

自然酸化シリコン表面上に自己組織的に形成・配置された銅ロッド構造

Self-organized and aligned rod structures of copper on native oxidized silicon surfaces

鈴鹿高専¹, 北陸先端大², ○(B)坂本 拓朗¹, 西村 高志¹, 富取 正彦²

Suzuka college¹, JAIST², °Takuro Sakamoto¹, Takashi Nishimura¹, Masahiko Tomitori²

E-mail: takashi@elec.suzuka-ct.ac.jp

1. はじめに

現在、シリコン (Si) ウェハの微細加工法はリソグラフィが主流である。一方、新しい微細加工法として、ナノインプリントや、自己組織化現象、局所加熱による対流と膨張を利用した方法などが提案されている¹。さらには、ラインパターン構造をガイドとして、脱濡れ現象によって形成したナノ粒子を規則配置させる方法も報告されている²。本研究では、自然酸化 Si ウェハ表面上に蒸着した銅 (Cu) 薄膜を加熱することにより、Si ウェハの結晶対称規則性をガイドとしたようなロッド構造体が形成・配置されることを見出したので報告する。

2. 実験方法

自然酸化膜を表面に持つ Si(100)ウェハ (15×5×0.5 mm³) をアセトン超音波洗浄で脱脂した後、両端をステンレス鋼製ホルダーに固定し、室温で Cu を膜厚 5 nm 真空蒸着した。その後、その蒸着真空装置内 (< 1.0×10⁻⁵ Torr) で、ウェハを直流通電加熱 (600–800 °C) した。直流電流の方向は< 100 >または< 110 >で、ウェハ温度は放射温度計で測定した。

3. 結果と考察

Cu を蒸着した Si(100)ウェハを、温度 600 °C で 5 分間、< 100 >方向の電流で通電加熱すると、< 110 >またはそれと直交する方向にロッド状の構造が形成された (図 1(a))。EDX でロッド構造を組成分析すると Cu が検出された。Cu ロッド構造を斜め 57°から SEM 観察 (図 1(b)) したところ、ロッド構造の高さは 125 nm、幅は 65 nm、長さは約 2.5 μm であった。通電加熱の電流方向が< 110 >の場合も、< 110 >またはそれと直交する方向にロッド構造が形成された。従って、Cu ロッド構造は通電加熱電流の方向でなく、Si ウェハの結晶軸に依存した方向に成長したと言える。加熱温度 650 °C でも Cu ロッド構造が形成されたが、700 °C ではロッド状では無く、Cu の球状構造が形成された。これは Cu ロッド構造が融解し始めて、表面張力で球状に変形したためと考える。さらに 800 °C に加熱すると Si ウェハ表面に穴状の形状が観察された。Si と Cu が固溶したためと考える。一般に、Si 表面の自然酸化膜はアモルファスである。Cu が Si の結晶対称規則性を反映して成長するためにはアモルファスな自然酸化膜は邪魔である。加熱処理の初期で Cu が Si 酸化膜の一部を還元し、Si 結晶面が Cu との接点で露出し、その後、高温で表面拡散している Cu が Si 表面の結晶方位を反映して成長したと推測できる。

4. まとめ

通電加熱という簡単なプロセスで自己組織的に Si 表面上に銅のロッド構造を形成できた。この構造の形成機構を解明し、制御できれば、新しい微細加工法を提案できる可能性がある。現在、Cu の膜厚、Si 結晶の方位、さらには薄膜の原子種を変化させ、ロッド構造を制御できるか検討している。併せて報告する。

参考文献

- (1) T. Nishimura and M. Tomitori: *Appl. Phys. Lett.*, **109**, 121601 (2016).
- (2) Y. Kojima and T. Kato: *Nanotechnology*, **19**, 255605 (2008).

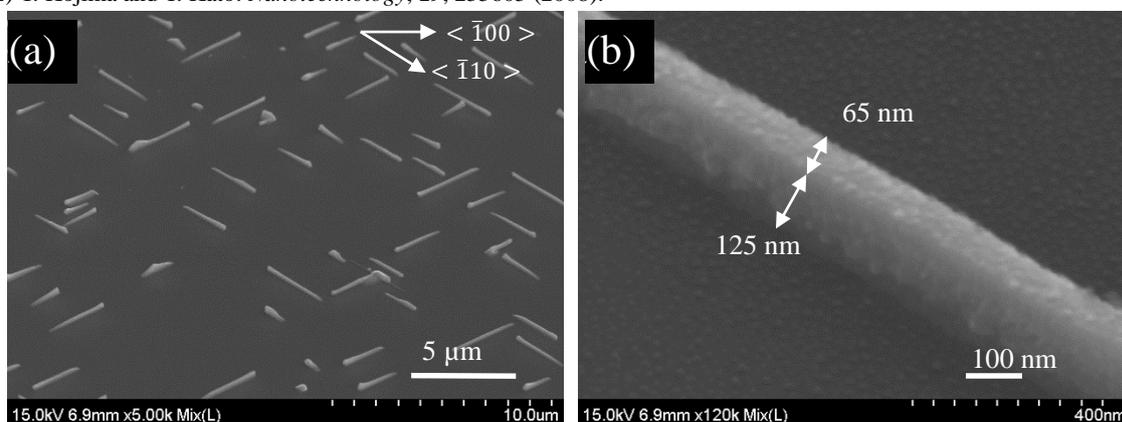


図 1. 銅ロッド構造の SEM 観察像 (基板表面の垂直軸に対し、斜め 57°で観察). (a) 低倍観察、(b) 高倍観察.