

Germanium-on-Nothing 構造形成のためのアニール条件の検討

Investigation of annealing conditions for forming Germanium-on-Nothing structures

埼玉大学¹, 産総研², °(M2) 范文博^{1,2}, 大島 隆治², 庄司 靖², 菅谷 武芳²,
八木 修平¹, 矢口 裕之¹

Saitama Univ.¹, AIST², °(M2) Wenbo Fan^{1,2}, Ryuji Oshima², Yasushi Shoji², Takeyoshi Sugaya²,
Shuhei Yagi¹, Hiroyuki Yaguchi¹

E-mail: han.b.214@ms.saitama-u.ac.jp

【研究背景】III-V 族太陽電池の製造コストの低減に向けて、Germanium-on-Nothing (GON) 基板再利用技術が注目されている[1, 2]。本研究では、これまでに Bosch process を利用した異方性エッチングにより Ge 基板上で直径 1.0 μm の高アスペクト比ホールパターンを作製する条件を確立し、さらに 900°C で 3 時間のアニールを施すことで GON 構造が形成できることを実証してきた[3]。今回、GON 構造形成過程におけるアニール温度の影響について詳細な検討を行った。

【実験】i 線ステッパーを用いて、[110]に 6°微傾斜させた 2-inch Ge (001)基板上に直径 1.0 μm , ピッチ 1.6 μm のホールパターンを形成し、ホール部を深掘りエッチング (DRIE) 装置を用いて 9.1 μm の深さでエッチングした。エッチング後には、アセトンによるレジスト除去、O₂ アッシャーとアンモニア水による残渣除去をした後、表面酸化膜を HBr 溶液で除去した。その後、基板を常圧の水素雰囲気において 870°C~910°C で 3 時間アニール処理を行った。試料の断面構造は走査電子顕微鏡(SEM)により評価した。

【結果と考察】Fig. 1 にエッチングした後の断面 SEM 図を示す。Fig. 2(a), (d)はそれぞれ 870°C でアニールした試料を $[\bar{1}10]$ 方向と[110]方向に沿って劈開した断面の SEM 像である。アニールでホール開口部が塞がれボイド状の領域が生じており、 $[\bar{1}10]$ 方向では元のホール径と同程度の幅をもつボイドが互いに繋がらず分離しているが、[110]方向ではボイドが融合していることが分かった。この違いは、ホール部側壁において、基板オフ方向の[110]に平行な面に比べ垂直な面の原子ステップ密度が高く、エネルギー的に不安定で表面原子が拡散しやすいことに起因していると考えられる。Fig. 2(b), (e)に示した 890°C の条件では、部分的に形成された GON 構造内部に柱状の Ge が一部残存した。Fig. 2 (c), (f)に示した 910°C の場合は、完全な GON 構造が得られた。本結果により、直径 1.0 μm のホールを用いた GON 構造形成には 890°C 以上のアニール温度が必要であることを見出した。

【謝辞】本研究の一部は、文部科学省「マテリアル先端リサーチインフラ」事業（課題番号：JPMXP1224AT0037, JPMXP1224NM0073）の支援を受けた。

[1] S. Park et al., *Joule* 3, 1782 (2019). [2] V. Depauw et al., *Prog. Photovoltaics. Res. Appl.* 31, 1315 (2023).

[3] 范文博ほか, 第 85 回応用物理学会秋季学術講演会予稿集, 18p-B1-20 (2024).

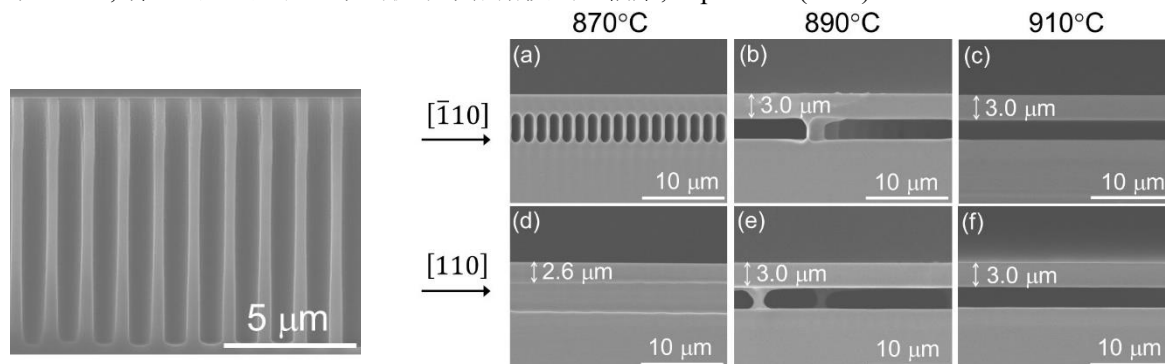


Fig. 1 Cross-sectional SEM image of etched sample.

Fig. 2 Cross-sectional SEM images of different crystal orientations at different annealing temperatures.