

トランジスタプロセスへの応用へ向けたGe表面の酸素エッチング技術

Etching of Ge Channel Surfaces by Oxygen Molecules

産総研ナノエレ、○ 森田行則、前田辰郎、太田裕之、水林亘、大内真一、
昌原明植、松川貴、遠藤和彦

NeRI-AIST ○ Y. Morita, T. Maeda, H. Ota, W. Mizubayashi, S. O'uchi,

M. Masahara, T. Matsukawa, and K. Endo

E-mail: y.morita@aist.go.jp

[はじめに] 近年、MOSFETを構成するチャネルとして従来のSiに代わり、高移動度材料であるGeが注目されている。Geトランジスタではプレーナ構造から、FinFETやnanowire-FET等の立体チャネル化への検討がすでに行われており、Siと同様、Ge立体チャネルの加工に起因したチャネル表面ラフネス制御およびダメージ低減がトランジスタの高性能化の鍵である。また、14nm以降の技術ノードでは、チャネルの幅は10nm以下となり、チャネル寸法の高精度な制御が大きな課題である。そこで、Ge立体チャネルトランジスタへの応用を目指した加工技術研究の一環として、Geチャネルの平坦化及び加工に、低圧の酸素ガスによる直接Geエッチングを適用した。酸素エッチングは、活性酸化(Active Oxidation)として古くからSi表面上で研究されてきた現象である。[1,2] 高温かつ低圧酸素環境下では、表面に解離吸着した酸素がモノオキサイド(Si表面の場合SiO)の形で表面から脱離することで進行する。Ge表面でもSi表面と同様にエッチング反応が起こることが報告されている。[3] 今回、Ge(001)表面の酸素エッチングに対する系統的な実験を行い、実際のデバイスプロセスへの適用を検討した。

[実験] Ge表面に対する酸素エッチングの速度を把握するための実験を行った。(Fig. 1) Ge表面上に形成したSiO₂膜をパターニングしてマスクを形成し、酸素エッチングを行った後マスクを一部後退させる手法(マスクリベート法)を用いた。[2,4] エッチング深さは原子間力顕微鏡で計測した。エッチングには高真空ベースの急速加熱処理(RTA)装置を用いた。試料はフッ酸と塩酸の混合溶液で洗浄後に直ちに高真空RTA装置に導入した。実験にはGe(001)ウェハを用いた。

[結果と考察] Fig. 2は、酸素エッチング後に弗酸を用いてマスクを部分的に溶解し、エッチング段差を明瞭化したGe表面のAFM像(Air View)である。高さ約1nmのエッチングによる段差が形成されている。エッチング後の表面は原子オーダーで平坦で、Geのステップ・テラス構造が観察される。Fig. 3はこの手法により取得した、Ge表面に対する酸素エッチングの速度をプロットしたものである。GeとともにSi表面に対する値も記載している。この図から、エッチング速度は温度にはほとんど依存せず、酸素の圧力に比例している。このことは、酸素の供給がエッチング反応の律速過程であり、プロセスの際の温度はエッチング速度に影響を与えないことを示している。この特性を利用すれば、大きいウェハ上での温度のばらつきに影響されない、均一な原子オーダーエッチングの実現が期待できる。

[参考文献] [1] J.J. Lander, and J. Morrison, J. Appl. Phys. 33 (1962) 2089. [2] Y. Morita, et al., IEDM Tech. Dig. (2015) 390. [3] S.K. Wang, et al., J. Appl. Phys. 108 (2010) 054104. [4] Y. Morita, et al., Surf. Sci. 604 (2010) 1432.

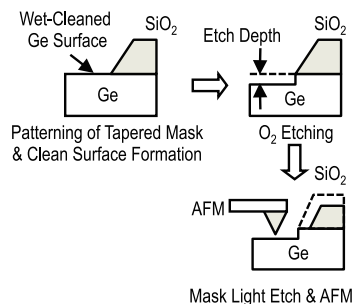


Fig. 1 Mask rebate technique, which is used in the present study to reveal the etch depth.

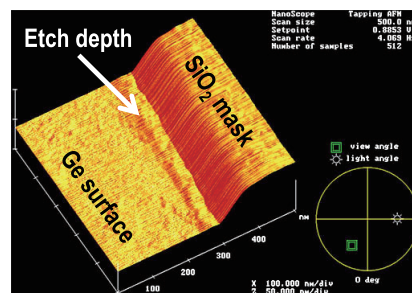


Fig. 2 AFM image (air view, 0.5 x 0.5 μm) of Ge etch depth by O₂ etching. The surface is prepared using the mask rebate technique.

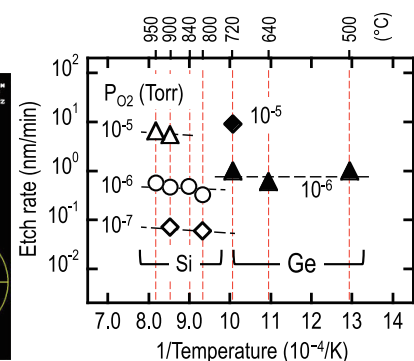


Fig. 3 Etch rate for Ge and Si(001) surfaces by O₂ etching. The etch rate is measured by the mask rebate technique.