

分光エリプソメトリによるSiO₂上Ge成長の成長初期過程の追跡

Real-time spectro-ellipsometric analysis of the initial stage of Ge growth on SiO₂

NTT デバイスイノベーションセンタ, °赤沢方省

NTT Device Innovation Center, °Housei Akazawa

E-mail: akazawa.housei@lab.ntt.co.jp

【はじめに】我々はSiO₂上のGeドット成長を分光エリプソメトリにより調べている。前回は、エリプソメトリの Ψ - Δ 軌跡とAFM像を対応させた。今回は、成長初期における結晶核の生成とそれに続く連続成長について、エリプソ角(Ψ , Δ)および反射率の時間変化の解析結果を報告する。

【実験】GeH₄を原料ガスとして用い、光励起CVDによってSiO₂熱酸化膜上にGeを堆積した。成長の開始直後から、分光エリプソメトリにより系の光応答の変化を記録した。

【エリプソ角の解析】左下図に、光エネルギー3.4 eVにおけるエリプソ角の成長開始からの時間変化を示す。最初のうち、(Ψ , Δ)ともに変化しない状態がある。これはSiO₂表面がダングリングボンドを持たないために、GeH₄の吸着が活性化過程であることに起因している。このIncubationはすべての成長において観測され、本手法によりリアルタイムで評価することが可能となった。Incubation timeは、降り注ぐGeH₄のFluxを反映して、導入圧が高い程、短くなった。また、300°C以下の温度においては長く、熱分解が開始する300°C以上では、高温になるほど短くなった。Incubation timeの逆数は、核発生速度に比例すると考えられ、温度依存性から活性化エネルギー4.3 kcal/molが得られた。Incubationを超えると、にわかには Ψ 角が変化し始め、2次元層の初期成長が始まる。その後、2次元成長と3次元成長の境目を迎える。 Δ 角の時間変化率が、成長速度に比例するとみなすと、Ge上のGe成長の活性化エネルギーとして3.1 kcal/molが得られた。SiO₂上とGe上の分解速度の違いが、上記の活性化エネルギーの差として観測されている。

【反射率の解析】エリプソの1次光の反射光強度の時間変化を右下図に示す。GeH₄圧1.3 Paの2次元成長、および0.13 Paの3次元成長ともに、成長開始からしばらくの間、反射光強度が一定の領域(Incubation)があって、その後単調に低下した。反射光強度が下がり始める点は、表面ラフネスの増大開始に対応している。反射光強度一定の区間幅は、エリプソ角一定の区間幅よりも広く、エリプソの方が表面状態の変化(Ge堆積)を敏感に反映することが分かる。反射光強度の最低点は、2次元成長の場合は35であるのに対し、3次元成長の場合は光散乱の影響により、27と低いところまで落ちている。2次元成長においても途中で表面ラフネスが一旦増大するが、その後平坦化が進み、反射率は急速に回復している。AFM像から求めた島密度の変化と比較することにより、反射光強度の最低点は、ドット密度最大の時点に対応していることが分かった。

