

多層ナノクリスタルシリコン・ドット薄膜の成膜プロセス開発及び薄膜特性

薄膜・表面物性研究室 宮西 裕也

T015069 Yuya Miyanishi

研究背景・目的

バルク材料には見られない、特異な物性を有するナノクリスタルシリコン(nc-Si)は、その新たな物性の魅力のゆえに次世代の各種複合機能集積デバイスとして注目されている。本研究では同一真空チャンバー内でSiH₄ガスを用いた熱CVD法によるnc-Si dotの高密度生成と酸素プラズマ放電によるnc-Si dot表面の高品質ラジカル酸化を行った。また今回低温下での成膜を試みるため水素プラズマ放電による核形成サイトの増加を試みた。上記3工程より、表面が酸化された多層nc-Si dot 薄膜を作製した。作製した薄膜の表面構造をAFM (Atomic Force Microscopy) を用いて分析し、nc-Si dot 薄膜の固有の現象であるPL (Photo-Luminescence) 発光特性及び弾道電子放出特性を調べた。

実験概要

成膜はナノ制御気相成長装置を使用した。n型 Si 基板(100)をセットし、基板温度を約500 とし、以下の工程を繰り返して、多層膜を作製した。

SiH₄ガス照射 (流量 100 sccm)

O₂ガス放電 (流量 200 sccm, RF電力 300 W)

H₂ガス放電 (流量 100 sccm, RF電力 300 W)

チャンバー内の圧力はいずれにおいても 30 Pa とした。作製直後の薄膜に対して AFM による形状測定を行った。その後、薄膜中に存在する欠陥(Dangling bond等)を安定化するために水蒸気アニール(260, 3時間)を行った。これに続き PL 発光特性を測定した。He-Cd (375 nm)レーザを照射し、基板表面から発光した光を分光器で測定した。さらに弾道電子放出特性を測定した。水蒸気アニリング後の試料に、Auを真空蒸着して電極として、真空中に飛び出してくる電子の量を測定した。

結果・考察

今回新たに水素プラズマ処理工程を導入した。

Fig.1 のAFM画像(500X500 nm²)から、粒径分布の均一な高さ約20 nmの nc-Si dot 薄膜を作製できたことが確認できる。これは、水素プラズマによって生成した水素イオンや励起原子が、表面の酸素原子に吸着してSi原子との結合を弱め、さらには高温の基板表面から脱離させて、Si 粒子の新たな核形成サイトを生み出したためであろう。実際、水素プラズマ処理工程の導入により粒密度が増加した。評価結果としてPL発光特性(Fig.2)は水蒸気アニール後、発光強度が大幅に増加した。これは水蒸気アニールにより薄膜中の欠陥が除去されたものと推測される。PL発光のピークは610 nm付近で赤色発光であることがわかった。また弾道電子放出特性において弾道電子は10 V付近から放出しはじめ、電圧とともに増加し、20 V付近で安定し、約10 μA/cm² となった。

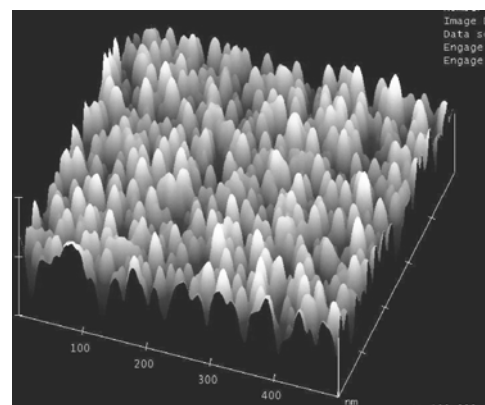


Fig1. 成膜直後の AFM 表面形状画像

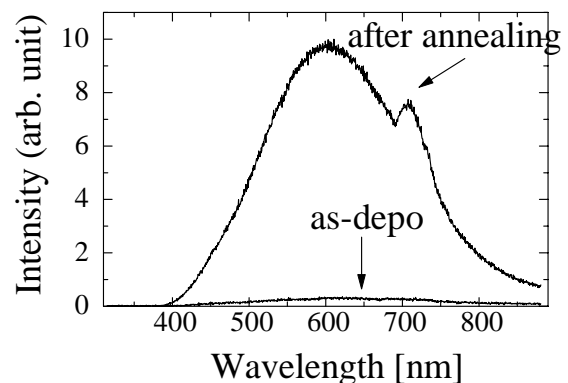


Fig2. PL 発光特性