

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, Tomihiro KAMIYA

¹⁾芝浦工大 ²⁾愛知教育大 ³⁾早大 ⁴⁾原子力機構

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い、SiO_x膜を作製した。シリコンナノ結晶形成のため熱処理を行い、フォトルミネッセンス法により調査した。電子ビーム蒸着によるSiO_x膜における結果と比較し、前駆状態の影響を検討した。

キーワード：シリコンナノ結晶、発光、シリコン熱酸化膜、プロトンビーム

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プロトン照射によるその空間的な配置の制御である。空間的な配置制御は、プロトンビームの照射効果を利用するために、照射前の前駆状態として SiO_x膜の作製法を検討した。

2. 方法

Si 熱酸化膜(100nm, SiO₂/Si 基板、10×10mm², n 型)に Si イオンを注入し、酸化シリコン(SiO_x)薄膜を作製する。Si イオンのビームエネルギーを 35keV として、その照射量は 3×10¹⁶ ions/cm² とした。これにより、x=1.85~1.86 相当の膜が得られる。比較のため Si 基板上(15×15mm², p 型(100)基板)に電子ビーム真空蒸着装置にて、膜厚 80nm の SiO 薄膜を蒸着した。フォトルミネッセンス (PL) は、室温にて 488nm レーザ励起により測定した。

3. 研究成果

図 1 に Si 注入した熱酸化膜の Rapid Thermal Anneal (RTA) 前後の PL スペクトルを示す。発光強度のピーク波長がイオン注入損傷導入後 RTA 処理前の 650nm 付近からシリコンナノ結晶による 740nm 付近にシフトした。SiO_x の Si と SiO₂ への相分離によりシリコンナノ結晶が析出したと考えられる[1]。また、図 2 に示すように、イオン注入試料と比較して、SiO 蒸着膜のシリコンナノ結晶による PL 強度は約 3 倍になっている。これは、イオン注入に比べて、SiO 蒸着膜では、Si:O=1:1 とシリコンの割合が高いためである。また EL 素子としての利用を念頭に電流・電圧特性を比較したところ、RTA 処理後、シリコンナノ結晶の生成によると思われる電流の増大が観測された。

4. 結論・考察

ナノシリコンが形成された RTA 処理後の試料(Si イオン注入熱酸化膜及び SiO 薄膜)を比較すると、発光強度の観点から SiO 蒸着法が優位であった。今後は、両者を前駆体として、高エネルギーのプロトンビームによる照射効果を比較し、EL 素子などの応用可能性を検討する。

5. 引用(参照)文献等

- [1] T. S. Iwayama et al., Characteristic photoluminescence properties of Si nanocrystals in SiO₂ fabricated by ion implantation and annealing, Solid-State Electronics 45, 1487-1494 (2001)

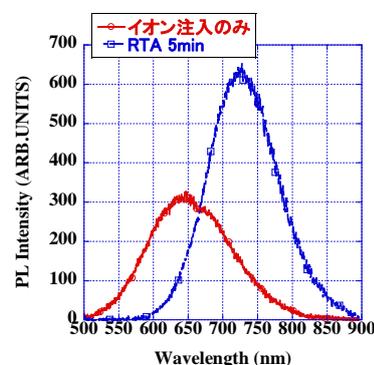


図 1. Si イオン注入熱酸化膜の RTA 処理前後の PL スペクトル

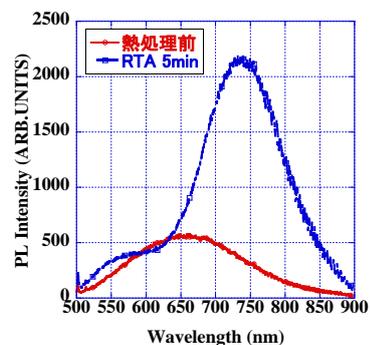


図 2. SiO 薄膜の RTA 処理前後の PL スペクトル