

ミラー電子顕微鏡による貫通転位-表面ナノグルーブ対構造の観察 Observation of pair structure of threading dislocation and nano-groove in 4H-SiC wafer by mirror projection electron microscopy

京都工繊大¹, 日立中研² ○一色俊之¹, 長谷川正樹²Kyoto Inst. Tech.¹, Hitachi, Central Research Lab.², Toshiyuki Isshiki¹, Masaki Hasegawa²

E-mail: issshiki@kit.ac.jp

ミラー電子顕微鏡(MPJ)は負バイアスされた試料近傍で照射電子を非接触反射させ、レンズ結像により高空間分解能 2 次元画像を高速に取得する装置[1]で、欠陥に伴う表面凹凸や局所帯電などによるわずかな電位変化を可視化することができる。これまで、我々はミラー電子顕微鏡を用いて 4H-SiC 基板の転位分布評価事例を報告してきた[2-3]。今回、ミラー電子顕微鏡法とマイクロエッチピット/低加速 SEM 法を組み合わせ、エピ基板で貫通転位と表面欠陥がペアで出現する欠陥構造を観察したので報告する。

エピ膜厚 7 μm の市販 4H-SiC(0001)_{Si} 4° off as-epi 基板をミラー電子顕微鏡で観察した。図 1(a)(b)は KOH-マイクロエッチピット処理(処理条件 400°C, 1min)前後の同一場所の観察像で、処理前 1(a)には黒矢印で示すような数 μm ~10 μm の細線状コントラストが複数観察された。ミラー電子顕微鏡は表面凹凸に鋭敏であり、エピ表面の極浅グルーブを検出しているものと推測される。KOH 処理後 1(b)では、1(a)のグルーブおよびそれと対をなす転位ピットがエピ成長上流側に観察され、その距離はほぼ一定の 17 μm であった。これまで貫通転位によってエピ層表面に数 μm 長さのステップピングが起こることが報告されているが[4]、転位から離れた位置にグルーブが派生する例は報告されていない。一方、グルーブと対応しない転位ピット(白破線矢印)の存在も確認された。図 2 はグルーブと対をなす転位ピットの FIB-STEM による断面観察像で、 g - b 解析からこの転位はバーガースベクトル b が基底面内にある貫通刃状転位と判別された。この貫通転位-グルーブ対構造の形成原因として、貫通転位のステップピングが成長に伴って解放され、グルーブが派生する機構を推察した。各ピット-グルーブ間距離がほぼ一定であることから、同じ深さで貫通刃状転位からナノグルーブが派生したと考えるのが妥当と思われるが、その位置をバルク-エピ界面付近と考え、グルーブ伝搬が基底面上とすると 4° off 条件から両者は 100 μm 以上離れることになり観察結果と一致しない。また、ピット-グルーブ間距離 17 μm から考察すると、ピット部では深さ 1.2 μm 付近がその起点となるが、図 2 の断面 STEM 像にはその領域に対応するコントラストは観察されていない。基底面を跨ぐ伝搬機構の検討が必要と考えられる。

[1] 品田博之, 島倉智一, 長谷川正樹, 日立評論 vol.94 No.2 p.46 (2012)

[2] 一色俊之, 長谷川正樹, 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会予稿集 15-213 (2013)

[3] 一色俊之, 長谷川正樹, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会予稿集 15-246 (2014)

[4] 生頼義久, 渡邊俊哉, 佐藤高広, 一色俊之, 福井宗利, 同上 15-232 (2014)

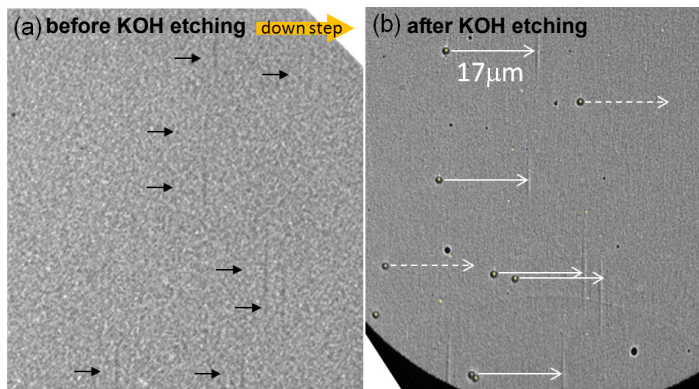


Fig.1 MPJ images of 4H-SiC wafer before (a) and after (b) molten KOH etching. Every dark line of nano-groove (marked by arrows in (a)) combined with TD pit. Pairs of nano-groove and TD are indicated solid arrows in (b).

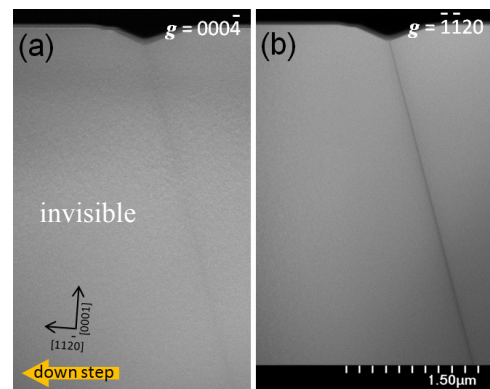


Fig.2 A g - b analysis of the TD pit combined with the nano-groove by FIB-STEM. (a) $g=0004$, (b) $g=1120$. This TD is edge type (i.e., TED).