

LSI配線応用に向けた微小角入射 X 線回折による多層グラフェン構造評価

近藤 大雄、二瓶 瑞久、佐藤 信太郎、*栗野 祐二

富士通(株)、(株)富士通研究所 ナノテクノロジー研究センター

はじめに

現在、LSI の金属配線材料として銅が用いられているが、線幅の微細化の進行に伴いエレクトロマイグレーションをはじめとする多くの課題が顕在化してきている。そのような課題を克服するため、銅に代わる配線材料として、縦方向のビア配線に対してはカーボンナノチューブが提案されており、実際にいくつかの成果がすでに報告されている[1]。同様にエレクトロマイグレーションの影響を受ける横方向の配線については、最近ナノカーボン材料として注目されているグラフェンもその候補と考えられている[2]。グラフェンはカーボンナノチューブと同様に、従来用いられている銅と比較し、許容電流密度耐性をはじめとした高い物理的性質を有していることが知られている。これまで、我々は多層グラフェンのLSIにおける横配線への適用を念頭に、多層グラフェン成長技術の開発を行ってきた。本課題では、異なる成長条件で作製した多層グラフェンを微小角入射 X 線回折により分析することで、グラフェンの結晶性と成長条件との相関を明確にし、今後の多層グラフェン成長プロセスを最適化することを目的とする。

実験

微小角入射 X 線回折は BL46XU において行い、回折装置としては ATX-GSOR を用いた。入射角は 0.147° 、入射光エネルギーは 10.9keV である。多層グラフェンは化学気相成長(CVD)法によりアセチレン・アルゴン混合ガスを原料ガス (1kPa) として基板温度 620°C で成長し、触媒にはスパッタ法により酸化膜付きシリコン基板上に堆積した鉄薄膜を用いた。鉄薄膜は、カーボン系材料形成に際し非常に優れた

触媒能を有していることがわかっており、今回は多層グラフェンの触媒膜として用いた。

実験結果

図 1 に微小角入射 X 線回折パターンを示す。それぞれ、(a)CVD 成長前の鉄触媒膜、(b)CVD により 20 分成長を行った多層グラフェン、(c)CVD により 60 分成長を行った多層グラフェンを測定した結果である。図のように、CVD 成長前には、カーボン(C)由来の(002)回折ピークを観測しなかった。一方、20 分間の CVD 成長後、さらに 60 分成長後には何れもカーボン由来の回折ピークを観測した。走査電子顕微鏡や透過電子顕微鏡による観察から、同じ成長条件で多層グラフェン生成を確認していることから、これらの回折ピークは多層グラフェン由来であると同定した。成長時間に応じて回折ピーク強度が増大しており、

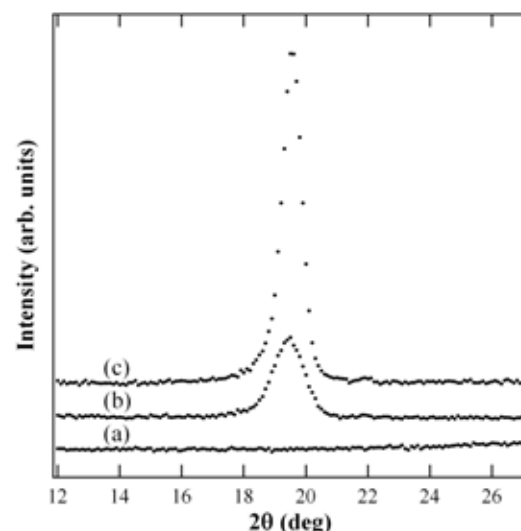


図 1 微小入射角 X 線回折パターン。(a) CVD 成長前、(b) 20 分 CVD 成長後、(c) 60 分 CVD 成長後。

グラフェン構造の厚みが成長時間に依存して増大していると考えられる。また、(002)回折ピークの FWHM を見積もると、成長時間が 20 分から 60 分と長くなるに従い、 0.70° から 0.45° とよりシャープになることがわかった。この結果は、成長時間を長くすることにより、成長した多層グラフェンの結晶性が向上していることを意味している。加えて、詳細は明らかではないが、多層グラフェンの厚みの増加と結晶性の向上に相関があることが示唆された。

今後は、多層グラフェン配線の実現に向け、成長温度の低温化、結晶性の向上、そしてドメインサイズの制御といった多層グラフェン成長条件の最適化を行う予定である。

関連論文

[1] M. Nihei *et al.*, IITC2007.

[2] K. S. Novoselov *et al.*, Science **306** (2004) 666.