

偏振全息术在光学时钟分布中的应用*

李森森, 张向苏, 刘 守

(厦门大学物理系, 福建 厦门 361005)

摘要: 提出了采用偏振全息术制做全息光学元件以实现光学时钟分布的方法。初步实验得到了可作为4输出端时钟分布的全息光学元件。文中还提出了用偏振全息术获得多输出端时钟分布的方案。

关键词: 偏振全息术, 全息光学元件; 时钟分布

中图分类号: TB877 文献标识码: A 文章编号: 1005-0086(2002)12-1296-03

The Application of Polarization Holography in Optical Clock Distribution

LI Sen-sen, ZHANG Xiang-su, LIU Shou

(Department of Physics, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: In this paper the novel method of using holographic optical element(HOE) to realize optical clock distribution was presented. Polarization holographic technique was adopted to fabricate the HOEs. 4-fan-out clock distribution has been obtained in primary experiments. Methods for obtaining multiple-fan-out clock distribution using polarization holographic technique is also proposed.

Key words: Polarization holography; Holographic optical element(HOE); Clock distribution

1 引言

光学时钟分布技术(包括全息术的应用)成为研究的热点。人们通过不同的方法制做出多种能够产生规则光点阵列的元件用于时钟分布以减小‘时钟歪斜’^[1,2]。上述各种方法大都制做过程比较复杂,造价高,且有些方法的光能量利用率较低。本文提出了用偏振全息术^[3]制做4焦点全息光学元件(HOE)以实现光互连时钟分布的方法。由于该方法将直接利用光束干涉拍摄的全息光学元件制做在光致抗蚀剂记录介质板上,因而具有光能量利用率高,制做方法简单,

造价低等优点。初步实验得到了可作为4输出端时钟分布的全息光学元件,文中还提出了用偏振全息术获得多输出端时钟分布的方案。

2 实验

2.1 4焦点HOE的记录设置及方法

采用偏振全息术记录4焦点HOE,几何光路如图2所示。B₁~B₃为扩束滤波器;L₁、L₂为透镜(焦距140mm;孔径45mm)。在设置光路时,透镜与记录干版的距离不宜过近,以免将其镜像也记录到干版中。从激光器出射的线偏振光经系统后形成A、B、C₃束光到达记录干版H。A作为B和C的参考光,B和C与A束对称,它们之间的夹角约为30°。3束光都在XZ平面。需要解决的问题是只能让A与B和A与C干涉,B与C不能干涉,否则形成干扰光。为此在B中加入λ/2波片。光源为Ar⁺激光器(458nm),记录干版为北京镭思顿科技开发公司的CHP-C型光刻胶版(感光灵敏度20MJ/cm²,胶层厚度2μm,分辨率1500line/mm以上)。记录干版放在3束光重叠的位置,到光束B、C的焦点距离为60mm。经一次曝光后,记录干版绕着A光束的中心轴即法线方向旋转

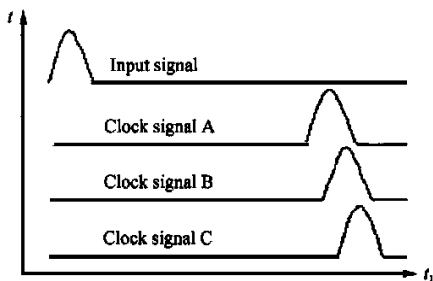


图1 时钟歪斜示意图

Fig. 1 Schematic diagram showing clock skew

90 再曝光一次, 记录两组干涉条纹。经处理, 得到了具有 4 个对称分布焦点的全息光学元件(HOE)。

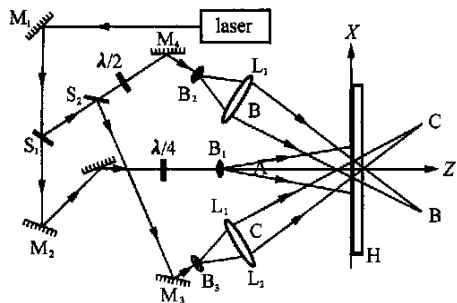


图 2 4 焦点 HOE 的记录光路图

Fig. 2 Optical geometry for recording HOE

2.2 实验结果

实验所得的 4 焦点 HOE 为直径约为 9 mm 的圆斑。用原始参考光即 A 光束照射该 4 焦点 HOE, 并在另一侧距 HOE 为 60 mm 的位置放置一黑色的纸板作为显示屏, 4 个亮点即重现在屏上(中间的圆斑为零级直透光), 如图 3 的相片所示。图中 4 个最亮的点可作为 4 输出端时钟分布(两组亮点的连线不完全垂直是由于相片的拍摄角度偏离了干版的法线方法), 它们大致均匀地分布在一半径约为 17.5 mm 的圆周上, 其圆心在 HOE 的中轴线上。



图 3 重现的 4 个焦点

Fig. 3 Reconstruction of the HOE with 4-fan-out clock distribution

3 应用方案

3.1 4 输出端时钟分布

若将此 4 焦点 HOE 置于某一信号光源中, 在探测器的功能元件板上, 对称分布且与上述 4 个焦点的相对位置一致的 4 个光探测器将同时获得时钟信号, 如图 4 所示。本实验所采用的 4 焦点 HOE 记录光路

(如图 2 所示) 具有较大的灵活性, 它能够适应不同大小及不同分布情况的功能元件板。若 4 个光探测器均匀分布在不同半径的一个圆周上[如图 5(a)], 则可以改变光路中 B 光束和 C 光束的方向; 若 4 个光探测器非均匀地分布在同一圆周上, 但可以找到 2 对探测器关于圆心成中心对称[如图 5(b)], 则可以改变第 2 次曝光前干版旋转的角度; 若只用到功能元件板上的 3 个探测器[如图 5(c)], 则可以在记录过程的其中一次曝光中用挡板挡住 B、C 光束之一; 若功能元件板与信号光源的相对距离不同, 则可以改变 L1、L2 的位置; 其余情况可以类推。

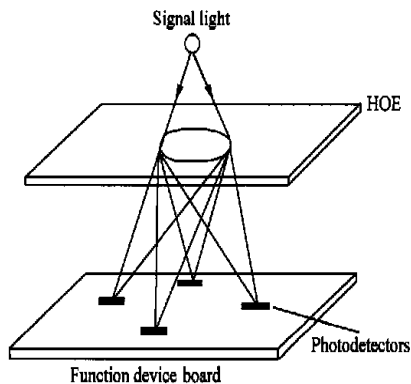


图 4 4 焦点 HOE 用于功能元件板

Fig. 4 Application arrangement of 4-fan-out clock distribution

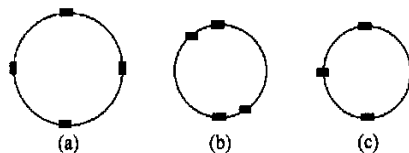


图 5 光探测器分布示意图

Fig. 5 The distribution of photodetectors

3.2 多输出端时钟分布

前面实验中所用的方法若要应用于多输出端时钟分布, 如 8 输出端时钟分布, 则要进行 4 次曝光, 且后三次曝光前干版都要顺着同一方向旋转 45° 或者将两个 4 焦点 HOE 错开 45° 后重叠在一起; 还可以采用图 6 所示的“倒树形”结构, 其中的信号分离器 (signal divider) 使信号光源能够到达两个 4 焦点 HOE, 形成 8 输出端时钟分布。信号分离器的拍摄只要将图 2 中的光束 B、C 改为平行光即可。当然, 4 焦点 HOE 拍摄光路中的 A 光束应相应地改为偏离法线方向的平行光。若模仿 4 焦点 HOE 的拍摄过程,

在曝光一次后将干版转过 90°;信号分离器就能使信号光源到达4个4焦点HOE,形成16输出端时钟分布。

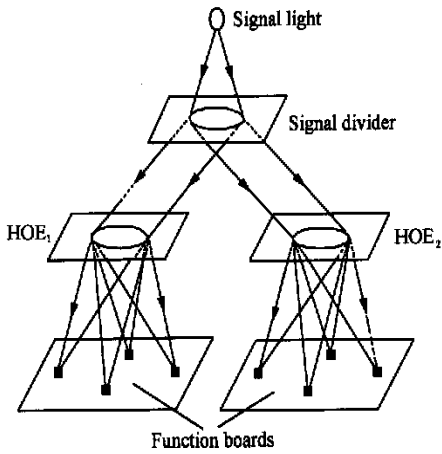


图6 用树形结构形成8输出端时钟分布

Fig. 6 8-fan-out clock distribution using tree scheme

4 结论及讨论

实验表明采用偏振全息术制做全息光学元件(包括4焦点HOE,信号分离器)以实现光学时钟分布的方法是有效的。此方法的另一个优点是制做在光致抗蚀剂记录介质板上的全息光学元件可以通过目前成熟的模压全息术中的电成型工艺形成金属板,并用注

塑技术或热压(hot-stamping)技术转移到薄透明塑料板上,使用方便、实用性强且十分廉价。当然,实验中还存在有待解决的问题,从图3可以看出,4个焦点的边上各自有2个有一定亮度的会聚点,且它们的连线取向一致,周围还有一些更弱的圆斑噪声,这些问题可能是由制做过程中,相干光在系统透镜前后表面的反射,记录版前后表面的干涉条纹以及非线性记录处理等引起的。上述问题虽然不影响实验结果的有效性,但在一定程度上降低了衍射效率,至于哪一个是主要因素我们将进一步探讨,以便今后找到较好的解决方案,当然要进一步提高衍射效率,还有待寻找更有效的记录介质。

参 考 文 献:

- [1] Jang-Hun, Yeh, Raymond K. Kostuk, Member, IEEE, and Kun-Yii Tu. Board Level H-Tree Optical Clock Distribution with Substrate Mode Holograms[J]. *Journal of Lightwave Technology*, 1995, **13**(7): 1566-1578.
- [2] Barbara Lunitz, Jurgen Jahns. Tolerant design of a planar-optical clock distribution system[J]. *Optics Communications*. 1997, **134**: 281-288.
- [3] 于美文, 张静方. 光全息术[M]. 北京: 北京教育出版社, 1995, 372-379.

作者简介:

李森森 (1977-), 女, 厦门大学物理系研究生, 主要从事光全息及光信息处理方面的研究。