HBr 中性粒子ビームによる Ge 原子層無欠陥エッチングの検討

Investigation of Atomic-layer Defect-free Ge Etching by HBr Neutral Beam

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

IFS, Tohoku Univ. [1], AIST [2], AIMR, Tohoku Univ. [3], NCTU [4], NDL [5],
°(P)D. Ohori[1], T. Fujii[1], S. Noda[2], W. Mizubayashi[2], K. Endo[1,2],
Y. Li[4], Y.-J. Lee[5], T. Ozaki[1], and S. Samukawa[1,2,3]

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の微細化の限界により 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更なる高性能化が期待され、すでに 10 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。我々は、プラズマと中性粒子ビーム(NB)での塩素を用いたエッチングにおいて、原子層で欠陥の無い平坦なエッチング表面を得たことを報告した[2]。本研究では、NB エッチングにおいて HBr ガスを採用することで、原子層で欠陥がなく平坦な Ge Fin 構造の形成に必要不可欠なより高い選択性と垂直性を実現できることを明らかにした。

【実験方法および結果】

Ge(100)基盤上に 150 nm 線幅の Si 酸化膜マスクをナノインプリント法で作製した試料を用意した。エッチング条件として、エッチングガスに塩素または HBr ガスを用いた。NB エッチングにおいて、プラズマ発生室の下部に高アスペクト比(1:10)のカーボンアパーチャを設置し、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。プラズマは、エッチングガスを 40 sccm で導入し、誘導結合プラズマを 400 W パルス(50 μs)で生成した。そして、上部電極に-100 V、下部アパーチャー電極に 18 W を印加した。そして、エッチング時のステージ温度を-20、30、90、150 ºC と変化させ、これらの試料を走査型電子顕微鏡(SEM)法、原子間力顕微鏡(AFM)法、X 線光電子分光(XPS)法により調査した。

図 1 に SEM 像より導いた塩素および HBr ガスにおける NB の(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)より塩素 NB では温度上昇と共にエッチングレートが上昇するが、HBr NB では、-20～90 ºC まで一定で、150 ºC で急激に上昇した。さらに、図 1(b)において、塩素 NB では-20 度、30 度の領域で側壁エッチングが確認されなかったが、HBr NB においては、90 ºC まで側壁エッチングが確認されなかった。これは、塩素と Ge の化合物の沸点が 85 ºC に対して、Br と Ge の化合物の沸点が 187 ºC であることに起因し、高温にて急激にエッチングが促進されることから、Br の吸着層が塩素と比較して厚く生成されていることを示唆している。他の結果は発表時に詳細に議論する。以上より、HBr ガスを用いた NB エッチングにより、高い垂直性をもつ Ge Fin 構造を作製できた。

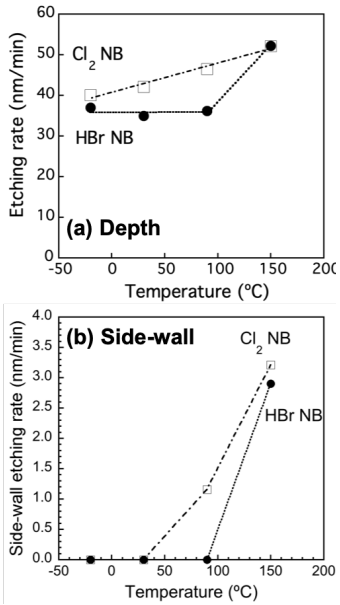

Fig.1 (a) The depth direction etching rate and (b) the side-wall etching rate of Ge Fin FET for Cl_2 or HBr NB.

【参考文献】

Reference [1] Y.J. Lee, et al., *IEDM* (San Francisco, CA), 1 (2016).
[2] D. Ohori, et al., *JVST A* **37**, 021003 (2019).