4H-SiC の電気化学エッチングにおけるサイドエッチングの異方性

Anisotropy of Side-etching Rate in Electrochemical Etching of 4H-SiC

°山下尚人 [1]、佐藤孝亮 [2]、木本恒暢 [2]、須田淳 [2]（1. 京大工、2. 京大院工）
°Naoto Yamashita[1], Kosuke Sato[2], Tsunenobu Kimoto[2], Jun Suda[2]
(1.Kyoto Univ., 2.Dept. of Electro. Sci. & Eng., Kyoto Univ.)
E-mail: yamashita@semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

はじめに SiC は化学的安定性、高温での高い降伏強度、高温でも半導体デバイスとして動作可能という特徴から、新しい MEMS デバイス材料として注目されている。SiC の利点を最大限に活かすためには、MEMS デバイスの支持部の一部となる犠牲層から構造部まで、すべてを単結晶 SiC で作製する必要がある。単結晶 SiC のマイクロマシーニングではカンチレバーやブリッジ等の宙に浮いた構造を作製するために、電気化学エッチング(EC エッチング)によるサイドエッチングが用いられる。EC エッチングは、正孔による p 型 SiC の酸化反応と、HF 水溶液による酸化物除去反応が連続して進行することで p 型 SiC を選択的にエッチングする方法である。今回、SiC 基板のオフ方位に対応するサイドエッチングの異方性を見出したので報告する。意図しないエッチングの異方性が生じると、デバイス作製の障害となる可能性がある。一方で、サイドエッチングの異方性を生かすことができれば、デバイス設計の自由度は広がる。

実験と結果 n 型 4H-SiC 4 度オフ基板上に n^- 層($N_d = 6.0 \times 10^{15}$ cm^{-3}、12 μm)、p^+層($N_a = 2 \times 10^{19}$ cm^{-3}、2 μm)、n 層($N_d = 1 \times 10^{18}$ cm^{-3}、0.7 μm)の順にホモエピタキシャル成長させた。フォトリソグラフィによってカンチレバーや多角形などの構造をパターニングし、RIE により上部 n 層を除去して犠牲層となる p^+層を露出させた。サンプル周辺部に露出させた p^+層に Ti/Al を蒸着し、コンタクトアニールを行った。SiC を陽極、白金電極を陰極として HF5%水溶液中で EC エッチングを定電流モードで行った。

サンプルを光学顕微鏡で観察し、サイドエッチングの量を測定した。顕微鏡像を Fig. 1 に示す。サイドエッチングに異方性が確認された。サンプル内のすべての箇所でサイドエッチングが大きく進行する方向が同一方向であった。X 線回折で基板のオフ角の方向を確認したところ、水平方向のエッチングはオフ方位に対応しており、側面である{11$\bar{2}$0}面が C 面側に 4 度傾いた面のエッチングレートは大きく、反対に{11$\bar{2}$0}面が Si 面側に 4 度傾いた面のエッチングレートは小さいことがわかった。4H-SiC に熱酸化を行った場合の熱酸化膜成長速度は、C 面が Si 面に対して一桁大きいことが知られているが[1]、EC エッチングにおける酸化反応速度も C 面のほうが Si 面よりも大きいと考えられる。

一方、EC エッチング時の電流密度を大きくすると、Fig. 2 のようにサイドエッチングの異方性がほぼ消失した。EC エッチングの電流密度に対するオフ方位のサイドエッチングレートの比を Fig. 3 に示す。この結果から、サイドエッチングのエッチングレートは電流密度を大きくすると小さくなることがわかった。

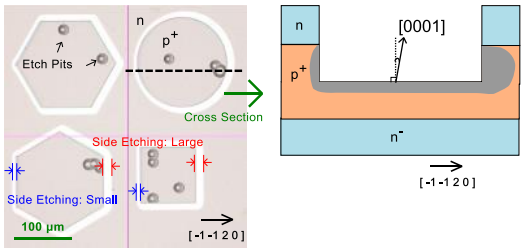

Fig. 1: Microscopic image of SiC after anisotropic etching. (Sample A, 0.075 mA/mm^2)

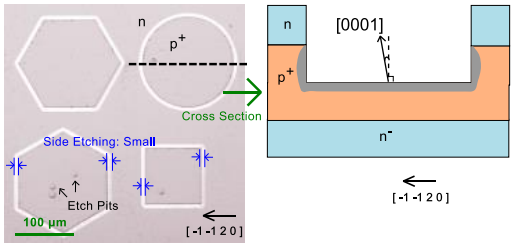

Fig. 2: Microscopic image of SiC after isotropic etching. (Sample B, 0.75 mA/mm^2)

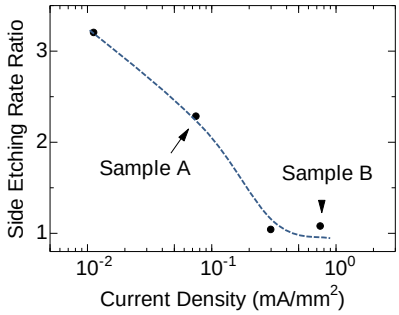

Fig 3: Current density dependence of side etching rate ratio about off direction.

Reference [1] Y. Song, S. Dhar, L. C. Feldman, G. Chung and J. R. Williams, *J. Appl. Phys.* **95** (2004) 4953.

© 2015年 応用物理学会