

数層 h-BN 膜の CVD 成長と絶縁破壊特性の評価

CVD growth of few-layer h-BN sheet and its breakdown characteristics

九大院総理工¹, 九大 GIC² ○楠瀬 宏規¹, 深町 悟², 河原 憲治², 吾郷 浩樹^{1,2}

Kyushu Univ. ○Hiroki Kusunose, Satoru Fukamachi, Kenji Kawahara, Hiroki Ago

E-mail: h-ago@gic.kyushu-u.ac.jp

【背景】六方晶窒化ホウ素 (h-BN) は約 6 eV の大きなバンドギャップを持つ絶縁体であり、グラフェンや遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDC) といった二次元材料のポテンシャルを大きく引き出すことができる。h-BN を SiO₂ 基板と二次元材料との間に挿入すると、SiO₂ 表面のダングリングボンド、表面粗さ、電荷不純物、表面フォノンなどの影響を遮へいでき、グラフェンの場合にはそのキャリア移動度が 3 ~ 5 倍に向上することが知られている [1]。さらに、h-BN は燃料電池のプロトン透過膜 [2]、紫外線発光デバイス [3]、トンネル磁気抵抗デバイス (TMR) [4] などへの応用も期待されている。しかし、研究に広く用いられている h-BN は、高温高压法 (HPHT 法) で合成された単結晶からの剥離片であり、サイズに制限があり、また厚さにばらつきがあるため、ウェハーレベルでの応用は困難である。そこで、本研究では、CVD 法を用いて高品質な h-BN 膜の大面积合成を検討し、さらに h-BN 膜の絶縁耐性を調べたので報告する。

【結果と考察】数層 h-BN 膜の CVD 合成には、サファイア r 面上にスパッタした Fe-Ni 合金薄膜を金属触媒として用いた [5]。CVD 法で得られた h-BN 膜は、AFM 測定から約 1 nm から 3 nm 程度の膜厚を有していた。また、ラマン分光で測定したところ、h-BN 由来の E_{2g} バンドが観測され、h-BN の結晶性を反映する E_{2g} 半値幅は平均 14 cm⁻¹ とシャープであることから、結晶性が比較的高いことも分かった。

次に、as-grown の h-BN 膜を用い、フォトリソグラフィと電子線蒸着により図 1a に示すデバイスを作製した。上部電極には Au(80 nm)/Co(15 nm) の積層膜を、下部電極には触媒として用いた Fe-Ni 薄膜を用いた。今回は、h-BN 膜の転写プロセスを経ず、as-grown の h-BN 膜を直接デバイス化することで、欠陥生成や不純物をできるだけ低減した。この h-BN デバイスを用いて、ブレイクダウン測定を実施した結果、h-BN 膜厚が 1 ~ 3 nm 程度の薄さにも関わらず、6.0 ~ 10.2 MV/cm と高い電界強度が得られた (図 1b)。比較のため、h-BN 膜が生成していないエリアにおいても同様の測定を行ったところ、上部電極と下部電極の間で短絡が生じてブレイクダウンの挙動は確認できなかった (図 1c)。このことから、図 1b の特性は h-BN に由来していると解釈できる。なお、剥離 h-BN に対して、導電性 AFM を用いて報告された絶縁強度は ~12 MV/cm [6] である。このことから、今回、CVD 法で合成した数層 h-BN 膜も十分に高い結晶性を有していると考えられる。今後、図 1a に示すデバイスを用いて、数層 h-BN 膜の TMR 特性について検討していく計画である。

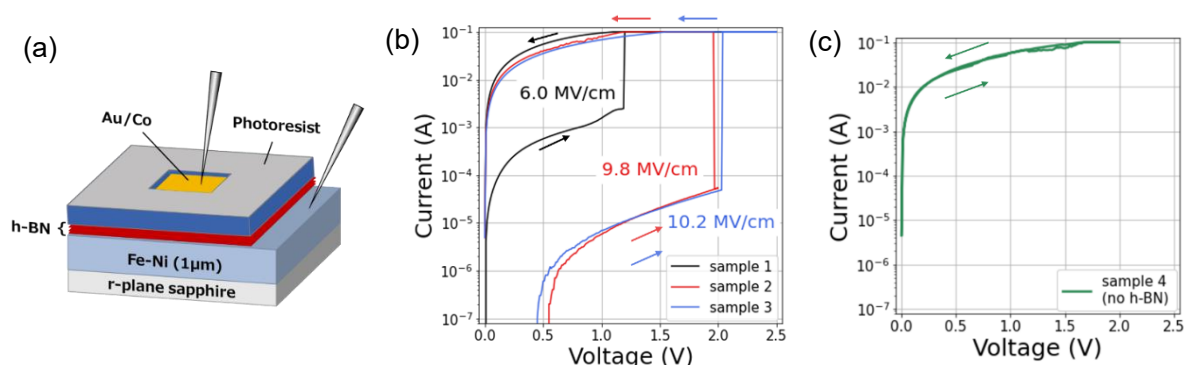


Figure 1 (a) Device structure. (b) I - V plots of three different h-BN devices. (c) I - V plot without h-BN layer.

【参考文献】 [1] C.R. Dean *et al.*, *Nat. Nanotechnol.*, **5**, 722 (2010). [2] S.Hu *et al.*, *Nature*, **516**, 227 (2014). [3] Y. Kubota *et al.*, *Science*, **317**, 932 (2007). [4] M. Piquemal-Banci *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **108**, 102402 (2016). [5] Y. Uchida *et al.*, *ACS Appl. Elect. Mat.*, **2**, 3270-3278 (2020). [6] Y. Hattori *et al.*, *ACS Nano*, **9**, 916 (2015) [7] 吾郷・齋藤監修, グラフェンから広がる二次元物質の新技术と応用, NTS 出版, 2020, 417-425.