

非晶質 Ge (Sn) 薄膜の Ni 誘起横方向成長

Ni-induced lateral crystallization of amorphous Ge(Sn) thin films

筑波大院 数理物質 ○石山隆光, 今城利文, 末益崇, 都甲薫

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

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

【はじめに】我々は非晶質 Ge 層を高密度化することで、固相成長 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)はSiの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[3,4]。本法は Ge 層を微結晶化させる問題があったが[5]、我々は高密度非晶質 Ge 層の Ni-MILC において多結晶 Ge 層の大粒径化を報告した[6]。今回、更なる大粒径化に向け、Ge および Ni の膜厚やプロセス温度が合成膜に与える影響を包括的に調査した。

【実験方法】石英ガラス上に、基板加熱(T_{depo} : 50, 125 °C)しながら Ge 膜(t_{Ge} : 20-160 nm 厚)を分子線堆積した。その後、幅 5 μm の Ni パターン(t_{Ni} : 0.5-5 nm 厚)をスパッタリング堆積とリソグラフィで形成した。これらの試料を N_2 中で熱処理(T_{anneal} : 300-375 °C)し、MILC を誘起した(Fig. 1)。

【結果・考察】光学顕微鏡像から、 T_{depo} に関わらず樹状結晶領域(MILC-Ge)が生じていることが判る(Fig. 2(a), (b))。横方向成長が完了した後も熱処理を続けた場合、従来の固相成長法よりも短い時間で試料全面が結晶化した(Fig. 2(c), (d))。非晶質中に拡散した Ni を触媒とした微結晶化と推察される。MILC 長を熱処理時間の関数とした結果、 $T_{\text{depo}} = 125$ °C において MILC-Ge は直ちに発生し、成長速度も向上したことが判明した(Fig. 2(e))。Ge 層の高密度化により、MILC が促進されることが示唆される。Ni パターン近傍を EBSD 法で評価した結果、 $T_{\text{depo}} = 125$ °C において MILC-Ge は大粒径化し、検出可能なレベルに到達した(Fig. 3)。更に結晶化領域では、(110)配向した MILC-Ge とランダムな多結晶 Ge が形成される 2 種の成長様態に分類できた。成長様態を決定する要因を検討する為、 t_{Ge} と t_{Ni} を変調した。その結果、 $t_{\text{Ge}} = 40$ -100 nm の範囲でのみ MILC が発現し、 t_{Ni} が厚いほど微結晶 Ge が支配的となった(Fig. 4)。Ge 核発生と Ni 供給量のバランスが重要であることが示唆される。

特に、 $t_{\text{Ge}} = 40$ nm、 $t_{\text{Ni}} = 1$ nm の条件において、幅 1 μm 、長さ 10 μm の単一粒 Ge 結晶が発現した。

以上、非晶質 Ge 層の膜質変調が MILC 促進に有効であることを実証し、多結晶 Ge の粒界と結晶方位を制御する端緒を得た。当日は、非晶質 Ge 中への Sn 添加を重畳した結果の報告も併せて行う。

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

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

[3] M. Mitsutoshi et al., Appl. Phys. Lett. 80, 944 (2002).

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

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

[6] 石山 他, 第 68 回春応物, 17a-Z33-6 (2021).

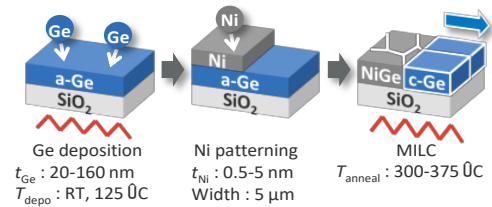


Fig. 1. Schematic of the sample preparation.

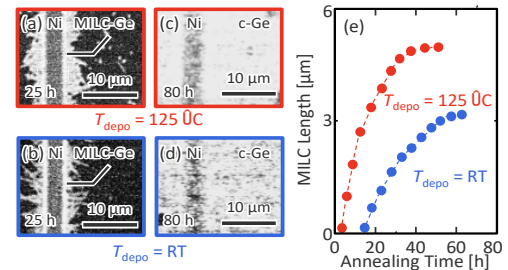


Fig. 2. (a-d) Optical micrographs of samples with $t_{\text{Ni}} = 5$ nm, $t_{\text{Ge}} = 100$ nm, $T_{\text{depo}} = \text{RT}, 125$ °C after annealing at $T_{\text{anneal}} = 350$ °C for 25 h and 80 h. (e) MILC length as a function of annealing time.

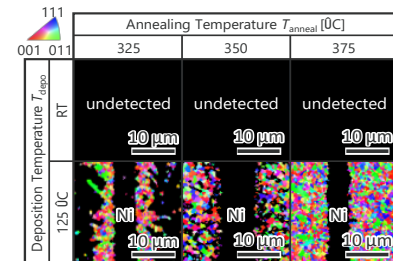


Fig. 3. EBSD images near the Ni patterns ($t_{\text{Ni}} = 5$ nm) for the $T_{\text{depo}} = \text{RT}$ and 125 °C samples ($t_{\text{Ge}} = 100$ nm) annealed until MILC is saturated, where and $T_{\text{anneal}} = 325$ °C (100 h), 350 °C (50 h), and 375 °C (15 h). The colors indicate the crystal orientation according to the color key.

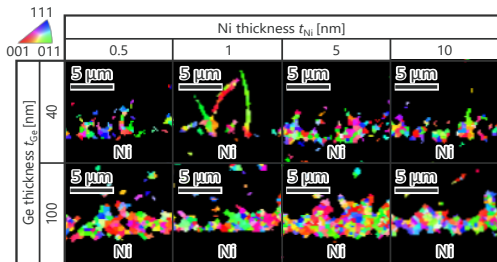


Fig. 4. EBSD images near the Ni pattern of the samples annealed at 325 °C for 100 h, as a matrix of t_{Ge} and t_{Ni} . The colors indicate the crystal orientation according to the color key.