

CO ガスを用いた Si 表面炭化により形成した SiC 層の微細構造評価

Microscale evaluation of SiC layer by carbonization of Si surface using CO gas

東北大金研¹, 東北大多元研² °出浦 桃子¹, 大野 裕¹, 福山 博之², 米永 一郎¹IMR¹, IMRAM², Tohoku Univ. °M. Deura¹, Y. Ohno, H. Fukuyama², and I. Yonenaga¹

E-mail: deura@imr.tohoku.ac.jp

背景 Si 基板表面に C 原料を供給すると、表面から炭化反応が起こり 3C-SiC 薄膜が形成されるため、これを窒化物半導体成長のための SiC バッファ層として用いることができると期待される。我々は熱力学的考察をふまえながら CO ガスによる Si 表面炭化を行っており、CO 分圧が SiC の形成量や配向性・表面平坦性に大きく影響することを示した[1]。今回は、炭化により形成された SiC の断面透過型電子顕微鏡 (TEM) 観察を行い、微細構造を評価した。

実験・結果 Si(110)基板を H₂SO₄+H₂O₂ (SPM) で前処理し、グラファイト製の横型加熱炉を用いた C 飽和条件下で、大気圧下で Ar-CO 混合ガスを用いて 1200°C で 1 h 炭化した。そのうち、CO 供給比 (CO/(Ar+CO)) が 1.2% (SiC 安定領域) および 20% (SiO₂ 安定領域) で炭化したものを、(110)断面で TEM 観察した。それぞれの表面走査型電子顕微鏡 (SEM) 像を Fig. 1 に、対応する断面 TEM 明視野像を Fig. 2 に示す。表面凹凸の大きい CO1.2% の場合、全面に SiC 薄膜が厚さ 100 nm 程度形成されており、ピットに見えていた小さな凹部も、観察視野内ではすべて SiC 薄膜で被覆されたボイドであることが分かった。また、最大 3 μm 程度深さまで多数の SiC ナノパイプが伸びているのが観察された。ナノパイプは従来の炭化水素による Si 炭化においても観察されており[2]、Si の外方拡散により生じた細孔に CO が拡散して SiC を形成したと考えられる。暗視野像および電子線回折パターンから、SiC 層は(111)配向がメインの幅 100 nm 程度のグレイン構造であり、微量の(110)配向が含まれていることが分かった。(111)配向グレインの一部は双晶であった。一方、SiC ナノパイプ内部は多結晶であった。なお Si(110)と SiC(111)では、面内の対応配向関係である Si[001]と SiC[112]の格子間隔差が 1.7%と比較的小さいため、SiC 層にはほとんど歪みがなかった。これに対し、表面が平坦な CO20% の場合は、厚さ 10 nm 程度の単一配向 SiC(110)薄膜が形成されており、幅 5 nm 程度のグレインから構成されていることが分かった。電子線回折において薄いハローリングが見られたことから、微量の SiO₂ が共存していると考えられる。SiC 層下部に短いナノパイプが若干見られたが、ボイドは観察されなかった。20%の格子不整合度をもつ SiC 層は Si に対してほぼ緩和していたが、面内方向にやや歪みが残っていることが分かった。

謝辞 TEM 観察用試料を作製していただいた東北大金研・材料分析研究コアの伊藤 俊氏に感謝致します。

[1] 出浦他, 第 61 回春季応物, 18a-E13-5 (2014).

[2] R. Scholz *et al.*, Appl. Phys. A **64** (1997) 115.

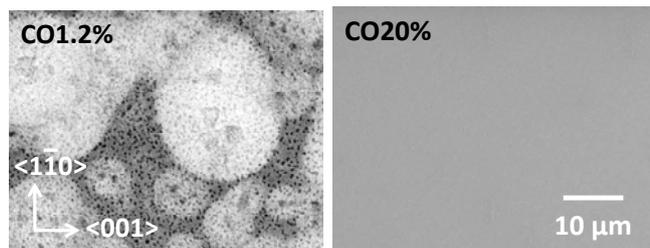


Fig. 1 CO1.2%および20%で炭化したSi(110)基板の表面SEM像。

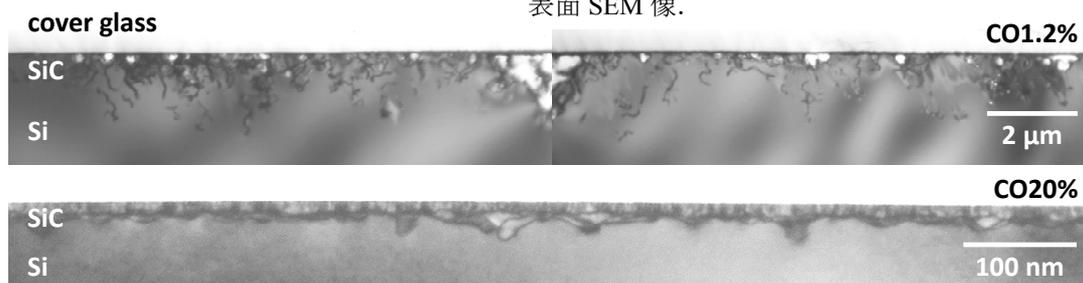


Fig. 2 Fig. 1 に対応する基板の(110)断面 TEM 明視野像。2つの画像の縮尺は異なる。