中性粒子ビームによる Ge Fin 構造の側壁エッチング特性の検討

Investigation of Side-wall Etching for Germanium Fin Structure by Neutral Beam Etching

東北大流体研 [1]，産総研 [2]，NCTU [3]，NDL [4]，東北大 AIMR [5] ○(PC)大堀 大介 [1]，野田 周一 [2]，藤井 卓也 [1]，水林 亘 [2]，遠藤 和彦 [1,2]，Lee En-Tzu [1]，Li Yiming [3]，Lee Yao-Jen [4]，尾崎 卓哉 [1]，寒川 誠二 [1,3,5]

IFS, Tohoku Univ. [1], AIST [2], NCTU [3], NDL [4], AIMR, Tohoku Univ. [5], °(PC)Daisuke Ohori[1], Shuichi Noda[2], Takuya Fujii[1], Wataru Mizubayashi[2], Kazuhiko Endo[1,2], En-Tzu Lee[1], Yiming Li[3], Yao-Jen Lee[4], Takuya Ozaki[1], and Seiji Samukawa[2,3]

E-mail: daisuke.ohori.a4@tohoku.ac.jp, samukawa@ifs.tohoku.ac.jp

【緒言】

Si 半導体デバイスではプレーナ形 MOS トランジスタの短チャネル効果によるゲート長微細化限界により 3 次元 Fin 型電界効果トランジスタ構造が用いられている。さらにより高いキャリア移動度をもつ Ge を従来の Si と置き換えることで高性能化が期待され、すでに 100 nm 以下の Fin 幅をもつ構造が実現している[1]。しかしながら、Ge Fin チャネル形成は Si のエッチング反応と比較してそのエッチングメカニズムが詳細に議論されていない。そこで、本研究では従来のプラズマエッチングと中性粒子ビームエッチングを比較することで、Fin 構造の形成に必要不可欠な高い垂直性を実現するためのメカニズムを明らかにした。

【実験方法と結果】

Ge(100)基盤上に 150 nm 線幅の Si 酸化膜マスクを作製した試料を用意した。中性粒子ビームエッチングは、塩素ガスを用いプラズマ発生室の下部にカーボンアパーチャ(アスペクト比 10)を設置し、その穴を通過する際にプラズマ中の正負イオンが中性粒子化されかつ紫外線を除去することで、無欠陥高精度エッチングを実現した(NBE)。さらに、カーボンアパーチャのアスペクト比を 0.7 に変更することで、紫外線量を従来のプラズマエッチングと同様とした(PE)。アパーチャ開口率は両条件ともに 50%とし、ステージ温度を-20、30、90、150 度と変化させた。これらの試料を走査型電子顕微鏡(SEM)および原子間力顕微鏡(AFM)により、側壁の状態を調査した。

図 1 に SEM 像より導いた(a)深さ方向のエッチングレートおよび(b)側壁のエッチングレートの温度依存性を示す。図 1(a)より PE のエッチングレートは NBE より非常に大きく、温度上昇と共にエッチングレートも大きく変化した。図 1(b)より、PE では全ての温度でサイドエッチングが確認できる一方で、NBE では-20 度、30 度の領域ではサイドエッチングが確認できなかった。AFM 像より、エッチング前、NBE、PE で Ra はそれぞれ 0.15、0.16、0.39 nm となった。PE では試料表面に等方的に紫外線照射があり、これにより Ge 結合が損傷を受けることで、多層エッチングされる[2]。以上のことより、紫外線照射のない NBE において非常に高い異方性エッチングを実現した。

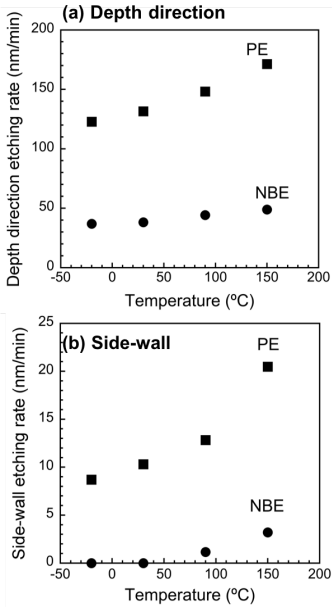

Fig.1 (a) The depth direction etching rate and (b) the side-wall etching rate of Ge Fin FET for NBE and PE.

Reference

[1] D. Hisamoto, et al., IEEE Trans. Electron Devices 47, 2320 (2000).
[2] W. Mizubayashi, et al., Appl. Phys. Express 10, 026501 (2017).