

## Si 上 Ge エピタキシャル層の高速トレンチ埋め込み成長

### Rapid trench-filling growth of Ge epitaxial layer on Si

豊橋技科大<sup>1</sup>, (株)SUMCO<sup>2</sup> 本村 一輝<sup>1</sup>, <sup>○</sup>(M1)加藤 滉大<sup>1</sup>, Jose A. Piedra-Lorenzana<sup>1</sup>,  
(M1)Mohd Faiz Bin Amin<sup>1</sup>, 飛沢 健<sup>1</sup>, 中井 哲弥<sup>2</sup>, 石川 靖彦<sup>1</sup>

Toyohashi Univ. of Tech.<sup>1</sup>, SUMCO Corporation<sup>2</sup>, Kazuki Motomura<sup>1</sup>, <sup>○</sup>Kota Kato<sup>1</sup>, Jose A. Piedra-Lorenzana<sup>1</sup>, Mohd Faiz Bin Amin<sup>1</sup>, Takeshi Hizawa<sup>1</sup>, Tetsuya Nakai<sup>2</sup>, Yasuhiko Ishikawa<sup>1</sup>

E-mail: kato.kota.vd@tut.jp, ishikawa@ee.tut.ac.jp

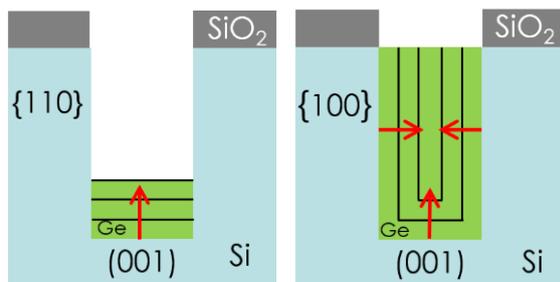
#### 1. はじめに

Si フォトニクスにおいて, Si 上 Ge エピタキシャル層は光通信用受光器の作製に不可欠である[1]. Si チップ面内を伝搬する光に対する導波路受光器への応用に加えて, 垂直入射受光器としての応用も重要である. 導波路受光器では膜厚 1  $\mu\text{m}$  以下の薄膜 Ge 層で十分な受光効率 ( $\sim 1 \text{ A/W}$ : 量子効率 $\sim 80\%$ ) が得られるが, 垂直入射では効率が低下する課題がある. 例えば, 波長 1550 nm において Si 上 Ge 層がもつ光吸収係数は約  $4000 \text{ cm}^{-1}$  である. 垂直入射で量子効率 80%以上を得るには, 膜厚 4  $\mu\text{m}$  以上の Ge 層を形成すれば良いが, エピタキシャル成長に要する時間が激増する.

今回, Si(001)基板上へ膜厚数  $\mu\text{m}$  の Ge 層を高速に形成する方法として, トレンチ埋め込み成長を検討したので報告する.

#### 2. 高速成長のコンセプト

減圧化学気相堆積 (CVD) 法による Ge エピタキシャル成長を想定する. 原料ガスは分子流として表面に一様に供給されると仮定する.  $\langle 110 \rangle$ 方向に沿って形成した通常のトレンチでは, Fig. 1(a)に模式的に示したように, 主に底面の(001)面上で Ge 層が形成され, 側壁の $\{110\}$ 面では結晶成長は抑制される. 一方, Fig. 1(b)のように, トレンチの面内方向を  $45^\circ$  ずらした $\langle 100 \rangle$ 方向とすると, 側壁の $\{100\}$ 面からも成長が起こる. 側壁からの横方向成長を用いると, 狭いトレンチであれば高速に埋め込むことができる. Ge の占有面積は減少するが, 厚膜を短時間で形成できる.

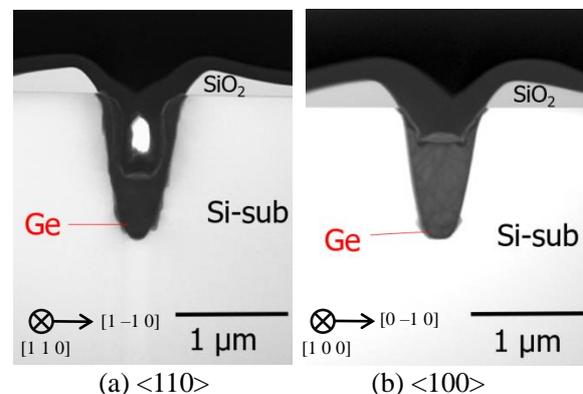


(a)  $\langle 110 \rangle$  trench (b)  $\langle 100 \rangle$  trench  
Fig. 1. Schematic Ge growth in Si trenches.

#### 3. トレンチ埋め込み Ge 成長

フォトリソグラフィおよびドライエッチングにより, Si(001)基板上に $\langle 110 \rangle$ および $\langle 100 \rangle$ 方向に沿ったトレンチを形成した. 深さは約 1  $\mu\text{m}$ , 幅は 0.6  $\mu\text{m}$  とした. トレンチ外の Si 表面は  $\text{SiO}_2$  層で覆い, CVD 法によりトレンチ内に選択的に Ge を成長した. 原料ガスは Ar 希釈  $\text{GeH}_4$  (9%) であり, 成長室の圧力は約 5 Pa とした. 成長温度は  $600^\circ\text{C}$  とし, 膜厚は 0.5  $\mu\text{m}$  ((001)面上) とした.

典型的な断面 TEM 像を Fig. 2 に示す. Fig. 2(a)の $\langle 110 \rangle$ 方向トレンチでは, 主に底面から成長が進み, 膜厚も想定した 0.5  $\mu\text{m}$  程度であった. トレンチ側壁は $\{110\}$ 面から傾いているが, 成長は抑制されている. 一方, Fig. 1(b)の $\langle 100 \rangle$ 方向の場合, トレンチがほぼ Ge で埋まっている. 側壁は $\{100\}$ 面からずれているものの, 横方向成長が促進され, 高速に埋め込むことができたことが示唆される.



(a)  $\langle 110 \rangle$  (b)  $\langle 100 \rangle$   
Fig. 2. TEM cross-sectional image for (a)  $\langle 110 \rangle$  and (b)  $\langle 100 \rangle$  trenches.

#### 4. まとめ

Si(001)基板上へ膜厚数  $\mu\text{m}$  の Ge 層を高速に形成する方法として, トレンチ埋め込み成長を検討した. Si(001)基板上の $\langle 100 \rangle$ 方向に沿ってトレンチを形成することで, 狭いトレンチを高速に埋め込むことができ, 厚膜を短時間で形成可能である.

[1] J. Michel et al., Nature Photon. 4, 527 (2010).