

# 10 fs 超快聚苯乙烯非线性光子晶体全光开关

光学器件

刘 晔 秦 飞 李志远

(中国科学院物理研究所光物理实验室, 北京 100190)

全光开关是进行快速光信息处理、全光集成的关键器件。自从 1987 年光子晶体提出之后,光子晶体全光开关吸引了很多研究者的兴趣。光子晶体具有光子带隙和光子局域的特征。Kerr 非线性光子晶体在外界强抽运光的作用下,光子带边或者缺陷态会发生移动。此时,如果探测光的波长设置在带边或者缺陷态的位置,其透射率在抽运前后会发生显著的变化,从而实现光开关。如果抽运光为超快的飞秒脉冲激光,则带边或缺陷态的移动也随之快速移动,从而实现超快的光开关。

聚苯乙烯作为一种共轭聚合物材料,具有很好的非线性特征:较大的三阶非线性系数,超快的开关响应时间,以及成本低廉、易于制作等。我们组近年来开展了一系列聚苯乙烯非线性光子晶体全光开关的实验研究,先后实现了 10 ps<sup>[1]</sup>, 120 fs<sup>[2]</sup>和 20 fs<sup>[3]</sup>的聚苯乙烯光子晶体全光开关。最近,我们在实验上又完成了 10 fs<sup>[4]</sup>超快响应时间的聚苯乙烯三维光子晶体全光开关。

图 1(a)是利用垂直沉积的自组装方法制备得到的聚苯乙烯蛋白石 (opal) 三维光子晶体样品的扫描电子显微镜 (SEM)图。实验中聚苯乙烯小球的直径为 360 nm。从图 1(a)可以看到小球的排列紧密而且有序。图 1(b)是测量得到的该样品的透射谱,可以看到在 760~850 nm 内有很明显的光子带隙。

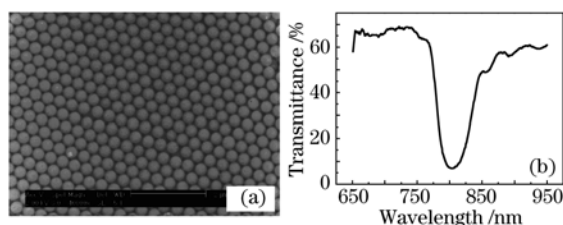


图 1 聚苯乙烯样品的表征。(a)样品的 SEM 图;(b)测量的透射谱

超快全光开关是基于光子晶体带隙边缘移动的原理来实现的。在强抽运光的作用下,带隙往长波方向移动(这是由于聚苯乙烯材料的三阶非线性系数为正,在抽运光作用下折射率变大)。于是,在实验上为了得到光开关信号,把探测光的波长设置在短波带边 785 nm 的位置。另外,利用 8 fs 的钛宝石激光器作为光源来探测尽可能快的光开关响应信号。利用精密的飞秒抽运探测技术,测量得到了不同时间延迟下探测光信号的变化。图 2(a)是实验结果,可见开关的响应时间约为 10 fs,上升沿 3 fs,下降沿 8 fs,开关对比度为 25%。实验结果所对应的抽运脉冲的峰值能量约为 20.6 GW/cm<sup>2</sup>,但相应的单脉冲能量仅为 100 fJ 左右。该光子晶体全光开关是现在文献报道的最快的全光开关。图 2(b)是利用有限时域差分方法 (FDTD) 计算的结果,可见理论和实验符合得很好。

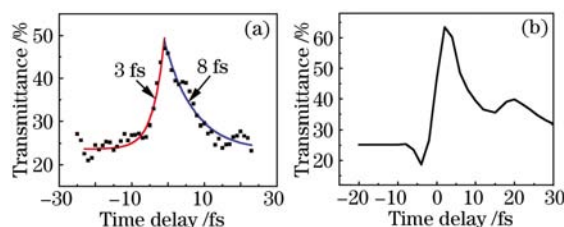


图 2 信号光透过率的变化。(a)实验测量结果;(b)理论计算结果

项目基金:国家自然科学基金重点项目(10634080)和国家自然科学基金(10525419)资助课题。

通信作者:李志远, E-mail: lizy@aphy.iphy.ac.cn

## 参考文献

- 1 X. Hu *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 2003, **83**(13): 2518
- 2 Y. Liu *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 2005, **86**(15): 151102
- 3 D. Zhang *et al.*, *Proc. SPIE*, 2006, **6353**: 635307
- 4 Y. Liu *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 2009, **95**(13): 131116