

# 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<sup>1)</sup> 岩山勉<sup>2)</sup>、大木義路<sup>3)</sup>、石井保行<sup>4)</sup>、神谷富裕<sup>4)</sup>

Hiroyuki NISHIKAWA, Tsutomu IWAYAMA, Yoshimichi OHKI, Yasuyuki ISHII

<sup>1)</sup>芝浦工大 <sup>2)</sup>愛知教育大 <sup>3)</sup>早大 <sup>4)</sup>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、各種熱処理及び電子線照射による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、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 ( $\text{Si}^+$ , エネルギー 200 keV, 照射量:  $10^{15}$ - $10^{17}$  ions/cm<sup>2</sup>) をシリコン熱酸化膜 (膜厚: 600 nm) に行い、ナノ結晶形成のためのイオン注入条件を検討した。窒素中、1100°C における 60 分間の熱処理後 [1]、表面の HF エッチングにより表層 300nm 程度の  $\text{SiO}_2$  を除去し、AFM 観測した。バルクシリカへのイオン照射も行い、その光学特性の評価を行った。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

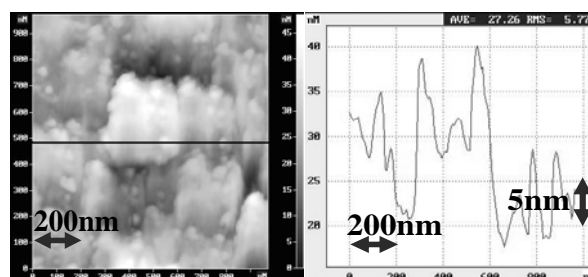
イオン注入したシリコン熱酸化膜を 1050°C、60 分間の熱処理後にエッチングし、表面状態を AFM 観測した結果を図 1 (a) および (b) に示す。図 1 (a) 中に直径が 10nm 程度の粒子の存在が観測され、(b) における高さ 10nm 程度の隆起が見られる。これらの粒子状態の存在はイオン注入後の試料においてのみ観測され、シリコン析出物と考えられる。図 1 (c) に示すようにその PL スペクトルは、イオンの注入量の増加とともに 600nm から 690 nm にピーク波長がレッドシフトした。これは粒径の増大による量子サイズ効果あるいは界面状態の変化によると考えられる。なお、15kV の電子線照射でも図 1 (a) と同様のナノ粒子の生成が観測された。

## 4. 結論・考察

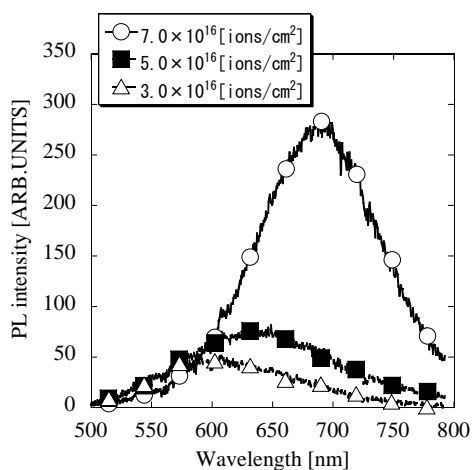
シリコンナノ結晶析出のためのシード基板を Si 注入により作製した。熱処理によるシリコンナノ結晶の形成状態の AFM および PL 測定によりシード層として利用可能であることを確認した。また、電子線照射による予備実験においてナノ粒子の生成を確認した。

## 5. 引用(参照)文献等

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



(a)AFM 像 (b)プロファイル ((a)内実線)



(c)PL スペクトル (室温、488nm 励起)

図 1. シリコンイオン注入 (200 keV,  $7.0 \times 10^{16}$  ions/cm<sup>2</sup>) したシリコン熱酸化膜 (600nm) の熱処理後 (60min., 1100°C, N<sub>2</sub>) の (a)AFM 像、(b)断面プロファイル、および(c)PL スペクトル ( $\text{Si}^+$