18p-B3-13

h-BN 層状絶縁物質における電気的絶縁破壊挙動

Electrical Characterization of Dielectric Breakdown of h-BN

東大マテリアル [1]，NIMS[2]　○服部吉晃 [1]，谷口尚 [2]，渡邊賢司 [2]，長汐晃輔 [1]
Tokyo Univ. [1], NIMS [2],　○Y. Hattori[1], T. Taniguchi[2], and K. Watanabe[2], K. Nagashio[1]
E-mail: hattori@adam.t.u-tokyo.ac.jp

【緒言】絶縁性層状物質である h-BN は，ダングリングボンドが無く原子レベルで平坦な表面をしていることから，グラフェンの高移動度化を達成する基板及びゲート絶縁膜として広く認識されている．しかしながら，ゲート絶縁膜の電気的信頼性はデバイスにおいて最重要課題にも関わらず絶縁性層状物質の絶縁破壊挙動に着目した研究は行われていない．SiO_2 に代表される 3 次元物質の酸化膜の絶縁破壊挙動は，高電界下において絶縁体内部での欠陥が電極間を繋いだときに絶縁破壊が起こるというパーコレーションモデルで説明される．一方，2 次元物質においては，原子(空孔)移動は 2 次元に拘束される可能性があり，絶縁破壊を招く欠陥の形成メカニズムが 3 次元物質とは異なる可能性がある．本研究では，h-BN を導電性基板上に転写し，コンダクティブ AFM によって電圧を印加し，絶縁破壊に至るまでの電流を計測した．破壊直前の経時変化を示す電流像から破壊のメカニズムについて議論する．

【実験方法】導電性基板として大気環境化で安定かつ表面粗さ(RMS<0.2nm)の小さい Pt(50nm)/Si を用いた．機械的劈開法によって剥離した h-BN をポリプロピレンシートへ転写後，基板上に再度転写することでテープ残渣の無い清浄試料を準備した．AFM モードで h-BN の膜厚を決定後，任意位置にプローブを配置し IV 測定及び電流像を取得した．

【結果及び考察】図 1 に厚さ 19nm の h-BN 上でコンダクティブ AFM により行った IV 測定と破壊後の形状像を示す．~28V 付近で電流が急激に増加し完全絶縁破壊が起こった．典型的な形状像からは，印加周囲部で h-BN が三角花びら状に捲れており，ジグザグもしくはアームチェア端で破れていることが示唆される．また，図 2 に示す膜厚と絶縁破壊電圧の直線関係から，h-BN の絶縁破壊電界は~12MV/cm と求まり，他の絶縁膜と比較して良い絶縁性を示すことがわかった．図 3(上)に破壊電圧以下から破壊電圧まで一定電圧を印加しながらプローブを走査して得た厚さ 8nm の電流像を示す．9.2V でのハードブレイクダウン以前のバイアス電圧 9.0V 及び 9.1V ではソフトブレイクダウンのスポットが増加するが、そのスポット位置が一部異なっていることが認められた．図 3(下)の概念図で示すように，2 次元物質では層間距離が最近接原子間距離よりも大きく同一面での欠陥の移動が起こりやすいために，スポット位置が移動し，最終的に電極間にその欠陥が並んだときに大きな破壊が起こると推測される．

【謝辞】本研究の一部は科研費により助成を受けて行われました．ここに深く感謝致します．

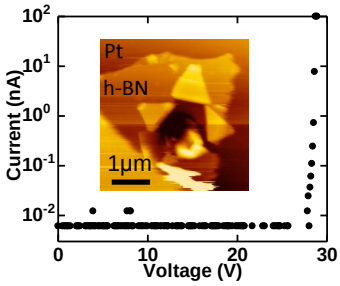


図1 厚さ19nmのh-BNにおけるIV測定 (挿入図) 絶縁破壊後の形状像

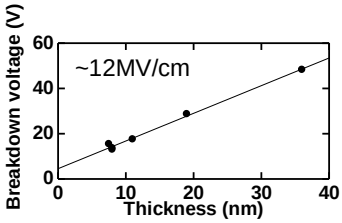
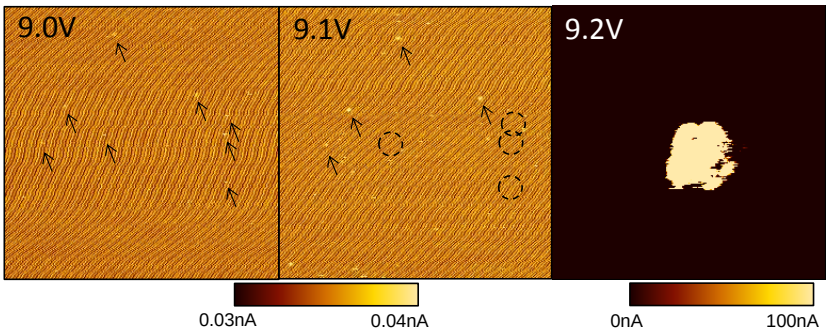


図2 膜厚と放電開始電圧の関係



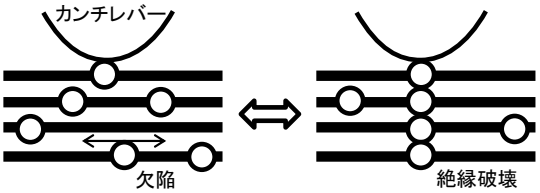


図3 (上)バイアス電圧に応じて変化する電流像（1μm × 1μm ）．
(下)放電機構の概念図

© 2014 年　応用物理学会