

## 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 ( $T_{\text{depo}}$ : 50, 125 °C) しながら Ge 膜 ( $t_{\text{Ge}}$ : 20-160 nm 厚) を分子線堆積した。その後、幅 5  $\mu\text{m}$  の Ni パターン ( $t_{\text{Ni}}$ : 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  $\text{N}_2$  中で熱処理 ( $T_{\text{anneal}}$ : 300-375 °C) し、MILC を誘起した (Fig. 1)。

**【結果・考察】** 光学顕微鏡像から、 $T_{\text{depo}}$  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、 $t_{\text{Ge}}$  と  $t_{\text{Ni}}$  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、 $t_{\text{Ni}}$  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  $\mu\text{m}$ 、長さ 10  $\mu\text{m}$  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).

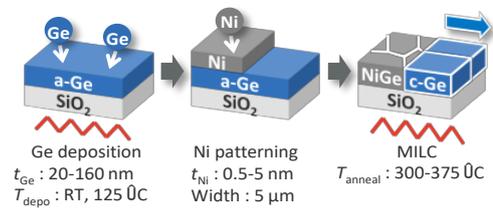


Fig. 1. Schematic of the sample preparation.

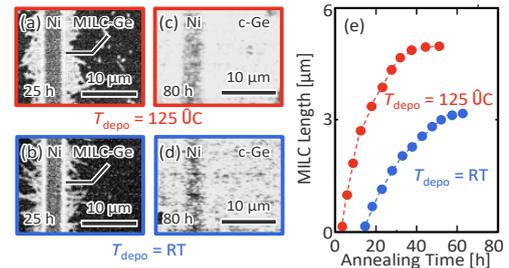


Fig. 2. (a-d) Optical micrographs of samples with  $t_{\text{Ni}} = 5$  nm,  $t_{\text{Ge}} = 100$  nm,  $T_{\text{depo}} = \text{RT}, 125$  °C after annealing at  $T_{\text{anneal}} = 350$  °C for 25 h and 80 h. (e) MILC length as a function of annealing time.

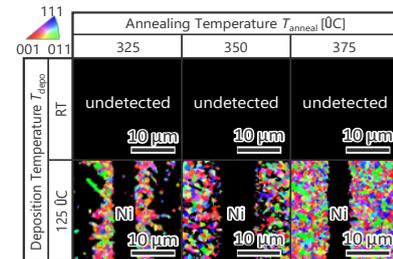


Fig. 3. EBSD images near the Ni patterns ( $t_{\text{Ni}} = 5$  nm) for the  $T_{\text{depo}} = \text{RT}$  and  $125$  °C samples ( $t_{\text{Ge}} = 100$  nm) annealed until MILC is saturated, where and  $T_{\text{anneal}} = 325$  °C (100 h),  $350$  °C (50 h), and  $375$  °C (15 h). The colors indicate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

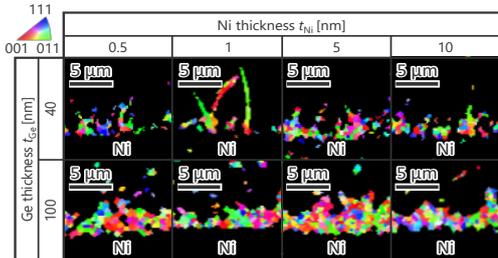


Fig. 4. EBSD images near the Ni pattern of the samples annealed at  $325$  °C for 100 h, as a matrix of  $t_{\text{Ge}}$  and  $t_{\text{Ni}}$ . The colors indicate the crystal orientation according to the color key.