

# 066402-20211714 补充材料

## Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> 薄膜表面和界面超快载流子动力学的 瞬态反射光谱分析

黄昊 牛奔 陶婷婷 罗世平 王颖 赵晓辉 王凯 李志强 党伟<sup>†</sup>

(河北大学物理科学与技术学院, 河北省光电信息材料重点实验室, 保定 071002)

从 Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>/CdS 的截面 SEM 图片上不能清晰地获得 CdS 层的厚度信息。本文在白玻璃基片沉积相同时间的 CdS 层, 利用表面轮廓仪 (Dektak-XT Bruker) 测量 CdS 层厚度约 50 nm (图 S1)。

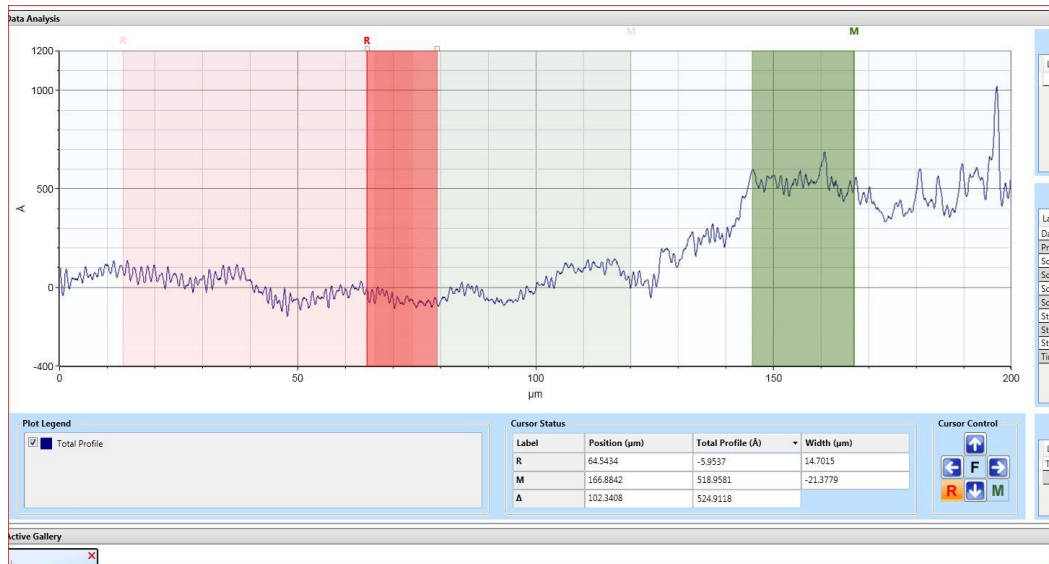


图 S1 CdS 层厚度测试数据, 其中红色区域为衬底, 绿色区域为 CdS

Fig. S1. Thickness information of CdS layer, where red region indicates substrate and green region indicates CdS layer.

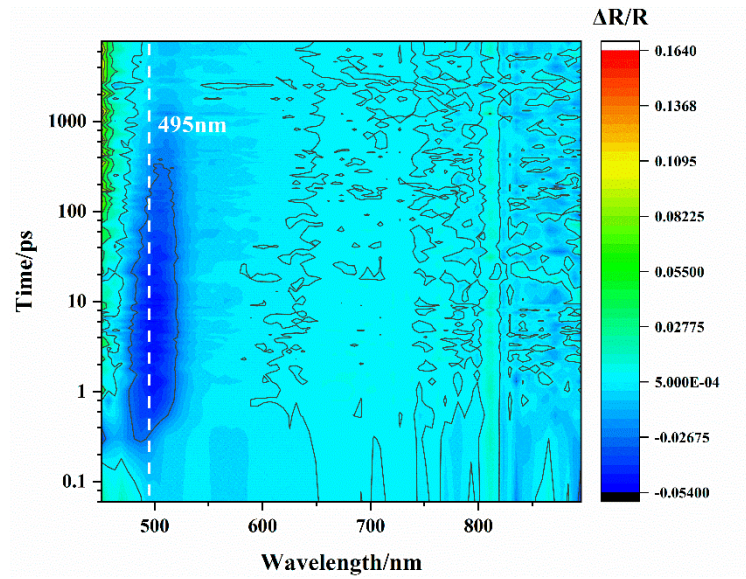


图 S2 CdS 层的表面瞬态反射二维谱图，其中激发波长为 450 nm，能量密度为 424  $\mu\text{J}/\text{cm}^2$

Fig. S2. Contour plot of surface transient reflectance of CdS with excitation wavelength of 450 nm and excitation density of 424  $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ .

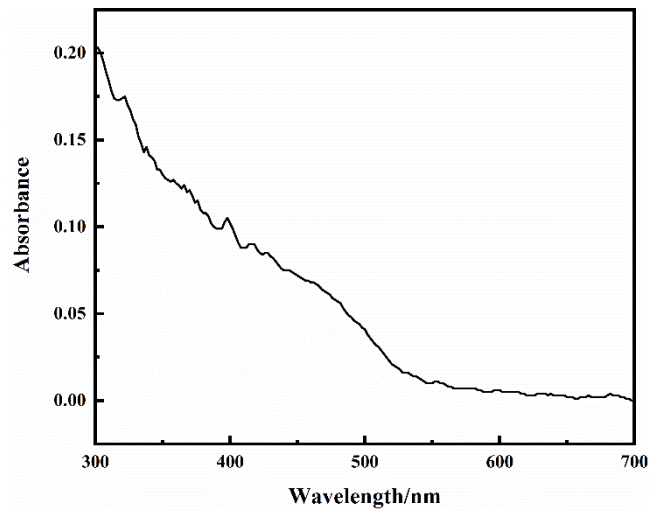


图 S3 玻璃衬底沉积的 CdS 层的吸光度曲线

Fig. S3. Absorbance of CdS on glass substrate.

对于单层  $\text{Sb}_2\text{Se}_3$  薄膜，过程 II 涉及到热载流子冷却、带隙收缩恢复、载流子复合以及晶格温度上升过程。在  $\text{Sb}_2\text{Se}_3/\text{CdS}$  界面，电子转移则是上述过程相互耦合。由于带的填充效应使相对反射率变化  $\frac{\Delta R}{R}$  由负转为正，与载流子浓度  $N$  相关，而带的收缩效应使反射率的相对变化为负值，与载流子浓度  $N^{\frac{1}{3}}$  相关，因此

载流子浓度降低对带的填充效应影响更显著。根据 Prabhu 和 Vengurlekar<sup>[R1]</sup>的仿真结果，载流子冷却时间不变条件下，减小载流子的衰减寿命，会延缓 $\frac{\Delta R}{R}$ 恢复过程（由负最大值归零时间）。如图 S4（a）、图 S4（b）、图 S4（c）所示，Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>薄膜 760 nm 处 $\frac{\Delta R}{R}$ 归零时间分别为 6.78 ps，4.10 ps，2.80 ps。随着载流子浓度增加， $\frac{\Delta R}{R}$ 的归零时间缩短，这源于高载流子浓度条件下带的填充效应更显著。而在 Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>/CdS 界面，相同载流子浓度条件下 $\frac{\Delta R}{R}$ 归零时间分别延长至 8.59 ps, 7.20 ps, 3.81 ps。数据对比进一步说明 Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>/CdS 界面自由电子转移过程降低了 Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>载流子寿命。

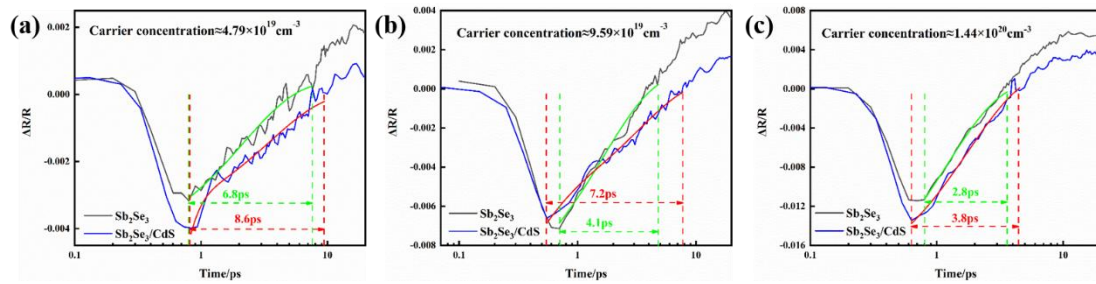


图 S4 三种载流子浓度条件下 Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>/CdS 与 Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> 在 760 nm 处 $\frac{\Delta R}{R}$ 动力学过程 II 比较 (a)

4.79 × 10<sup>19</sup> cm<sup>-3</sup>; (b) 9.59 × 10<sup>19</sup> cm<sup>-3</sup>; (c) 1.44 × 10<sup>20</sup> cm<sup>-3</sup>

Fig. S4. Comparisons of kinetics II curve of  $\frac{\Delta R}{R}$  at 760 nm for Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>/CdS and Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> under three different carrier concentrations of (a) 4.79 × 10<sup>19</sup> cm<sup>-3</sup>, (b) 9.59 × 10<sup>19</sup> cm<sup>-3</sup>, (c) 1.44 × 10<sup>20</sup> cm<sup>-3</sup>.

## 参考文献

[R1] Prabhu S S, Vengurlekar A S 2004 *J. Appl. Phys.* **95** 7803