

直角圆锥反射列阵的准相位共轭特性

宋如华 游水华 乐时晓

(电子科技大学)

本文演示了一种新的准相位共轭器, 结果表明, 具有消除因折射率不均匀引起的光波前畸变。

Demonstration for a coneshaped corner array as a pseudoconjugator

Song Ruhua, You Shuihua, Le Shixiao

(University of Electronics Science and Technology)

Abstract

A new pseudoconjugator, which can compensate the wavefront distortion due to index inhomogeneities, is demonstrated.

一、引言

近年来, 人们利用受激喇曼散射、受激布里渊散射、三波混频和四波混频等非线性过程^[1]实现了入射波与散射波的相位复共轭。由此制成了一类新的器件——相位共轭器。但这类器件由于工作频率范围、工作面积以及所需设备(相干光源)等方面条件的限制, 因而实用化受到了影响。而新出现的准共轭器则较好地解决了这个问题^[2]。后者不仅具有工作面积大, 可工作于任何非相干光源, 无源被动、价廉等优点, 并且在适当的结构下, 可获得近衍射极限的共轭特性^[3], 因而近年来受到普遍关注。人们首先在角反射器中演示了准相位共轭特性^[4], 随后在自聚焦光纤阵列^[5]、玻璃微珠阵列^[6]中观察到相位共轭效应。有关的理论则预言了更多的准共轭器^[7]。

对直角反射器阵列的相位共轭特性, 早期采用的是六角形反射器^[8], 这种反射器在实用化过程中往往难以加工。本文采用圆锥形这种易于加工的反射器来实现平面阵列的准共轭特性。

二、基本工作原理

理论分析表明，列阵综合成象的变换矩阵具有下列形式^[9]

$$M = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - [l - b + v(d \mp 1)]/R & 0 \\ (d \mp 1)/R & d + (d \mp 1)u/R \end{pmatrix} \quad (1)$$

式中， R 为列阵分布的曲率半径， l 为列阵的厚度（纵向）， a, b, c, d 则为组成列阵的单元变换矩阵元， u 则为物距，对于平面型列阵 $R \rightarrow \infty$ 。

$$M = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & d \end{pmatrix} \quad (2)$$

当 $d = -1$ 时，则上式与相位共轭镜的变换矩阵^[10]相同，因而具有相位共轭特性。对于直角圆锥列阵（见图1），其单元变换矩阵

$$m = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

即 $d = -1$ ，故具有相位共轭器特性。

进一步的理论分析表明，准共轭器对物体的成象本身将产生一个附加的象差^[11]，因而其补偿是不完全的。由文献^[11]可知，对于平面型列阵所组成的准共轭器，其综合成象的纵向象差 $\Delta\gamma$

$$\Delta\gamma = \mp \sigma(cu - 2) \quad (4)$$

式中， u 为物距， σ 为单元的横向尺度（本文即为圆锥的口径， c 为单元变换矩阵元，对于理想情况， $c = 0$ ，但实际情况 $c \neq 0$ 。

三、实验结果及讨论

实验中我们采用He-Ne激光作为光源，光束经扩束后，经分束镜分束，透过分束镜的光再经准直镜准直后通过畸变介质，然后射到准共轭器；共轭器的反射光再次经畸变介质，并经过准直镜后被分束镜反射在毛玻璃屏幕上，整个实验装置及光路图如图2所示。实验用

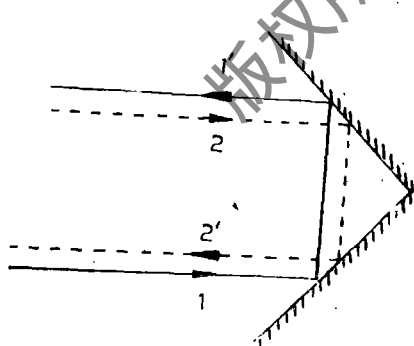


图1 直角反射器的反射特性

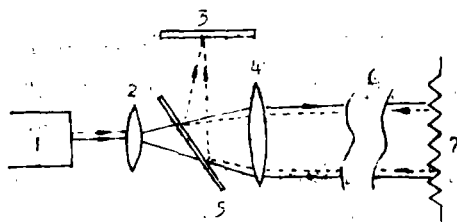


图2 准共轭器消波前畸变的实验装置图。

1. 激光器；2. 扩束镜；3. 毛玻璃屏；
4. 准直镜；5. 分束镜；6. 畸变介质；
7. 准共轭器

一玻璃杯作为畸变介质。当无畸变介质时，则无论反射镜是普通平面反射镜还是共轭镜，屏上的激光光斑均为圆斑（见图3a）；当光路中插入畸变介质时，如果反射镜是准共轭器，则

屏上的光斑如图3b所示，仍然是圆形的，这说明光虽然二次经过畸变介质，但由于准共轭器的作用而使畸变基本消除；若反射镜是普通平面镜，则在屏上的光斑由于畸变介质的作用而使其拉长（变成近椭圆，如图3c所示），表明光波发生了畸变。

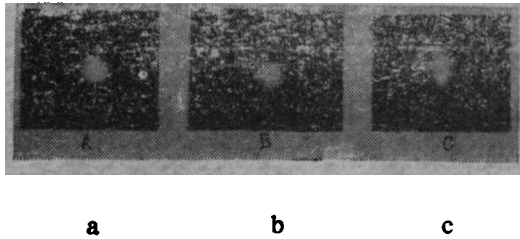


图3 圆锥形直角反射列阵对波前畸变的补偿能力

进一步，改变入射光的倾角及圆锥形直角反射列阵的方位，则发现在 $|\theta| \leq \pi/4$ (θ 为方位角)的范围内，准共轭器均能较好地消除畸变。而当畸变介质的形状及尺寸发生改变时，则会影响共轭器的消畸变能力，这是由于本实验中所采用的共轭器的单元尺寸较大，并且所有共轭器对畸变介质都具有一定的选择性。从实验结果中还可以看出，消畸变光斑仍具有不规则性（见图3b），表明光波畸变消除是不完全的，这与理论分析一致。质量更好的补偿可通过提高列阵加工精度等措施来实现，进一步的工作正在进行中。

参 考 文 献

- [1] 吴存恺，《物理学进展》，1986年，第6期，第353页。
- [2] A.P.L.,1982,Vol.40, No.6,P.450.
- [3] Opt.Engng.,1982,Vol.21,No.2,P.271.
- [4] Soviet.J.Q.E.,1987,Vol.8,No.6.P.799.
- [5] 王绍民等，《物理学报》，1983年，第32卷，第10期，第1357页。
- [6] 黄维实等，《中国激光》，1983年，第10卷，第3期，第191页。
- [7] 王绍民，《杭州大学学报》，1984年，第11卷，第1期，第79页。
- [8] Opt.Engng.,1982,Vol.21,No.2,P.281.
- [9] 王绍民，《杭州大学学报》1983年，第10卷，第4期，第476页。
- [10] IEEE J.Q.E.,1979,Vol.15,No.10,P.1180.
- [11] 王绍民等，《光学学报》，1984年，第4卷，第12期，第1119页。

* * *

作者简介：宋如华，男，1962年4月出生。助教。现从事光学专业的教学与研究
工作。

游水华，男，1963年5月出生。成电1987届本科毕业生。现在机械电子部36所工作。

收稿日期：1988年2月6日。