

非晶态 $As_{40}S_{60-x}Se_x$ 薄膜光致结构变化的研究

陈光华 李贻杰 侯洪涛 徐怀哲 张仿清

(兰州大学)

谢才清 徐晓琴

(中国科学院光电技术研究所)

本文主要研究 $As_{40}S_{60-x}Se_x$ 系列蒸发薄膜可逆的光黑化效应和光致结构变化。测量了透过率随温度的变化、光照后光学吸收边的移动以及在不同温度下光照以后透过率随时间的变化; 讨论了光黑化现象的起因。我们认为光黑化效应是由结构无序度的变化引起的, 而结构无序度的变化则是由光照后缺陷态的变化引起的。

本工作中所用的样品是组份为 $As_{40}S_{57}Se_3$, $As_{40}S_{56}Se_4$ 和 $As_{40}S_{55}Se_5$ 的蒸发薄膜。在氩气中稳定退火 1 小时, 退火温度为 $170^{\circ}C$ 。经过退火的样品进行以下实验: 用一盏 400 W 卤钨灯照射样品, 直到光黑化效应达到饱和为止, 光照时用一个绿色滤光片 ($\lambda \sim 5500 \text{ \AA}$) 进行滤光。光照过程中分别在室温和液氮温度下测量透过率随时间的变化。在可见光 ($3000 \sim 8000 \text{ \AA}$) 范围内用吸收谱仪测量光谱响应曲线。因为再次退火后, 薄膜的光学带隙 E_0 能够恢复到原来的值, 所以在非晶态 $As_{40}S_{60-x}Se_x$ 薄膜中, 光黑化效应是可逆的。

实验发现, 对于一个给定的样品来说, 样品的光黑化程度依赖于温度、入射光强和波长。 $As_{40}S_{60-x}Se_x$ 薄膜光照前后光学能隙有变化: 光照后光学能隙 E_0 的值变小了, 并且在 77 K 温度下光照后变化更大, 这说明温度越低, 光黑化现象越明显。

针对以上实验结果, 我们认为光黑化效应是由结构无序度的增加引起的, 而结构无序度的增加则是由缺陷态的变化引起的。在非晶态 As-S-Se 网络中, 存在着大量有效电子相关能为负的悬挂键缺陷态, 这些缺陷态以 $D^+ + D^-$ 态的形式存在。如果我们假设 $As_{40}S_{60-x}Se_x$ 样品受到光照后, 通过缺陷态的激发过程使相关能的值发生了变化, 并且因为缺陷态势能的改变, 使 As-S-Se 结构网络在短程序范围内重新分布, 达到新的亚稳平衡态, 那么就可以很好地解释以上实验结果。(1) 在低温下, $D^+ + D^-$ 态密度最大, 所以光照引起的光黑化效应也最明显。随着温度的上升, $D^+ + D^-$ 态密度逐渐减小, 光黑化程度也越来越小; (2) 光照时间越长, 会使更多的 $D^+ + D^-$ 缺陷态激发到 D^0 缺陷态, 所以光黑化效应越明显。这种变化最终达到新的亚稳平衡态。