

文章编号: 0258-7025(2003)Supplement-0051-02

基于 PLZT 材料的光学相控阵扫描器的设计及模拟

吕秀品¹, 孙秀平², 冯克成², 刘伟奇³

¹汕头大学物理系, 广东 汕头 515063

²长春理工大学光学物理系, 吉林 长春 130022

³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 对采用规则排列近场干涉方法的光学相控阵扫描器进行了设计,通过计算机模拟计算,证实这种光学相控阵扫描器得到的扫描点对比度好,并具实用化。

关键词 应用光学; 光学相控阵; 电光调制

中图分类号 TN241 文献标识码 A

Design and Simulation of a PLZT-based Optical Phased-array Scanner

LÜ Xiu-pin¹, SUN Xiu-ping², FENG Ke-cheng², LIU Wei-qi³

¹Physical Department of Shantou University, Shantou, Guangdong 515063 China

²Optical Physics Department of Changchun University of Science, and Technology, Changchun, Jilin 130022, China

³Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, The Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130022 China

Abstract A optical phased-array scanner with regular arrangement and near-field interference is designed. A good scanning spot contrast is demonstrated by computer simulation, and it is more practical than ever used.

Key words applied optics; optical phased-array; electro-optic modulate

1 引言

光学相控阵扫描器在激光雷达、激光 3D 显示以及激光通讯中有着广泛的应用,是当前研究的一个热点课题。它通过控制各相控单元的相位,得到所需的偏转指向。目前国外文献中均是采用衍射光学元件(DOE)来实现光束的扫描和偏转^[1-3]。由于相控单元的尺寸很小,工艺难度大,成本高;另外由衍射所带来的光学问题难以消除;当相控单元的数目增加时,其扫描范围会急剧减小^[4]。文献[4]提出的不规则相控阵光学装置及方法虽然解决了上述问题,但当扫描图像分辨率要求较高时,相控单元的数目很大,从中挑出最优化的排列方式相当困难,实际装置难以实现。针对上述问题,提出了一种新的光学相控阵装置实现方法,如图 1 所示,采用近场干涉,相控单元规则排列,并且相控单元的尺寸不会受到波长的限制,相控单元的尺寸可比工作波长,且相控阵在给定的扫描方向上只有一个扫描亮点,而在其他方向上没有。根据这种

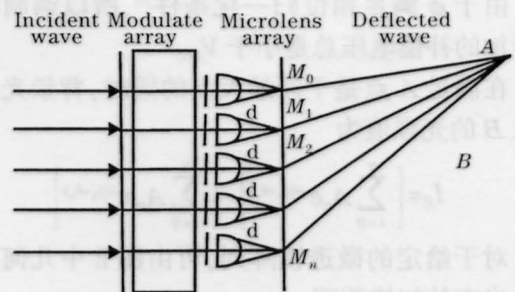


图 1 采用近场干涉的光学相控阵

Fig.1 Optical phased-array using near-field interference

方法设计相控阵,得到的扫描点对比度高,由于相控阵单元规则排列,装置的实现变得简单。

2 扫描装置的设计

图 2 是所设计的光学相控阵扫描器原理图。该装置由控制器、调制阵列以及微透镜阵列组成。调制阵列单元和微透镜单元构成相控单元,尺寸大小相匹配。

作者简介: 吕秀品(1976-),女,汕头大学物理系助理实验师,硕士,主要从事光通信研究。E-mail:lishasha@stinfo.net

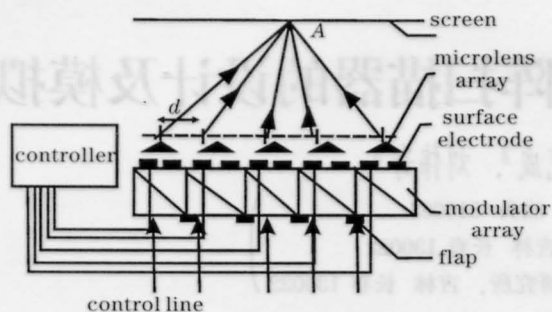


图2 光学相控阵扫描器原理图

Fig.2 Operational principle of optical phased-array scanner

设对空间 A 进行扫描,则各条光线在 A 点形成干涉最大。由图 2,从相控阵列焦点发出的各条光线到 A 点的相位 ϕ 是固定的,不可能同时形成干涉最大。则可通过改变调制单元的电压,使调制单元内部产生特定的相位补偿 δ ,使各光线之间的位相差达到 2π 整数倍。由多光束干涉公式^[6],在 A 点产生最大干涉的光强为

$$I_A = \frac{\sin^2[(n+1)\xi/2]}{\sin^2(\xi/2)} = (n+1)^2 \quad (1)$$

选用掺镧的锆钛酸铅 PLZT9/65/35 作为调制材料以满足扫描器高响应速度和高稳定性的要求。由二次电光调制公式可求出改变位相 δ 后调制阵列上所加的电压^[6]

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} L\kappa \frac{V^2}{d^2} \quad (2)$$

由于 ϕ 满足相位归一化条件^[4],所以调制单元上所加的补偿电压总是小于 $V_{2\pi}$ 。

在满足 A 点是干涉最大点的同时,背景光中任意点 B 的光强值为

$$I_B = \left[\sum_{i=0}^n A_n e^{-i(\phi_n + \delta_n)} \right] \cdot \left[\sum_{i=0}^n A_n e^{-i(\phi_n + \delta_n)} \right]^* \quad (3)$$

对于给定的微透镜阵列,可由图 2 中几何关系求出光束的扫描范围 x

$$x = nd(h/nf) - nd = h(d/f) - dn \quad (4)$$

式中 d, f 分别为微透镜单元的直径和焦距, h 为屏幕到微透镜阵列焦点的距离。从(4)式可以看出,对于给定的微透镜阵列,当屏幕与相控阵列之间的距离为定值时,微透镜的数值孔径越大,相控阵列的扫描范围也就越大。

3 计算结果及分析

设计一个 11×11 的二维光学相控阵扫描器,设

微透镜阵列焦点之间的距离为 1 mm ,微透镜阵列到屏幕的距离为 39 mm ,入射波长为 470 nm 。从理论上计算出对空间 A 点进行扫描时的相对光强值及背景光中最亮点 B 的相对光强值,由此计算出对比度。图 3 是根据计算机编程得出的曲线。

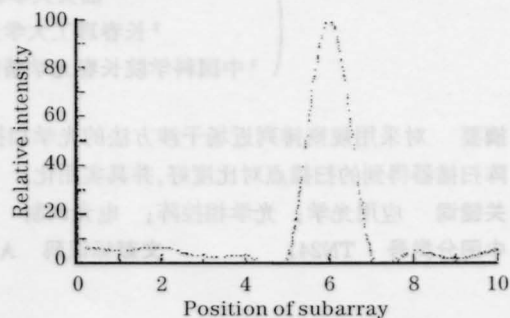


图3 扫描点与背景光的光强对比度曲线

Fig.3 Comparison of intensity between scanning spot and background

从图 3 可以看出,扫描点 A 的相对光强值为 100% ,背景光中最亮点 B 的相对光强值为 5.4% ,最小对比度为 $18.38:1$ 。

根据图中曲线分析得出:

- 1) 给定的扫描方向上仅有一个扫描亮点,整个扫描场中无对称亮点出现。
- 2) 背景光中最亮点 B 的相对光强值远远小于扫描点 A 的相对光强值,对扫描点构成的影响很小,可忽略不计。因此得到的扫描点对比度很高。

参考文献

- 1 James A.Thomas, Mark Lasher, Yeshaiahu Fainman *et al.*. A PLZT-based dynamic diffractive optical element for high speed,random-access beaming steering [C]. *Proc. SPIE*, 1997, **3131**: 124~131
- 2 James A.Thomas, Yeshaiahu Fainman. Optimal cascade operation of optical phased-array beam deflectors [J]. *Appl. Opt.*, 1998, **37**(26), 6196~6212
- 3 J. A. Thomas, Y. Fainman. Program-mable diffractive optical element using a multichannel lanthanum-modified lead zirconate titanate phase modulator [J]. *Opt. Lett.*, 1995, **20**: 1510~1512
- 4 Zhu Yuxin. Optical Phased-Array Device and Technique [P]. China Patent, 97119771.7, 1997.11.05 (in Chinese)
- 5 Mu Guoguang. *Optics* [M]. Beijing: High Educational Press, 1985. 225 (in Chinese)
- 6 Liu Jinghai, Xü Rongfu. Laser Device and Technology [M]. Beijing: Beijing University of Technology Press, 1995. 176 (in Chinese)