

中性粒子ビームエッチングによる Ge Fin 構造の作製

Fabrication of Ge Fin Structure by Neutral Beam Etching

○野田周一¹、水林亘²、菊池亜紀¹、遠藤和彦²、寒川誠二^{1,2} (1. 東北大、2. 産総研ナノエレ)

○Shuichi Noda¹, Wataru Muzubayashi², Akiou Kikuchi¹, Kazuhiko Endo², Seiji Samukawa^{1,2}

(1.Tohoku Univ., 2.AIST)

E-mail: samukawa@ifs.tohoku.ac.jp

1. はじめに

Ge FinFET CMOS デバイスの実現を目指して中性粒子ビームエッチング (NBE) [1]を用いた Ge 立体チャネル構造の加工プロセスを検討している。純 Cl₂ ガスを用いた Ge のドライエッチングにおいて、Cl 中性粒子ビームによってエッチングが進行する NBE は、高エネルギーの紫外光に曝されながらエッチングが進行する ICP エッチングと比べエッチレートや形状、Fin 表面の平滑さなどのエッチング諸特性が大きく異なり、ナノメートルスケールの Ge Fin 加工に大きな優位性がある可能性を示してきた[2]。本報告では中性粒子ビーム(NBE)および誘導結合プラズマ(ICP)を用いてエッチングした Ge Fin 構造の側壁表面状態の違いと FinFET の電気特性との関係を詳細に比較した。

2. 実験

NBE 装置において、Cl プラズマ中のイオンを加速・中性化するアパーチャープレートの開口比率を 50%一定に保ちながら微細孔のアスペクト比を変化させて NBE と ICP エッチングによる Ge 加工特性を比較した。さらに、Ge-Oxide-Insulator (GeOI) 基板を用いてトップダウン加工により形成した Fin を用いて p/n 両タイプの FinFET を作製して、エッチング方法による電気特性の詳細な比較を行った。Ge FinFET は HfO₂/Al₂O₃ ゲート絶縁膜 (EOT=2.1nm) および TiN メタルゲート構造を用いた。

3. 結果

NBE では、ICP エッチングと比べ Ge エッチレートが一桁以上小さい 25nm/min 程度の値でありサイドエッチがほとんど入らずナノメートルレベルのエッチング制御性があることがわかった。図 1 は、オーバーエッチング量を 30%一定として両エッチングにより形成した Fin チャネル表面部分の高倍率 TEM 写真を示す。TEM 画像をデジタイズして求めた表面粗さ (Ra) は、NBE で 0.1nm、ICP エッチングで 0.2nm となり、NBE ではより滑らかなエッチングが可能であることが分かった。ICP では紫外線がプラズマから照射されるため、エッチング表面化学反応が促進され、エッチング速度が上昇すると共にサイドエッチングも発生する。また、エッチング表面には紫外線により欠陥が形成され、エッチング表面の粗さも大きくなることが分かった。図 2 は、作製した FinFET の最大相互コンダクタンス ($g_{m,max}$) と SS の関係をプロットしたものである。いずれの特性も NBE エッチングにより形成した FinFET の方が特性が優れていることが確認された。これらの特性は、紫外線照射により誘起されるチャネル表面の荒れやチャネル表面近傍の紫外線侵入領域での Ge 結晶欠陥の状態の違いにより現れるものだと考えられる。

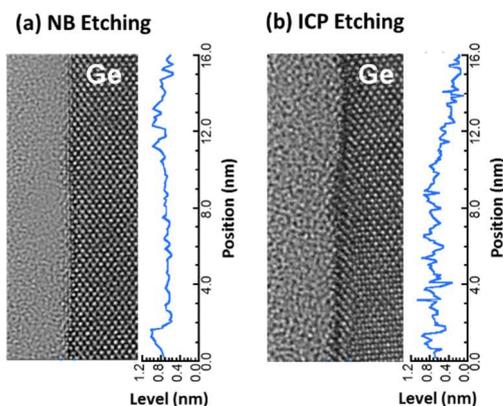


図 1. Ge fin チャネル面のエッチング粗さの比較

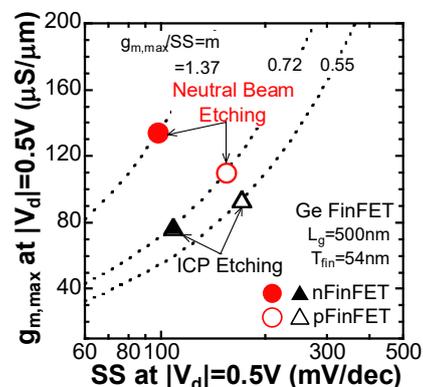


図 2. $g_{m,max}$ vs SS の比較

[1] S. Samukawa et al., J. Vac. Sci. Technol., A **20**, 1566 (2002). [2] E-T. Lee et al., Proc. Int. Conf. Nanotechnology, 2016, p.816. 李他、2016 春季応物 16a9p-S423-15.