

MATLAB 在二元光学元件设计中的应用

徐满平, 周杰

(嘉应学院 物理系, 广东 梅州 5140015)

摘要: 本文提出利用 MATLAB 的 FFT 函数和 IFFT 函数, 对高斯分布进行傅立叶变换, 利用 G-S 迭代法, 得到巴特沃斯(近似矩形)分布, 从而获得二元光学元件的设计数据, 实现对高斯波的均匀化处理. 并给出了完整的设计程序.

关键词: 二元光学元件; MATLAB; FFT 函数

中图分类号: O439 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-2443(2005)01-0035-03

二元光学是光学与微电子技术相互交叉、渗透而形成的前沿学科. 二元光学元件(器)件在实现光波变换上具有许多卓越的、传统光学难以具备的功能. 理论上可以获得任意需要的波前, 具有很高的衍射效率; 二元光学元件出现在晶片表面波长量级的厚度内, 因而具有轻型的特点; 二元光学元件与传统的光学元件结合, 可使系统更为简洁, 并能矫正系统像差等^[1]. 然而二元光学元件的设计一直缺乏像普通光学设计程序那样可以求出任意面形、传递函数及系统像差又具有友好界面的通用软件包.

本文尝试利用 MATLAB——这一集数值计算、符号运算和图形处理等功能于一身的超级科学计算语言, 进行二元光学元件的波前变换计算机辅助设计, 结果证明其是方便有效的.

1 二元光学元件的设计要点

二元光学元件的设计类似于光学变换系统中的相位恢复问题. 即, 已知成像系统中, 入射场和输出平面上的光场分布, 计算输入平面上相位调制元件的相位分布, 使得经过其调制的入射波场, 能高精度地给出预期输出图样, 实现所需功能^[2]. 基于这一思想的优化设计方法大致有盖师贝格-撒克斯通(Gerchberg-Saxton)算法(G-S)、误差减法(ER)及其修正算法、模拟退火算法(SA)等. 本文采用 G-S 算法.

2 二元光学元件设计举例

如图 1 所示, 二元光学元件 H 是一个相位调制元件, 它可以把输入的平行激光束进行菲涅尔变换到平面 P 上, 这时 P 上的光场分布就是输入光场分布的菲涅尔频谱. 在二元光学中这个光场的振幅分布就是所求的. 图中 A 是一矩形带通滤波器, 是为了让激光束主要部分通过二元光学元件.

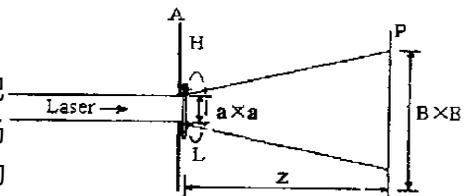


图 1 二元光学元件对激光束的变换

为了设计的方便, 把二元光学元件 H 看作是平面 P 上光场分布的傅里叶频谱, 并只有相位分布, 而振幅分布是均匀的. 这样当平行激光束经 H 调制后, 光束的振幅分布仍保持为高斯分布, 而相位分布变为二元光学元件的相位分布. 再紧贴着二元光学元件放置一透镜 L, 它就能完成傅里叶变换, 使 P 上的光场分布成为调制后光场分布的傅里叶频谱.

二元光学元件 H 的设计, 采用 G-S 算法.

先设 P 的振幅为矩形(均匀)分布, 相位为零, 作逆傅里叶变换到 H; 得到 $O_1(x, y) = a_1(x, y) \exp(i\phi_1(x, y))$, 保留相位分布, 将振幅分布替换为高斯分布 $a(x, y) = \exp(-a^*(x^2 + y^2))$, 再作傅里叶变换到 P; 保留相位分布, 将振幅分布替换为矩形(均匀)分布, 再作逆傅里叶变换到 H; 得到 $O_2(x, y) = a_2(x, y) \exp(i\phi_2(x, y))$, 保留相位分布, 将振幅分布替换为高斯分布 $a(x, y) = \exp(-a^*(x^2 + y^2))$, 再作傅里叶变换到 P; 保留相位分布, 将振幅分布替换为矩形(均匀)分布, 作逆傅里叶变换到 H. 反复迭代多次, 直到收敛为止^[3-4]. 将

收稿日期: 2004-09-28

基金项目: 嘉应学院 2003 年科研资金资助项目(2003018).

作者简介: 徐满平(1963-), 女, 安徽岳西人, 副教授, 主要从事计算物理及现代光学的教学和研究工作.

所得最后 H 的相位分布 $\phi_H(x, y)$, 再除以一个近轴球面波因子, 就是菲涅尔变换.

3 MATLAB 程序设计

上述迭代过程由 MATLAB 编程在计算机上实现. 在计算机模拟实验中, 改变迭代次数 P 的值, 观察比较最终找出收敛时 P 的值.

MATLAB 源程序:

```
function F = fft017(M,BOE,p,w,z)
% 宽度 M = 4mm,BOE = 150mm, 迭代次数 p = 260,
% 波长 w = 0.6328e - 3mm AB 间距 z = 1e3mm
%Part 1 A:高斯分布
N = BOE / (w * z);
X = [ - M / 2 : 1 / N : M / 2 ];
m = length(X)
A = zeros(1, m);
Z1 = exp( - 0.09 * (X.^2) );
A = Z1;
u = ( [ - N / 2 : 1 / M : N / 2 ] );
xf = u. * (w * z);
wc = 90;
%所需谱面振幅 = 巴特沃斯分布 (近似矩形) n = 7
B = sqrt(1 ./ (1 + ((u.^2).^7. * (wc.^(- 14))))));

%Part 2 实现 FFT
FB = ifft(B)
FB0 = FB; %初值
FBi = angle(FB0);
FBi0 = exp(i * FBi);
FBB = FBi0;
for k = 1 : p
AA = A. * FBB; %振幅替换为高斯分布
FA = fft(AA);
FAm = abs(FA);
FAi1 = angle(FA);
FAi = exp(i * FAi1);
BB = B. * FAi; %振幅替换为矩形分布
FB = ifft(BB);
FBi1 = angle(FB);
FBi = exp(i * FBi1);
FBB = FBi;
end
% Part 3 结果表示
Ba = FAi1;
C0 = pi / (w * z) * (xf.^2); %近轴球面波因子
Aa = - C0 + FBi1; % 二元光学元件 H 的相位
Da = mod(Aa, 2 * pi); %相位取小于 2
Da = round(Da / (pi / 4)); %相位二值化 n = 3
```

4 结 论

从计算结果可看出通过选择合适的抽样间隔^[5]进行多次迭代(FFT 与 IFFT 运算)可将非均匀光场变换

成较均匀光场. 实验中可根据所得的相位分布,利用空间调制器设计制作二元光学元件 H,以实现均匀光照.

参考文献:

- [1] 沐仁旺,周进,高文琦,等.几种有应用前景的二元光学元件的研究[J].激光与红外,1999,29(3):53.
- [2] 金国藩,等.二元光学[M].北京:国防工业出版社,1998.
- [3] 王沫然.MATLAB6.0与科学计算[M].北京:电子工业出版社,2001.
- [4] 邓建中,刘之行.计算方法[M].西安:西安交通大学出版社,2001.
- [5] 钱维莹,屠志淳.双棱镜干涉实验的系统误差分析及修正[J].安徽师范大学学报(自然科学版),2003,26(3):235.
- [6] 谭峭峰,严瑛白,金国藩,徐端颐,等.分数傅里叶变换衍射光学束匀滑器件的精细化设计[J].中国激光,2003,30(7):609-613.
- [7] Conde Karamoko,李春燕,张瑾,等.几种有机化合物的激光喇曼光谱研究[J].安徽师范大学学报(自然科学版),2004,27(3):283.

DESIGN OF BINARY OPTICAL ELEMENT WITH MATLAB

XU Man-ping, ZHOU Jie

(Physics Department of Jiaying University, Meizhou 514015, China)

Abstract: The design of binary optical element is simulated by using MATLAB FFT and IFFT function. It is shown that the binary optical element can transform a gauss beam into uniform beam. The detail program is given in this paper.

Key words: binary optical element; MATLAB; FFT

(责任编辑 叶松庆)

* * * * *

基金项目稿约

本刊热忱欢迎国家级、省部级等科研基金项目的系列论文,并可根据来稿的数量与质量,设立基金项目研究专栏,集中发表,稿酬从优,且不受时间限制,欢迎校内、外专家学者赐稿.