シリコン熱酸化膜中のシリコンナノ結晶の形成とデバイス応用

Formation of Si nano-crystals in Si-thermal oxides and its device applications

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および電気的測定により調査した。電子ビーム蒸着による SiO 蒸着膜における結果と比較した。

キーワード：シリコンナノ結晶、イオン注入、発光、シリコン熱酸化膜、電子ビーム蒸着膜

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。本研究は、シリコンナノ結晶の形成とデバイス応用を目的とする。今回は、SiO_x膜の作製法とナノシリコンの形成、およびEL素子形成に向けて電気的特性を評価した。特に、イオン注入法はナノシリコンの深さと密度の制御が可能で、優位性が高いと考えられるので、他の成膜法と電気的特性を比較した。

２．方法　Si熱酸化膜(100 nm、SiO_2/Si基板、10×10mm^2、n型)にSiイオンを注入し（35keV、3×10^{16} ions/cm^2)、酸化シリコン(SiO_X)薄膜を作製する。これにより、x=1.9 相当の膜が得られる。比較のためSi基板上(15×15mm^2 、p型(100)基板)に電子ビーム真空蒸着装置にて、膜厚 80nmのSiO薄膜を形成した。急速昇温熱処理（30℃/sec.、1100℃にて 5 分間）にてシリコンナノ結晶の成長用熱処理を行った[1]。フォトルミネッセンス(PL)は室温、488nmレーザ励起により測定した。

３．研究成果　図１よりSi注入熱酸化膜と比較して、SiO蒸着膜では、シリコンナノ結晶の濃度が 4 倍程度と見積もられる。一方、図２に示す電流-電圧特性から、熱処理後、イオン注入熱酸化膜は最大 1mA程度で 0.03MV/cm程度の電界で絶縁破壊したのに対し、SiO蒸着膜では、2MV/cm程度において、電流値が最大 100mAと 2 桁高く、導電性は比較的高い。

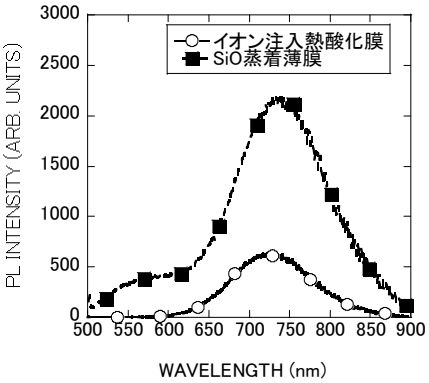

図１．イオン注入熱酸化膜および SiO 蒸着膜の PL スペクトル（熱処理後）

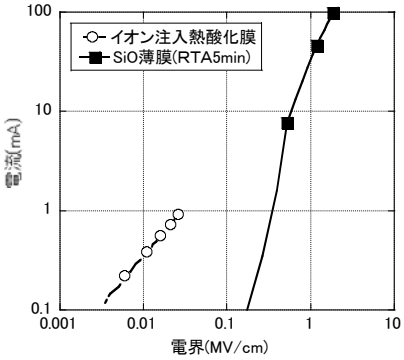

図２．イオン注入熱酸化膜および SiO 蒸着膜の電流-電圧特性（熱処理後）

４．結論・考察　熱処理前はいずれの試料も、電流値が数分の 1 から数十分の１以下であったので、観測された電流はシリコンナノ結晶形成による電気伝導性の向上と考えられる。異なる作製法によるSiO膜のPLおよび電気的特性の違いは、熱処理前のSiO_x膜におけるSiと0の化学量論比がはるかに異なるためである。また、イオン注入熱酸化膜にて、絶縁破壊がSiO_2の真性破壊電界よりもはるかに低く、マトリックスとなるSiO_2のイオン注入時の損傷が影響を与えていると考えられる。したがって、イオン注入膜におけるEL素子の実現には、熱処理によるシリコンナノ結晶の形成と同時にSiO_2の損傷回復が重要であり、そのための熱処理法等の検討が必要である。

５．引用(参照)文献等

[1] T. S. Iwayama et al., Microelectronics Reliability 47 (2007) 781-785.