

## メチル化ゲルマナン薄膜形成時のトポケミカルメチル化反応過程 Topochemical methylation process during methylated germanane thin films formation

○中山 敦稀<sup>1</sup>, 松本 一步<sup>1</sup>, 柴山 茂久<sup>1</sup>, 坂下 満男<sup>1</sup>, 中塚 理<sup>1,2</sup>, 黒澤 昌志<sup>1</sup>  
(名大院工<sup>1</sup>, 名大未来研<sup>2</sup>)

○Atsuki Nakayama<sup>1</sup>, Kazuho Matsumoto<sup>1</sup>, Shigehisa Shibayama<sup>1</sup>, Mitsuo Sakashita<sup>1</sup>,  
Osamu Nakatsuka<sup>1,2</sup>, and Masashi Kurosawa<sup>1</sup>

(1. Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ., 2. IMASS, Nagoya Univ.)

E-mail : nakayama.atsuki.r0@s.mail.nagoya-u.ac.jp, kurosawa@nagoya-u.jp

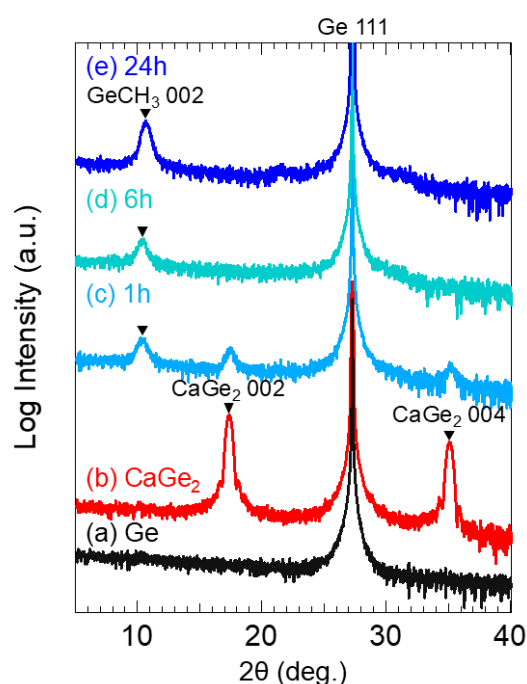
**[研究背景]** ゲルマニウムにメチル基を修飾した二次元材料であるメチル化ゲルマナン ( $\text{GeCH}_3$ ) は, Si に比べ高い電子・正孔移動度 ( $\mu_e = 6.71 \times 10^3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ,  $\mu_h = 6.71 \times 10^3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ) をもつことが理論的に予測されている[1].  $\text{GeCH}_3$  の合成方法として, 層状化合物  $\text{CaGe}_2$  の Ca を  $\text{CH}_3$  に置換させるトポケミカル反応の利用が提案されている[2]. 我々はこれまでに,  $\text{Ge}(111)$  基板上へエピタキシャル成長した  $\text{CaGe}_2$  薄膜を介した  $\text{GeCH}_3$  薄膜形成を実現してきた[3]. 本講演では, トポケミカル反応のための溶液浸漬時間が  $\text{GeCH}_3$  薄膜の結晶構造に与える影響について報告する.

**[実験方法および結果]** 分子線エピタキシー法を用い,  $\text{Ge}(111)$  基板上に  $\text{CaGe}_2$  薄膜(膜厚: 20 nm, 基板温度: 560 °C)を形成した. メチル基修飾プロセスは, フレーク試料に関する先行研究[4]を参考に行った. 具体的には, 室温・窒素雰囲気中において, 試料をヨードメタン溶液 ( $\text{CH}_3\text{I}:\text{H}_2\text{O}:\text{CH}_3\text{CN} = 3:2:6$  (モル比)) に浸漬させた. 浸漬時間は, 1 時間から 24 時間とした. 最後に, 残留した  $\text{CaI}_2$  を取り除くため  $\text{CH}_3\text{CN}$  溶液で洗浄した.

X 線回折法 (XRD) を用い, それぞれの浸漬時間の薄膜試料に対して結晶構造評価を行った (Fig. 1).  $\text{CaGe}_2$  薄膜からは, 回折角  $2\theta = 17.37^\circ$  および  $35.10^\circ$  にそれぞれ  $2\text{H-CaGe}_2$  002 および 004 に帰属できる回折ピークが観測された (Fig. 1(b)). ヨードメタン溶液に 1 時間浸漬後, これらの回折ピークは残存しながらも, 回折角  $2\theta = 10.39^\circ$  に  $\text{GeCH}_3$  002 に帰属できる新たな回折ピークが出現した (Fig. 1(c)). 6 時間浸漬後,  $2\text{H-CaGe}_2$  の回折ピークは完全に消失した (Fig. 1(d)). さらに 24 時間浸漬後には,  $\text{GeCH}_3$  002 のピーク強度が増大するとともに高角度側に若干シフトする ( $2\theta = 10.38^\circ \rightarrow 10.69^\circ$ ) (Fig. 1(e)). これらの結果は, これまでに報告のあったバルク試料 (浸漬時間 7 日間[2]) と比較して, 短時間でメチル化が完了することを示している.

**[謝辞]** 本研究の一部は, JSPS 科研費 (Nos. 22H05456, 23K17760, 24H00850) により実施されました.

**[参考文献]** [1] Y. Jing *et al.*, J. Phys. Chem. Lett. **6**, 4252 (2015). [2] S. Jiang *et al.*, Nat. Commun. **5**, 3389 (2014). [3] 中山敦稀ら, 第 85 回応用物理学会秋季学術講演会, 19p-B5-7 (2024). [4] C. Livache *et al.*, Appl. Phys. Lett. **115**, 052106 (2019).



**Figure 1** XRD  $2\theta/\omega$  profiles obtained from the  $\text{CaGe}_2/\text{Ge}(111)$  samples (b) before and (c-e) after the methylated treatment in the iodomethane solution. The immersion times were (c) 1 h, (d) 6 h, and (e) 24 h.