

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

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 500kV プロトンビーム照射によるシリコンナノ結晶の形成に及ぼす影響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

半導体ナノ結晶は量子サイズ効果による特異な電気的特性や光学的特性を持つため、多くの注目を集め、光・電子デバイスへの適用が検討されている。

シリコンナノ結晶 (nc-Si) の形成に Si イオン注入法を用いて nc-Si を析出手法においては 1000°C 以上での熱処理が必須である。しかし、近年の研究で RTA 処理 (Rapid Thermal Anneal) 効果により 1000°C 以下での nc-Si の析出が確認された。本研究では MV 程度の高エネルギーの集束プロトンビーム照射による、イオンの飛跡に沿った局所的な加熱を利用し、nc-Si を空間的に析出するための研究に取り組んでいる [1]。

本研究の目的は Si⁺ イオンを注入した熱酸化膜へプロトン照射し、その試料の発光特性や熱処理効果を評価し、プロトン照射による局所的な照射効果によって nc-Si の形成促進を目指すことである。

2. 方法

Si 熱酸化膜 (膜厚 600 nm) に対してシリコンイオン注入 (Si⁺, エネルギー 200 keV, 照射量: $3\text{--}7 \times 10^{16}$ ions/cm²) を行った。顕微フオルミネッセンス (PL) による光学特性評価 (室温、488 nm 励起) を行った。Si 注入後の熱酸化膜へのプロトンビーム照射は芝浦工大フレキシブル微細加工研究センターにて水素イオンビーム発生装置を用いて加速電圧 500kV にて行った。

3. 研究成果

nc-Si 析出の空間制御において重要である、プロトンビーム照射による nc-Si 析出の促進効果が認められた。

4. 結論・考察

Fig. 1 にプロトンビーム照射後の PL スペクトルを示す。650 nm 付近に欠陥による PL ピークが観測された。また、Si 注入のみの場合に比べ、プロトン照射によりその強度が増大した。その後、これらの試料に対して窒素雰囲気中 1050 °C にて 1 時間の熱処理を行った際の PL スペクトルの一例を Fig. 2 に示す。熱処理により、PL のピーク波長は 720nm 付近にシフトし、これは nc-Si の形成によると考えられる。プロトン照射によりこのピーク値は 50% 程度増大した。これより熱処理前のプロトン照射は、1050°C での熱処理時の nc-Si の析出を促進する効果をもたらしたと考えられる。今後は、より低温での熱処理による nc-Si 析出する条件を探索し、プロトンビーム描画の析出を空間的に制御する手法とするための検討を行う。

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)

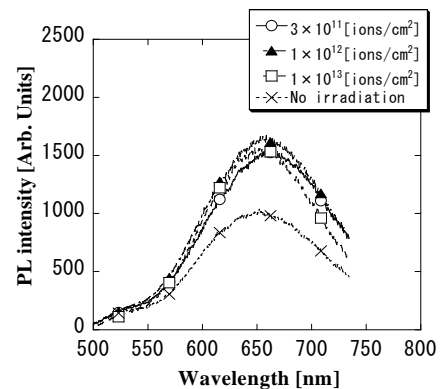


Fig. 1 Changes in the PL spectra of Si implanted thermal oxide (600 nm, 200 keV, 7×10^{16} ions/cm²) as a function of proton beam (PB) fluence (500 keV).

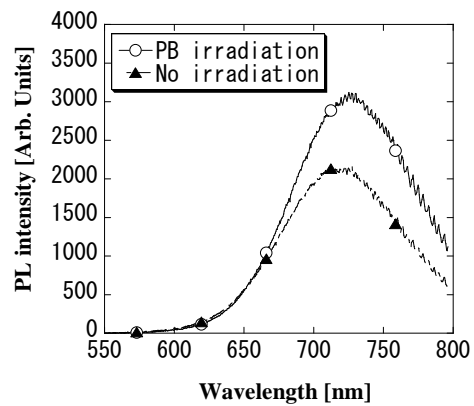


Fig. 2 PL spectra after proton beam (PB) irradiation (500 keV, 3.0×10^{11} ions/cm²) and subsequent anneal in N₂ for 1 hour at 1050 °C obtained for Si-implanted thermal oxide (600 nm, 200 keV, 7×10^{16} ions/cm²).