シリコン熱酸化膜中のシリコンナノ結晶の形成とその空間制御

Formation of Si nano-crystals and the control of the spatial distribution in Si-thermal oxides

西川宏之[1)]　岩山勉[2)]、大木義路[3)]、石井保行[4)]

Hiroyuki NISHIKAWA, Tsutomu IWAYAMA, Yoshimichi OHKI, Yasuyuki ISHII

[1)]芝浦工大　[2)]愛知教育大　[3)]早大　[4)]原子力機構

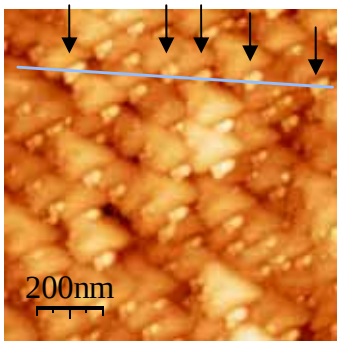
400kV イオン注入装置によるシリコン熱酸化膜へのシリコンイオン注入を行い、シリコンナノ結晶形成のためのシード基板の作成を行った。シード熱酸化膜基板作製条件の確立、シリコンナノ結晶の形成・評価手法の確立を行った。

キーワード：シリコンナノ結晶、発光、シリコン熱酸化膜、原子間力顕微鏡

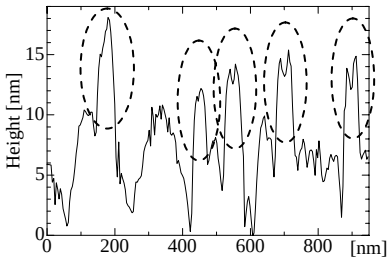
１．目的　半導体ナノ結晶は、ナノサイズ効果によるその特異な光学特性や電気的特性が注目を集め、多くの光・電子デバイスへの適用が検討されている。特に、その発光性や電荷蓄積機能を利用したエレクトロルミネッセンス（EL）素子およびメモリの形成などへの適用が検討されている。本研究の目的は、特に産業用途として重要なシリコンナノ結晶の形成とそのサブミクロンスケールの空間的な配置の制御を対象とする。なお、空間的な配置制御については、電子線照射およびイオンマイクロビームによる照射効果を併用する。

２．方法　本研究はH18 年度から開始している集束プロトンビーム描画を共同研究（ビーム技術開発課）と平行して３カ年計画で実施する。３ヵ年間の予定として、（初年度）シード熱酸化膜基板作製条件の確立、シリコンナノ結晶の形成・評価手法の確立、（第２年度）シリコン基板の３次元析出制御（ナノレベル、横方向サブミクロンレベル）、および（第３年度）ELやMOS構造等のフォトニクス・メモリデバイス等構造の検討・提案、基本構造の試作、等を予定している。本年度は、シード熱酸化膜基板作製条件の確立、シリコンナノ結晶の形成・評価手法の確立のための実験を以下の通り実施した(2006 年 11 月末時点)。

低エネルギーシリコン照射(Si^+, エネルギー200 keV, 照射量：10^{15}-10^{17} ions/cm^2)をシリコン熱酸化膜(膜厚：600 nm)に対して行い、シリコンナノ結晶形成のためのシード基板の作製条件を検討した。窒素中、1100℃における(5 分間、昇温速度：50℃/sec)熱処理後、表面のHFエッチングにより表層 300nm程度のSiO_2を除去し、AFM観測した。また、バルクシリカガラスへのイオン照射も行い、その光学特性の評価を行った。可視紫外分光光度計および顕微フォトルミネッセンス(PL)による光学的特性の評価も行った。



(a)AFM 像



(b)断面プロファイル

図１．シリコンイオン注入(200 keV, 1.0 ×10^{16} ions/cm^2)したシリコン熱酸化膜(600nm)の熱処理後(1100℃、N_2)の(a)AFM 像および(b)断面プロファイル

３．研究成果　イオン注入したシリコン熱酸化膜を熱処理後にエッチングし、表面状態をAFM観測した。図 1(a)および(b)にシリコン熱酸化膜表面のAFM像および断面プロファイルを示す。AFM像における周期数百メートル程度の凹凸はイオン注入なしの熱酸化膜においても認められた。一方、図 1(a)中矢印で示す幅 60nm、高さ 10nm程度の隆起(図１(b)点線囲み部分参照）はイオン注入後の試料においてのみ観測され、シリコン析出物と考えられる。

４．結論・考察　電子やイオンによる照射効果を利用したナノシリコンの析出のためのシード基板を低エネルギーSi注入により作成した。熱処理によるシリコンナノ結晶の形成状態のAFM評価の結果、シード層として利用可能であることを確認した。今後は、PL等の光学的特性評価法を確立すると同時に、電子線や

高エネルギープロトンビームによる局所的な高温状態を利用したナノシリコンの析出実験を実施する。

５．引用(参照)文献等

T. Shimizu-Iwayama et al., Nucl. Instrum. Methods B 230, 203 (2005).