

フェムト秒レーザーパルスによる GeSbTe の超高速アモルファス化

Ultrafast amorphization in a GeSbTe thin film induced by a single femtosecond laser pulse

Objectives

相変化材料 GeSbTe の結晶状態とアモルファス状態ではその原子配置に大きな違いはなく、Ge 原子の位置がわずかに移動した程度であることがわかってきた。これは電子励起を通して Ge の結合を切ることでサブピコ秒でアモルファス化を誘起できることを示唆している。われわれはフェムト秒ポンプ・プローブ分光により、超高速アモルファス化のダイナミクスを探っている。また SEM、TEM、XRD、エリプソメトリーなどの分析手法によりアモルファス状態の解明に取り組んでいる。2つの状態間で高い光学コントラストを有する GeSbTe の超高速相変化は革新的メモリーデバイスへの応用が期待されている。

A recent study has clarified that the phase change of GeSbTe (GST) from crystalline to amorphous solid is due to a slight displacement of Ge atoms from their position in the crystalline lattice. This amorphization mechanism indicates that switching of Ge atoms can be initiated by photoexcitation of electrons, resulting in the weaker Ge-Te bond being broken, and that this process is completed within a subpicosecond time scale. We performed femtosecond pump-probe measurements to investigate amorphization dynamics in a GST thin film. SEM, TEM, XRD, and ellipsometry measurements were performed to reveal the amorphous state. This ultrafast nanoscale structural change in GST has high optical contrast and offers the opportunity to develop innovative storage and switching devices.

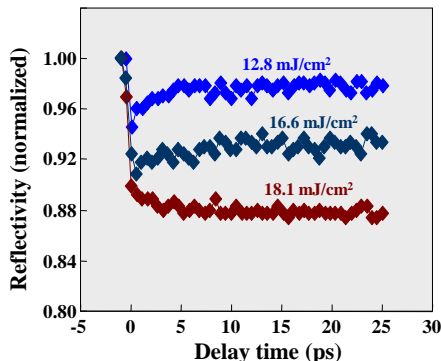


Fig. 1

Achievements

- フェムト秒パルスによるポンプ・プローブ分光により GeSbTe 薄膜のアモルファス化はパルス照射後サブピコ秒で主要な構造変化を終えていることを確認した。
- 電子顕微鏡観察によりアモルファス化は熔融状態を経由せずに非熱的に生じていることがわかった。
- しきい値以下のマルチパルス励起を通して、アモルファス状態としてふるまう最小ユニットを形成するまでに必要な励起電子数を見積らした。
- Femtosecond pump-probe measurements of a GeSbTe thin film suggest that the dominant structural change occurred on a subpicosecond time scale.
- SEM and TEM observations of recording marks indicate that amorphization occurred below the melting temperature.
- Using femtosecond pulses to multiply irradiate below the amorphization threshold, the number of photoexcited electrons required to form an amorphous state was evaluated.

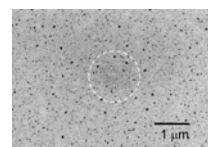


Fig. 2

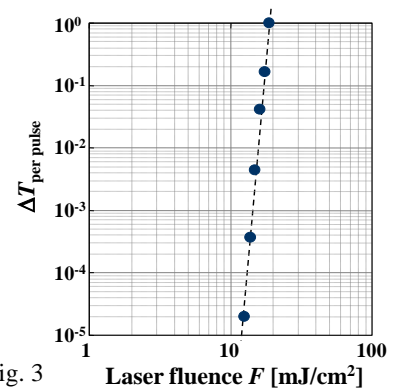


Fig. 3

Fig. 1: Plots of reflectivity of the probe pulse as a function of the pump-probe delay time for three different pump fluences.

Fig. 2: Scanning electron micrograph of GeSbTe surface after single pulse irradiation. The dotted circle indicates the irradiated area.

Fig. 3: Plots of the transmissivity change per pulse as a function of pulse fluence.

References

- 1) M. Konishi, H. Santo, Y. Hongo, K. Tajima, M. Hosoi, and T. Saiki, "Ultrafast amorphization in a GeSbTe thin film induced by a single femtosecond laser pulse through a non-melting process", submitted.