

1. 実験課題番号: 2006B0180
2. 実験課題名: SiC 上に形成したグラファイト薄膜の SPELEEM 観察
3. 実験責任者所属機関及び氏名: NTT 物性科学基礎研究所 日比野浩樹
4. 使用ビームライン: BL17SU
5. 実験結果:

1～数層のグラファイト薄膜が、その新規な電気伝導特性から、関心を集めている。極薄グラファイト膜の形成方法として、HOPG(Highly Oriented Pyrolytic Graphite)を酸素プラズマエッチングで加工することによりグラファイトの薄片を作製し、そこから膜を徐々に剥いでいく方法と、SiC 基板を超高真空(UHV)中で加熱して Si を選択的に昇華させ、基板上にグラファイトを成長する方法がある。後者の方法は、前者に比べ、グラファイト薄膜を大面積で作製できる点において、デバイス応用に適している。しかしながら、SiC 基板上に形成したグラファイト薄膜は膜厚分布を持つため、グラファイト形成機構の解明に基づき、均一な厚さのグラファイト薄膜を作製する方法の確立が不可欠である。この目的には、グラファイト薄膜の厚さ分布を実空間で観察する手法が必須である。そこで、グラファイト薄膜を形成した SiC 基板を、分光型光電子・低エネルギー電子顕微鏡(SPELEEM)により観察し、グラファイト層数の絶対値をミクロスコピックに測定できるかを調べた。

N ドープの 6H-SiC(0001)基板を、NTT に設置された LEEM 装置で、約 1300°C に加熱することにより、グラファイト薄膜を作製した。グラファイト薄膜の形成は、低速電子回折(LEED)パターンから確認した。この基板を UHV から取り出し、大気中を搬送して、SPring-8 の SPELEEM 装置に導入した。大気暴露による吸着物を取り除くため、試料を一旦 500°C に加熱し、その後、室温に冷却して観察した。グラファイトを形成した SiC 基板の構造を LEEM および LEED により、その化学状態を X 線光電子顕微鏡(XPEEM)および軟 X 線光電子分光(PES)により測定した。

図1は、入射電子エネルギー4.7 eV で撮影した LEEM 像である。表面は、コントラストの異なる三種類の領域でほぼ占められている。同様のコントラストを示す領域について制限視野 LEED パターンを撮影すると、すべての領域でグラファイト格子からの回折点が観察された。このことから、コントラストの異なる領域はグラファイト膜厚が異なる領域であると推測される。図2は、ほぼ同じ領域で撮影した XPEEM 像である。入射光のエネルギーは約 400eV で、C1s 光電子を結像に用いた。LEEM 像中のコントラストの異なる領域が、XPEEM 像においても異なるコントラストで観察されている。XPEEM 像では、LEEM 像で最も明るい領域(そのような領域の例を点線楕円で示す)が最も暗く、二番目に明るい領域が最も明るく、最も暗い領域は中間のコントラストで観察されている。XPEEM 像の明るさは、グラファイトの厚さと直接対応があると考えられるため、LEEM 像で観察されたコントラストの異なる領域が、グラファイト膜厚の異なる領域であることが示された。また、図3に、約 1 μm 径の制限視野絞りをを用いた局所 XPS スペクトルを示す。ここでは、結合エネルギーの較正に、SiC 基板上に形成した 2 nm 厚のグラファイトの報告値 283.7eV[1]を用いた。XPEEM 像と局所 PES スペクトルを併用することにより、その膜厚の絶対値が求まることが期待されたが、今回の試料では、膜厚の異なる領域が制限視野絞りの大きさに比べ狭く、それぞれの領域固有のスペクトルを取得できないという問題から、成功しなかった。今後は、厚さが一定の領域をより大面積に作製す

ることにより、局所 PES スペクトルからグラファイト層数を決定することを目指す。その結果を LEEM 像のコントラストと対応付けることにより、LEEM 像からも膜厚の同定が可能になる。本研究の進展により確立されるグラファイト膜厚分布のマイクロな観察手法は、グラファイト薄膜の制御法の実現に大いに貢献すると期待される。

[1] Th. Seyller *et al.*, Surf. Sci. **600**, 3906 (2006).

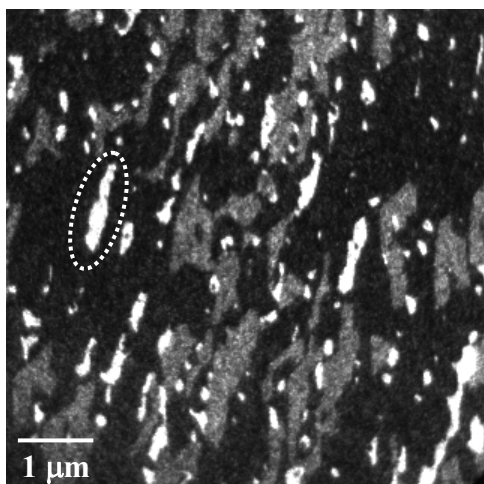


図1 グラファイトを形成した 6H-SiC(0001)表面の LEEM 像。入射電子エネルギー4.7 eV。

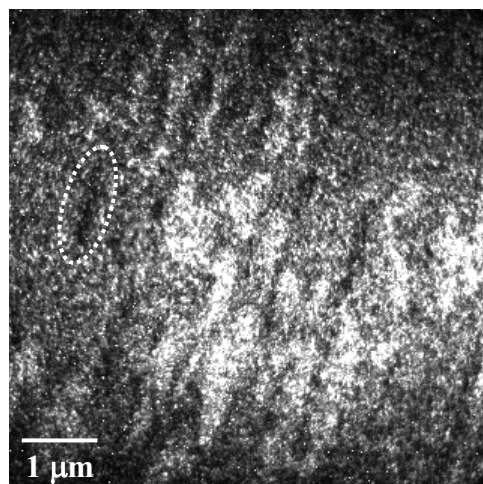


図2 グラファイトを形成した 6H-SiC(0001)表面の C1s 光電子による XPEEM 像。入射光エネルギー400 eV。

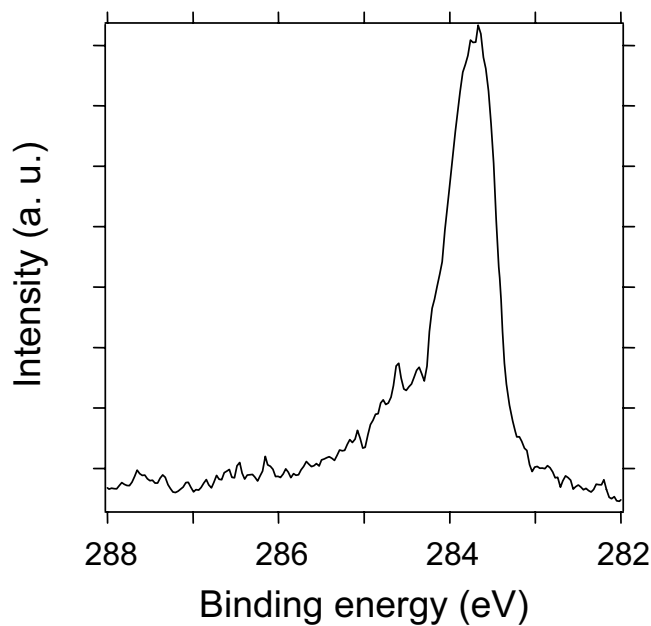


図3 グラファイトを形成した 6H-SiC(0001)表面の局所 PES スペクトル。入射光エネルギー400 eV。