

# 基于 MATLAB 的二元光学元件设计研究

周 杰, 徐满平

(嘉应学院 物理系, 广东 梅州 5140015)

[摘 要] 提出利用 MATLAB 的 FFT 函数和 IFFT 函数, 对高斯分布光束进行傅立叶变换, 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, 实现对高斯光波的均匀化处理. 并给出了完整的设计程序.

[关键词] MATLAB; 二元光学元件; 程序设计; 光束整形

[中图分类号] O439 [文献标识码] A [文章编号] 1006-642X(2005)03-0022-03

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(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基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<sup>[1]</sup>. 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.

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<sup>[2]</sup>.

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.

为了设计的方便, 把二元光学元件 H 看作是平面 P

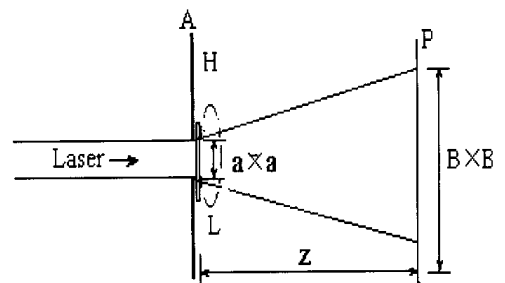


图 1 二元光学元件对激光束的变换

[收稿日期] 2004-09-03

[作者简介] 周 杰(1964—), 男, 安徽六安人, 嘉应学院物理系, 副教授.

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。首先设 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。<sup>[4]</sup>将所得最后 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。

在函数编辑窗口,编写下列代码。然后在命令窗口用所注参数代入所设函数执行。

MATLAB 源程序:

```
function fft015(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
BB=B.*FAi; %振幅替换为矩形分布
% 宽度 M=4mm,BOE=150mm,迭代次数 p=260, FB=ifft(BB);
% 波长 w=0.6328e-3mm AB 间距 z=1e3mm FBi1=angle(FB);
% Part FBi=exp(i.*FBi1);
N=BOE/(w.*z); FBB=FBi;
X=[-M/2 1/N M/2]; End
m=length(X) % Part 结果表示
A=zeros(1,m); Ba=FAi1;
Z1=exp(-0.09*(X.^2)); %高斯分布 C0=pi/(w.*z)*(xf.^2); %近轴球面波因子
A=Z1; Aa=-C0+FBi1; %二元光学元件 H 的相位
u=[-N/2 1/M N/2]; Da=mod(Aa,2.*pi); %相位取小于 2
xf=u.*(w.*z); Da=round(Da/(pi/4)); %相位二值化,取 n=3
wc=90; % Part 有关图示
%所需谱面振幅=巴特沃斯分布(近似矩形)n=7 XX=[(0 5/N M)];
B=sqrt(1./(1+((u.^2).^7.*(wc.^(-14))))); YY=XX;
NX=length(XX)
% Part 实现 FFT AAa=zeros(m,m); %扩展到 3D
FB=ifft(B); for k=1:m
FB0=FB; %初值 AAa(k,:)=A(k);
FBi=angle(FB0); end
FBi0=exp(i.*FBi); XF=[(0 5/M N)];
FBB=FBi0; YF=XF;
for k=1:p NXF=length(XF)
AA=A.*FBB; %振幅替换为高斯分布 FAm=FAm.^2/max(FAm.^2); %幅值归一化
FA=fft(AA); FFAm=zeros(m,m);
FAm=abs(FA); for k=1:m
FAi1=angle(FA); FFAm(k,:)=FAm(k);
FAi=exp(i.*FAi1);
```

```

end
FFAm = FFAm( , );
FFAm = FFAm(1 5 m,1 5 m);
AAa = AAa(1 5 m,1 5 m);

```

```

figure(1)
mesh(XX,YY,AAa), % 图 2
grid on
xlabel('position x/ mm')
ylabel('position y/ mm')

```

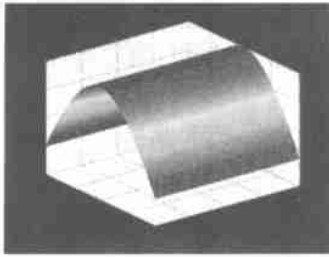


图 2 原光场

```

xlabel('Intensity I/r. u')
title('变换前幅值分布图')
figure(2)
mesh(XF,YF,FFAm), % 图 3
grid on
xlabel('position x/ mm')
ylabel('position y/ mm')
xlabel('Intensity I/r. u')
title('变换后 B 幅值分布图')

```

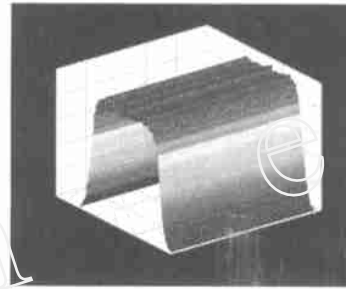


图 3 调制后输出光场

## 4 结论

从计算机输出图 2、图 3 可看出通过选择合适的抽样间隔<sup>[5]</sup>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,实现对高斯光束的整形. 我们知道物光和参考光的均匀性,对彩虹全息拍摄,特别是模压全息防伪标记母板的拍摄具有重要意义. 采用经傅立叶变换设计的二元光学元件,通过光学变换来实现这种光强分布的均匀性不失为一种有效的方法<sup>[6]</sup>.

## [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):20~22.
- [2] 金国藩. 二元光学[M]. 北京:国防工业出版社,1998. 223~234.
- [3] 王沫然. MATLAB6.0 与科学计算[M]. 北京:电子工业出版社,2001. 220.
- [4] 邓建中,刘之行. 计算方法:第二版[M]. 西安:西安交通大学出版社,2001. 174.
- [5] 谭峭峰,严瑛白,金国藩,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.
- [6] 徐满平,周杰,范明星,等. 二元光学元件在模压全息母板拍摄中的应用[J]. 激光与光电子学进展,2004,41(10):52~54.

### Design of Binary Optical Element with MATLAB

ZHOU Jie, XU Man-ping

(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 detailed program is given in this paper.

**Key words:** binary optical element; MATLAB; program design; reshape laser beams