

Ge-Au 同時蒸着膜を用いた金誘起層交換成長法による Ge 結晶の低温形成 Low temperature fabrication of a crystalline Ge layer by gold-induced layer exchange crystallization (GIC) method with a Ge-Au co-evaporation film

福岡大理¹, 熊本高専² ○梶 昂輝¹, 笠原健司¹, 清水 昇², 角田 功², 眞砂卓史¹
Fukuoka Univ.¹, NIT Kumamoto college², ○K. Kakoi¹, K. Kasahara¹, N. Shimizu², I. Tunoda², T. Manago¹
E-mail: sd181003@cis.fukuoka-u.ac.jp

【研究背景】近年、結晶性シリコンよりも電子・正孔移動度がともに高い結晶性ゲルマニウム(c-Ge)を、絶縁性基板上に低温($\leq 300^\circ\text{C}$)で形成しようという研究が盛んに行われている。中でも金(Au)を触媒として用いた金誘起層交換成長(GIC)法と呼ばれる手法は、[アモルファス(a)-Ge/Au]多層構造を $250 \sim 300^\circ\text{C}$ で熱処理することにより、(111)配向した大粒径($\sim 1 \text{ mm}$)の c-Ge 粒を石英やフレキシブル基板上に形成することに成功している [1]。最近ではそれを用いた薄膜トランジスタが動作している[2, 3]。しかしながら、(a-Ge/Au)を多層化しなければならないため、作製プロセスが複雑化し、作製に時間が掛かるという問題があった。そこで本研究では、(a-Ge/Au)多層構造の代わりに、Ge と Au の同時蒸着により形成した GeAu 層を用いることによって、作製プロセスの大幅な簡素化を試みた。

【実験方法】Figure 1 に作製プロセスを示す。まず、化学洗浄した $\text{SiO}_2/\text{p-Si}(100)$ 基板上に、抵抗加熱蒸着装置で Au(膜厚: $250 \text{ \AA}$, レート: $0.2 \text{ \AA/s}$)、Ge[Ge 膜厚(d_{Ge}): $7.0, 10, 13 \text{ \AA}$, レート: $0.1 \text{ \AA/s}$] の順に蒸着した。Ge をプラズマ酸化し [投入電力: 100 W , 酸化時間(t_0): 16 h]、拡散制御層として GeO_x 層を形成した。電子線蒸着装置を用いて GeAu(Au: $0.2 \text{ wt\%}$)(膜厚: $250 \text{ \AA}$, レート: $0.2 \text{ \AA/s}$)を蒸着した後、管状炉でアニールした (300°C , 50 h)。最後に、ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液で Au と GeO_x を除去した。X 線回折(XRD)法と電子線後方散乱回折(EBSD)法を用いて Ge の結晶性を評価した。

【結果と考察】Figure 2 は、 $t_0 = 16 \text{ h}$ 、 $d_{\text{Ge}} = 7.0 \text{ \AA}$ のときの XRD スペクトルである明瞭な Ge(111)ピークが観測されており、 SiO_2 上に c-Ge が形成されていることが分かる。Figure 3 は $d_{\text{Ge}} = 7.0 \text{ \AA}$ における Ge 結晶粒の光学顕微鏡写真である。長さ $115 \text{ }\mu\text{m}$ 以上もある比較的大きな c-Ge を得ることに成功した。Figure 4 に $d_{\text{Ge}} = 7.0 \text{ \AA}$ である Ge 結晶の面直方向の EBSD 像を示す。結晶全体が (111)配向した c-Ge になっていたことを示唆する青色になっていることが分かった。

【参考文献】

- [1] H. Higashi, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **106**, 041902 (2014).
- [2] K. Kasahara, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **107**, 142102 (2015).
- [3] K. Kasahara *et al.*, Materials Science in Semiconductor Processing **70**, 68 (2017).

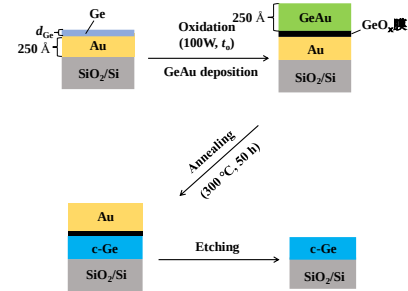


Fig. 1 Processing the c-Ge by using GIC.

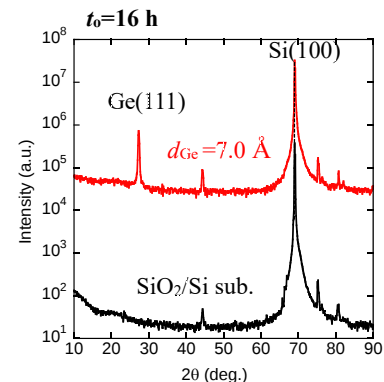


Fig. 2 XRD spectra of $d_{\text{Ge}} = 7.0 \text{ \AA}$ when sample of fixation $t_0 = 16 \text{ h}$.

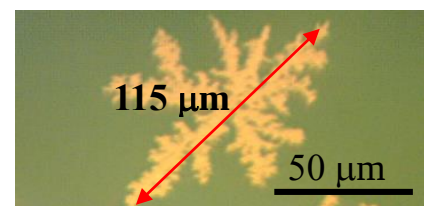


Fig. 3 Optical micrograph of the c-Ge when sample of $d_{\text{Ge}} = 7.0 \text{ \AA}$ ($t_0 = 16 \text{ h}$).

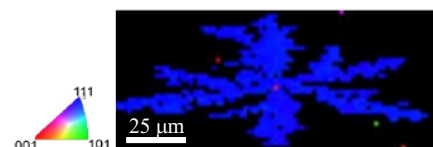


Fig. 4 EBSD image of the c-Ge in the normal direction (ND) in $d_{\text{Ge}} = 7.0 \text{ \AA}$ ($t_0 = 16 \text{ h}$).