

低温酸化処理が SiO₂ 膜の電氣的ストレス耐性に及ぼす影響

The influence of low temperature oxidation process on electrical stress tolerance of SiO₂

○安田 光保, 呉 研, 高橋 芳浩(日大理工)

○Kosuke Yasuda, Yan Wu, Yoshihiro Takahashi (Nihon Univ.)

E-mail: csko18036@g.nihon-u.ac.jp

序論

MOS 構造デバイスに電離放射線が照射されると、しきい値電圧シフトやリーク電流増大など、トータルドーズ効果と呼ばれる現象が発生する。これらトータルドーズ耐性に優れた絶縁膜として、低温酸化 SiO₂ 膜が提案されており、単純なプロセスで大きな耐性向上が報告されている[1]。一方、照射によるリーク電流増大と電氣的ストレスによるリーク電流同大のメカニズムは類似しているとの報告があり[2]、耐放射線性に優れた絶縁膜は、電氣的ストレス耐性にも優れると予想した。

そこで本研究では、低温酸化が電氣的ストレス耐性に及ぼす影響について検討した。ただし、低温で比較的厚い酸化膜を成膜するには非常に長時間のプロセスが必要となる。そこで今回、高温にて酸化後、酸化途中で酸化温度を低下させて成膜した SiO₂ 膜の電氣的ストレス耐性について検討した。

実験方法

n 形 Si 基板 (抵抗率 1~10Ωcm) を洗浄後、熱酸化膜を成膜し、直径 300μm の Al 電極を作製することにより MOS 構造を作製した。Table1 に熱酸化の条件を示す。全試料において初期酸化温度は 1000°C とし、#2 の試料では 25min に 800°C、#3、#4 の試料では 600°C に温度を低下させた。その後、最終酸化温度で 30min の窒素アニールを実施し、膜厚 36nm 程度の SiO₂ 膜を成膜した。各試料に対し定電流 TDDB 試験を行い、電氣的ストレス耐性について評価した。

実験結果

Fig.1 に、試料#1、#2 に対するストレス電流 50nA ($1.8 \times 10^{-5} \text{A/cm}^2$) での TDDB 試験結果をワイブルプロットで示す。結果より、#2 の試料は#1 に比べて絶縁破壊時間が 2 倍以上に改善できる事が分かる。これより、酸化膜成膜中の酸化温度の低下により、電氣的ストレス耐性は向上可能であることを確認した。

なお#4 の試料では、50nA での破壊時間が 5000s 以上のため、ストレス電流を 100nA ($3.6 \times 10^{-5} \text{A/cm}^2$) とし、#2~#4 の試料に対し TDDB 試験を実施した。結果を Fig.2 に示す。結果より、#2 と#3 では、ほぼ同等の特性を示したものの、#4 の試料において絶縁破壊時間が長く、かつ傾きが急峻となる良好な特性を

示した。これは、降下後の温度 (800 および 600°C) はストレス耐性に大きな影響を及ぼさないものの、低温酸化処理時間の増大が耐性向上に大きく寄与することを示唆している。以上の結果より、熱酸化膜成膜時の低温酸化処理は、耐放射線性向上のみでなく、電氣的ストレス耐性向上にも効果的であることを確認した。

参考文献

- [1] 井上正範 他, 応用物理学会シリコンテクノロジー, No.170, p.20, 2014.3.
- [2] M. Ceschia et. al. IEEE Trans., NS-45, No.6, p.2375, 1998.

Table1. Oxidation and annealing conditions

Process condition	Oxidation condition	Annealing conditions
#1	1000°C/30min	1000°C/30min
#2	1000°C/25min, 800°C/2h	800°C/30min
#3	1000°C/25min, 600°C/6h	600°C/30min
#4	1000°C/25min, 600°C/12h	600°C/30min

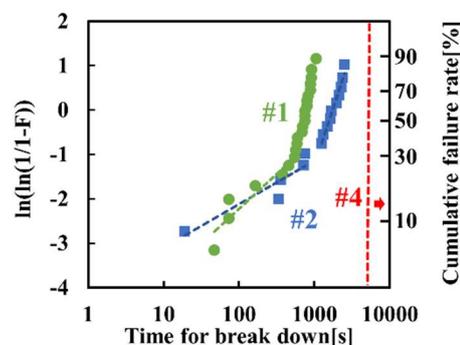


Figure 1. Contact current (50nA) TDDB measurement results (#1,2,4)

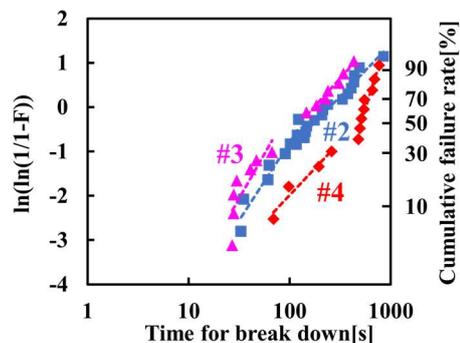


Figure 2. Contact current (100nA) TDDB measurement results (#2,3,4)