

エピタキシャル安定化による高圧相ペロブスカイト型 CaSiO_3 の大気圧下回収 Quenching high-pressure phase CaSiO_3 perovskite by epitaxial stabilization

東工大物質理工¹、住友電工アドバンス²、東工大フロンティア³

^o(DC)笹原悠輝¹、清水亮太¹、西山宣正^{2,3}、東正樹³、一杉太郎¹



Tokyo Tech^{1,3}, SEI², ^o(DC)Y. Sasahara¹, R. Shimizu¹, N. Nishiyama^{2,3}, M. Azuma³, and T. Hitosugi¹

E-mail: sasahara.y.aa@m.titech.ac.jp

[序]: 超高压下では、室温超伝導[1]などの新奇物性を示す物質を合成できる。しかし、それらの物質の多くは超高压下でしか存在できず、大気圧下に回収できない。そこで、我々はそのような不安定な高压相物質を大気圧下に回収すべく、**準安定相のエピタキシャル安定化**に着目して研究を進めている。これまでに、**薄膜試料に対する超高压処理技術を開発**することで、高压相物質である $\alpha\text{-PbO}_2$ 型 TiO_2 の単相エピタキシャル薄膜合成を実現してきた[2]。

この $\alpha\text{-PbO}_2$ 型 TiO_2 は大気圧下に**回収可能**であるため、今回は、大気圧下に**回収できない**高压相物質であるペロブスカイト型 CaSiO_3 (以下pv- CaSiO_3)に着目した。pv- CaSiO_3 は地殻の主成分の1つと考えられており、マントルのダイナミクスを明らかにする上で重要な物質である。pv- CaSiO_3 は、12 GPa以上の超高压下で合成できるが、室温における減圧過程で非晶質化するため[3,4]、これまでの大気圧下における存在例は、天然のダイヤモンドに内包された、不純物を含む1例のみだった[5]。そこで本研究では、目標構造と同じペロブスカイト構造を持つ YAlO_3 を基板として用い、基板上に非晶質 CaSiO_3 を堆積した前駆体試料を作製し、超高压処理した。その結果、エピタキシャル安定化により**pv- CaSiO_3 の人工的な大気圧下回収に初めて成功した**ので報告する。

[実験]: パルスレーザー堆積法(波長266 nm)を用い、非晶質 CaSiO_3 薄膜(膜厚 ~ 30 nm)を YAlO_3 (001)単結晶基板(直径2.5 mm、厚さ0.5 mm)に堆積し、前駆体とした。ターゲットには Ca_2SiO_4 と SiO_2 を1:1で混合した焼結体を用いた。成膜条件は、基板温度を室温、酸素分圧を0.013 Pa、レーザーエネルギー密度を 0.67 J/cm^2 、発振周波数を3.33 Hzとした。続いて、超高压下での破損防止のために前駆体試料をNaCl圧媒体で覆ってペレット状にした。そのペレットを川井型マルチアンビル装置を用いて[2]、pv- CaSiO_3 の安定領域である15.6 GPa、1200 °Cで超高压処理した[3]。

[結果]: 超高压処理前後におけるX線回折 対称面測定の結果をFig. 1に示す。超高压処理により、 $2\theta \sim 50^\circ$ に新たなピークが出現した(裏側では観測されない)。このピーク位置は、pv- CaSiO_3 004の予測値($48\text{--}51^\circ$)と一致する[3,4,5]。続いて、薄膜の対称性と面内格子定数を調べるために逆格子マッピング測定を行った[Fig. 2]。その結果、**得られた薄膜がペロブスカイト構造の対称性を持ち、さらに、基板によって面内で格子が拘束されていることを観測した**。以上のように、ペロブスカイト構造を持つ YAlO_3 単結晶基板によるエピタキシャル安定化により、大気圧下では不安定な高压相であるpv- CaSiO_3 の人工的な大気圧下回収に初めて成功した。

参考文献

- [1]: Snider *et al.*, *Nature*, **586**, 373 (2020). [2]: Sasahara *et al.*, *AIP Adv.*, **10**, 025125 (2020). [3]: Sueda *et al.*, *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L10307 (2006). [4]: Uchida, Nishiyama *et al.*, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **282**, 268 (2009). [5]: Nastola *et al.*, *Nature*, **555**, 237, (2018).

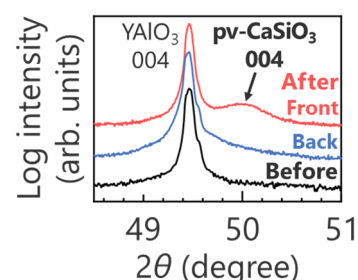


Fig. 1 Out-of-plane X-ray diffraction patterns of CaSiO_3 thin films before and after ultrahigh-pressure treatment.

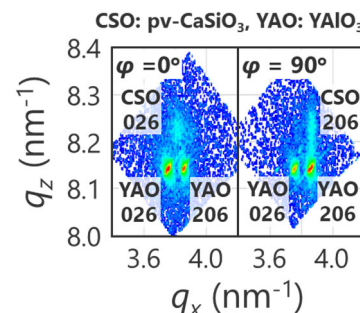


Fig. 2 Reciprocal space mapping of CaSiO_3 thin film after ultrahigh-pressure treatment.