

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⁾、神谷富裕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りシリコン熱酸化膜へのシリコンイオン注入を行った。その後、シリコンナノ結晶形成のため電子線照射によるシリコンナノ結晶の形成と評価に関する研究を行った。

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、電子線照射

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、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) 素子およびメモリ機能を有する光・電子デバイスへの適用が検討されている。本研究の目的は、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。空間的な配置制御は、電子・イオンの照射効果を利用する。

2. 方法

400kV イオン注入装置によるシリコン注入 (Si^+ , エネルギー200 keV, 照射量: 10^{15} - 10^{17} ions/cm²) をシリコン熱酸化膜 (膜厚: 600 nm) に行った。その後、電子線 (15keV, 照射範囲: $150 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$, 照射量: 1.4 pC/cm^2) を照射した。照射後に表面の HF エッチングにより表層 300 nm 程度の SiO_2 を除去し、原子間力顕微鏡 (AFM) により観測した。また、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。

3. 研究成果

図 1 に Si 注入量の異なる試料における電子線照射後の AFM 像を示す。Si 注入量の増大に伴い、電子線照射後の表面像において、幅数十 nm、高さ数 nm から十数 nm 程度の粒子状の物質が観測された。HF エッチングにより溶解せず残存したことから、シリコンが凝集した粒子状態ではないかと考えられる。また、シリコンナノ結晶の形成手法として一般的な 1000°C 以上での熱処理を行った試料表面 [1] との類似性からも、上記の結論が妥当だと考えられる。

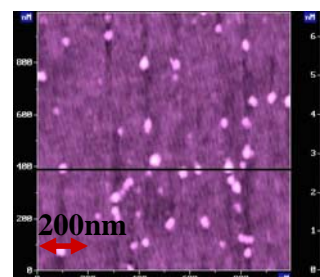
Si 表面に形成された粒子状表面の発光性を調べるために、図 1 (b) に示す試料 (Si 注入量: 7.0×10^{16} ions/cm²) において、PL スペクトルを測定したところ、図 2 に示すように発光が $550\text{-}570 \text{ nm}$ 付近に観測された。その後 600°C の N_2 ガス雰囲気での熱処理により発光強度が 10 倍程度に上昇した。熱処理により発光強度が増大したことから非発光中心の消滅によりナノサイズのシリコンに関連した発光が増大したと考えられる。

4. 結論・考察

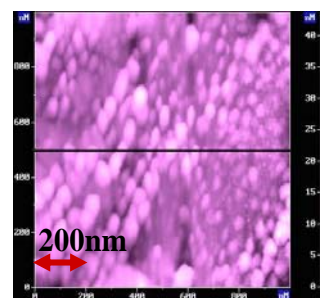
シリコン注入した熱酸化膜に対して、電子線照射効果を調査した。エッチングされた熱酸化膜表面の AFM 測定により、nm サイズの粒子状物質の生成を確認した。HF エッチングに対する不溶性や発光性からナノサイズシリコンの発光によると考えられる。

5. 引用(参照)文献等

(1) 第 2 回高崎量子応用研究シンポジウム要旨集 1P-64, p. 108 (2007)



(a) Si: 5.0×10^{16} ions/cm²



(b) Si: 7.0×10^{16} ions/cm²

図 1. 電子線照射後の Si 注入熱酸化膜エッチング表面の AFM 像

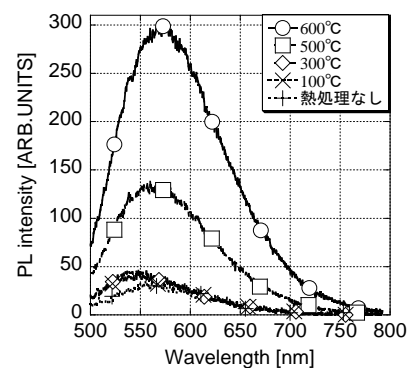


図 2. 電子線照射後の Si 注入熱酸化膜 (Si: 7.0×10^{16} ions/cm²) のエッチング表面の PL スペクトル