銅触媒を用いたアニール法によるダイヤモンド表面のグラフェン形成

Fabrication of graphene on diamond by high-temperature annealing method using Cu catalysts

名大院工, ○愛知慎也、植田研二、広瀬慎吾、浅野秀文

Nagoya Univ., S. Aichi, K. Ueda, S. Hirose, H. Asano

E-mail: aichi.shinya@a.mbox.nagoya-u.ac.jp

【緒言】

ダイヤモンドは大きなバンドギャップ（～5.5 eV）、高い絶縁破壊強度（～10 MV/cm）、熱伝導率（～22 W/cmK）等の優れた物性を持ち、パワーデバイス材料として期待されている。一方、グラフェンは特異な電子構造に起因して、高移動度（～2×10^6 cm^2/Vs）や高許容電流密度（～10^9 A/cm^2）等の優れた物性値を有しており、電子材料への応用が期待されている。我々は、この両者の利点を上手く組み合わせることで様々な応用が期待されると考えた。しかし、ダイヤモンド上にグラフェンを作製した報告は数少なく、デバイス応用には至ってない。そこで本研究では、ダイヤモンド/グラフェンハイブリッドデバイスの作製に向けてダイヤモンド上への高品質グラフェン層の作製を試みた。

【実験】

銅（150～300 nm）を積層させたダイヤモンドⅡa 基板又は CVD 薄膜に真空アニール（900～1000 ℃、～10^{-5} Torr）を施すことでグラフェン作製を試みた。銅はダイヤモンド基板表面のグラフェン化を促す触媒として用いた。アニール後に酸で銅を溶解してグラフェン/ダイヤモンド構造を得た。グラフェン層の評価にはラマン分光法とホール効果測定法を用いた。

【結果および考察】

950 ℃, 90 分のアニールにより作製したグラフェンについてラマン分光測定を行った結果、グラフェンに起因した 2 つのピーク（G-peak: ~1580 cm^{-1}、2D-peak: ~2700 cm^{-1}）と、ダイヤモンドに起因した 1 つのピーク（~1332 cm^{-1}）が観測された(Fig. 1)。2D ピークの半値幅（$FWHM_{2D}$ = ~30 cm^{-1}）及び G ピークと 2D ピークの強度比（I_{2D}/I_G = ~4.3）からダイヤモンド上に単層グラフェンが形成されていると考えられる。2D ピーク強度のラマンマッピングにより、被覆率は～85%となった(Fig. 1 inset)。また、グラフェンは限られたアニール温度（900～1000 ℃）のみで得られ、850 ℃以下の温度領域ではグラフェン層は得られず、1050 ℃以上ではカーバイド的な層となる事が分かった。Co 触媒を用いた実験も行ったが、短時間のアニールでカーバイド化が生じ、グラフェン層は得られなかった。これは Cu が Co に比べて炭素固溶度が小さく、グラフェンの生成反応がダイヤモンド/Cu 界面付近に限定されるためだと考えている。

また、作製したグラフェンについてホール効果測定を行ったところ、p 型伝導性を示し、室温で移動度～410（cm^2/Vs）、正孔濃度～1.2×10^{13}（cm^{-2}）が得られた。これらの値は昇華法により SiC 基板上で作製された高品質なグラフェン（移動度 10～1000（cm^2/Vs）、正孔濃度～10^{13}（cm^{-2}））と同等である。理想的なグラフェンよりも低移動度である理由は、グレインサイズが小さく多伝導的であるからだと推測される。

以上の結果から、銅触媒を用いたアニール法によりダイヤモンド上に均一なグラフェン層の作製が可能であることが分かった。

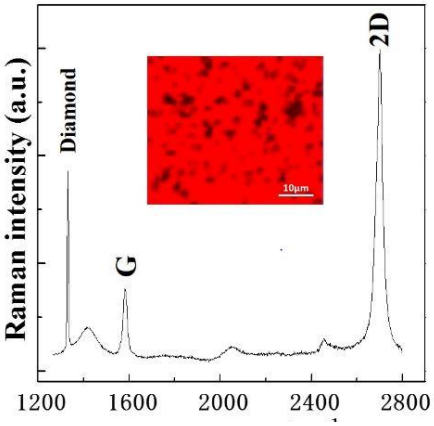

Fig. 1 Raman spectrum of the graphene layer on diamond formed by annealing at 950 ℃. The inset shows Raman mapping of 2D intensity peaks.

© 2015年 応用物理学会