度将取决于面阵列光源的密度及其被光栅衍射后的分辨情况。

## 参 考 文 献

- [1] K. H. Brenner, A. Huang, Optical implementations of the perfect shuffle interconnection. *Appl. Opt.*, 1988, **27**(2) ·135~ 137
- [2] D. G. Sun, N. X. Wang, L. M. He *et al.*, Research on optical multistage butterfly interconnection and optoelectronic logic operations. *Opt. & Laser Technol.*, 1994, **26**(6) ·379~ 383
- [3] J. Jahns, M. J. Murdocca, Crossover networks and their optical implementation. *Appl. Opt.*, 1988, **27**(15) ·3155~ 3160
- [4] H. Kogelnik, Coupled wave theory for thick hologram gratings. *Bell Syst. Tech. J.*, 1969, **48**(9) ·2909~ 2947

**Study of Holographic Grating Used for Butterfly Interconnection Network**

Zheng Jie    Liang Guodong    Xu Mai

(*Changchun Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021*)

Sun Degui    Weng Zaoheng

(*Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,  
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022*)

(Received May 1995; revised 11 December 1995)

**Abstract** Using two equal-intensity beams of 0 and 1st diffracted order through a planar slanted-fringe volume holographic grating; one can implement the straight forward link line and the other can implement the crossover link line in the butterfly interconnection network. The grating was fabricated on the red sensitive photopolymer plate, and its design principle and fabricating method are given in this paper.

**Key words** holographic grating, butterfly interconnection, red sensitive photopolymer.