

高密度非晶質 Ge 薄膜の Ni 誘起横方向成長

Ni-induced lateral crystallization of a high-density amorphous Ge thin film

筑波大院 数理物質 〇石山隆光, 今城利文, 末益崇, 都甲薫

Univ. of Tsukuba 〇T. Ishiyama, T. Imajo, T. Suemasu, and K. Toko

E-mail: ishiyama.takamits.ta@alumni.tsukuba.ac.jp

【はじめに】我々は固相成長の前駆体となる非晶質 Ge 層を加熱堆積し、高密度化することで、絶縁体上多結晶 Ge 層の大幅な大粒径・高移動度化を達成してきた^[1]。一方、粒界の位置や結晶方位がランダムであるため、トランジスタ特性はばらつきを見せた^[2]。金属誘起横方向成長 (MILC)^[3]は、Si 層の結晶化温度を低温化するとともに、粒界方向や結晶方位を制御する手法として知られている^[4]。しかし、従来の Ge 層に応用した場合、成長領域が微結晶で構成されることが課題となってきた^[5,6]。今回、Ni-MILC 法を高密度 Ge 薄膜に応用し、粒界方向・結晶方位の制御を検討したので報告する。

【実験方法】石英ガラス基板の上に、基板加熱 (T_d : 50, 125 °C) を行いながら、Ge 膜 (100 nm 厚) を分子線堆積した。その後、金属マスクにより、円形 Ni パターン (50 nm 厚) をスパッタリング堆積した。これらの試料を N_2 中で熱処理 (375 °C, 15 h) し、横方向成長を誘起した (Fig. 1)。

【結果・考察】熱処理後の光学顕微鏡像より、Ge 領域は異なる 3 種の様態を示した (Fig. 2(a,b))。それぞれをラマン分光法で評価したところ、Ni パターン近傍 (B,C) で結晶 Ge 起因のピークが得られた一方、離れた領域 (A) ではピークは得られなかった (Fig. 2(c))。特に $T_d = 125$ °C において、Ni パターン界面から約 100 μm の範囲で、強いピークを示す樹状成長領域 (C) が発現した (Fig. 2(b))。各成長領域を EBSD 法で評価したところ、領域 A、B における Ge 結晶粒は検出感度以下であった。ラマン分光法の結果もあわせると、領域 A は非晶質状態であるのに対し、領域 B では厚い Ni 層に起因した Ni 拡散による微結晶 Ge の形成が示唆される。Ni パターン界面 (C) では、 $T_d = 50$ °C では Ge 結晶粒が検出されなかった一方、 $T_d = 125$ °C では、Si の Ni-MILC^[4]と同様の (110) に配向した幅 1 μm 程度の針状結晶が確認された (Fig. 3(b))。Ge の MILC として最大の結晶粒サイズである。また、MILC 成長領域の最大長は 110 μm に達し、従来 Ge 層の Ni-MILC 成長距離を 1 桁更新した (Fig. 4)^[5,6]。

以上、非晶質 Ge の高密度化が MILC 成長促進にも有効であることを実証し、Ge の粒界方向・結晶方位を制御する端緒を得た。現在、制御指針の構築に向けて各種成長条件の影響を調査している。

[1] K. Toko *et al.*, *Sci. Rep.* **7**, 16981 (2016).

[2] K. Moto *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **114**, 212107 (2019).

[3] T. Nishijima *et al.*, *AIP Adv.* **10**, 055306 (2020).

[4] M. Kurosawa *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **100**, 172107 (2012).

[5] H. Kanno *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **89**, 182120 (2006).

[6] T. H. Phung *et al.*, *J. Electrochem. Soc.* **157**, H208 (2010).

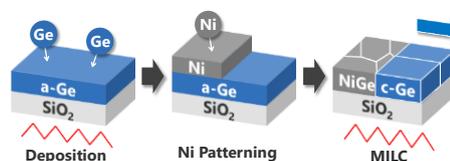


Fig. 1. Schematic of the sample preparation.

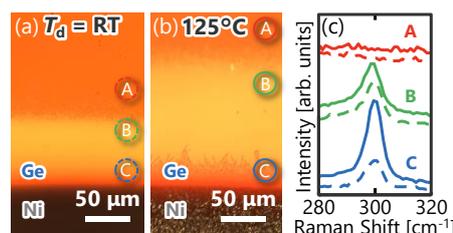


Fig. 2. Nomarski optical micrographs for $T_d =$ (a) RT and (b) 125 °C. (c) Raman spectra obtained at Area A-C for each sample.

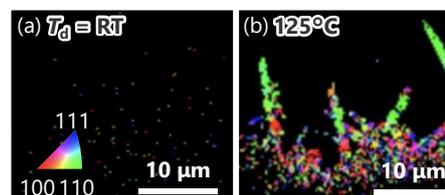


Fig. 3. EBSD images at the vicinity of the Ni pattern for $T_d =$ (a) RT and (b) 125 °C samples.

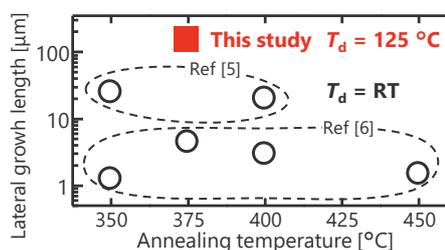


Fig. 4. Comparison of lateral growth length as a function of annealing temperature.