

## サブモノレイヤカーボンによる Ge/Si ミキシングの抑制に関する検討

## Suppression of intermixing in Ge/Si system by interfacial sub-monolayer carbon

東北大院工<sup>1</sup>, 東北大工<sup>2</sup>伊藤 友樹<sup>1</sup>, 早瀬 凌<sup>2</sup>, 畠山 真慈<sup>1</sup>, 川島 知之<sup>1,2</sup>, 鷲尾 勝由<sup>1,2</sup>

Tohoku Univ. °Y. Itoh, R. Hayase, S. Hatakeyama, T. Kawashima, and K. Washio

E-mail: itoh.yuhki@ecei.tohoku.ac.jp

## 【1.はじめに】

Si 基板上的 Ge 成長では、界面で Ge と Si のミキシングが生じることが知られている<sup>1)</sup>。最近、サブ原子層のカーボン(C)を堆積することで、このミキシングを抑制することが報告された<sup>2)</sup>。ここでは、Ge/Si 界面の C による Ge 成長層の結晶性の変化とミキシングの抑制について検討する。

## 【2.実験方法】

試料は MBE 装置によって作製した。Si(100) 基板を化学洗浄後、MBE 装置内に搬入し、RHEED により Si 表面の清浄性を確認した。C を電子銃により 0.05-0.6 ML (モノレイヤ)堆積し、その上に堆積レート 0.19 nm/min、基板温度( $T_{\text{sub}}$ ) 300°C で、Ge(K セル加熱)を 20 nm 堆積した。その後、試料を RTA(Rapid Thermal Annealing)装置により、アニール温度( $T_{\text{A}}$ )650°C で 10 分間アニールした。XRD により Ge の結晶性を、AFM により表面ラフネスを、Raman 分光により Ge と Si のミキシングを評価した。

## 【3.結果と考察】

成膜後とアニール後の表面ラフネスと、Ge (220)ピーク強度の C 被覆率( $C_{\text{ML}}$ )による変化を図 1 に示す。C 堆積により、成膜後の試料の表面ラフネスが約 5 nm から約 3 nm に低減している。また、Ge (220)ピーク強度が  $C_{\text{ML}}$  増加とともに指数関数的に減少した。これは、 $C_{\text{ML}}$  増加とともに、結晶性が劣化していることを示す。アニール後の表面ラフネスは、 $C_{\text{ML}} \leq 0.2$  ML では成膜後の傾向を保ったまま、ラフネスが約 1 nm 程度増加した。その後、 $C_{\text{ML}} = 0.3$  ML で成膜後の試料に比べてラフネスが約 2 nm 増加し、 $C_{\text{ML}} \geq 0.4$  ML では、 $C_{\text{ML}}$  の増加とともにラフネスが減少した。アニールによる結晶性の変化は  $C_{\text{ML}} \leq 0.2$  ML では見られず、 $C_{\text{ML}} \geq 0.3$  ML でピーク強度が成膜後よりも劣化し、 $C_{\text{ML}} = 0.6$  ML でピークを観測できなかった。

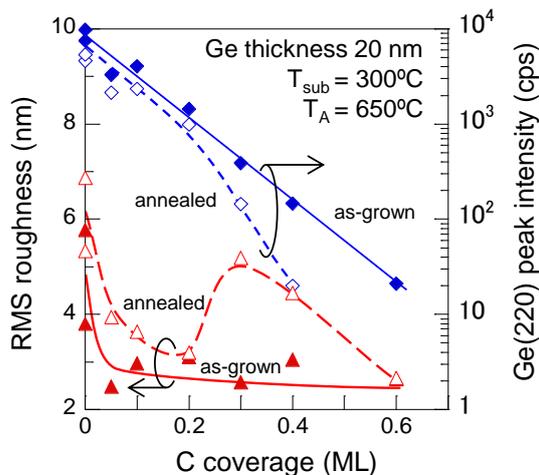
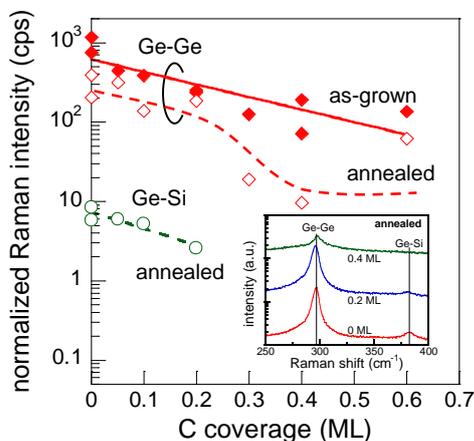
成膜後とアニール後の Raman により測定した Ge-Ge と Ge-Si 振動の  $C_{\text{ML}}$  依存性を図 2 に示す。各強度は Si-Si 振動ピーク強度で規格化した。また、 $C_{\text{ML}} = 0, 0.2, 0.4$  ML のときのラマンスペクトルを図中に示した。成膜後の Ge-Ge 振動のピーク強度は指数関数的に減少し、Ge-Si 振動は見られなかった。アニール後は、

$C_{\text{ML}} \leq 0.2$  ML で Ge-Si 振動モードが観測され、 $C_{\text{ML}} \geq 0.3$  ML では観測されなかった。これは  $C_{\text{ML}} \geq 0.3$  ML では、Ge/Si 界面でのアニール時のミキシングが抑制されていることを示す。Ge-Ge 振動は  $C_{\text{ML}} \leq 0.2$  ML では、成膜後の傾向とほぼ変化せず、 $C_{\text{ML}} \geq 0.3$  ML ではピーク強度が減少した。以上から、 $C_{\text{ML}} \geq 0.3$  ML ではカーボン被覆により Ge と Si のミキシングが抑制できることがわかった。

【謝辞】本研究の一部は JSPS 科研費 24246003 の助成を受けたものです。

## 【参考文献】

- 1) S. Fukatsu, et al., Appl. Phys. Lett. 59 (1991) 2103.
- 2) T. K. P. Luong, et al., J. Appl. Phys. 114 (2013) 083504.

図 1 表面ラフネスと結晶性の  $C_{\text{ML}}$  依存性図 2 ラマンスペクトルの  $C_{\text{ML}}$  依存性