## 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  $\mu$ J/cm<sup>2</sup>

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



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 Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> 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 Sb<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>/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<sup>AR</sup>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<sup>AR</sup><sub>R</sub>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<sup>AR</sup><sub>R</sub>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)  $4.79 \times 10^{19}$  cm<sup>-3</sup>, (b)  $9.59 \times 10^{19}$  cm<sup>-3</sup>, (c)  $1.44 \times 10^{20}$  cm<sup>-3</sup>.

## 参考文献

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