

量理论都表明衍射微柱透镜的焦移量和焦深有随  $F$  数增加而增加的趋势; 另外, 对于透镜的焦深, 标量和矢量的计算结果无太大差距, 但是由矢量理论计算的透镜焦移量却远大于标量理论的结果, 这说明实际衍射微柱透镜比标量理论预计的有更大的光焦度, 焦移皆为正值, 说明最大光强点更靠近透镜; 对焦斑垂轴面光强计算表明, 严格矢量理论得到的旁瓣要大于标量理论的计算结果, 且随  $F$  数减小, 差距变大, 这是因为  $F$  数较小有更大的光焦度, 透镜

对光场的大角度散射能力加强, 更难以将场能聚焦到焦面主瓣内; 同时计算发现 8 台阶量化和连续面型的透镜焦移和焦深的差距不明显, 但是 8 台阶面型更有利于加工。此外, 本文中所得结论的前提是 TE 平面波垂直入射, 这与大多数应用情况相符, 但是特殊入射情况, 比如高斯光束入射、斜入射等等会影响微柱透镜的矢量衍射特性, 从而使焦深和焦移发生变化, 对这些情况的详细分析是下一步的工作内容。

Table 1 The relationship of focal depth and focal shift with  $F$  number of diffractive micro cylindrical lenses/ $\mu\text{m}$

| $F$<br>number | continuous profile           |               |                           |               |                           | 8 level profile |                           |               |                           |  |
|---------------|------------------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|---------------|---------------------------|--|
|               | geometric<br>focal<br>length | scalar theory |                           | vector theory |                           | scalar theory   |                           | vector theory |                           |  |
|               |                              | focal depth   | focal shift<br>$\Delta f$ | focal depth   | focal shift<br>$\Delta f$ | focal depth     | focal shift<br>$\Delta f$ | focal depth   | focal shift<br>$\Delta f$ |  |
| 0.5           | 92.0                         | 17.0          | + 2.0                     | 16.0          | + 11.5                    | 17.0            | + 2.5                     | 16.5          | + 10.0                    |  |
| 0.7           | 128.8                        | 25.5          | + 4.5                     | 30.5          | + 22.5                    | 26.0            | + 5.0                     | 30.0          | + 21.5                    |  |
| 1.1           | 202.4                        | 49.0          | + 13.5                    | 47.5          | + 36.5                    | 50.0            | + 11.0                    | 50.0          | + 30.5                    |  |

### 3 结 论

利用二维时域有限差分法(FDTD)和空间电磁场传播的角谱理论成功完成了对有限口径衍射微柱透镜焦深和焦移的严格矢量分析。给出了焦深和焦移随透镜  $F$  数的变化规律, 并与标量理论进行了比较, 表明衍射微柱透镜相对标量分析结果有更大的焦移量, 而焦深变化不大; 此外计算了面型量化的影响。这些结论虽然是在 TE 波垂直入射情况下得到的, 但符合大多数应用情况, 对衍射微透镜的设计和实际应用有指导意义。文中还详细讨论了 FDTD

算法的数值色散、数值稳定性和吸收边界设置问题, 以及角谱传播算法。

感谢北京理工大学高本庆教授、任武博士、北京大学王长清教授和胡炜博士的热情帮助。

#### 参 考 文 献

- [1] Cordingley J. Appl Opt, 1993, 32: 2538~ 2549.
- [2] Yee K S. IEEE Trans Antennas Propag, 1966, AP14: 302~ 307.
- [3] Prather D W, Shi S Y. Opt Engng, 2000, 39: 1850~ 1857.
- [4] Shi S Y, Tao X D, Yang L Q *et al.* Opt Engng, 2001, 40: 503~ 510.
- [5] Taflove A. Computational electrodynamics: the finite difference time domain method. Boston: Artech House, 1995: 81~ 107.
- [6] Berenger J P. J Comput Phys, 1994, 114: 185~ 200.

• 简 讯 •

### 调谐范围超过 127nm 的空隙滤波器

一款静电可调谐空隙滤波器由德国卡塞尔大学和瑞士皇家工学院的研究人员联合开发成功, 该滤波器的参数为: 光波长 1550nm, 电压 7.3V, 可调谐范围 127nm。该滤波器有多重空隙(2.5 个周期), 原材料为 InP, 因此, 它也能成为按波分复用的可调谐接收器的核心部件。3 层直径为 20 $\mu\text{m}$  或 40 $\mu\text{m}$  的 3/4 InP 薄膜按 1/4 空隙间隔放置, 由 3 个或 4 个薄而有弹性的悬柱支撑。由于空气和 InP 的折射率差别很大, 滤波器能够适应空隙厚度的变化。滤波器的显著特征是直接单模光纤耦合, 并以掺铒光纤放大器作为宽带源。当悬柱为 20 $\mu\text{m}$  时, 反射区凹陷的宽度为 3nm (FWHM); 悬柱为 40 $\mu\text{m}$  时, 反射区凹陷的宽度为 7nm (FWHM)。由于理论计算得出平膜的 FWHM 为 1nm, 所以认为薄膜弯曲是展宽的原因。

(蒋 锐 叶大华 供稿)